

PERM-GO

Plano Estadual de
Recursos Minerais

Cenários Prováveis e **Visão de Futuro** ➡➡

➡➡ **Organização:**
Profa. Dra. Maria Amélia Rodrigues da Silva Enriquez (UFPA)
Universidade Federal do Pará (UFPA)

FUNAPE
Fundação de Apoio à Pesquisa



**Universidade
Federal de
Catalão**



**Universidade
Estadual de Goiás**

SIC
Secretaria de
Estado
de Indústria,
Comércio
e Serviços

GOVERNO DE
GOIÁS
O ESTADO QUE DÁ CERTO



SIC
Secretaria de
Estado
de Indústria,
Comércio
e Serviços



Caderno 4 **Cenários Prováveis e Visão de Futuro**

Relatório Consolidado

Profa. Dra. Maria Amélia Enríquez
Prof. Dr. Mário César Gomes de Castro
Prof. Dr. André Carlos Silva

Goiânia
2024



GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS - GO
SECRETARIA DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS - SIC

Caderno 4
Cenários Prováveis e Visão de Futuro

Relatório Consolidado

Goiânia
2024





CONTRATO Nº 08/2022 - SECRETARIA DE INDÚSTRIA,
COMÉRCIO E SERVIÇOS – SIC

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS MINERAIS DE GOIÁS -
PERM 2022-2042

Caderno 4
Cenários Prováveis e Visão de Futuro

Relatório Consolidado

Profa. Dra. Maria Amélia Enríquez
Prof. Dr. Mário César Gomes de Castro
Prof. Dr. André Carlos Silva

Goiânia
2024

AUTORES

Profa. Dra. Maria Amélia Enríquez

Doutorado em Desenvolvimento Sustentável (UnB)

Mestrado em Geociências na área de concentração em Administração e Política de Recursos Minerais (Unicamp)

Graduação em Ciências Econômicas (UFPA)

[Endereço para acessar este CV.](#)

Prof. Dr. Mário César Gomes de Castro

Graduação em Ciências Econômicas; Graduação em Ciências Contábeis

Mestrado em Geociências; Doutorado em Desarrollo Local y Planificación Territorial

Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento

[Endereço para acessar este CV](#)

Prof. Dr. André Carlos Silva

Graduado em Engenharia de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Mestre em Engenharia Mineral – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Doutor em Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

[Currículo Lattes](#)

Lucas Paiva Ferraz

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia (em andamento);

Bacharel em Ciências Econômicas (UFPA)

[Endereço para acessar este CV.](#)

Evandro Diniz

Mestrado em Economia

Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Graduação em Engenharia Mecânica (UFPA)

[Endereço para acessar este CV.](#)

Yuri Jordy

Doutorado e Mestrado em Direito Econômico e Financeiro (USP)

Graduação em Direito (UFPA)

[Endereço para acessar este CV](#)

Elenice Maria Schons Silva

Graduada em Química Industrial (UFOP)

Mestre em Engenharia Mineral (UFOP)

Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Minas (UFMG)

[Currículo Lattes](#)

Marcos Vinicius Agapito Mendes

Graduado em Engenharia de Minas (UFG)

Mestre em Gestão Organizacional (UFG)

[Currículo Lattes](#)





Profa. Dra. Adriana Pereira de Sousa

Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento

Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio

Graduação em Ciências Econômicas

[Endereço para acessar este CV](#)

Profa. Dra. Divina Aparecida Leonel Lunas

Graduação em Ciências Econômicas

Mestrado em Desenvolvimento Econômico

Doutorado em Desenvolvimento Econômico

[Endereço para acessar este CV](#)

Profa. Dra. Joana Darc Bardella Castro

Graduação em Ciências Econômicas; Mestrado em Economia de Empresas

Doutorado em Economia

Pós-doutorado em Economia

[Endereço para acessar este CV](#)

ESTAGIÁRIOS

Jamile Vitoria Almeida Ribeiro

Graduação em andamento em Economia (UFPA)

[Endereço para acessar o CV.](#)

Marcela Paz da Silva Enríquez

Graduação em andamento em Economia (UFPA)

[Endereço para acessar o CV.](#)

Márcio Gabriel Pinheiro Ferreira

Graduação em Andamento em Economia (UFPA)

[Endereço para acessar o CV.](#)

Yuri Loureiro Cavalcanti

Graduação em andamento em Economia (UFPA)

[Endereço para acessar o CV.](#)

Hamilton Matos Cardoso (voluntário)

Graduação em Geografia; Mestrado em Ciências Sociais e Humanidades

Doutorado (em andamento) em Geografia

[Endereço para acessar este CV](#)

Miguel Gonçalves Cardoso Neto (voluntário)

Graduação (em andamento) em Ciências Econômicas

[Endereço para acessar este CV](#)

Wellington Ribeiro Martins (voluntário)

Graduação em Zootecnia; Mestrado (em andamento) em Territórios e Expressões Culturais

[Endereço para acessar este CV](#)

LISTA DE SIGLAS

ABCOBRE	Associação Brasileira do Cobre
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALEGO	Assembleia Legislativa do Estado de Goiás
AM	Amazonas
AMB	Anuário Mineral Brasileiro
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANORO	Associação Nacional do Ouro
ANP	Agência Nacional do Petróleo
APL	Arranjo Produtivo Local
BA	Bahia
BR	Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBA	Companhia Brasileira do Alumínio
CBMM	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
CERM	Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CF	Constituição Federal
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNMM	Conselho Nacional de Minas e Metalurgia
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO2	Dióxido de Carbono
CODMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social





COMIPA	Companhia Mineradora do Pirocloro de Araxá
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DAP	Fosfato Diamônio
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOU	Diário Oficial da União
DRE	Demonstrativo de Resultado de Exercício
ENBPar	Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional
ES	Espírito Santo
ESG	<i>Environmental, Social and Corporate Governance</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAPEG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás
FFINEG	Feira dos Fornecedores das Indústrias do Estado de Goiás
FIEG	Federação das Indústrias do Estado de Goiás
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FMI	Fundo Monetário Internacional
FUNDEINFRA	Fundo Estadual de Infraestrutura
GIS	Geopolitical Intelligence Services
GO	Goiás
IA	Inteligência Artificial
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGM	Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IBS	Imposto sobre Bens e Serviços
ICMM	International Council on Mining and Metals
ICMS	Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia

IFGoiano	Instituto Federal Goiano
IMB	Instituto Mauro Borges
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
INPI	Instituto Nacional de Produção Industrial
IOF	Imposto sobre Operações Financeiras
IOT	Internet das Coisas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPi	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológicas
IRPJ	Imposto de Renda Pessoa Jurídica
ISS	Imposto sobre Serviços
IVA	Imposto sobre Valor Agregado
LaMPPMin	Laboratório de Modelamento e Pesquisa em Processamento Mineral
LME	London Metal Exchange
LSO	Licença Social para Operar
MAP	Fosfato Monoamônia
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MG	Minas Gerais
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Medida Provisória
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MU	Modelos de Utilidade
NB2O5	Óxido de Nióbio
NBR	Norma Brasileira
NIT	Núcleos de Inovação Tecnológica
NPI	Nova Política Industrial
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
NRM	Normas Reguladoras da Mineração
OCB	Organização das Cooperativas no Brasil





OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PA	Pará
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PA	Pará
PEM-2030	Plano Estadual de Recursos Minerais DO Pará -2030
PGTec	Programa Goiano de Parques Tecnológicos
PI	Patentes de Inovação
PIA/IBGE	Pesquisa Industrial Anual do IBGE
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PLG	Permissão de Lavra Garimpeira
PMD	Programa Mineração e Desenvolvimento
PPI	Programa de Parceria de Investimentos
RAIS	Relatório Anual de Informações Sociais
RFP	Relatório Final de Pesquisa
RR	Roraima
RS	Rio Grande do Sul
S&P	Standard & Poor's
SA	Sociedade Anônima
SE	Sergipe
SEAE	Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos
SECOM	Secretaria de Estado de Comunicação
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SGMB	Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil
SIC	Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás
SIEG	Sistema Estadual de Geoinformação
SIGBM	Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração

SNCT	Secretaria Nacional de Ciência e Tecnologia
SOPLE	Sistema Oferta Pública e Leilão de Áreas
SP	São Paulo
SSP	Superfosfato Simples
STF	Supremo Tribunal Federal
TAH	Taxa Anual por Hectare
TRM	Taxa de Controle sobre as Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais
UFCAT	Universidade Federal de Catalão
UFJ	Universidade Federal de Jataí
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UHS	Armazenamento Subterrâneo do Hidrogênio
US\$	<i>United States Dollar</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
USP	Universidade de São Paulo
VBP	Valor Bruto da Produção
VBPI	Valor Bruto da Produção Industrial
VOM	Valor da Operação Mineral
VPM	Valor da Produção Mineral
WITS	<i>World Integrated Trade Solution</i>
XAU	Sigla usada para representar o ouro
ZAS	Zonas de Autossalvamento





LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valor da operação mineral e arrecadação de CFEM, em milhões de R\$ (2004-2022)	33
Figura 2 - Produção de minerais metálicos e não metálicos, em milhões de t (2010-2022)	34
Figura 3 - Valor de venda de minerais metálicos e não metálicos, em milhões de t (2010-2022)	35
Figura 4 - Níquel em Goiás: valor (R\$) e preço internacional (US\$) da tonelada (2005-2023)	36
Figura 5 - Produção de minério de níquel (em t) em Goiás x produção nacional	38
Figura 6 - Valor da produção comercializada de minério de níquel em Goiás (em milhões de R\$) x produção nacional	39
Figura 7 - Preço internacional da tonelada métrica do minério de níquel em mil US\$ (2005-2022)	39
Figura 8 - Exportações em quantidade de ferroníquel de Goiás (2011-2023)	40
Figura 9 - Exportações em milhões de US\$ de ferroníquel de Goiás (2011-2022)	41
Figura 10 - Produção de minério de cobre (em t) em Goiás x produção nacional (%)	43
Figura 11 - Valor da Operação Mineral de Cobre em Goiás e preço internacional da libra	44
Figura 12 - Valor da Produção de minério de cobre em Goiás x produção nacional	45
Figura 13 - Preço internacional da tonelada métrica do minério de cobre futuro em mil US\$ (1988-2022)	45
Figura 14 - Valor da operação mineral de nióbio em Goiás (2004-2023) e preços (2004-2018)	47
Figura 15 - Mercado nacional de operação de Nióbio e seus principais atores (2010-2022)	47
Figura 16 - Produção de minério de nióbio em Goiás (em quantidade) x produção nacional	48
Figura 17 - Preço internacional da onça troy do ouro em US\$	50
Figura 18 - Valor de operação mineral de Ouro em Goiás (2004-2023)	51
Figura 19 - Produção de ouro em Goiás (kg) x produção nacional	52
Figura 20 - Valor da produção de ouro em Goiás (em milhões de R\$) x valor nacional	53
Figura 21 - Valor da Operação Mineral de bauxita (milhões de R\$) em Goiás, quantidade produzida (mil toneladas) e evolução dos preços da bauxita	55
Figura 22 - Valor da Operação Mineral de manganês (milhões de R\$) em Goiás (2003-2009)	

.....	57
Figura 23 - Valor da Operação Mineral do amianto em Goiás (2004-2022)	60
Figura 24 - Valor da Operação mineral de vermiculita e participação no total nacional, 2004-2023	62
Figura 25 - Valor de operação mineral dos principais agregados para construção civil (Basalto, granito e areia) em Goiás (2004-2023)	66
Figura 26 - Valor da Produção Mineral de fosfato em Catalão e Ouvidor (2004-2023).....	69
Figura 27 - Maiores produtores nacionais de fosfato por participação no total nacional (%) (2004-2022).....	69
Figura 28 - Quantidade produzida de fosfato (em t) em Goiás e proporção com a produção nacional (2010-2022).....	70
Figura 29 - Valor de produção de fosfato em Goiás x produção nacional (2010-2022)	71
Figura 30 - Crescimento da produção de calcário em Goiás e no Brasil em números-índice, 2004(base 100)-2022	74
Figura 31 - Valor da produção mineral de calcário de Goiás e participação nacional (2004-2022).....	75
Figura 32 - Valor de Operação de Gemas em Goiás (2006-2022)	77
Figura 33 - Valor de Operação de Água Mineral em Goiás (2004-2022).....	80
Figura 34 - Valor de exportação (em milhões de US\$) dos principais estados exportadores de ferroníquel do Brasil (2011-2022).....	81
Figura 35 - Fluxo de exportações de ferroníquel de Goiás (US\$) (2011 e 2022)	82
Figura 36 - Tendência de crescimento (taxa anual de crescimento da recita) do Mercado Global do níquel, por região geográfica (2022-2027)	85
Figura 37 - Quantidade vendida e projeção das vendas de níquel de Goiás (mil t) de 2010-2022 (cenários de 2023-2030)	86
Figura 38 - Fluxos do destino das exportações de cobre de Goiás (2010-2022).....	89
Figura 39 - Exportações em quantidade (t) de minério de cobre de Goiás (2010-2022).....	90
Figura 40 - Exportações em US\$ de minério de cobre de Goiás (2010-2022).....	91
Figura 41 - Quantidade vendida e projeção das vendas de cobre de Goiás (mil t) em 2017-2022/2023-2030 cenários	94
Figura 42 - Exportações em quantidade de ferronióbio de Goiás (2010-2022)	97
Figura 43 - Quantidade exportada (em mil toneladas) dos principais estados exportadores de	





ferronióbio do Brasil (2010-2022).....	98
Figura 44 - Valor das exportações (em milhares de US\$) de ferronióbio de Goiás (2010-2022)	98
Figura 45 - Fluxo de exportações de ferronióbio de Goiás (US\$) (2011 e 2022)	99
Figura 46 - Mercado Global de nióbio, taxa de crescimento por Região Geográfica (2022).102	
Figura 47 - Quantidade vendida e projeção das vendas de nióbio de Goiás (t) em 2010-2021/2022-2029 cenários	103
Figura 48 - Exportações em quantidade de ouro bruto e semimanufaturado, em quantidade absoluta e como proporção das quantidades nacionais	105
Figura 49 - Fluxo de exportações de ouro de Goiás (US\$) em 2013 e 2022.....	107
Figura 50 - Quantidade vendida e projeção das vendas de ouro de Goiás (kg) em 2010-2022/2023-2030 cenários	110
Figura 51 - Fluxo de exportações de metálicos de Goiás (US\$) em 2013	111
Figura 52 - Fluxo de exportações de metálicos de Goiás (US\$) em 2022	112
Figura 53 - Importações em quantidade de produtos do fosfato no Brasil (2002-2022).....	116
Figura 54 - Importações em US\$ de produtos do fosfato no Brasil (2002-2022)	117
Figura 55 - Quantidade importada de fertilizantes de fosfato e projeções futuras no Brasil (2002-2022)	118
Figura 56 - Quantidade produzida de calcário (em t) em Goiás e comparação com o nacional (2010-2022)	121
Figura 57 - Valor da Produção de calcário em Goiás e comparação com o nacional (2010-2022).....	122
Figura 58 - Produção de Calcário em Goiás e projeções futuras (2023-2030).....	122
Figura 59 - Goiás: Arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) (2010-2021) R\$ 1,00	125
Figura 60 - Goiás: Empregos gerados por setores escolhidos (2010-2021)	125
Figura 61 - Cadeia produtiva do cobre	131
Figura 62 - Empregos formais em Alto Horizonte (2005-2021)	132
Figura 63 - Cadeia produtiva do níquel	135
Figura 64 - Empregos formais em Barro Alto	138
Figura 65 - Cadeia produtiva da bauxita industrial: rota metálica e rota não-metálica.....	141
Figura 66 - Cadeia do manganês a partir da mineração de manganês.....	143

Figura 67 - Cadeia produtiva do Nióbio.....	145
Figura 68 - Cadeia produtiva do amianto	148
Figura 69 - Cadeia produtiva da vermiculita.....	150
Figura 70 - Cadeia produtiva do fosfato.....	151
Figura 71 - Cadeia geral dos fertilizantes até a obtenção do NPK.....	152
Figura 72 - Cadeia produtiva do minério do ouro	154
Figura 73 - Cadeia produtiva dos agregados da construção civil e do cimento	156
Figura 74 - Cadeia produtiva das águas minerais.....	158
Figura 75 - Cadeia produtiva das gemas e pedras preciosas	160
Figura 76 - Relação entre empregos na extração e fabricação mecânica (2005-2021)	165
Figura 77 - Massa salarial (em milhões de R\$) por setor econômico em Goiás (2021)	166
Figura 78 - Arrecadação total de ICMS, sobre a extração mineral/fóssil e sobre a indústria em Goiás (2018-2022).....	167
Figura 79 - Empregos minerais: extração, beneficiamento e apoio à extração em Goiás (2021)	168
Figura 80 - Valor Bruto da Produção Industrial (VBPI) por indústria extrativa e de transformação e seus subsetores (mineração), Goiás (2020).....	173
Figura 81 - Indicadores selecionados para o setor extrativo mineral e de transformação mineral, Goiás (2020).....	174
Figura 82 - Importações totais de fertilizantes no Brasil (2018-2022).....	178
Figura 83 - Importações totais, importações de fertilizantes e proporção entre as duas variáveis no Brasil (2018-2022)	179
Figura 84 - Representação do Cluster mineral do Estado de Goiás	182
Figura 85 - Rota tecnológica do ferronióbio produzido em Goiás	189
Figura 86 - Rota tecnológica do ferroníquel produzido em Goiás	190
Figura 87 - Rota tecnológica do ouro produzido em Goiás.....	192
Figura 88 - Rota tecnológica para o aproveitamento dos elementos de terras raras produzidas em Goiás.....	194
Figura 89 - Rota tecnológica para o aproveitamento bauxita industrial de Goiás.....	195
Figura 90 - Rota tecnológica para agregação de valor ao calcário produzido em Goiás	197
Figura 91 - Rota tecnológica para a verticalização das gemas produzidas em Goiás	198
Figura 92 - Rota tecnológica para obtenção dos produtos oriundos do fosfato produzido em	





Goiás.....	200
Figura 93 - Transferência para transformação do fosfato em Goiás x Brasil (t) (2010-2022)	201
Figura 94 - Rota tecnológica para a industrialização da água mineral produzida em Goiás..	202
Figura 95 - Rota tecnológica para o aproveitamento dos agregados da construção civil produzidos em Goiás	203
Figura 96 - Modelos propostos para o desenvolvimento das ciências, tecnologia e inovação	211
Figura 97 - Despesas nacionais em P&D em relação ao PIB em países selecionados (2000-2015).....	213
Figura 98 - Municípios mineradores do estado de Goiás	215
Figura 99 - Mapa dos territórios goianos com maior potencial de inovação	216
Figura 100 - Evolução da arrecadação de CFEM.....	221
Figura 101 - Contribuição do percentual arrecadado da CFEM para o estado de Goiás	222
Figura 102 - Desenvolvimento do marco regulatório da indústria de mineração brasileira...	241
Figura 103 - Rodadas de disponibilidade de áreas, arrecadação por Estado	259
Figura 104 - Recursos minerais de Urânio identificados no Brasil	260
Figura 105 - ICMS mineral em números índices (2018 = 100) e ICMS mineral como proporção do ICMS total	264
Figura 106 - Crescimento na arrecadação de TAH e CFEM em números índice, base = 2004	265
Figura 107 - Alvarás de Pesquisa, requerimento de pesquisa e portarias de lavra em números índice, base = 2002	267

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tendências e perspectivas para cadeias minerais em Goiás	175
Quadro 2 - Síntese das alterações promovidas pelas Medidas Provisórias (MPs) 789,790 e 791	239
Quadro 3 - Síntese dos principais regramentos federal e estadual para a mineração	243
Quadro 4 - Principais medidas regulatórias e legais voltados para o aumento da segurança operacional e seus possíveis efeitos sobre o setor mineral.....	254
Quadro 5 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para o aumento da eficiência e da desburocratização e seus efeitos sobre o setor mineral....	258
Quadro 6 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para a arrecadação tributária e seus efeitos sobre o setor mineral	262
Quadro 7 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para o incentivo a atividade minerárias	266
Quadro 8 - Síntese dos efeitos das medidas regulatórias sobre as distintas etapas da cadeia produtiva mineral em Goiás	283





LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reservas medidas de minérios em Goiás (2017).....	30
Tabela 2 - Valor de produção mineral das principais substâncias no estado de Goiás (2021).....	32
Tabela 3 - Exportações de bauxita/alumínio e seus produtos em GO (2022)	56
Tabela 4 - Exportação de manganês e seus produtos em Goiás (2022)	58
Tabela 5 - Exportação de minérios por São Luís de Montes Belos, GO (2023)	63
Tabela 6 - Produção de Granito e Areia em Goiás (2023)	65
Tabela 7 - Principais países consumidores de ferroníquel de Goiás (2011-2022)	82
Tabela 8 - Exportações de ferroligas de Barro Alto e Niquelândia – GO (2023)	83
Tabela 9 - Importações per capita total de ferroníquel dos principais países importadores de Goiás (em kg/habitante) (2011-2022).....	84
Tabela 10 - Destino da Produção % do cobre em Goiás em quantidade (t) e valor (R\$) (2010 – 2021).....	88
Tabela 11 - Exportações de cobre e seus concentrados de Alto Horizonte – GO (2023)	88
Tabela 12 - Importações per capita, em quantidade, dos maiores importadores de cobre de Goiás (2012-2022).....	92
Tabela 13 - Exportação de ferronióbio – GO (2023).....	96
Tabela 14 - Principais parceiros comerciais de ferronióbio de Goiás (2011-2022)	100
Tabela 15 - Importações (kg) per capita (mil habitantes) totais de ferronióbio dos principais países importadores de Goiás (2010-2022)	101
Tabela 16 - Exportação de produtos do ouro em Goiás (2023).....	104
Tabela 17 - Principais países consumidores de ouro bruto de Goiás (2013-2022)	106
Tabela 18 - Principais parceiros comerciais de ouro semimanufaturado de Goiás (2013 - 2022)	107
Tabela 19 - Importações per capita totais de ouro bruto dos principais países importadores de Goiás (2013-2022).....	108
Tabela 20 - Importações per capita totais de ouro semimanufaturado dos principais países importadores de Goiás (2013-2022).....	108
Tabela 21 - Exportação de amianto por Minaçu – GO (2023)	114
Tabela 22 - Estimativa de investimentos minerais em Goiás, por substância, localidade e modalidade, 2023 (em US\$ mil).....	123

Tabela 23 - Emprego formal - absoluto e percentual em Alto Horizonte (2005-2021)	131
Tabela 24 - Estimativa de empregos em Alto Horizonte a partir da mineração.....	133
Tabela 25 - Emprego formal: absoluto e percentual em Barro Alto (2005-2021)	136
Tabela 26 - Empregos formais no setor mineral em Barro Alto: extração e beneficiamento	137
Tabela 27 - Empregos formais no setor mineral em Niquelândia: extração e beneficiamento	138
Tabela 28 - Estimativa de empregos gerados a partir da indústria mineral.....	139
Tabela 29 - Empregos de extração e beneficiamento de minerais metálicos - Alto Horizonte e Barro Alto (2021 e 2010).....	142
Tabela 30 - Composição do emprego formal em Catalão (2005-2021)	145
Tabela 31- Composição do emprego formal em Ouvidor (2005-2021)	147
Tabela 32 - Emprego formal em Minaçu (2021-2005).....	149
Tabela 33 - Emprego formal por setor em São Luís de Montes Belos (2022)	151
Tabela 34 - Composição do emprego formal nos 10 municípios com maior VPM de calcário (2021-2005)	153
Tabela 35 - Emprego formal em Crixás (2021-2005)	155
Tabela 36 - Emprego formal nas principais cidades produtores de minerais para construção civil, GO (2021-2005)	157
Tabela 37 - Composição do emprego formal nos principais municípios produtores de água mineral, GO (2021-2005)	159
Tabela 38 - Emprego formal - absoluto e percentual em GO (2005-2021).....	163
Tabela 39 - Empregos na extração mineral e na fabricação de produtos, metal e metalurgia em Goiás (2021-2005).....	164
Tabela 40 - Estado de Goiás: Empregos gerados a partir da mineração	165
Tabela 41 - Empregos minerais nos principais municípios mineradores em Goiás (2021) ...	169
Tabela 42 - Média salarial por setor e por município minerador (2021).....	171
Tabela 43 - Materiais críticos usados em tecnologias de energia limpa	176
Tabela 44 - Importações Totais (IT) e proporção de Importações de Fertilizantes (IF) (%) para estados selecionados (2018-2022)	179
Tabela 45 - Municípios Polos de Goiás – IMB (Quantitativo Populacional).....	216
Tabela 46 - DRE SAMA S.A. Minerações Associadas, 2018, com simulação de taxa mineral	





.....	270
Tabela 47 - Valor arrecadado TRM e TRM como proporção (%) do lucro líquido da SAMA S.A em 2018, em R\$ 1,00.....	271
Tabela 48 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação de taxa mineral.....	271
Tabela 49 - Valor arrecadado TRM e TRM como proporção (%) do lucro líquido da Mineração Maracá S.A em 2013 e 2012, em R\$ 1,00.....	272
Tabela 50 - Operação e arrecadação de CFEM, Mineração Maracá (2013 e 2012) e Serra Grande (2019, 2018), em R\$1,00	274
Tabela 51 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Maracá em 2013 e 2012	274
Tabela 51 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Maracá em 2013 e 2012	275
Tabela 52 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Serra Grande em 2019 e 2018.....	276
Tabela 53 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação do aumento de custos.....	278
Tabela 54 - DRE Mineração Serra Grande S.A., 2013 e 2012, simulação do aumento de custos	279
Tabela 55 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação do aumento de custos em 15% para garantias financeiras.....	280
Tabela 56 - DRE Mineração Serra Grande S.A., 2019 e 2018, com simulação do aumento de custos em 15% para garantias financeiras	281

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Barro Alto e Niquelândia: Operação de Níquel em Goiás (2022)	37
Mapa 2 - Alto Horizonte: Operação de Cobre em Goiás (2022).....	42
Mapa 3 - Crixás, Niquelândia, Guarinos e Santa Terezinha de Produção Goiás: Operação de Ouro em Goiás (2022-2012).....	49
Mapa 4 - Barro Alto e Santa Rita do Novo Destino: Operação de minério de bauxita em Goiás (2022).....	54
Mapa 5 - Minaçu: Operação de amianto em Goiás (2022).....	59
Mapa 6 - São Luís de Montes Belos: Operação de Vermiculita em Goiás (2022).....	61
Mapa 7 - Diversos municípios: Operação de Basalto em Goiás (2022-2012)	64
Mapa 8 - Catalão e Ouvidor: Operação de Fosfato em Goiás (2022)	67
Mapa 9 - Diversos municípios: Operação de Calcário em Goiás (2022 e 2012)	72
Mapa 10 - Campos Verdes, Cristalina, Crixás e Pirenópolis: Municípios com produção de gemas e pedras preciosas em Goiás (2022).....	78
Mapa 11 - Diversos municípios: Operação de Água Mineral em Goiás (2022-2012).....	79





LISTA DE BOXES

Box 1 - Empregos gerados ao longo da cadeia produtiva do cobre	134
Box 2 - Empregos gerados ao longo da cadeia produtiva do níquel	140
Box 3 - As baterias para carros elétricos	144
Box 4 - Fertilizantes	152
Box 5 - Seminário do PERM de Cristalina.....	198
Box 6 - Minerais estratégicos e minerais críticos.....	246
Box 7 - Expectativas de investimentos no setor mineral: como Goiás se posiciona no mercado nacional?.....	252
Box 8 - Os custos econômico-financeiros das empresas de mineração causados por acidentes ambientais.....	255

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	27
CAPÍTULO 1: POTENCIAL DA MINERAÇÃO EM GOIÁS.....	30
1.1 Dinâmica da Produção Mineral no Estado	32
1.2 Principais Bens Minerais Efetivamente Explorados no Território Goiano.....	36
1.2.1 Minerais Metálicos	36
1.2.1.1 Minério de níquel.....	36
1.2.1.2 Minério de cobre.....	41
1.2.1.3 Minério de nióbio	46
1.2.1.4 Minério de ouro	48
1.2.1.5 Minério de bauxita.....	54
1.2.2 Minerais Não-Metálicos	58
1.2.2.1 Amianto.....	58
1.2.2.2 Vermiculita.....	60
1.2.2.3 Calcário para cimento.....	63
1.2.2.4 Agregados para construção civil.....	63
1.2.3 Agrominerais	66
1.2.3.1 Fosfato.....	66
1.2.3.2 Calcário.....	71
1.2.4 Gemas e pedras preciosas	76
1.2.5 Água Mineral.....	79
1.3 Perspectivas futuras da demanda mineral em Goiás	80
1.3.1 Tendências recentes e demanda por bens minerais metálicos	80
1.3.1.1 Níquel e ferroníquel.....	81
1.3.1.2 Cobre	87
1.3.1.3 Nióbio e ferronióbio	95
1.3.1.4 Ouro.....	103
1.4 Exportações dos Bens Metálicos em Conjunto	110
1.5 Tendências Recentes e Demanda por Bens Minerais Não-Metálicos.....	113
1.5.1 Amianto	113
1.5.2 Calcário para cimento.....	114
1.5.3 Agrominerais	115
1.5.4 Fosfato	116
1.5.5 Calcário para uso agrícola	120
1.6 Estimativa de Investimentos na Mineração em Goiás	123
1.7 Impactos da Mineração na Socioeconomia Goiana - Emprego e PIB	124
CAPÍTULO 2 - ESTUDO DAS CADEIAS COM PERSPECTIVA DE MELHOR CONTRIBUIR PARA A GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM GOIÁS	127
2.1 Emprego nas Cadeias Produtivas Minerais de Goiás	128





2.1.1 Cadeia dos bens minerais metálicos	130
2.1.1.1 <i>Cobre</i>	130
2.1.1.2 <i>Níquel</i>	135
2.1.1.3 <i>Bauxita</i>	140
2.1.2 Cadeia dos bens minerais críticos e estratégicos	143
2.1.3 Cadeia de bens minerais Não-Metálicos	147
2.1.3.1 <i>Amianto</i>	147
2.1.3.2 <i>Vermiculita</i>	149
2.1.4 Cadeia dos bens agrominerais	151
2.1.4.1 <i>Fosfato</i>	151
2.1.4.2 <i>Calcário</i>	153
2.1.5 Cadeia dos bens minerais preciosos – Ouro	154
2.1.6 Cadeia de agregados para construção civil.....	156
2.1.7 Cadeia das águas minerais	158
2.1.8 Cadeia das gemas e pedras preciosas	160
2.2 Cadeias Produtivas da Mineração e o Emprego na Dimensão Estadual.....	163
2.2.1 O emprego na mineração na perspectiva estadual.....	163
2.2.1.1 <i>Composição do emprego no estado de Goiás</i>	163
2.2.1.2 <i>Massa salarial – estado de Goiás</i>	165
2.2.2 O emprego na mineração na perspectiva municipal.....	168
2.2.2.1 <i>Composição do emprego – município minerador</i>	168
2.2.2.2 <i>Massa salarial – município minerador</i>	170
2.3 Agregação de Valor e Geração de Renda na Cadeia Mineral.....	172
2.4 As Novas Tendências e as Cadeias da Mineração com Potencial de Crescimento em Goiás	175
2.5 Agrominerais – Cenário Nacional e as Perspectivas de Emprego na Cadeia Produtiva de Goiás	177
2.6 Políticas para o Fortalecimento das Cadeias Produtivas com Potencial de Gerar Empregos em Goiás	180
2.6.1 Cluster Mineral.....	181

CAPÍTULO 3 - PERSPECTIVAS DA DEMANDA POR PRODUTOS COM MAIOR VALOR AGREGADO E SUAS ROTAS TECNOLÓGICAS NA TRANSFORMAÇÃO MINERAL.....187

3.1 Bens Minerais Metálicos	187
3.1.1 Ferronióbio	187
3.1.2 Ferroníquel.....	189
3.1.3 Produtos do Ouro.....	191
3.1.4 Produtos de Terras Raras	193
3.2 Bens Minerais Não-Metálicos	195
3.2.1 Produtos da Bauxita Refratária.....	195
3.2.2 Calcário – Cimento.....	196

3.3 Rochas – Gemas e Joias.....	198
3.4 Fosfato – Fertilizantes	199
3.5 Produtos da Água Mineral.....	201
3.6 Produtos dos Agregados para Construção Civil.....	202
3.7 As Cadeias Minerais de Goiás e a Nova Política Industrial.....	204
 CAPÍTULO 4 - PANORAMA DA APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS	 206
4.1 O Contexto Histórico das Inovações	206
4.2 Inovação Tecnológica.....	207
4.2.1 Inovação e desenvolvimento econômico regional.....	214
4.2.2 Políticas e Incentivos à Inovação Tecnológica	216
4.3 Novas Tecnologias na Mineração	225
4.3.1 Inovações na Lavra e Planejamento	227
4.3.2 Inovações no Processamento Mineral	228
4.3.3 Inovações no Descarte de Rejeitos	231
 CAPÍTULO 5 - IMPACTOS DE POSSÍVEIS MEDIDAS POLÍTICAS E REGULATÓRIAS - ESTADUAL, NACIONAL E INTERNACIONAL - NA CADEIA PRODUTIVA MINERAL	 236
5.1 Histórico e Evolução Recente dos Principais Marcos Legais da Mineração no Brasil	236
5.1.1 Reformas importantes na regulação da atividade mineral pós Constituição de 1988 ...	238
5.2 Tendências e Prováveis Medidas Políticas e Regulatórias e seus Possíveis Efeitos na Cadeia Produtiva Mineral	245
5.2.1 Novas Tendências Globais e a Mineração	245
5.2.2 Tendências Nacionais	248
5.2.3 Políticas do Setor Privado.....	250
5.2.3.1 <i>Políticas Promovidas pelo Instituto Brasileiro de Mineração – Ibram</i>	<i>251</i>
5.3 Prováveis Medidas Políticas e Regulatórias e seus Possíveis Efeitos na Cadeia Produtiva Mineral	253
5.3.1 Medidas de Eficiência e Desburocratização	257
5.3.2 Medidas Arrecadatórias	261
5.3.3 Medidas de Estímulo	265
5.4 Simulação dos Prováveis Impactos da Medidas Políticas e Regulatórias nos Balanços das Empresas da Cadeia Produtiva Mineral.....	268
5.4.1 Impacto das Políticas Tributárias.....	268
5.4.1.1 <i>Metodologia.....</i>	<i>269</i>
5.4.1.2 <i>TRM – Taxa Mineral.....</i>	<i>269</i>
5.4.1.3 <i>Impactos da variação nas alíquotas da CFEM.....</i>	<i>273</i>
5.4.2 Impacto das Políticas Ambientais.....	277
5.4.2.1 <i>Substituição para processo a seco.....</i>	<i>277</i>





<i>5.4.2.2 Regramentos quanto às garantias Financeiras – com cálculo 15% dos resultados da mineradora</i>	<i>279</i>
5.5 Prováveis Efeitos das Medidas Políticas e Regulatórias nas Cadeias Produtivas Minerais de Goiás	281
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	285
REFERÊNCIAS.....	290
ANEXOS.....	304

APRESENTAÇÃO

Este relatório consolida as informações do eixo “Cenários Prováveis e Visão de Futuro” do Contrato 08/2022 – SIC, assinado em 04.11.2022, o qual tem como objeto a elaboração e a execução do projeto de pesquisa denominado “PLANO ESTADUAL DE RECURSOS MINERAIS DE GOIÁS – PERM 2022 - 2042”. O conteúdo deste relatório irá apresentar a compilação dos principais conteúdos presentes no Caderno 4.



INTRODUÇÃO

Este caderno é a consolidação de cinco relatórios que fazem parte dos estudos para elaboração do Plano Estadual de Recursos Minerais (PERM) do estado de Goiás. Os estudos foram feitos por uma equipe multidisciplinar e multi-institucional, com o envolvimento de onze pesquisadores e sete auxiliares de pesquisas de três universidades: Universidade Federal do Pará – UFPA, com trabalhos coordenados pela professora Maria Amélia Enríquez; Universidade Estadual de Goiás - UEG, com trabalhos coordenados pelo professor Mario Cesar Gomes de Castro; e Universidade Federal de Catalão – UFCAT, com trabalhos coordenados pelo professor André Carlos Silva. O Caderno 4, que é um olhar sobre o futuro, mas com foco bem assentado na realidade atual, resultou em um documento composto por cinco capítulos.

O Capítulo 1, elaborado pelas equipes da UFPA e da UEG, está subdividido em sete seções que apresentam o potencial da mineração em Goiás, com o objetivo de demarcar os principais bens minerais efetivamente explorados do território goiano, por categoria: metálicos, não metálicos, agrominerais, agregados para construção civil, gemas e pedras preciosas e água mineral. Essa descrição é relevante porque precede a análise sobre as perspectivas futuras da demanda mineral, de formação de cadeias produtivas integradas e de geração de emprego e renda, entre outras dimensões exercidas desses bens. Para realizar essa estimativa, foram utilizadas as informações de diversas organizações públicas e privadas, tais como a Agência Nacional de Mineração (ANM), com dados sobre produção, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) por meio da plataforma Comex Stat, com as estatísticas sobre o comércio exterior; o Instituto Mauro Borges (IMB), com os indicadores estaduais e municipais, além de informações disponibilizadas nos sites das empresas e de outras fontes suplementares. Neste capítulo, também foram consideradas as estimativas de investimento e os impactos da mineração na socioeconomia estadual, além das estimativas sobre as tendências de mercado por categoria de bem mineral.

O Capítulo 2, elaborado pela equipe da UFPA, estuda as cadeias minerais com perspectivas de melhor contribuir para a geração de emprego e renda em Goiás. O objetivo é verificar a possibilidade de os bens minerais produzidos por Goiás constituírem cadeias produtivas, identificar o seu nível de adensamento, além de conhecer como essas cadeias se comportam em relação ao mercado de trabalho e à geração de renda, tanto no local da extração, o município minerador, como nas dinâmicas estadual e nacional. Ressalte-se que

nem todos os bens minerais formam cadeias produtivas integradas, isto é, um conjunto de etapas de vai da prospecção, extração do bem mineral até a transformação em produtos intermediários e finais; e esta pode ser verticalizada, quando feita pela mesma empresa, ou horizontalizada, quando feita por um conjunto de empresas. Não raras vezes, a extração mineral se limita aos primeiros elos dessa cadeia, todavia, é importante conhecer a estruturação dessas cadeias, por servir tanto como guia de políticas pró-agregação de valor mineral, quanto para melhor avaliar a rede de fornecedores a montante, já que essa rede está associada à perspectiva de diversificação produtiva. Dessa forma, o capítulo 2 descreve as principais cadeias por categoria de bem mineral, os indicadores de empregos por município onde a mina está instalada, confrontando tais indicadores com outros setores econômicos e, em termos macro, com os indicadores estaduais. Na sequência, o estudo apresenta as novas tendências, considerando os minerais demandados para transição energética e o incremento da demanda por agrominerais, enquanto segmentos relevantes para Goiás, devido ao seu potencial de criação e de intensificação de empregos. Por fim, o capítulo apresenta alternativas de políticas para o fortalecimento dessas cadeias, com a proposta de um modelo de gestão no formato de *cluster* mineral, que é um arranjo produtivo que permite uma abordagem integrada dos diversos atores envolvidos na atividade, ressaltando que, para a efetividade dessa política, é indispensável a participação de um “ Agente Integrador” ou o ente que fará a articulação necessária entre os atores para que, de fato, as ações propostas no PERM possam se efetivar.

O Capítulo 3, também elaborado pela equipe da UFPA, é um desdobramento dos capítulos precedentes. Ele verifica as possibilidades de adensamento produtivo das cadeias de bens minerais, por categoria, em uma perspectiva de agregação de valor dos dez bens minerais mais relevantes de Goiás, tendo como base a *rota tecnológica*, entendida como um caminho percorrido ao longo da cadeia que revela as diversas etapas na agregação de valor e os produtos que podem ser derivados do minério até a sua utilização na indústria de bens finais. Nesse sentido, ele mostra as possibilidades para a verticalização com geração de emprego e renda internamente. O capítulo finaliza com uma reflexão sobre como essas cadeias dialogam com a Nova Política Industrial proposta pelo Governo Federal

O Capítulo 4, elaborado pela equipe da UFCAT, faz um histórico sobre as mudanças rápidas atreladas à demanda por novas tecnologias questionando o porquê de as empresas inovarem, ressaltando que as possíveis respostas têm na inovação o grande diferencial.



Questiona que, não obstante às vantagens da inovação, as empresas tendem a apresentar um certo conservadorismo, e a mineração não foge à regra, muito embora com o advento da indústria 4.0, as tecnologias inovadoras passaram a ser ativamente introduzidas nessa indústria. O capítulo também apresenta um panorama geral sobre as novas tecnologias na lavra e no planejamento, no processamento mineral e no descarte de rejeitos, bem como atenção para o ecossistema de inovação nacional e goiano, deixando a mensagem de que é fundamental que o governo conheça e invista no potencial inovador da região pretendida, por meio da qualificação de mão-de-obra (recurso humano imprescindível para atuar na pesquisa e na inovação) e do apoio aos investimento em tecnologia, principalmente ao considerar o atual cenário de demanda crescente dos minerais estratégicos. Assim, além de se conhecer o potencial do estado, é fundamental estar alinhado ao mercado mundial conforme os avanços que a sociedade vive e requer.

Finalmente, o Capítulo 5, elaborado pela equipe da UFPA, trata do “Impacto de possíveis medidas políticas e regulatórias a serem adotadas a nível estadual, nacional e internacional na cadeia produtiva mineral”. Neste caso específico do PERM-GO, questiona-se: Quais instituições moldam o comportamento dos agentes que exercem a mineração no estado? O que define a capacidade das escolhas desses agentes? O que estimula o avanço da atividade? Quais etapas da cadeia produtiva a atual institucionalidade promove? O que ela coíbe? Entre outras questões. Na tentativa de dar respostas a esses questionamentos, o capítulo aborda as regras formais, expressas por leis, decretos, portarias, regulamentações etc. que embasam as possibilidades de exploração, de produção, de uso e de distribuição dos ganhos econômicos dos minerais extraídos, ou a extrair, do estado de Goiás. Além disso, faz simulações sobre os prováveis impactos das medidas políticas e regulatórias tributárias, ambientais e de emprego e renda nas dimensões do lucro e dos custos de produção das empresas mineradoras, a partir da análise dos DRE (demonstrativo de resultados de exercício) contido nos balanços das empresas, para as quais foi possível o acesso de informação pública. Por fim, analisa os prováveis efeitos dessas medidas em distintos cenários.

CAPÍTULO 1: POTENCIAL DA MINERAÇÃO EM GOIÁS

Este capítulo descreve os principais bens minerais produzidos em Goiás por categoria - metálicos, não metálicos, metais preciosos, gemas e pedras preciosas, água mineral ainda um destaque para os denominados minerais estratégicos ou críticos - e identifica a localização desses bens, assim como apresenta os principais indicadores macroeconômicos dessa produção no estado. Essas informações constituem o pano de fundo para as análises prospectivas da mineração em Goiás.

Goiás apresenta um ambiente geológico diversificado que comporta reservas minerais de todas as categorias mencionadas, o que o credencia a ingressar no mapa da mineração mundial. Considerando as reservas já efetivamente medidas, há 36 substâncias (ANM, 2018) que evidenciam o potencial mineralógico do estado (Tabela 1).

Tabela 1 - Reservas medidas de minérios em Goiás (2017) (continua)

Substância	Reserva medida em 2017	Nº de Municípios	Maior Reserva (GO)
Água Mineral (v. 1l/h)	147.360,00	30	Formosa (13,17%)
Algamatolito (t)	361.232,77	1	Vianópolis (100%)
Alumínio (t)	80.064.399,36	3	Barro Alto (94,35%)
Amianto (t)	202.550.408,00	1	Minaçu (100%)
Areia (t)	713.703.788,04	34	Cristalina (16,5%)
Argila p/ cerâmica	27.539.501,90	18	Planaltina (25,4%)
Argila p/ cimento (t)	108.358.412,52	8	Formosa (54,9%)
Argila Refratária (t)	75.554.707,26	5	Catalão (69,9%)
Barita (t)	24.551.457,41	3	Catalão (95,7%)
Brita (t)	2.302.409.143,10	66	Goianira (28,35%)
Calcário Agrícola (t)	2.434.300.694,44	42	Vila Propício (11,20%)
Calcário p/ Cal (t)	602.902.191,31	11	Divinópolis de Goiás (46,5%)
Calcário p/ Cimento (t)	4.539.955.937,51	8	Anicuns (30,7%)
Calcário p/ Rações	83.988.620,15	6	Anicuns (43,1%)
Cascalho (t)	8.529.833,34	26	Cachoeira de Goiás (32,35%)



Tabela 1 - Reservas medidas de minérios em Goiás (2017)

(conclusão)

Substância	Reserva medida em 2017	Nº de Municípios	Maior Reserva (GO)
Caulim (t)	30.161.244,00	4	Formoso (43,25%)
Cianita (t)	111.921,00	2	Goiás (95,6%)
Cobalto (t)	7.325.959,47	6	Diorama (47,75%)
Cobre (t)	237.377.497,04	6	Alto Horizonte (65,37%)
Diamante	67.102.631,00	4	Fazenda Nova (41,9%)
Ferro (t)	3.948.010,00	2	Vicentinópolis (85%)
Filito (t)	16.656.121,00	4	Niquelândia (74,4%)
Fosfato (t)	233.878.695,88	3	Catalão (79,65%)
Granito (t)	14.506.000,00	1	Cezarina (100%)
Manganês (t)	4.499.368,29	6	Cavalcante (44,45%)
Nióbio (t)	110.821.502,19	2	Catalão (47,9%)
Níquel (t)	180.654.137,85	8	Montes Claros de Goiás (35,3%)
Ouro (t)	150.213.251,60	12	Nova Iguaçu de Goiás (49%)
Prata (t)	229.620.117,45	4	Alto Horizonte (67,6%)
Quartzito	991.300,00	1	Santo Antônio do Descoberto (100%)
Rochas de Revestimento	1.398.822.584,12	44	Corumbá de Goiás (42,7%)
Saibro	5.452.315,00	2	Águas Lindas de Goiás (85,3%)
Siltito	2.885.282,77	2	Montividiu (84,85%)
Talco	2.644.252,89	2	Aloândia (73,8%)
Titânio (t)	38.536.832,00	5	Ouvidor (98,65%)
Vermiculita (t)	12.527.761,00	4	Ouvidor (41,95%)

Fonte: ANM (2018).

Quando comparado aos dados do valor de produção, chamam atenção algumas importantes reservas ainda não efetivamente exploradas, mas que apresentam possibilidades de virem a ser aproveitadas economicamente no futuro. Nesse sentido, adotando-se como

referência as **reservas medidas** e a **participação da substância no valor de produção**, destacam-se os minerais do grupo metálicos como de elevado interesse do mercado internacional, alguns dos quais considerados estratégicos como: cobre, ouro, níquel, nióbio e amianto. Também, destacam-se os minerais não metálicos de interesse no mercado nacional, principalmente os agrominerais absorvidos como insumos pelo agronegócio: calcário dolomítico e fosfato.

Apenas essas oito substâncias minerais participaram com 88% do valor de produção estadual, em 2021. Já as demais 27 substâncias contribuíram com apenas 12% (Tabela 2).

Tabela 2 - Valor de produção mineral das principais substâncias no estado de Goiás (2021)

Minério	Valor de Produção 2021 (R\$ mil)	Participação na Produção Estadual (%)	Maior Produtor	Participação (%) do maior produtor na produção da substância (GO)
Minério de Cobre	3.055.020	35,6	Alto Horizonte	100,0
Minério de Ouro	1.187.574	13,8	Crixás	75,2
Minério de Níquel	862.909	10,1	Barro Alto	99,6
Calcário de Dolomítico	772.293	9,0	Indiara	32,8
Fosfato	699.452	8,2	Ouvidor	93,4
Minério de Nióbio	509.781	5,9	Catalão	91,0
Amianto	428.964	5,0	Minaçu	100,0
Subtotal	7.518.992	87,6	-	-
Outras Substâncias	1.056.828	12,3	-	-
Total	8.575.820	100,0	-	-

Fonte: ANM (2023).

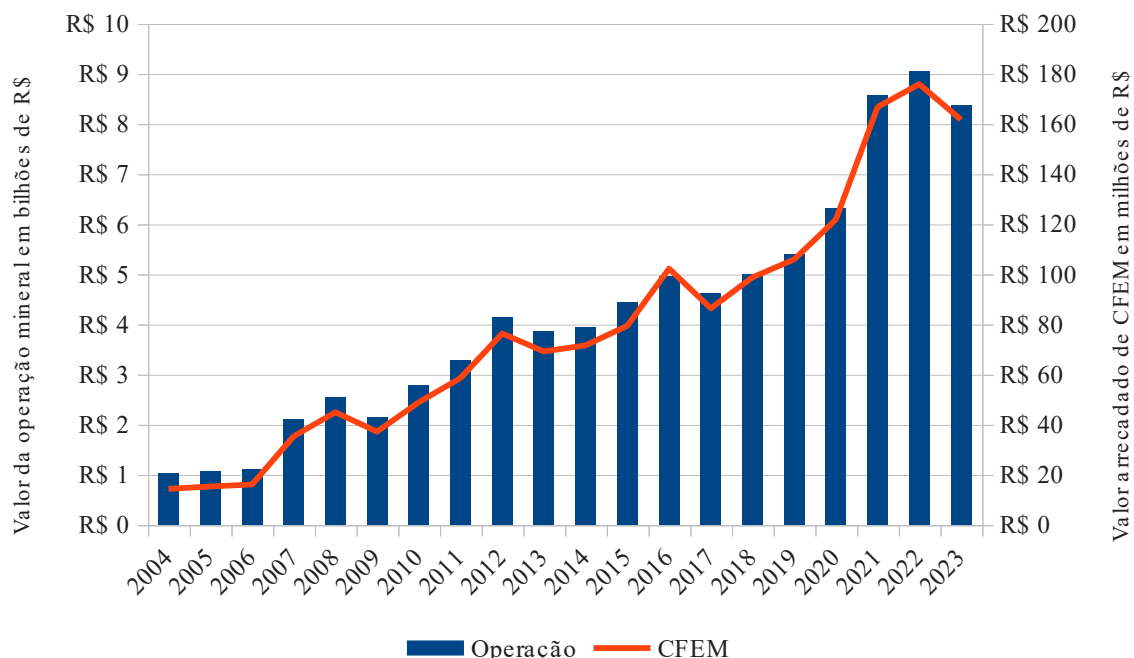
1.1 Dinâmica da Produção Mineral no Estado

Desde o início dos anos 2000, a atividade mineral no estado de Goiás mostra tendência expansiva. Isso é evidenciado pelos dados de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), que representa uma *proxy* do valor da produção mineral (VPM), a qual registrou, de 2010 a 2022, crescimento médio anual de 10,4%, não obstante haja oscilações conjunturais como a do ano de 2023 provocada pela queda tanto na quantidade



quanto no valor do cobre em quase 33%, o que puxou para baixo o VPM do estado para baixo (Figura 1).

Figura 1 - Valor da operação mineral e arrecadação de CFEM, em milhões de R\$ (2004-2022)



Fonte: ANM.

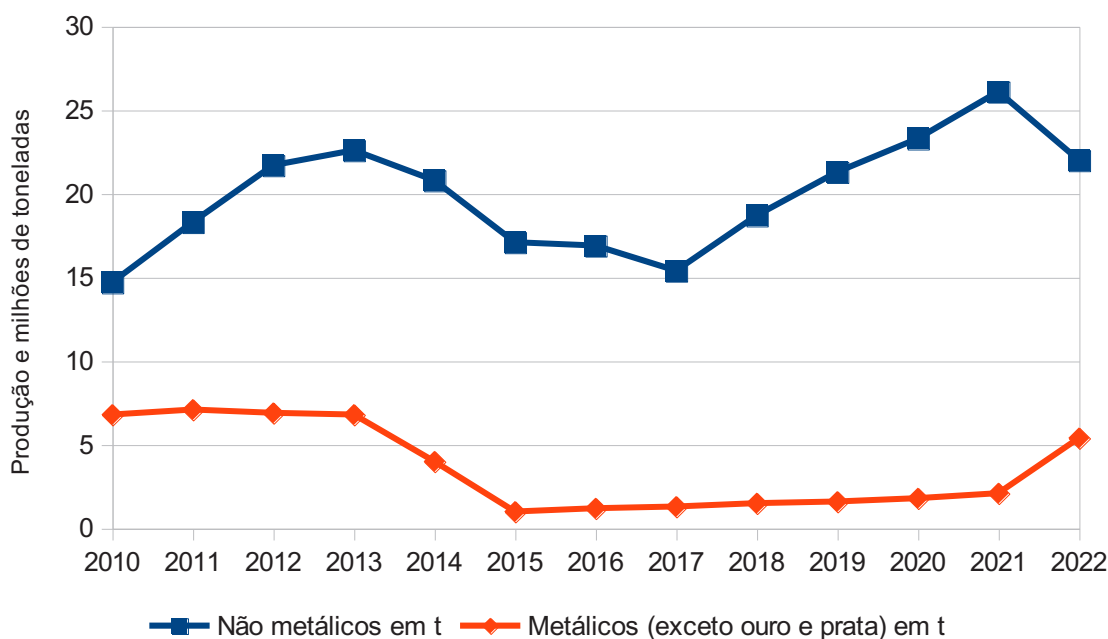
Outra evidência dessa tendência expansiva é expressa pela quantidade de substâncias extraídas do território goiano e de títulos de exploração mineral. Segundo a ANM, em 2004, eram 27 substâncias, com 76 títulos de exploração em 24 cidades com VPM superior a um milhão de reais. Em 2022, esses indicadores passaram para 33 substâncias, com 655 títulos de exploração mineral e 82 cidades com VPM superior a um milhão de reais. O que não deixa dúvidas sobre o crescimento da atividade mineral em Goiás nas últimas duas décadas.

Acerca das variações nos preços internacionais dos minérios explorados por Goiás ao longo dos anos, que contribuem para as oscilações tanto no valor da CFEM como do VPM, registra-se um aumento firme no valor da produção mineral goiano. Com isso, o estado se situa entre o terceiro e o quarto lugar no quesito VPM, alternando com o estado da Bahia, sendo o Pará e Minas Gerais os maiores produtores nacionais. No último ano da série (2022), o VPM foi de aproximadamente R\$ 9 bilhões, com consequente arrecadação de CFEM de R\$ 175 milhões, conforme ilustrado na Figura 1.

Quando se considera os indicadores da produção beneficiada, os minerais não metálicos, como fosfato, amianto, vermiculita, areias industriais, calcário e cascalho, entre

outros, são os que têm alavancado esse crescimento, especialmente a partir de 2017. Os minerais metálicos, por seu turno, os quais tiveram uma expressão maior no início de 2010, declinaram em quantidade até 2015, mas desde 2017 têm apresentando alta, sobretudo após o ano de 2021 (Figura 2).

Figura 2 - Produção de minerais metálicos e não metálicos, em milhões de t (2010-2022)

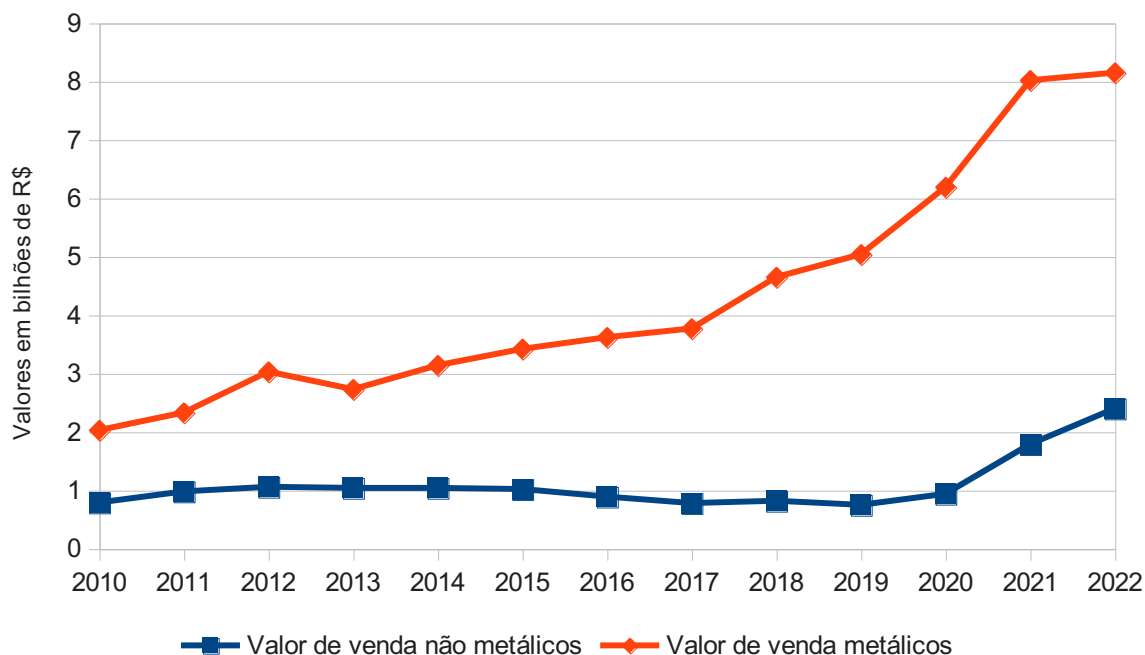


Fonte: ANM.

Sob a ótica do valor de venda dos minérios produzidos, também se constata que são os minerais metálicos que apresentam os maiores valores (Figura 3). O valor de venda dos minerais metálicos, como cobre, níquel, nióbio e ouro, tem apresentado firme crescimento a partir de 2013, enquanto os minerais não metálicos apresentam relativa estabilidade ao longo de boa parte da série histórica, com maior dinamismo a partir de 2020. Com isso, nota-se como, apesar da menor quantidade em toneladas de minerais metálicos comparativamente aos não metálicos, o seu valor de comercialização é bem mais elevado.



Figura 3 - Valor de venda de minerais metálicos e não metálicos, em milhões de t (2010-2022)



Fonte: ANM.

Considerando a dinâmica da pesquisa mineral e da exploração de novas áreas para mineração no território goiano, bem como a pressão de demanda por minerais para suprir as cadeias produtivas dos segmentos emergentes, a expectativa é de que haja aumento da produção de minerais metálicos como cobre, alumínio, níquel, elementos de terras raras, lítio, além dos não metálicos, especialmente os usados como fertilizantes. No primeiro caso, o incremento dessa demanda tem sido impulsionado pela transição energética na busca de fontes de energia menos dependentes de combustíveis fósseis (Srivastava; Kumar, 2022) e, no segundo caso, pela grande dependência do setor agropecuário brasileiro em relação ao fornecimento externo de fertilizantes que são importados principalmente do Canadá, China, Estados Unidos e Rússia. A concretização destes efeitos e os seus rebatimentos no valor da produção dependerá, contudo, de outros fatores que estão relacionados às condições para efetivação de investimento em novos projetos minerais no estado, bem como do preço internacional destes minérios e a cotação do câmbio brasileiro.

Segundo o Serviço Geológico Brasileiro (CPRM)¹, existem evidências da presença de lítio na região Sul de Tocantins e Nordeste de Goiás; com relação às terras raras, há previsão de início da produção de óxidos de terras raras na cidade de Minaçu, pela mineradora Serra

¹ As localizações de pegmatitos que contêm minerais de lítio ao longo do território brasileiro podem ser encontradas em: <http://www.sgb.gov.br/litio/nobrasil.html>.

Verde, com uma reserva de aproximadamente 911 milhões de toneladas de recursos totais (Brasil Mineral, 2022) e baixo impacto ambiental. Com isso, elevam-se as perspectivas de ingresso do país no mercado internacional de terras raras, com o protagonismo de Goiás.

1.2 Principais Bens Minerais Efetivamente Explorados no Território Goiano

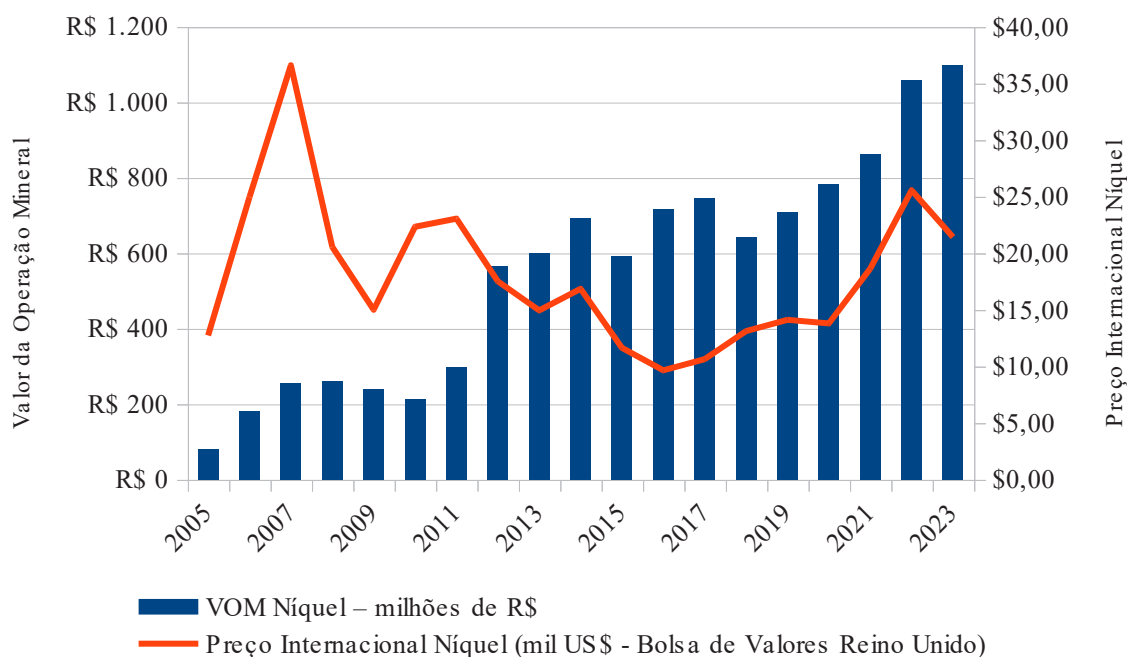
1.2.1 Minerais Metálicos

1.2.1.1 Minério de níquel

O principal uso mundial do níquel se dá para a produção de aço inoxidável, o que representa cerca de dois terços deste mercado. No entanto, o níquel tem sido considerado um importante insumo para as novas tecnologias da transição energética, com a perspectiva de se consolidar como futuro *driver* de aumento da demanda global, considerando as tendências de descarbonização e a geração de energia sustentável.

A produção de níquel em Goiás tem apresentado um firme e contínuo crescimento apesar da oscilação de preços ao longo dos anos (Figura 4).

Figura 4 - Níquel em Goiás: valor (R\$) e preço internacional (US\$) da tonelada (2005-2023)



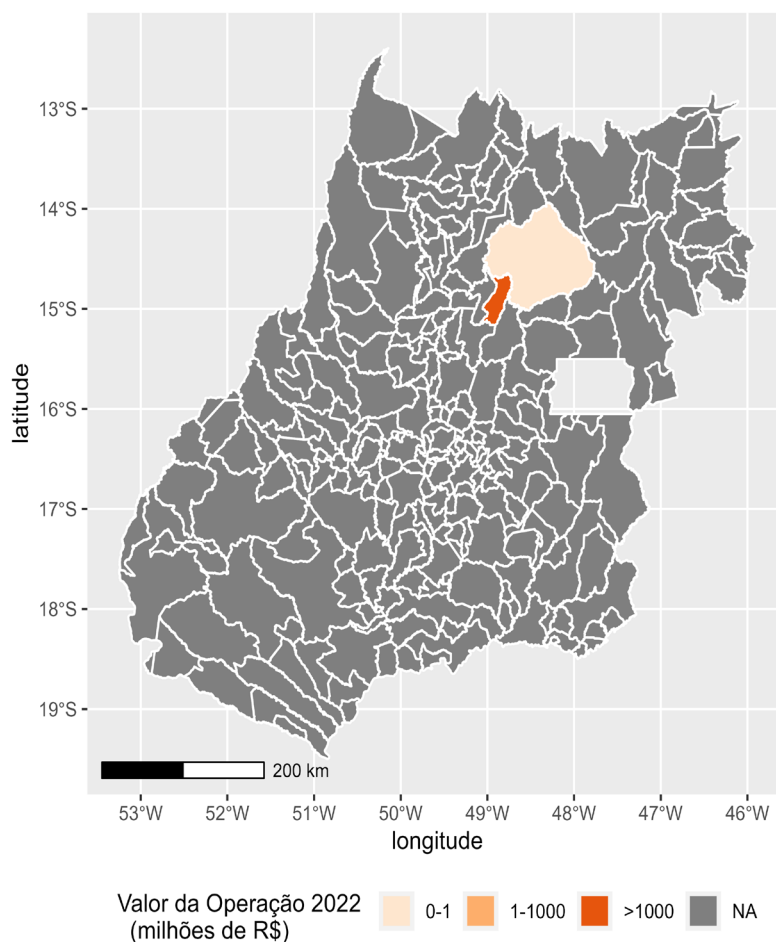
Fonte: ANM/Maiores arrecadadores e Investing.com.



No início dos anos 2000, o níquel alcançou um pico de preços com a tonelada chegando a US\$ 36 mil, em média. A partir de então, os preços médios declinaram até atingir um vale de US\$ 9 mil por tonelada, em 2016, o mesmo valor de antes de 2005. A partir desse ano, os preços iniciaram uma nova trajetória de crescimento impulsionada pela alta pós pandemia de Covid 19, mas há excesso de oferta e as tendências de preços são de queda no curto prazo.

Da mesma forma que o cobre, a produção de níquel também apresenta grande concentração espacial em Goiás. No ano de 2022, a quase totalidade foi proveniente do município de Barro Alto, com VPM por volta de R\$ 1 bilhão (Mapa 1). Em escala bem menor, Niquelândia respondeu por um VPM de R\$ 945 mil. Esses valores revelam um aumento exponencial do valor da produção do níquel no território goiano, já que, em 2005, o VPM total do níquel em Goiás era de aproximadamente R\$ 80 milhões.

Mapa 1 - Barro Alto e Niquelândia: Operação de Níquel em Goiás (2022)

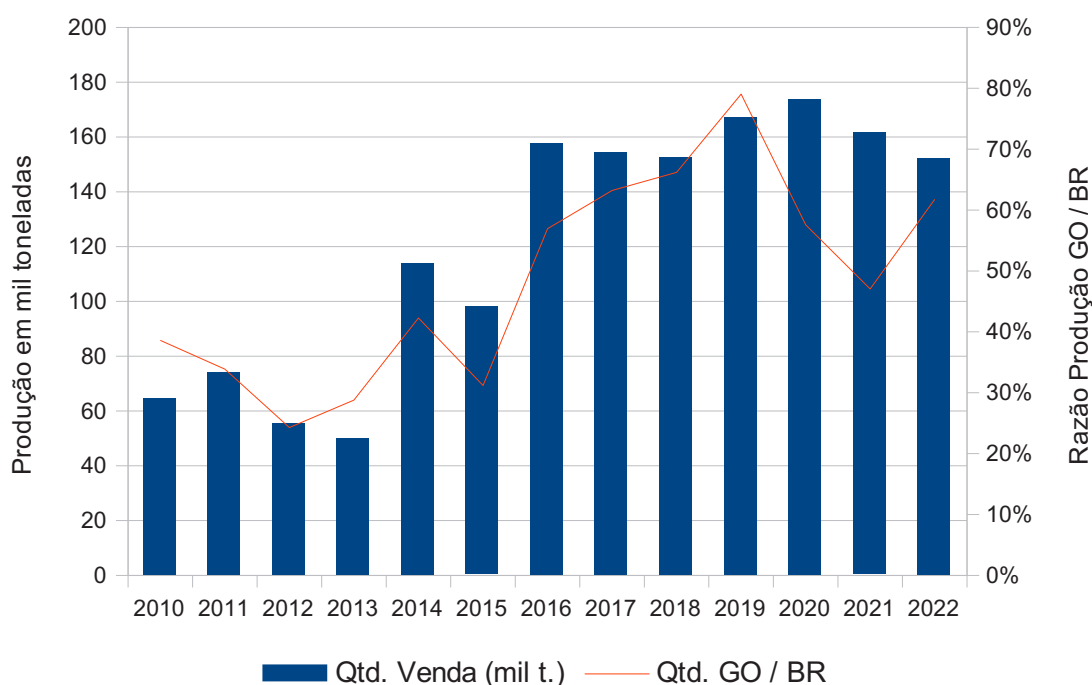


Fonte: ANM.

O minério de níquel é o segundo maior VPM em Goiás, registrando por volta de R\$ 1,1 bilhão em 2022 e 2023, segundo a ANM. Além desse valor, é também o que confere relevância nacional, juntamente com Bahia e Pará.

A produção goiana tem apresentado firme crescimento, embora a produção beneficiada revele um patamar de estabilidade desde 2016, mas bem acima dos anos anteriores da série que tem início em 2010. Entre 2010 a 2015, a média histórica da quantidade vendida de níquel foi de aproximadamente 76 mil t/ano, enquanto a média dos anos pós 2016 foi de 160 mil t/ano (Figura 5).

Figura 5 - Produção de minério de níquel (em t) em Goiás x produção nacional



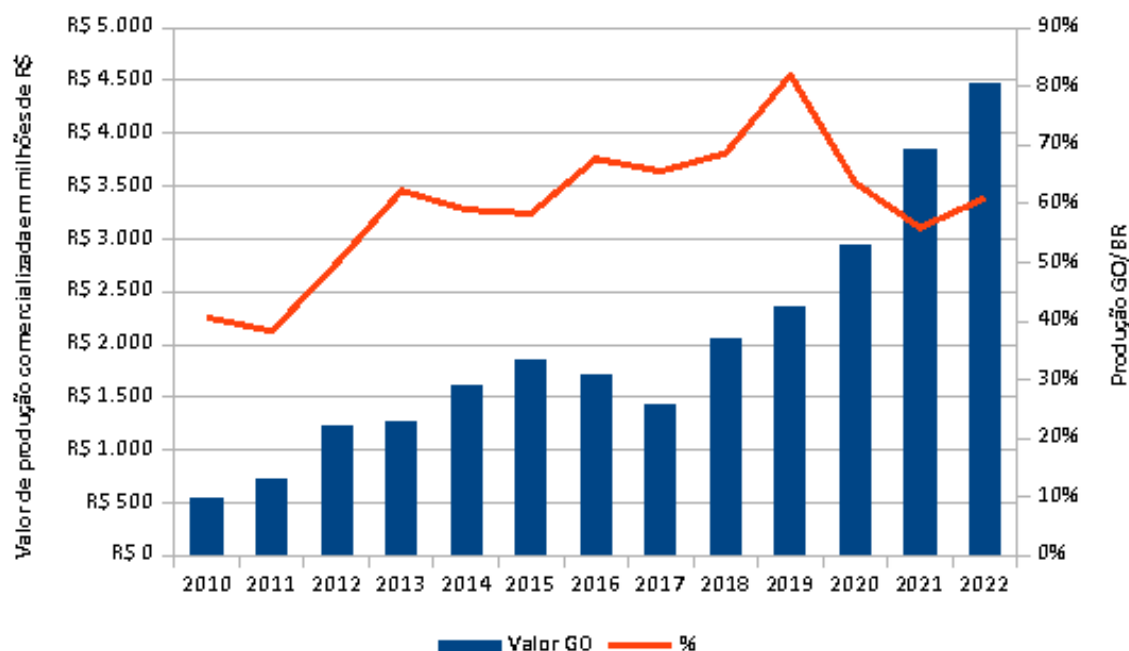
Fonte: ANM.

Em termos de participação nacional, a produção goiana passou de aproximadamente 39% em 2010 para 62% em 2022, caindo novamente para 37% em 2023, segundo a ANM. A *Anglo American* Níquel Brasil é a principal empresa produtora. Outras duas empresas líderes na produção são a Vale, com atuação no Pará (município de Ourilândia do Norte) e a *Atlantic Nickel* Mineração, com participação na Bahia (município de Itagibá).

Em termos monetários, há uma clara tendência de expansiva, de R\$ 557 milhões, em 2010, para aproximadamente R\$ 4,5 bilhões, em 2022, ou crescimento de sete vezes (Figura 6).



Figura 6 - Valor da produção comercializada de minério de níquel em Goiás (em milhões de R\$) x produção nacional



Fonte: ANM.

O mercado do níquel responde ao movimento dos preços internacionais. A produção se expandiu provavelmente devido à recuperação da cotação internacional do minério a partir de meados de 2016, após um longo período de baixa (muito embora as perspectivas sejam de baixa na atual conjuntura (Figura 7)).

Figura 7 - Preço internacional da tonelada métrica do minério de níquel em mil US\$ (2005-2022)

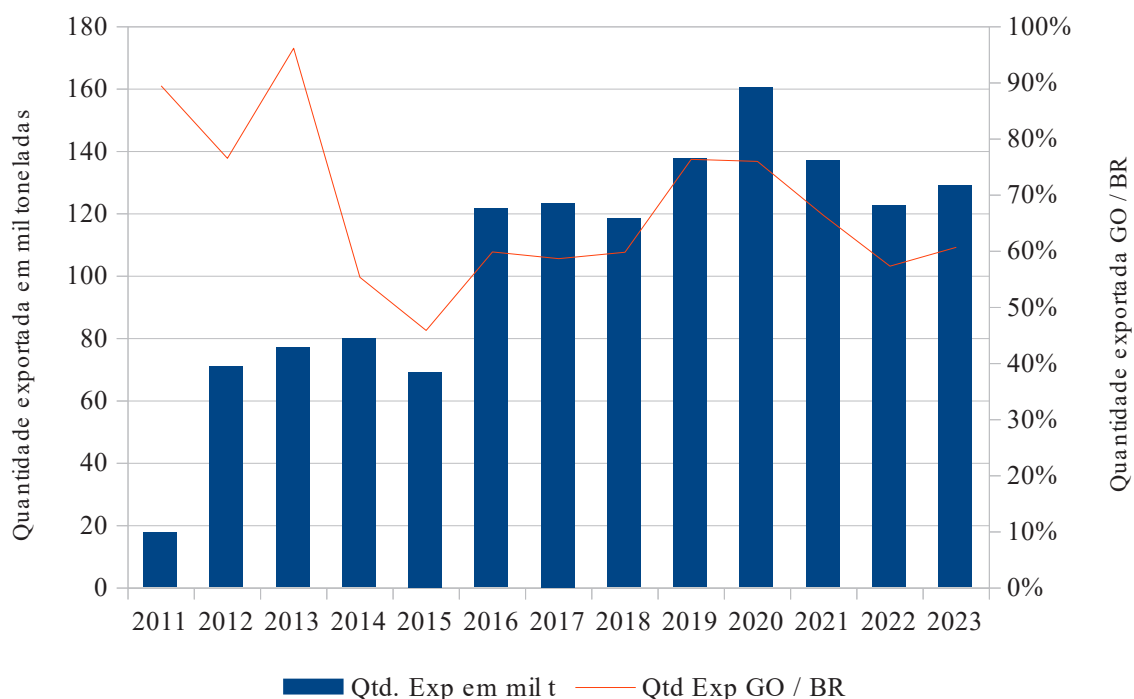


Fonte: Investing.com

Em 2016, a cotação atingiu o seu menor valor: US\$ 8,4 mil por tonelada métrica, mas passou a ser recuperar nos anos seguintes, apresentando alta vigorosa a partir de 2019, sobretudo no ano de 2020, com a crise gerada a partir da pandemia de Covid-19. Em dezembro de 2022, o preço negociado foi de aproximadamente US\$ 30 mil, mas voltou a cair para patamares próximos a US\$ 16 mil no início de 2024, em função do excesso de oferta impulsionada pela Indonésia que responde por 50% da produção mundial de níquel², o que revela a inerente volatilidade dos preços dos minérios.

No que se refere às exportações de níquel, convém esclarecer que o Comex Stat tem pouquíssimos registros de minério de níquel, o que prevalece é o ferroníquel, que consiste na forma com que o minério é comercializado em sua primeira etapa de beneficiamento (Figura 8).

Figura 8 - Exportações em quantidade de ferroníquel de Goiás (2011-2023)



Fonte: Comex Stat.

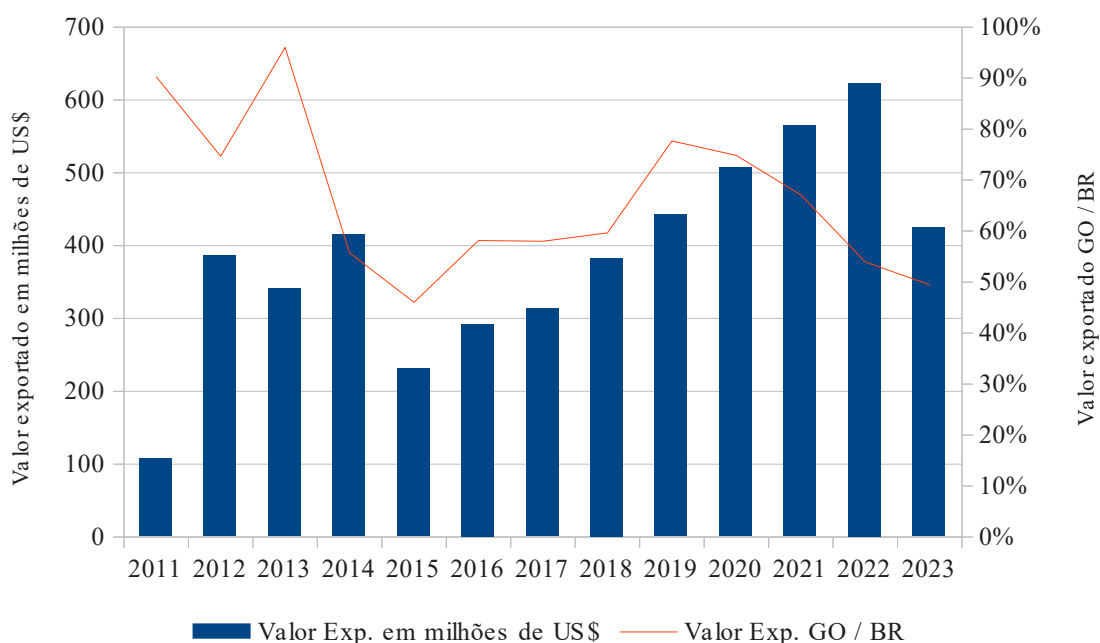
As exportações goianas de ferroníquel apresentaram um crescimento expressivo a partir de 2011 com a quantidade exportada, saindo de 70,7 mil t em 2012, para 122,4 mil t em

² Fonte: <https://www.mining.com/web/indonesia-and-china-killed-the-nickel-market/#:~:text=Indonesia%20is%20now%20the%20world's,Mineral%20Intelligence%20in%20an%20article.>



2022. Quanto à exportação de ferroníquel em termos nacionais, o valor apresentou oscilação de 77% para 57%, no mesmo período (Figura 9).

Figura 9 - Exportações em milhões de US\$ de ferroníquel de Goiás (2011-2022)



Fonte: Comex Stat.

1.2.1.2 Minério de cobre

O cobre é um mineral utilizado na produção de bens condutores de eletricidade, como fios e cabos elétricos de transmissão, na construção civil, na produção de radiadores, além vergalhões, trefilados, laminados, arames, barras de conexão, conectores, freios e rolamentos utilizados na indústria automobilística etc. Entre suas principais aplicações, destacam-se a produção de motores elétricos e fabricação de eletroímãs³.

O Brasil participou em 2021 com 7% da produção mundial (USGS, 2022). Nesse ano, o país atingiu R\$ 17,8 bilhões em valor de produção. Goiás foi o segundo maior produtor a nível nacional, em torno de 17% do valor do país (ANM, 2023).

O cobre é atualmente o principal bem mineral produzido pelo estado de Goiás, considerando o valor da produção comercializada (VPM), o que responde por um quinto do

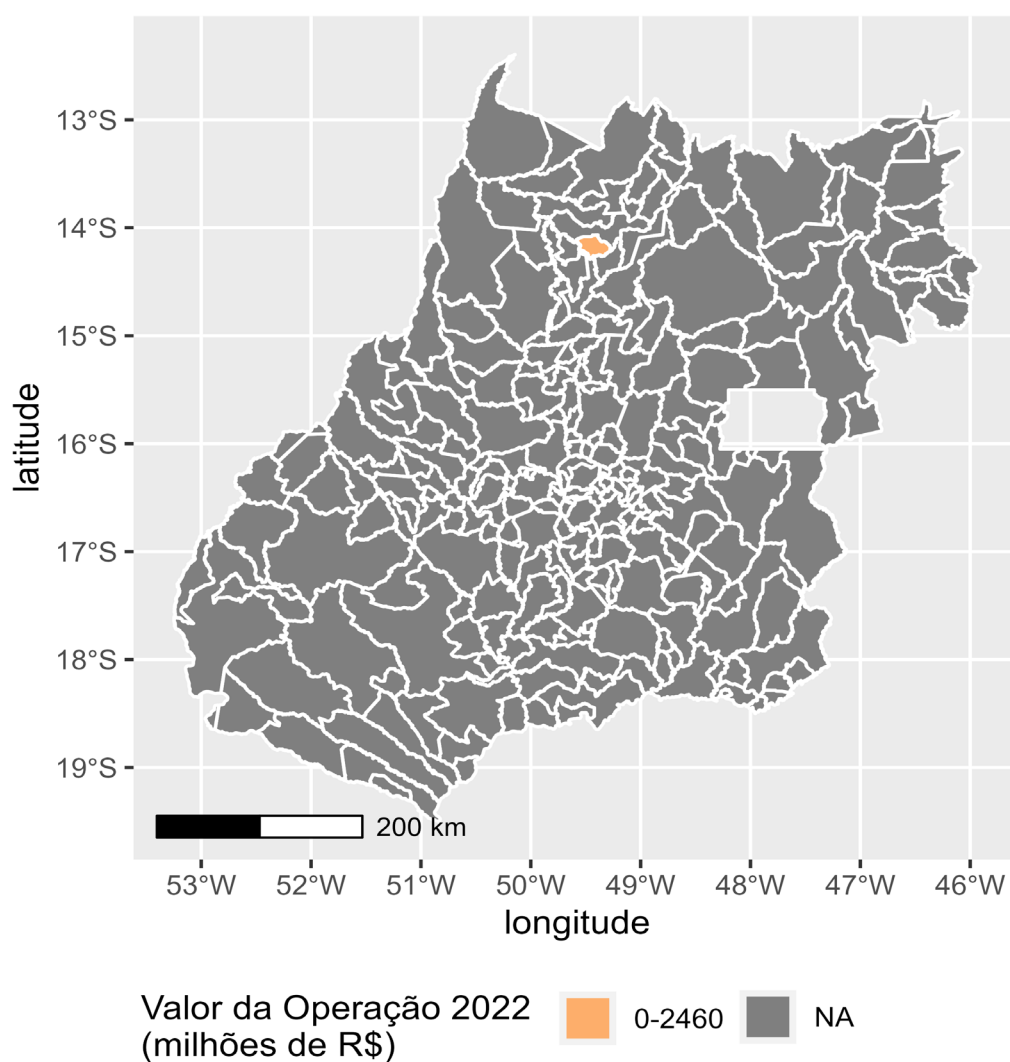
3 Mais informações encontram-se disponíveis em: <http://abccobre.org.br/entenda-as-principais-caracteristicas-e-aplicacoes-do-cobre/#:~:text=O%20cobre%20%C3%A9%20utilizado%20na,capacidade%20de%20deforma%C3%A7%C3%A3o%20e%20ductibilidade.>

VPM do estado (R\$ 1,7 bilhão em 2023 e R\$ 2,47 bilhões em 2022). No cenário nacional, o estado é o segundo maior produtor atrás apenas do estado do Pará, que responde por 66,5% da produção nacional, com VPM de R\$ 9,4 bilhões em 2022.

A maior reserva medida encontra-se em **Alto Horizonte** (155 milhões de t), único município produtor desse minério no estado. Porém, também há reservas relevantes no município de **Nova Iguaçu de Goiás**, que representaram 31% do total (73,5 milhões de t).

Dessa forma, uma das características da produção de cobre em Goiás é sua concentração espacial, com a quase totalidade proveniente de um único município - Alto Horizonte (Mapa 2).

Mapa 2 - Alto Horizonte: Operação de Cobre em Goiás (2022)



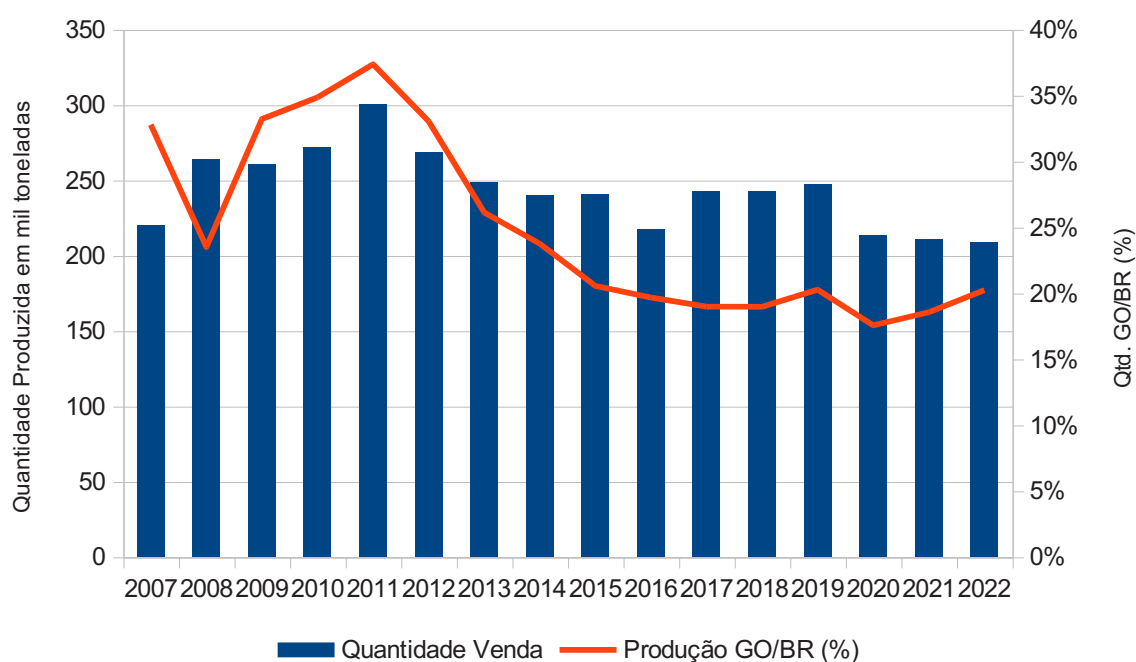
Fonte: Elaboração própria a partir de informações da ANM.



Nesse município, atua a empresa Mineração Maracá, de propriedade da mineradora sueco-canadense *Lundin Mining*, com produção comercial iniciada em 2007. A empresa é uma das líderes mundiais do cobre, com 70% de suas vendas representadas pelo minério. Além do Brasil, tem operações no Chile (mina de Candelaria, produtora de cobre, ouro e prata), nos Estados Unidos (mina *Eagle*, produtora de níquel e cobre), em Portugal (mina de Neves-Corvo, produtora de cobre, níquel, chumbo e prata) e na Suécia (mina *Zinkgruvan*, produtora de zinco, chumbo, cobre e prata)⁴. Dentre as suas operações, a de Chapada (Alto Horizonte) representou 15% das vendas no primeiro trimestre de 2023, com protagonismo da produção do cobre.

Tomando como base a série de 2007 (*start-up* da mina Chapada) a 2022, a produção em toneladas (t) de cobre em Goiás apresentou tendência à estabilidade, variando de 220 mil t em 2007 a 208 mil t em 2022. Ao mesmo tempo, a participação nacional da produção goiana, em t, declinou de 33% para 20% entre 2007 e 2022 (Figura 10).

Figura 10 - Produção de minério de cobre (em t) em Goiás x produção nacional (%)



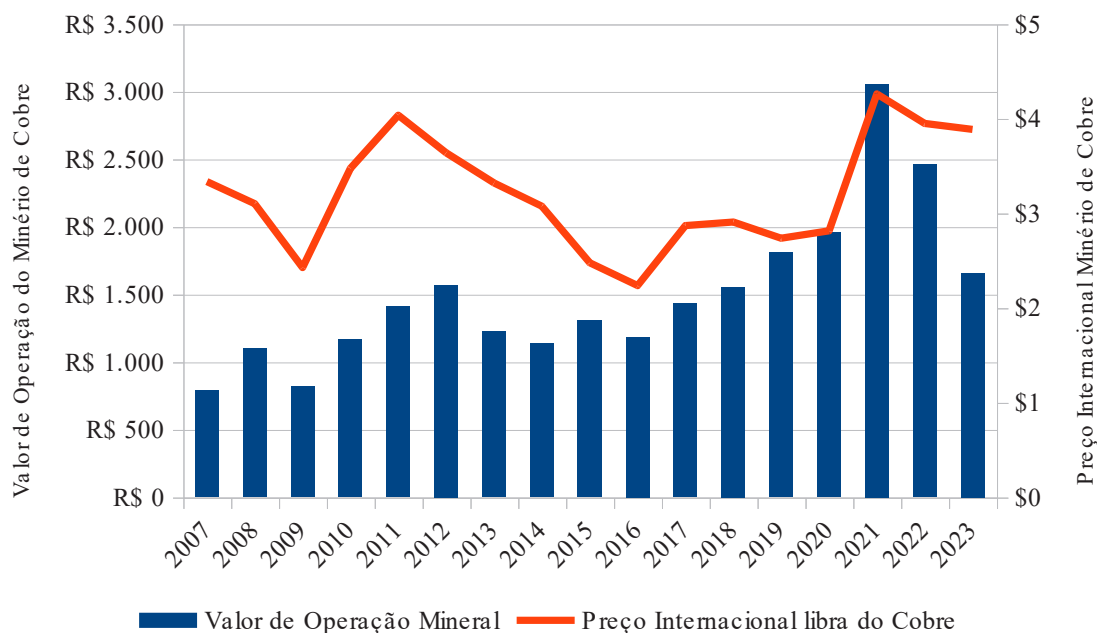
Fonte: ANM.

O valor da operação do cobre goiano passou a crescer de forma firme a partir de 2016, atingindo um pico em 2021. Em 2022, esse valor foi de aproximadamente R\$ 2,5 bilhões, o equivalente a 27% do valor total da operação mineral do estado. Em 2007, tal valor

4 Informações disponíveis no site da empresa: <https://lundinmining.com/operations/overview/>.

correspondia a R\$ 788 milhões, representando um aumento de 212% em 16 anos. A Figura 11 registra a série histórica do valor mineral (VPM) e a trajetória dos preços internacionais da libra do cobre em dólar, em que é possível constatar que houve constante crescimento no valor da produção do cobre a partir de 2016 até atingir o pico de 2021 e, a partir de então, vem registrando queda, o que coincide com a queda na cotação dos preços internacionais.

Figura 11 - Valor da Operação Mineral de Cobre em Goiás e preço internacional da libra

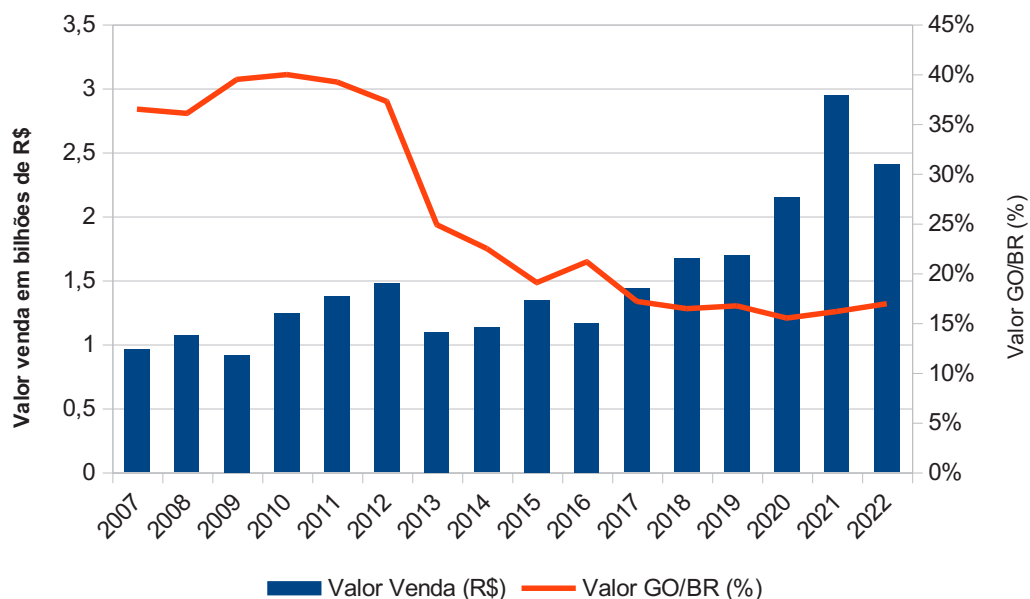


Fonte: ANM/Maiores arrecadadores e Investing.

O comportamento do valor da produção (em reais) foi semelhante. No entanto, apesar do decréscimo em t, o VPM apresentou trajetória crescente, sobretudo a partir de 2020, ano em que os preços internacionais apresentaram alta considerável. Também se observa que, com base no VPM, a participação nacional de Goiás, da mesma forma, apresentou trajetória decrescente, passando de 37% em 2007 para 17%, em 2022 (Figura 12).



Figura 12 - Valor da Produção de minério de cobre em Goiás x produção nacional



Fonte: ANM.

Isso significa que, por mais que o VPM tenha crescido ao longo do tempo, este foi inferior ao crescimento nacional. Em 2010, o VPM do cobre goiano era de R\$ 1,24 bilhão e passou para R\$ 2,4 bilhões em 2022, um crescimento de mais de 93%. Já o valor da produção nacional passou de R\$ 3,1 bilhões em 2010 para R\$ 14,2 bilhões em 2022, aumento muito superior de 357%, no mesmo período, provavelmente provocado pela produção paraense de cobre. Além disso, a dinâmica dos preços internacionais do cobre apresentou diversos ciclos (Figura13).

Figura 13 - Preço internacional da tonelada métrica do minério de cobre futuro em mil US\$ (1988-2022)



Fonte: Investing.

Os preços do cobre oscilaram de alta expressiva, no início dos anos 2000, período que ficou conhecido como *boom* das *commodities*, a queda aguda em 2008, devido à crise econômica mundial, uma forte recuperação ao final de 2009, até descender ao mínimo, em 2016, com valores cotados abaixo de US\$ 5 mil. Todavia, a partir de 2020, houve um aumento expressivo no cenário global de pandemia, com uma recuperação de preços a partir de 2022. Em 2023, o valor mensal médio da tonelada métrica⁵ de cobre futuro foi de aproximadamente US\$ 8,6 mil.

1.2.1.3 Minério de nióbio

As reservas de nióbio de Goiás estão concentradas no complexo mineral de Catalão e Ouvidor: 100% das reservas encontram-se entre esses dois municípios. O nióbio é muito usado para fortalecer ligas metálicas, utilizadas em tubos, fios condutores, peças aerodinâmicas e automotivas. Do ponto de vista da medicina, é utilizado em diagnósticos de imagem. O Brasil detém 98% das reservas e 90% da produção mundial, e Goiás representa 55% da produção nacional.

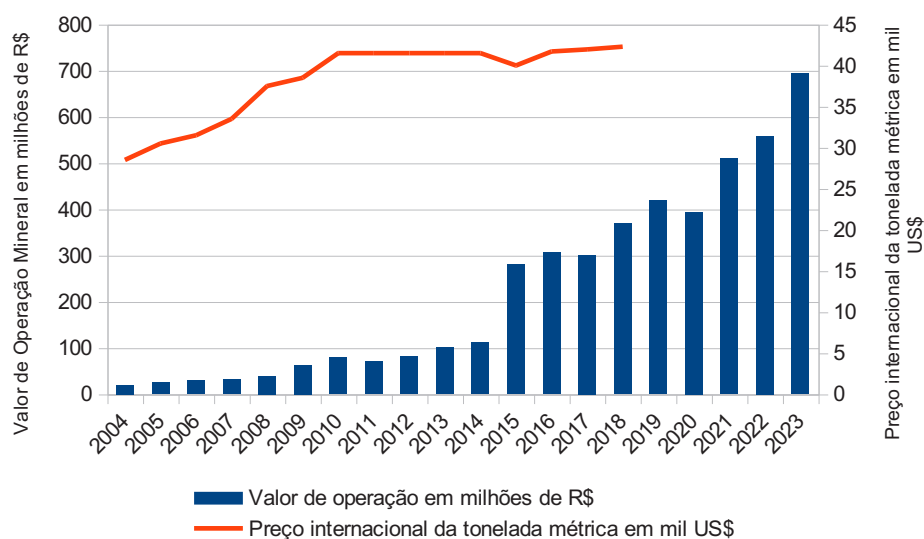
O produto vendido por Goiás é o ferronióbio proveniente das minas de Catalão e Ouvidor, pela empresa Niobras do Grupo CMOC Brasil Mineração⁶. Em 2022, o valor de operação foi de R\$ 558 milhões, sendo 91% proveniente de Catalão e apenas 9% de Ouvidor, onde há uma usina de beneficiamento para produção de ligas de ferronióbio altamente resistentes. O histórico do valor da produção de nióbio em Goiás mostra trajetória ascendente, intensificada a partir de 2014. Partindo de R\$ 19,4 milhões em 2004 para R\$ 693 milhões em 2023 (Figura 14).

5 Originalmente, os dados da plataforma [Investing](#) estão disponíveis apenas em preço (US\$) por libra do cobre futuro. Para encontrar os valores em tonelada métrica, fez-se a conversão entre libra e tonelada métrica pelo fator de conversão de 2204,62.

6 A empresa opera uma mina e usina para produção de ferronióbio em Catalão, com capacidade instalada em torno de 10 mil t/ano da liga de nióbio (Brasil Mineral, 2022).



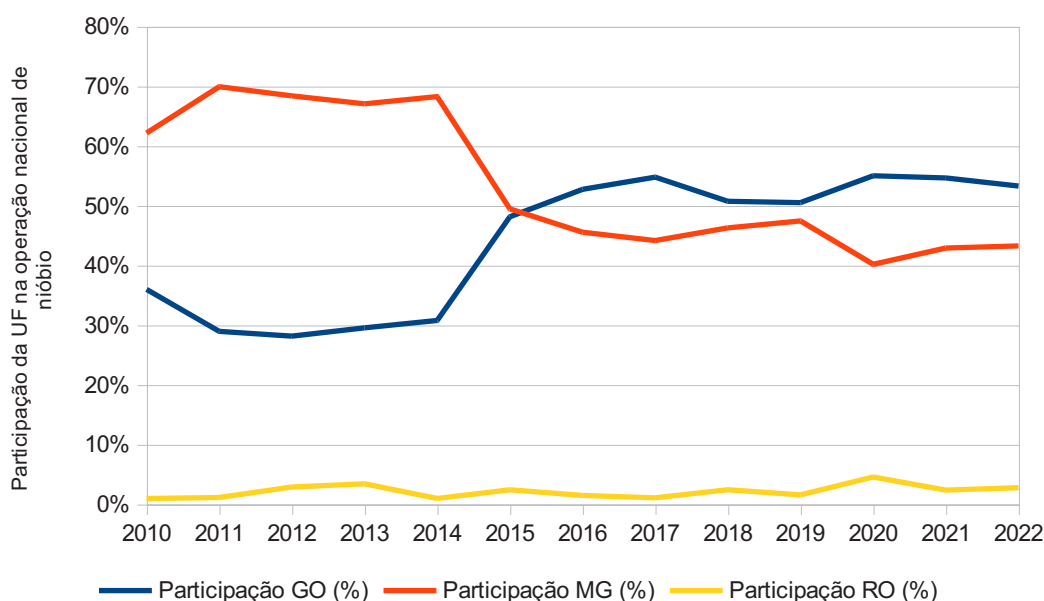
Figura 14 - Valor da operação mineral de nióbio em Goiás (2004-2023) e preços (2004-2018)



Fonte: ANM e Metalary.

Entre 2004 a 2022, o crescimento desse valor foi de aproximadamente 2.800%, aumento superior ao estado de Minas Gerais, o segundo maior produtor nacional de Nióbio, que nesse mesmo período cresceu 817%, saindo de um valor de R\$ 19,4 milhões para R\$ 453 milhões no período em questão. Outro produtor é o estado de Rondônia, que responde por uma fatia bastante reduzida em comparação aos dois maiores produtores nacionais, oscilando por volta de 1% e 3% do total nacional (Figura 15).

Figura 15 - Mercado nacional de operação de Nióbio e seus principais atores (2010-2022)



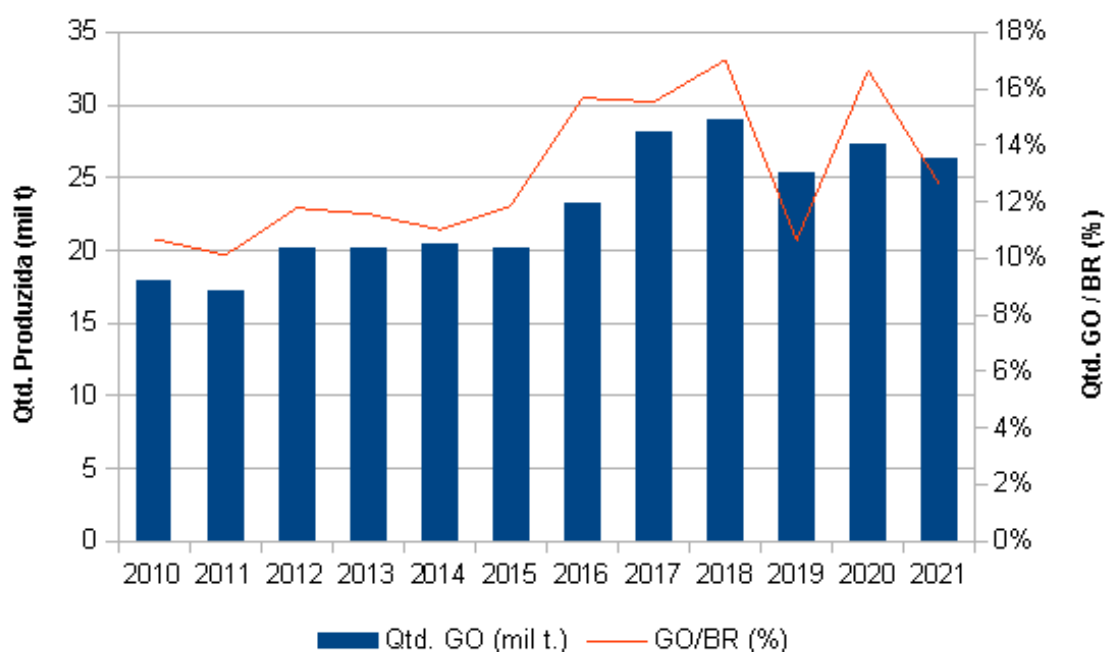
Fonte: ANM.

A partir de 2016, o município de Catalão passou a ser o maior produtor nacional de nióbio respondendo por 49% da operação nacional (R\$ 285 milhões). Em 2022, Catalão e Ouvidor responderam por 53% da produção nacional do minério, com valores de operação de R\$ 508 milhões e de R\$ 50,2 milhões, respectivamente. Esses municípios também respondem por 100% das reservas de nióbio no estado. No médio e longo prazo, a produção deve manter-se concentrada em Catalão e Ouvidor, com destaque para Catalão, tendo em vista que a vida útil da mina vai até 2035 (Anglo American, 2014).

O segundo município produtor é Araxá (localizada a 191 quilômetros de Catalão), em Minas Gerais, com valor de operação de R\$ 453 milhões, correspondente a 43% na produção nacional. Nesta cidade, operam as empresas Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) e da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (Codemig).

Dessa forma, Goiás exerce atualmente a dianteira na produção do minério no país, com firme crescimento desde 2010 (Figura 16).

Figura 16 - Produção de minério de nióbio em Goiás (em quantidade) x produção nacional



Fonte: ANM.

1.2.1.4 Minério de ouro

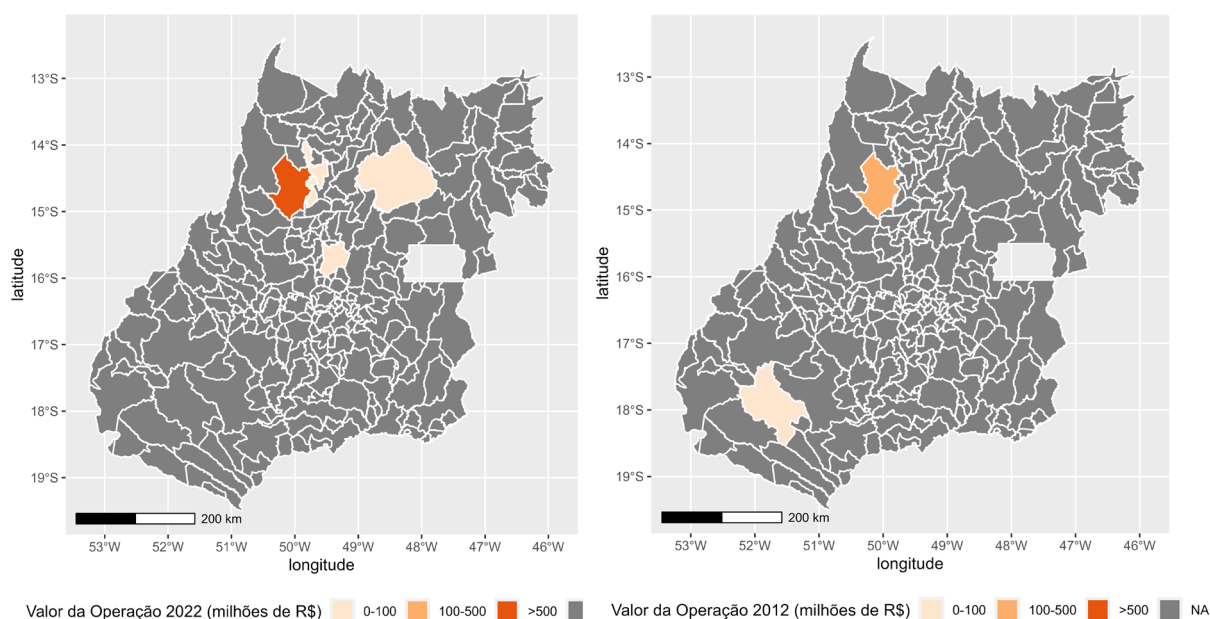
Em 2021, o Brasil registrou R\$ 27 bilhões em produção de ouro, o país é o 10º maior produtor mundial, e Goiás figurou na 6ª posição entre os estados, participando com 4,4% da



produção nacional (ANM, 2023). O minério é utilizado em joalherias, na fabricação de moedas e como padrão monetário em muitos países. Na indústria eletrônica, ele está presente em inúmeros produtos, sendo utilizado como condutor de eletricidade, laminados e placas de computadores, telefones celulares, televisores de tela plana e câmeras.

O mineral de **ouro** tem reservas medidas em 12 municípios goianos, sendo as mais importantes no município de Nova Iguaçu de Goiás (49%), localizado na mesma região dos principais produtores (Crixás, Pilar de Goiás e Guarinos). Outros municípios como Fazenda Nova, Juapaci e Iraelândia também registraram reservas desse minério. Juntamente a Alto Horizonte, esses municípios integram o chamado Vale do Rio Crixás (Cardoso Júnior, 2017). O ouro figura entre os cinco maiores VPM, alcançando de R\$ 863 milhões em 2023, sendo o município de Crixás o maior produtor. Assim, a produção de ouro também ocorre de forma bastante concentrada territorialmente (Mapa 3).

Mapa 3 - Crixás, Niquelândia, Guarinos e Santa Terezinha de Produção Goiás: Operação de Ouro em Goiás (2022-2012)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

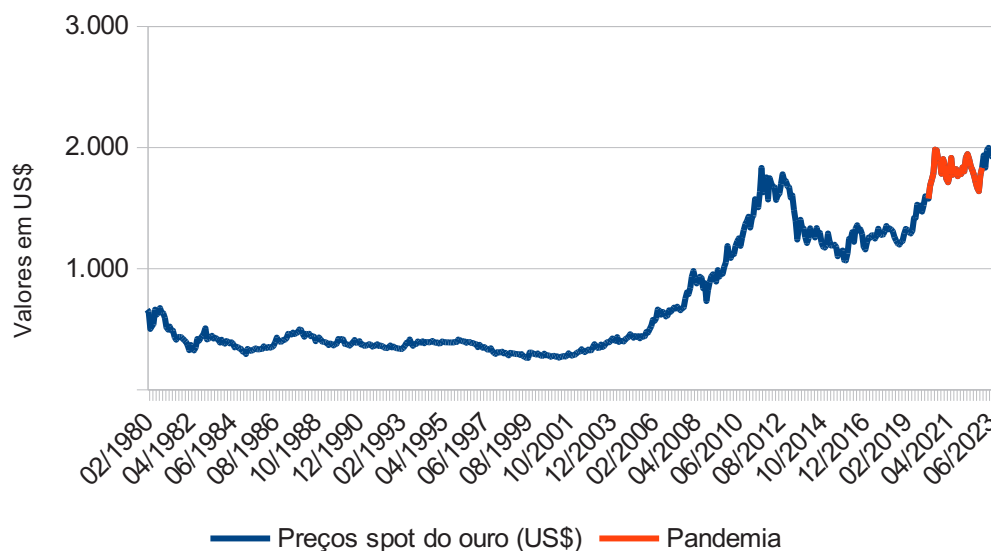
No médio prazo, a produção de ouro deve-se manter concentrada nesses municípios, sobretudo em Crixás. Nesse município, percebe-se um investimento acentuado nas plantas de extração visando ao aumento da vida útil da jazida que, com investimentos de R\$ 200 milhões, ampliou sua expectativa de vida útil até 2030 (Ibram, 2014).

As principais plantas ativas estão na região do Vale do Rio Crixás (Cardoso Júnior, 2017), entre os municípios de Crixás, Pilar de Goiás e Guarinos. Em Crixás, a produção é feita pela Mineração Serra Grande, de propriedade do grupo *AngloGold Ashanti*, terceira maior empresa mundial de ouro. Em Alto Horizonte, a *Lundin Mining* extrai ouro juntamente ao cobre e, em Pilar de Goiás, quem atua é a empresa Pilar Gold.

Parte de projetos futuros de expansão da capacidade é com a mina de Mara Rosa, a partir das operações da *Hochschild Mining*, com capacidade média de produção de 102 mil onças de ouro ao ano nos seus primeiros quatro anos de operação (Brasil Mineral, 2023). Com isso, existem perspectivas futuras de crescimento da oferta deste minério no estado.

No início dos anos 2000, fase do denominado superciclo das *commodities*, os preços do ouro dispararam e a capacidade produtiva instalada não conseguiu acompanhar o ritmo, o que se refletiu em alta crescente dos preços, fator agravado pela pandemia da Covid 19 em 2020. Nesse período, o preço internacional do ouro médio mensal da *onça troy* esteve em torno de US\$ 1.943,3 dólares. Comportamento similar de alta acentuada também foi verificado após a crise de 2008. A Figura 17 resume o comportamento do preço spot⁷ do ouro.

Figura 17 - Preço internacional da onça troy do ouro em US\$



Fonte: Investing.

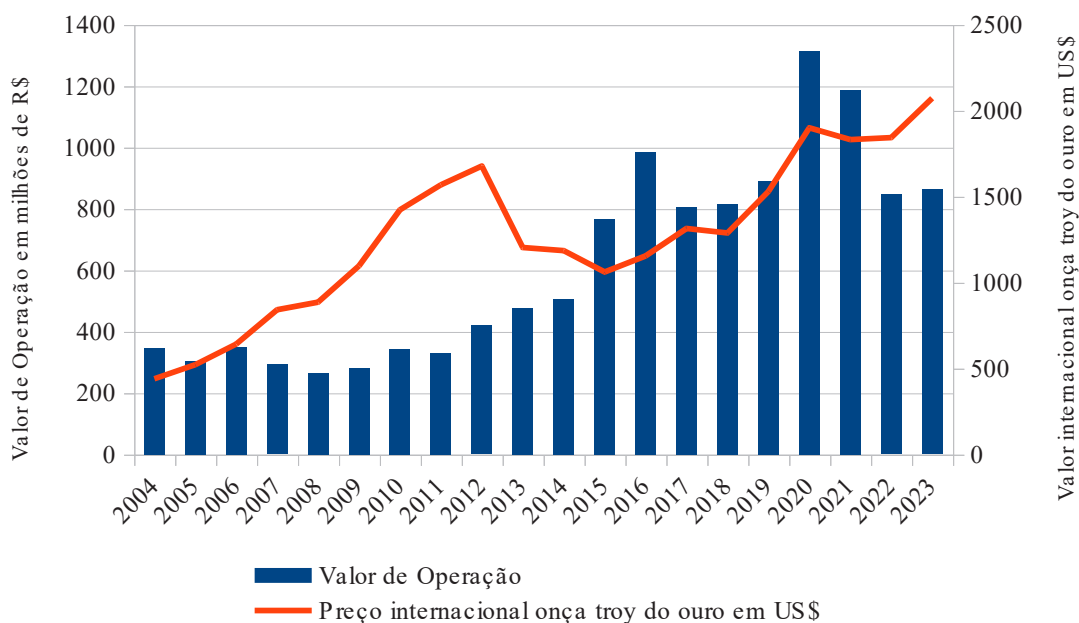
O valor da *onça troy* do ouro (XAU), entre 2010 e 2022, oscilou bastante, sobretudo devido à sua função de reserva de valor que o distingue dos demais minérios. Logo, os seus preços internacionais refletem não apenas as condições de oferta e demanda globais, mas

⁷ Representa o preço atual da mercadoria negociada, diferente do preço futuro.



também a busca, por parte dos agentes econômicos, de ativos de maior segurança em períodos de incerteza e crise. A partir de 2015, o crescimento da produção de ouro em Goiás vem acompanhando o valor dos preços internacionais (Figura 18).

Figura 18 - Valor de operação mineral de Ouro em Goiás (2004-2023)



Fonte: ANM/Maiores arrecadadores e Investing.

Em comparação com o ano de 2012, verificou-se um aumento de quase 100% no VPM do ouro e, comparativamente a 2004, houve aumento de 145%. Em 2004, Crixás e Faina respondiam por R\$ 219 milhões e R\$ 124 milhões, respectivamente. Em 2022, o VPM de ouro em Goiás foi de aproximadamente R\$ 846 milhões, com grande concentração em Crixás. Com o passar dos anos, verificou-se a consolidação desta tendência, além do aumento de produção de outros municípios, como Pilar de Goiás, onde atua a empresa Pilar de Goiás Desenvolvimento Mineral. Em termos percentuais, Crixás passou de 63,5% da produção estadual, em 2004, para 75% em 2021, enquanto Pilar de Goiás representava aproximadamente 5% em 2013, passando para 21% em 2021. Assim, pode-se perceber como houve uma tendência de concentração da produção do ouro em Goiás em poucos municípios.

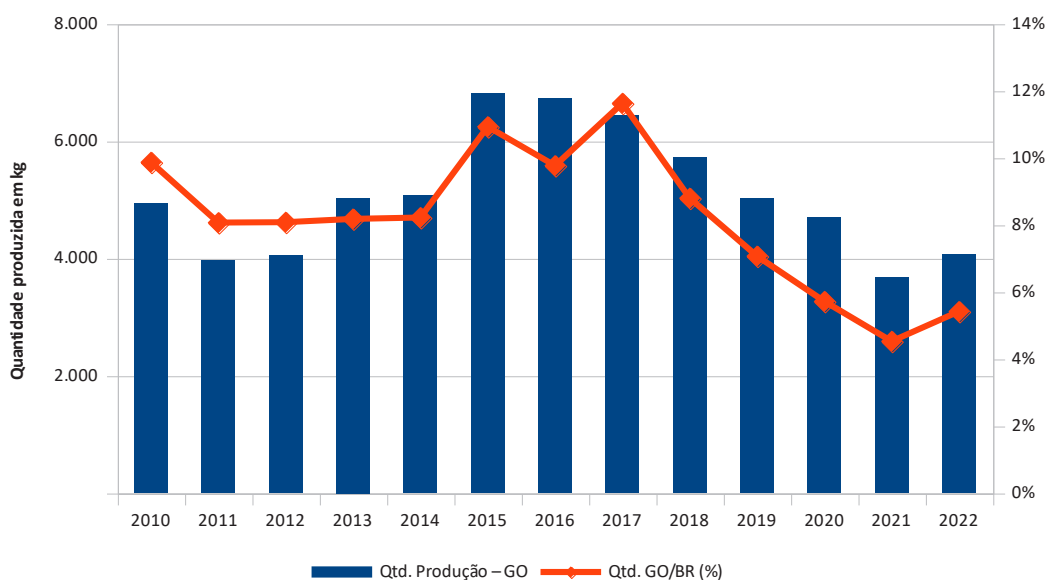
Diferente do aumento firme de valor de operação até 2020, a participação relativa de Goiás na produção nacional de ouro tem declinado. Em 2004, essa participação era de aproximadamente 34% e, em 2022, caiu para 3,5%. Ao mesmo tempo, o estado, que era o segundo maior produtor nacional em 2004, passou a ser o sexto em 2022, atrás de Minas Gerais, Pará, Mato Grosso, Bahia e Maranhão. Dentre estes, Minas Gerais é o maior produtor

nacional, concentrando 38% da operação nacional. Não obstante o crescimento da produção da Região Norte do país, cuja produção nem sempre vem de áreas legalizadas.⁸

Com isso, Goiás tem oscilado entre a 5º e 6º posição entre os demais estados brasileiros produtores de ouro. Em 2021, esse minério faturou R\$ 1,1 trilhão (ANM, 2023). Entretanto, do ponto de vista volume em toneladas, Goiás ocupou a 2º posição entre 2010 e 2014, quando registrou 9,7 toneladas anuais de ouro. Em 2020, essa produção caiu para 7,4 toneladas anuais, passando para a 4º posição.

Quanto ao regime de concessão, segundo os dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2022 (ANM, 2023), o estado figurou na sexta posição na produção nacional, atrás, respectivamente, de Minas Gerais (o maior produtor nacional), Bahia, Mato Grosso, Maranhão e Pará. Considerando a produção beneficiada comercializada no ano de 2021, ainda segundo ANM (2023), tem-se um total de 62,2 t de ouro produzidas a nível nacional pelo regime de concessão, dos quais Goiás produziu 3,7 t ou 6% do total. O registro do ano de 2022 é de aproximadamente 4 t de ouro comercializado e R\$ 1,1 bilhão em valor da produção comercializada para o estado (Figura 19).

Figura 19 - Produção de ouro em Goiás (kg) x produção nacional



Fonte: ANM.

8 Algumas matérias elucidativas sobre a dimensão da ilegalidade da produção do ouro na região Norte podem ser encontradas nos estudos do Instituto Escolhas, disponíveis em: <https://escolhas.org/tema/mineracao/>.

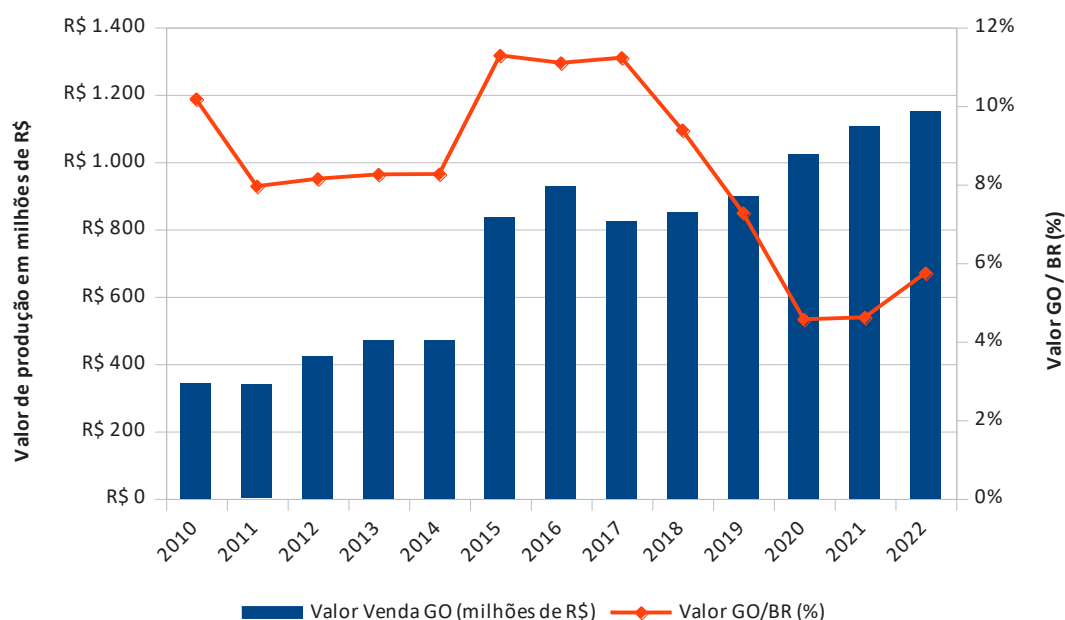


Quando se considera a produção no regime de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), o Pará se torna o maior produtor nacional, com uma quantidade mínima atribuído a Goiás, de apenas 18 kg em 2021.

De fato, a produção de ouro vem decrescendo desde o ano de 2016, embora tenha apresentado leve alta em 2022. O valor produzido em 2010, segundo a base de dados da ANM, foi de 4,8 t, enquanto em 2022 foi de 3,9 t, e o valor médio anual produzido, entre 2010 e 2022, foi de aproximadamente 5 t. No mesmo período, a produção nacional em quantidade passou de 48,6 t para 72,4 t, fator que provavelmente explica o declínio da participação goiana na produção nacional entre 2017 e 2021.

O valor da produção, por sua vez, revela um firme crescimento com altas sucessivas, passando de aproximadamente R\$ 342 milhões, em 2010, para R\$ 1,1 bilhão, em 2022. Ao mesmo tempo, o valor da produção nacional passou de R\$ 3,4 bilhões em 2010 para aproximadamente R\$ 20 bilhões em 2022, o que conforma um crescimento percentual de 495,6%, bastante superior ao de Goiás que foi de 236,4%. Este fato explica o declínio na participação do valor da produção de Goiás em comparação com o nacional, também expresso no Figura 20.

Figura 20 - Valor da produção de ouro em Goiás (em milhões de R\$) x valor nacional



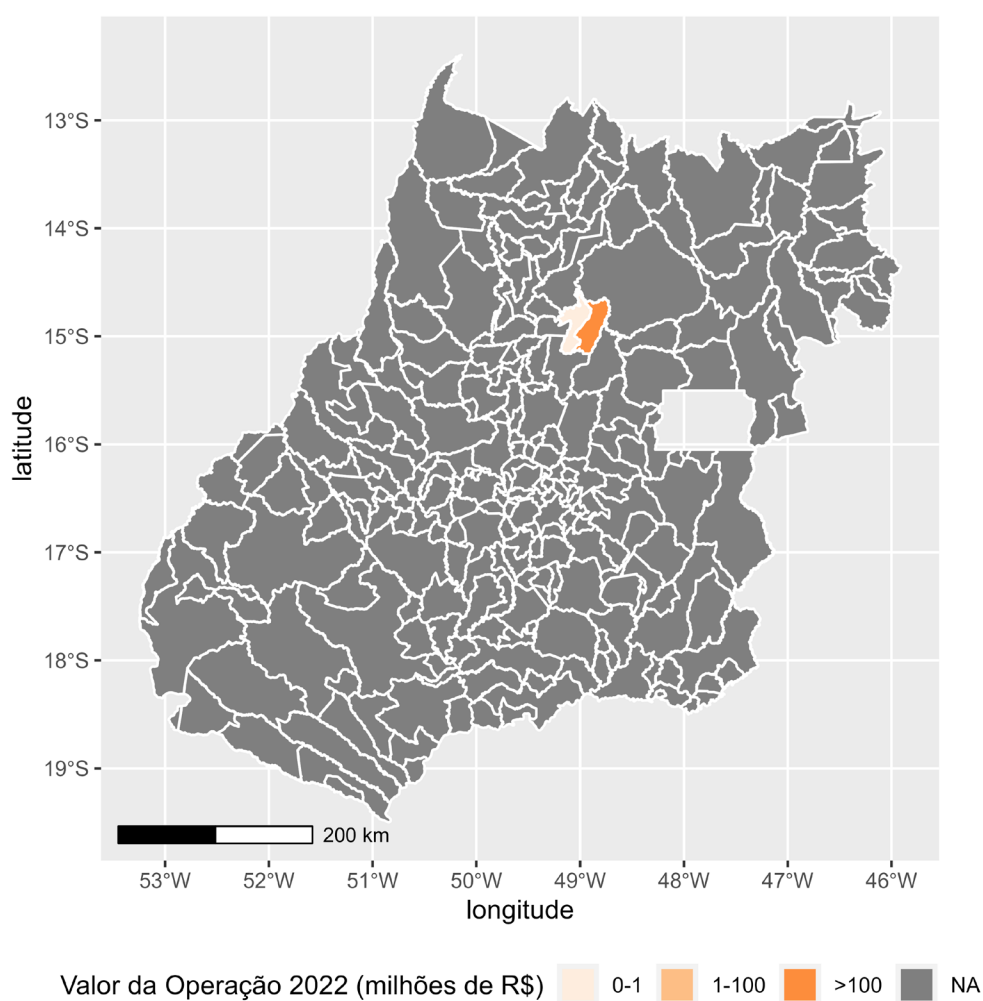
Fonte: ANM.

Provavelmente, o crescimento do valor monetário do ouro, mesmo com o decréscimo na quantidade produzida, tem sua explicação na dinâmica dos preços internacionais.

1.2.1.5 Minério de bauxita

De forma semelhante aos outros minerais metálicos, a produção de bauxita também é oriunda do Norte Goiano com a quase totalidade proveniente do município de Barro Alto que, em 2022, gerou um VPM de aproximadamente R\$ 109 milhões, seguido, de forma residual, pelo município de Santa Rita do Novo Destino, com valor de operação pouco significativo de R\$ 419 mil (Mapa 4).

Mapa 4 - Barro Alto e Santa Rita do Novo Destino: Operação de minério de bauxita em Goiás (2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

O valor da operação da bauxita em Goiás tem apresentado firme crescimento, em que pese o preço internacional do alumínio ter oscilado ao longo desses anos, porém mantendo tendência de alta desde 2015 (Figura 21).



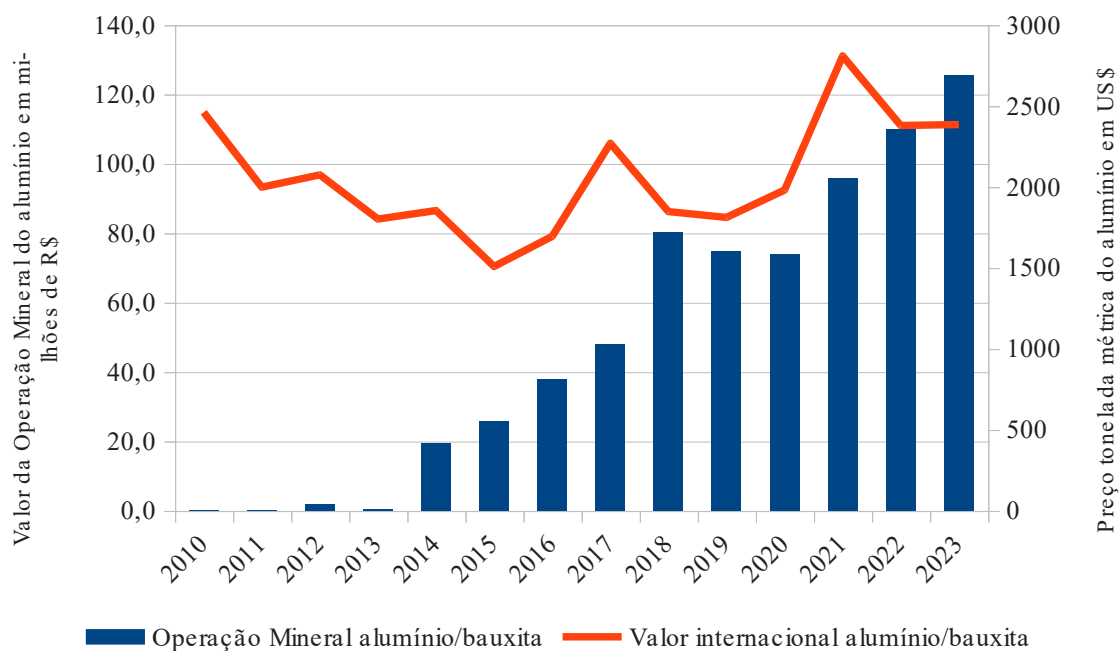


Figura 21 - Valor da Operação Mineral de bauxita (milhões de R\$) em Goiás, quantidade produzida (mil toneladas) e evolução dos preços da bauxita
Fonte: ANM e Investing.

Nos últimos 10 anos, a taxa média anual de crescimento do valor de produção bauxita ficou em torno de 50%, passando de R\$ 1,8 milhão em 2012 para mais R\$ 126 milhões em 2023. O município de Barro Alto é o que concentra os maiores valores da operação, seguido de maneira residual pelo município de Santa Rita do Novo Destino.

Em 2022, Goiás respondeu por 2% da operação mineral de alumínio, ficando em terceiro lugar no *ranking* nacional, atrás do Pará (primeiro colocado, com 95% da produção nacional de alumínio/bauxita) e de Minas Gerais (segundo colocado, com pouco mais de 2% de participação na produção nacional). O total produzido no Brasil, em 2022, foi de R\$ 5,4 bilhões.

Pela ótica das exportações de produtos de alumínio, verifica-se que Barro Alto corresponde a uma parcela reduzida do total de produtos derivados do alumínio, incluindo o minério *in natura*. No ano de 2022, foi o município de Rio Verde que mais exportou, alcançando valor de US\$ 14,2 milhões em “recipientes de alumínio” para os Estados Unidos, cuja produção não está vinculada à cadeia produtiva local (Tabela 3).

Tabela 3 - Exportações de bauxita/alumínio e seus produtos em GO (2022)

Município	Produto do Alumínio	Valor em US\$ mil
Rio Verde - GO	Reservatórios e barris, para quaisquer matérias, de alumínio, de capacidade não superior a 300 litros	14.182
Barro Alto - GO	Minérios de alumínio e seus concentrados	1.305
Aparecida de Goiânia - GO	Artefatos de uso doméstico, de higiene ou de toucador, e suas partes, de alumínio; esponjas, esfregões, luvas e artefactos semelhantes, para limpeza, polimento e usos semelhantes, de alumínio	49
Goiânia - GO	Tubos de alumínio	28
Anápolis - GO	Barras e perfis de alumínio	27
Anápolis - GO	Outras obras de alumínio	14

Fonte: ComexStat.

Uma fração muito pequena da operação mineral é exportada *in natura*, conforme se pode verificar pelo reduzido valor (em comparação ao valor total de produção) de exportação de minério de alumínio e seus concentrados em Barro Alto. Isso demonstra que a produção é destinada em sua maior parte para suprir o mercado doméstico; o que é confirmado em Brasil Mineral (2022): “a bauxita em Goiás é produzida pela Terra Goyana Mineração, que extrai minério próprio e também exerce a lavra para a CBA (Companhia Brasileira de Alumínio)”, possivelmente para o beneficiamento em São Paulo. Segundo os registros da ANM, em 2022, além da empresa Terra Goyana e da Companhia Brasileira de Alumínio, que pertence à Votorantim, a Mineradora Santo Expedito também atua na produção do alumínio, todas no município de Barro Alto.

1.2.1.5 Minério de manganês

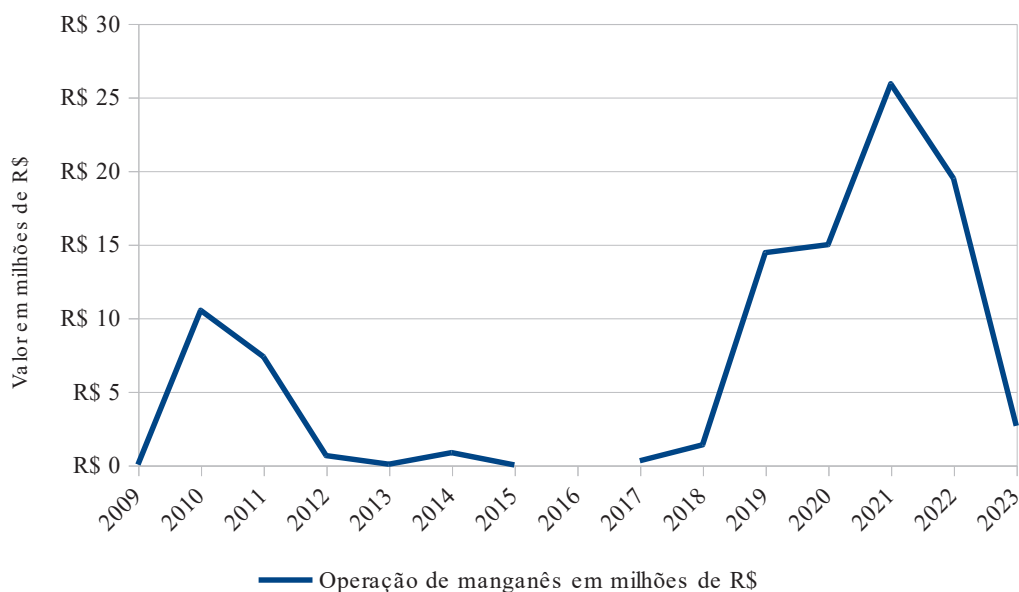
O manganês é um mineral que pode ser utilizado na fabricação de ligas metálicas, dando origem a materiais como o ferromanganês, ou em ligas de cobre. Pode também ser utilizado em materiais não metálicos, como em pilhas e baterias e na agricultura, sendo



componente de fertilizantes e fungicidas (indústria farmacêutica). Apesar de suas amplas utilizações possíveis, seu maior uso a nível global é na indústria siderúrgica, cuja aplicação corresponde a 90% do total produzido⁹. Segundo essa referência, o Brasil detém aproximadamente 18% das reservas internacionais de manganês, sendo as maiores ocorrências as jazidas do Azul, no sudeste do Pará (Região de Carajás), Serra do Navio, no Amapá, e Urucum, no Mato Grosso do Sul. Existe também a jazida de Morro da Mina, no quadrilátero ferrífero de Minas Gerais

Devido à possível informalidade na extração do manganês, é provável que os dados oficiais da operação estejam subestimados em comparação com o tamanho real da produção, sobretudo em nível municipal. Segundo a ANM, desde 2009, há decréscimos acentuados no valor de operação do minério de manganês e descontinuidades, em especial entre os anos de 2012 e 2018, de crescimento até 2021, e de forte queda desde então (Figura 22).

Figura 22 - Valor da Operação Mineral de manganês (milhões de R\$) em Goiás (2009-2023)



Fonte: ANM.

Como proporção da operação nacional, Goiás representou 0,1% em 2018 e 7,2% em 2022, sendo os maiores produtores nacionais, neste último ano, os estados do Pará, Minas Gerais, Ceará e Mato Grosso do Sul. Neste mesmo ano, Goiás apresentou valor de operação de R\$ 19,5 milhões em manganês.

9 Todas as informações destacadas neste parágrafo se encontram disponíveis em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/manganes/>.

Os municípios que, desde 2019, apresentaram registros de operação de manganês foram Cavalcante e Itaberaí, sendo o primeiro o que apresentou os maiores registros ao longo dos anos.

Quanto às exportações, no ano de 2022, Goiás registrou aproximadamente US\$ 2,4 milhões em exportação de minério de manganês, importados pela China, e somente US\$15 mil em óxidos de manganês importados pela Argentina. Considerando a conversão pelo câmbio médio de R\$ 5,16 em 2022, o total exportado foi de R\$ 12,6 milhões (Tabela 4). Cabe ressaltar que é possível que haja fluxos interestaduais de manganês não registrados pelas estatísticas oficiais.

Tabela 4 - Exportação de manganês e seus produtos em Goiás (2022)

Produto do manganês	Países	2022 - Valor FOB (US\$ mil)
Minérios de manganês e seus concentrados, incluídos os minérios de manganês ferruginosos e seus concentrados, de teor de manganês de => 20%, em peso, sobre o produto seco	Turquia	4.535
Minérios de manganês e seus concentrados, incluídos os minérios de manganês ferruginosos e seus concentrados, de teor de manganês de => 20%, em peso, sobre o produto seco	China	1.564
Outros óxidos de manganês	Argentina	88
Outros óxidos de manganês	Síria	25
Total	-	6.212

Fonte: ComexStat/MDIC.

1.2.2 Minerais Não-Metálicos

1.2.2.1 Amianto

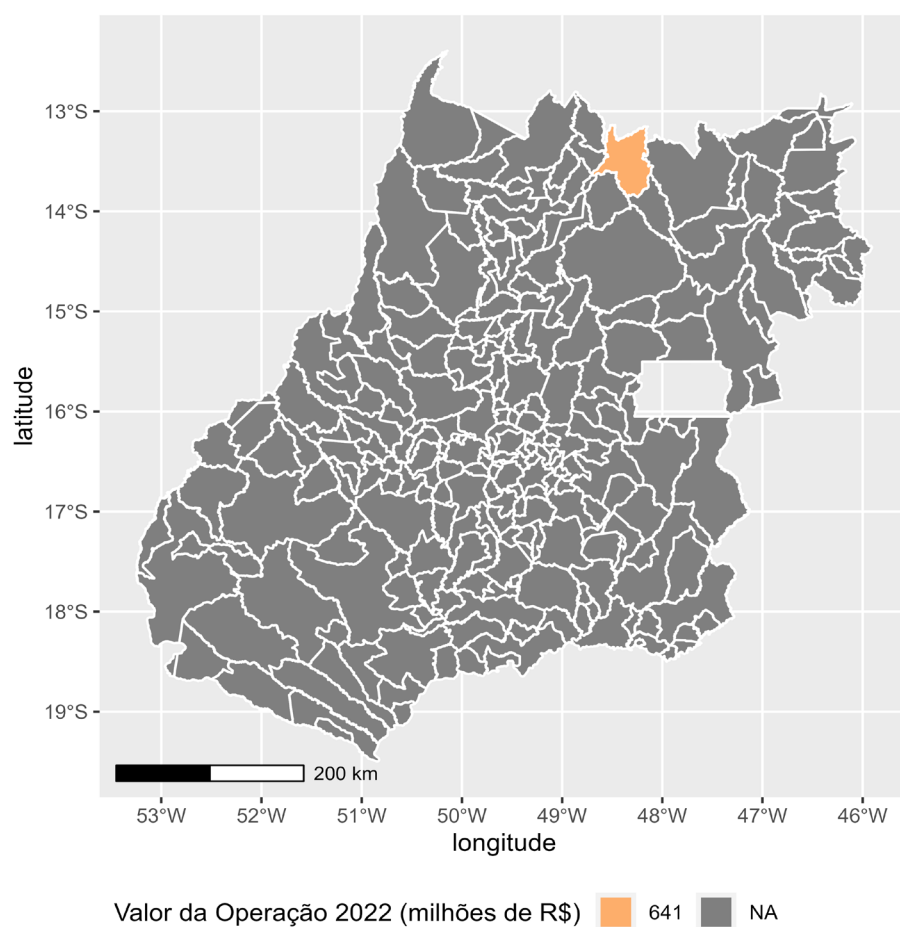
O **amianto**, apesar de ter sido banido em muitos países, inclusive no Brasil, em função de ser uma substância que pode causar danos à saúde, tem sua produção destinada exclusivamente ao mercado externo. Em Goiás, 100% de suas reservas medidas estão em Minaçu, que é a única planta de extração desse minério na América Latina. A substância é muito utilizada na indústria da construção civil para a fabricação de pisos vinílicos, telhas,



caixas d'água, tubulações, forros, isolamento acústico ou térmico, dentro outros. No cenário internacional, países como Índia, Colômbia e Bolívia são os principais consumidores do Amianto produzido no Brasil. Em 2021, o país produziu R\$ 428 milhões desse minério, 100% no estado de Goiás.

A produção de amianto é oriunda exclusivamente do município de Minaçu que, em 2022, apresentou valor de operação mineral de aproximadamente R\$ 641 milhões (Mapa 5).

Mapa 5 - Minaçu: Operação de amianto em Goiás (2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

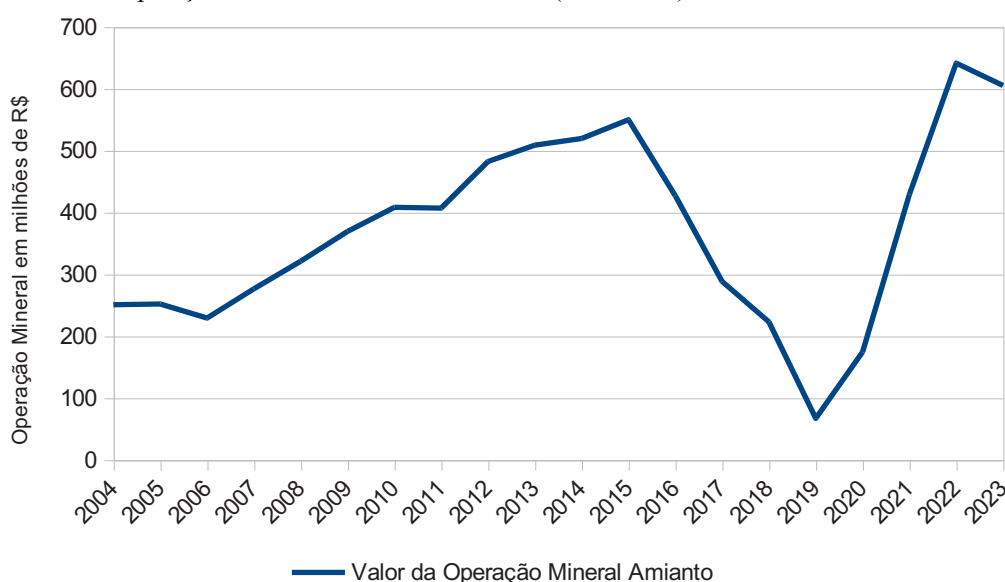
A mineradora Sama é a responsável pela extração desse bem mineral, cuja perspectiva de aumento de escala é bastante incerta, dadas as ações jurídicas julgadas pelo Supremo Tribunal Federal (STF), cuja decisão proíbe tanto extrair quanto comercializar o amianto

crisotila, uma vez que a exposição prolongada aos produtos produzidos a partir deste bem, segundo denúncias, está associada a enfermidades graves¹⁰.

As dificuldades da mineração de amianto, associadas às enfermidades respiratórias que sua exposição pode acarretar, ocasionaram a rejeição comercial da utilização do minério, o que deixa muito incertas as suas atividades no Estado.

Ao analisar o VPM mineral do amianto ao longo do tempo, fica evidente uma associação com as decisões judiciais, uma vez que não é possível notar uma trajetória ascendente ou decrescente da produção, e sim grandes oscilações, desde 2004 até 2022. Entre 2006 e 2015, uma trajetória de crescimento estável foi observada, sendo que, a partir de 2015, houve acentuado declínio até 2019, quando novamente o valor da operação de amianto se elevou em direção aos maiores valores de que se tem registro na série histórica (Figura 23).

Figura 23 - Valor da Operação Mineral do amianto em Goiás (2004-2022)



Fonte: ANM.

1.2.2.2 Vermiculita

A produção de vermiculita está concentrada no município de São Luís de Montes Belos que, no ano de 2022, teve valor de operação de aproximadamente R\$ 100 milhões

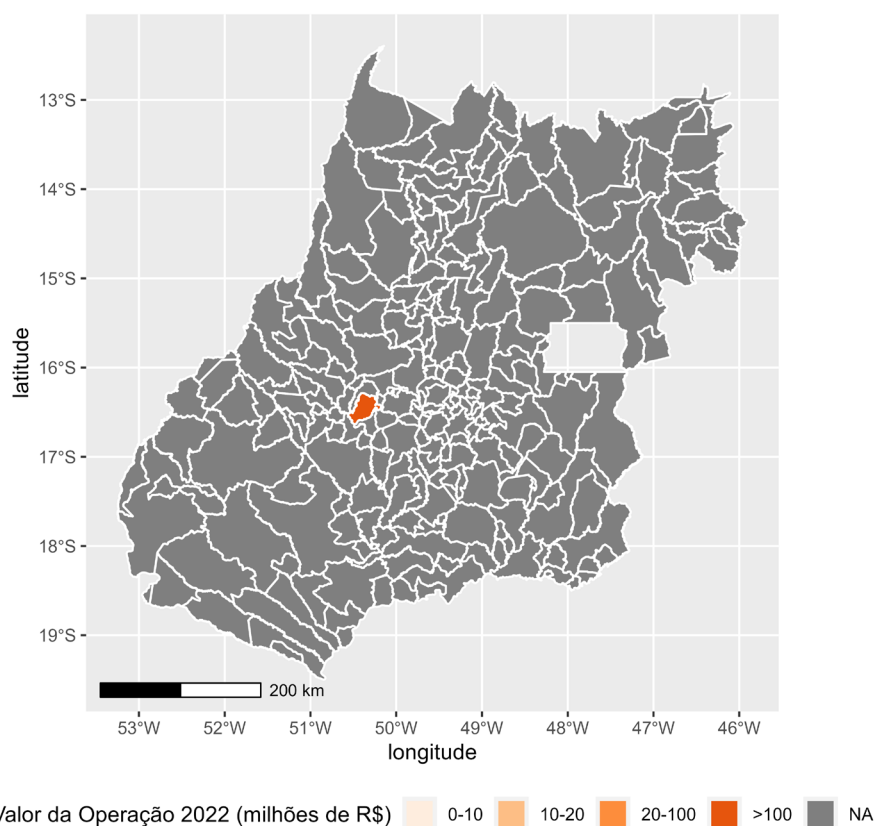
10 Informações disponíveis em:

<http://www6.ensp.fiocruz.br/visa/?q=node/5920#:~:text=lesivo%20%C3%A0%20sa%C3%Bade.-,Segundo%20o%20crit%C3%A9rio%20203%20da%20OMS%20a%20exposi%C3%A7%C3%A3o%20ao%20amianto,h%C3%A1%20limite%20seguro%20para%20exposi%C3%A7%C3%A3o..>



(Mapa 6). A extração se dá pela empresa Brasil Minérios S.A., a maior produtora de vermiculita da América Latina¹¹. Dentre os principais usos do minério, destacam-se principalmente o uso na construção civil, na formação de reboco para revestimento e como isolante térmico e acústico para paredes, e na horticultura, como elemento que compõe fertilizantes para solos (Ugarte *et al.*, 2005). A empresa Brasil Minérios produz o concentrado de vermiculita, a vermiculita expandida e o Vermifloc Acústico, utilizado na construção civil para isolamento acústico e demais aplicações na alvenaria.

Mapa 6 - São Luís de Montes Belos: Operação de Vermiculita em Goiás (2022)

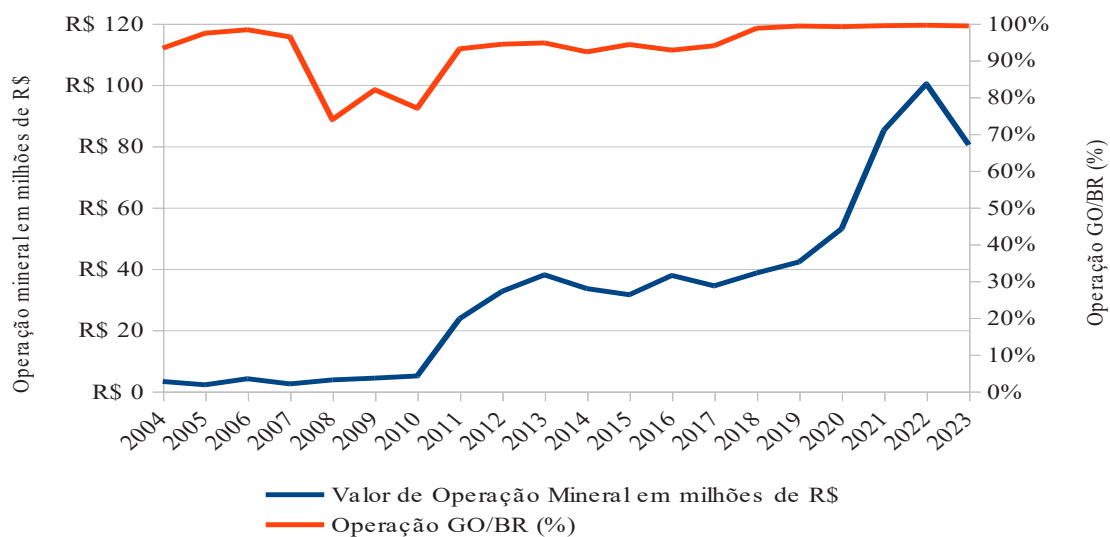


Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Desde 2004, o valor da operação mineral de vermiculita vem ascendendo, sobretudo a partir de 2010. A produção em São Luís de Montes Belos superou a de Sanclerlândia, apresentando firme crescimento desde 2010. No contexto nacional, a produção do município goiano representa a totalidade da produção nacional, especialmente a partir do ano de 2018 (Figura 24).

11 Mais informações disponíveis no website da empresa: <https://www.brasilminerios.com.br/>.

Figura 24 - Valor da Operação mineral de vermiculita e participação no total nacional, 2004-2023



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Outro município que se produz vermiculita no Brasil é Parnamirim, em Pernambuco, porém em valores relativos muito reduzidos.

Considerando a pauta de exportação de São Luís de Montes Belos, não é possível identificar dados de exportação de vermiculita, uma vez que este minério aparece sob a rubrica de “matérias minerais não especificadas nem compreendidas noutras posições”, que inclui, além da vermiculita, o espodumênio, zircônio, terras raras ou terras corantes, por exemplo. Ao analisar os produtos exportados sob esta rubrica, verifica-se que representam parcela considerável das exportações totais do município. Conforme verificado na Tabela 5, estes minérios são exportados principalmente para os Estados Unidos, Japão e México. Enquanto o valor exportado total em 2022 pelo município foi de US\$ 14,9 milhões, a exportação do minério em questão foi de US\$ 10,5 milhões, ou 70,5% do total exportado.



Tabela 5 - Exportação de minérios por São Luís de Montes Belos, GO (2023)

País	Produto	Valor FOB (US\$) 2023
Estados Unidos	5.987.539	60,93%
Japão	2.431.031	24,74%
Suécia	561.740	5,72%
Argentina	367.305	3,74%
México	168.680	1,72%
Chile	151.760	1,54%
Turquia	83.651	0,85%
Índia	36.225	0,37%
Eslovênia	13.557	0,14%
Países Baixos (Holanda)	10.408	0,11%
Espanha	7.905	0,08%
Bélgica	7.600	0,08%

Fonte: ComexStat.

1.2.2.3 Calcário para cimento

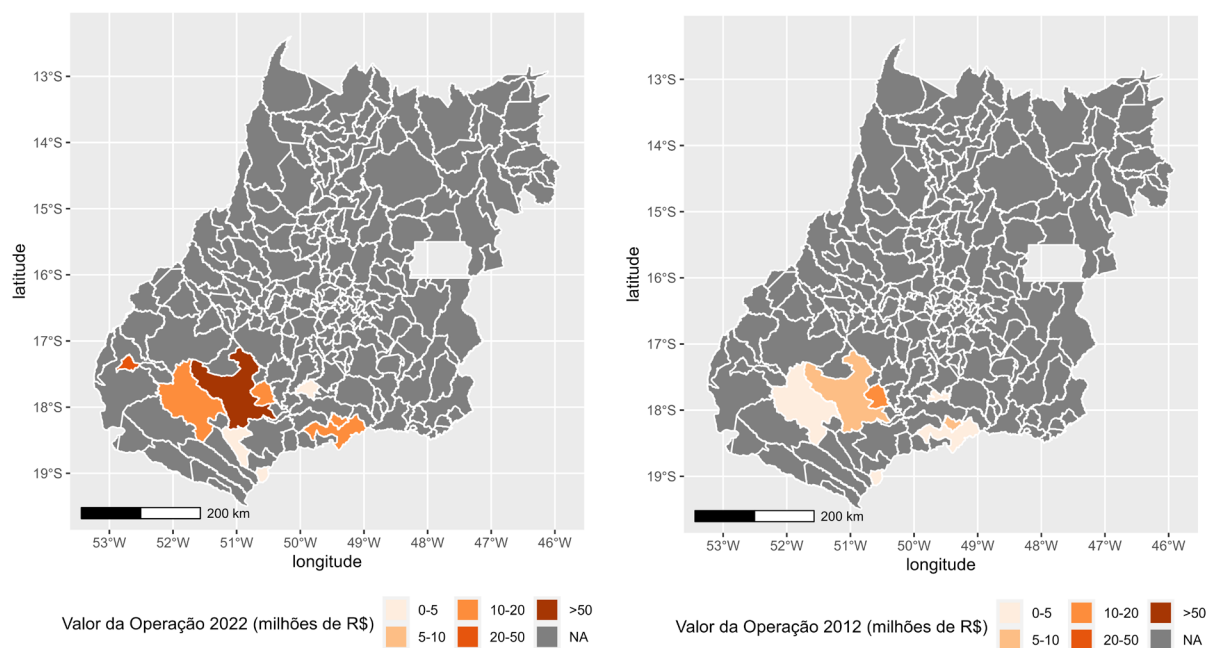
O **calcário para cimento** (*filer*) totalizou 4,5 bilhões de toneladas em reservas no estado em 2017, sendo 30,7% (1,3 bilhão de tonelada) também concentrada no município de Anicuns. O restante distribuído em outros sete municípios, dos quais Formosa também se destaca, com 1,1 bilhão de toneladas, 27,60% das reservas medidas (ANM, 2018). Analisando a produção da substância agrupadora, o Brasil registrou R\$ 6,1 bilhões em valor de produção de calcário dolomítico, sendo Goiás o segundo maior produtor com pouco mais de R\$ 1 bilhão de faturamento, 17% da produção nacional. Destacam-se no estado os municípios de Indiara, com a produção de calcário agrícola, e Cocalzinho de Goiás, com a produção de calcário para cimento.

1.2.2.4 Agregados para construção civil

A produção de basalto é concentrada na porção sul do estado de Goiás. Nesta região, existe relativa dispersão territorial do valor da operação mineral entre os municípios de Rio Verde (R\$ 56 milhões), Portelândia (R\$ 24 milhões), Jataí (R\$ 17 milhões), Itumbiara (R\$ 15 milhões), Panamá (R\$ 13 milhões) e Santa Helena (R\$ 12 milhões). O valor total da operação mineral do basalto, em 2022, totalizou R\$ 143 milhões contra somente R\$ 34 milhões em

2012. Considerando a aplicação do Basalto na construção civil, infere-se que tais municípios poderiam se beneficiar de possíveis investimentos em infraestrutura na região, influenciando positivamente na demanda por estes bens (Mapa 7).

Mapa 7 - Diversos municípios: Operação de Basalto em Goiás (2022-2012)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Ao analisar a trajetória do VPM do basalto, verifica-se uma clara tendência de crescimento ao longo da série, sobretudo após 2017. Em 2004, foi R\$ 1,2 milhão, passando para R\$ 143 milhões em 2022, com crescimento expressivo em Rio Verde. Algumas das empresas responsáveis pela oferta no mercado de basalto são (ANM):

- Pedreira Rio Verde Fortaleza: atuação em Rio Verde;
- Goyas Britas: atuação em Panamá - GO;
- Pedreira Britaminas Fortaleza: com atuação em Portelândia;
- Pedreira Rio Claro: atuação em Jataí;
- Fetz Mineradora: atuação em Rio Verde.

No caso do granito, outro importante agregado para construção civil, a operação é difusa pelo território goiano, com valor, em 2022, de R\$ 95 milhões. Os principais municípios produtores são Guapó (R\$ 50 milhões), Porangatu (R\$ 16 milhões) e Montividiu do Norte



(R\$ 10 milhões), além de Catalão, com uma pequena participação de R\$ 7 milhões. Algumas das empresas que produzem granito, segundo os registros da ANM de 2022, são:

- CIPLAN Cimento Planalto;
- Monte Sião Mineração Eireli: atuação em Porangatu;
- Levantina Natural Stone Brasil: atuação em Montividiu do Norte.

Além desses, também deve-se considerar a produção de areia para construção civil (Tabela 6) que, como no caso do calcário, está concentrada no Entorno do Distrito Federal, sobretudo nas cidades de Abadiânia (cujo valor da operação foi de R\$18 milhões em 2022), Padre Bernardo (R\$ 18 milhões) e Professor Jamil (R\$ 10 milhões). Segundo Tibiriçá (2021), uma razão para isso é a proximidade com os centros que demandam estes minérios, em razão dos valores de transporte do material.

Tabela 6 - Produção de Granito e Areia em Goiás (2023)

Granito		Areia	
Município	Operação em 2023 (milhões de R\$)	Município	Operação em 2023 (milhões de R\$)
Guapó	46,24	Abadiânia	18,1
Porangatu	10,37	Padre Bernardo	12,5
Montividiu do Norte	7,94	Professor Jamil	10,9
Catalão	4,09	Cumari	8,0
Goiandira	4,09	Formosa	7,9
Jaupaci	1,28	Piracanjuba	7,6
Piranhas	0,04	Itumbiara	3,8
Total	74,05	Cristalina	3,6
		Luziânia	3,2
		Jataí	3,0
		Total	112,86

Fonte: ANM.

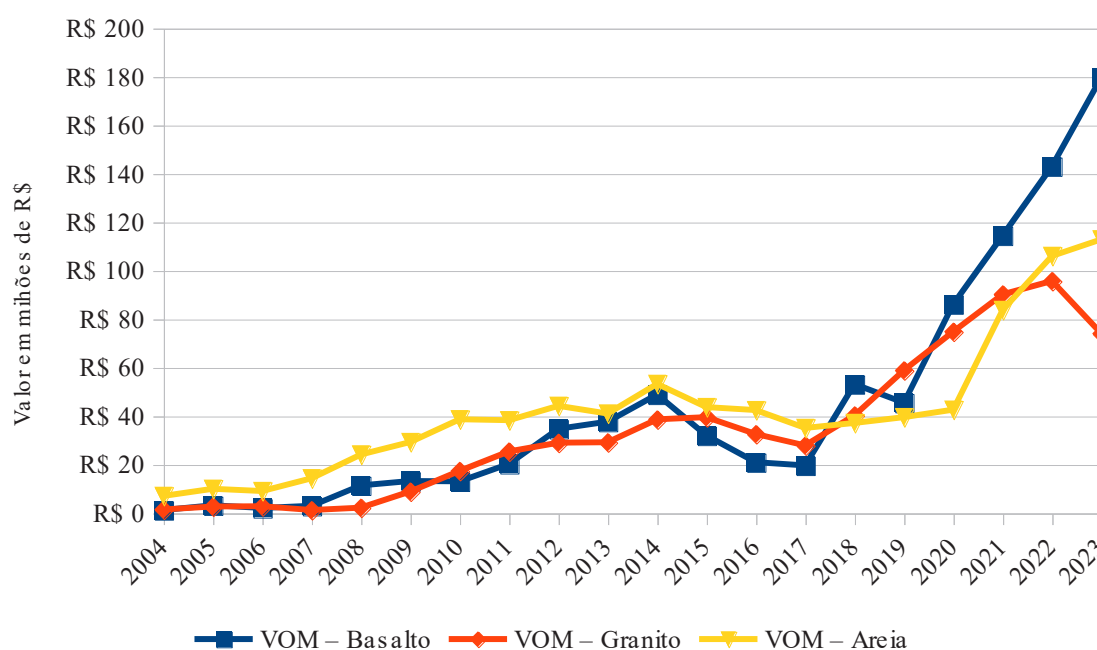
Com relação à produção de areia, estas são as principais empresas produtores em 2022 (ANM):

- Lemos Construção, Transporte, Areia e Cascalho: Atuação em diversos municípios goianos, como Monte Alto, Luziânia, Pires do Rio e Ipameri;
- Mineração Antonelli;

- Mineração Nova Esperança: atuação em Professor Jamil;
- Mineração 2M: atuação em Abadiânia.

A evolução do valor da produção dos minerais utilizados na construção civil revela crescimento conjunto dos valores para o basalto, granito e areia, entre os anos 2004 a 2022, com ritmo mais expressivo para os três minerais, a partir de 2017. Os valores iniciais das três substâncias, respectivamente, foram de R\$ 1,2, R\$ 1,5 e R\$ 7,1 milhões respectivamente em 2004, e passaram para R\$ 106, R\$ 96, e R\$ 106 milhões em 2022. A trajetória temporal do VPM das três substâncias parece estar correlacionada, conforme é possível verificar na Figura 25.

Figura 25 - Valor de operação mineral dos principais agregados para construção civil (Basalto, granito e areia) em Goiás (2004-2023)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

1.2.3 Agrominerais

1.2.3.1 Fosfato

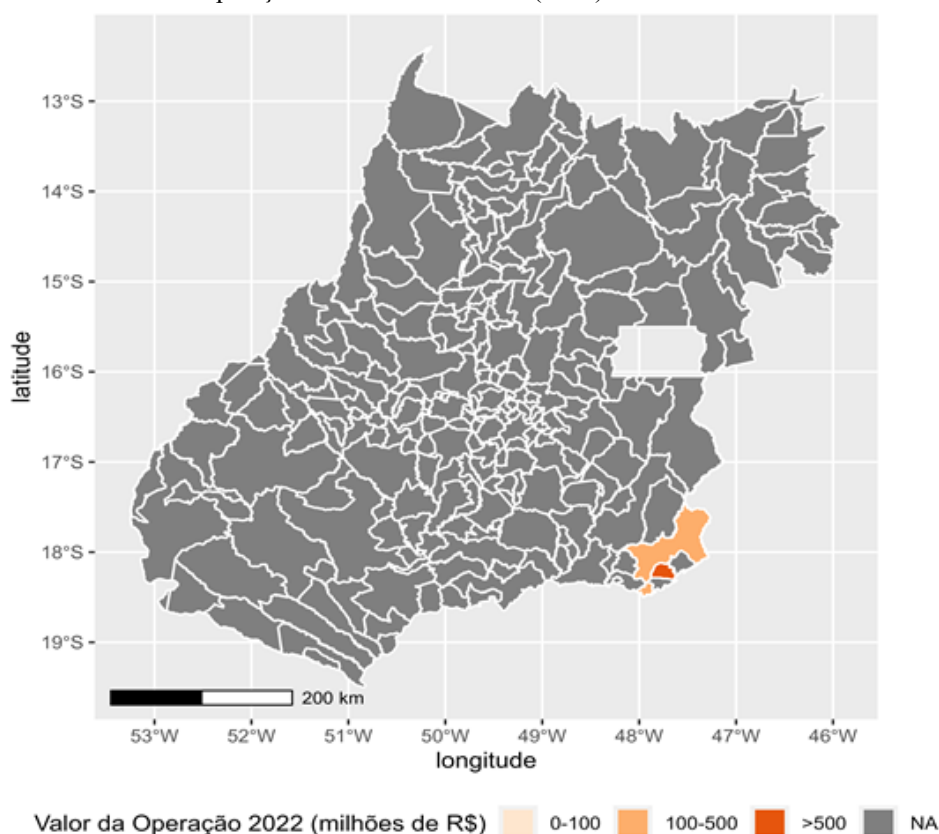
O fosfato tem amplas aplicações nas indústrias agrícola, pecuária e química, sendo matéria prima para a fabricação de fertilizantes inorgânicos e usado em suplementos para



ração animal. Entorno de 95% de seu uso é para esse fim, os outros 5% referem-se a outras aplicações como prevenção de corrosão, detergentes e na indústria alimentícia (USGS, 2022).

Em Goiás, as reservas minerais de **fosfato** se concentram no complexo Catalão-Ouvidor, juntos esses municípios detinham 100% das reservas medidas em 2017 (ANM, 2018), com destaque para Catalão com quase 80%. E termos nacionais, o país faturou R\$ 2,6 bilhões em 2021, sendo Goiás o segundo maior produtor desse minério, registrando R\$ 700 milhões nesse ano, 27% do valor nacional. Em 2021, o Brasil foi o 7º maior produtor de fosfato do mundo com mais de 5,5 milhões de toneladas. Portanto, os municípios de Catalão e Ouvidor são os protagonistas na produção estadual (Mapa 8).

Mapa 8 - Catalão e Ouvidor: Operação de Fosfato em Goiás (2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

No ano de 2022, Ouvidor apresentou valor de operação de R\$ 713 milhões, em torno de 93% do valor de produção estadual (ANM, 2023), enquanto em Catalão este valor foi de R\$ 153 milhões. O destaque ficou por conta da empresa CMOC Brasil Mineração, que possui operações nos dois municípios e produz produtos fosfatados juntamente ao Nióbio, juntamente à empresa *Mosaik Fertilizantes P&K*.

No ano de 2023, este mineral correspondeu por R\$ 16 milhões em CFEM, sendo o quarto principal minério em arrecadação no estado. A aplicação do fosfato como insumo de fertilizantes, que viabilizam a produção agrícola no Brasil, também ressaltam a importância deste minério enquanto bem intermediário de uma cadeia produtiva crucialmente importante para o Brasil, que é a produção agropecuária. Outras aplicações do bem mineral se dão na nutrição animal, por exemplo.

Dessa forma, verifica-se que os agrominerais são indispensáveis ao abastecimento interno; em 2022, o Brasil importou US\$ 25,7 bilhões em fertilizantes de azoto (nitrogênio), fosfato e potássio, valor 64% superior a 2021. Os fertilizantes correspondem a 9% da pauta de importação no Brasil, segundo o Comex Stat, atrás somente de combustíveis minerais e máquinas e aparelhos industriais. Nos estados de base agropecuária, como Mato Grosso e Goiás, a participação de fertilizantes na pauta de importação chega a 81% e 33% respectivamente, para o ano de 2022. Assim, tendo em vista a importância da cadeia de fornecimento de fertilizantes para a atividade agropecuária e a importância da atividade agropecuária para o Brasil, é estratégico ter planos para ampliação do fornecimento interno deste insumo.

As exportações de fertilizantes representam uma parcela muito pequena em relação ao valor importado (neste caso, os fertilizantes de potássio). Segundo Ibram (2022), o Brasil é o quarto maior consumidor mundial de fertilizantes com 8% do consumo global, sendo o fósforo o segundo nutriente mais utilizado pelos produtores. Um fator que contribui para o aumento da demanda é o cultivo de culturas que são grandes demandantes de fertilizantes, como soja, milho e cana-de-açúcar, dos quais o Brasil é grande produtor, sobretudo na região Centro-Oeste.

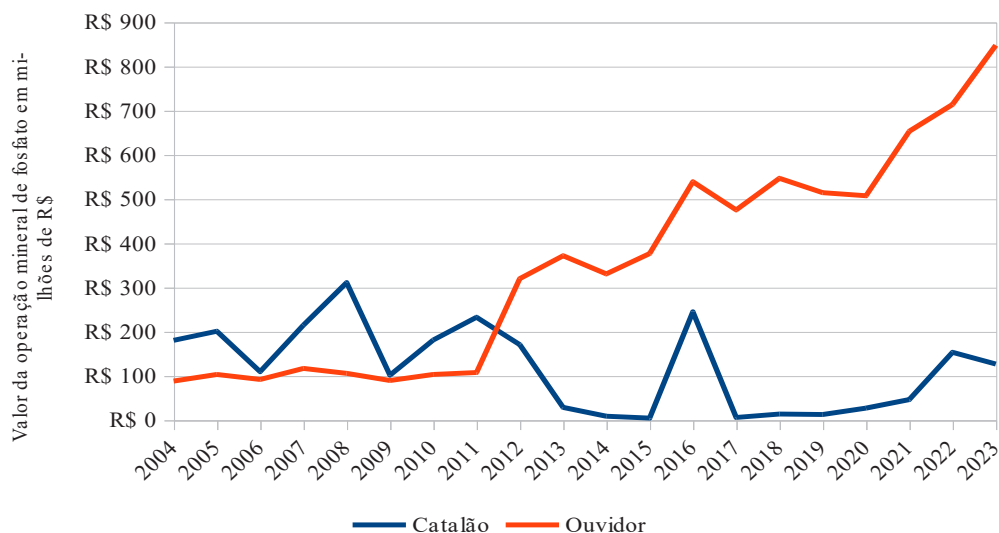
No estado de Goiás, os municípios que participam da cadeia produtiva do fosfato são Ouvidor e Catalão. As empresas que produzem fosfato são a CMOC Brasil Mineração, que tem operações nos dois municípios e produz produtos fosfatados juntamente ao Nióbio. Além disso, também pode-se citar a *Mosaik Fertilizantes P&K*. No Brasil, outros importantes estados produtores são Minas Gerais e Bahia.

Na produção de fosfato, em 2022, verifica-se um importante aumento em Ouvidor, que já é terceiro município maior produtor nacional dessa substância, atrás somente de Patrocínio e Tapira, ambos em Minas Gerais. Desde 2011, Ouvidor vem apresentando crescimentos contínuos, passando de R\$ 107 milhões neste ano para R\$ 713 milhões em 2022. Já Catalão



apresentou trajetória oscilante, de modo que crescimentos bem definidos da produção no município só vieram a acontecer a partir de 2019 (Figura 26).

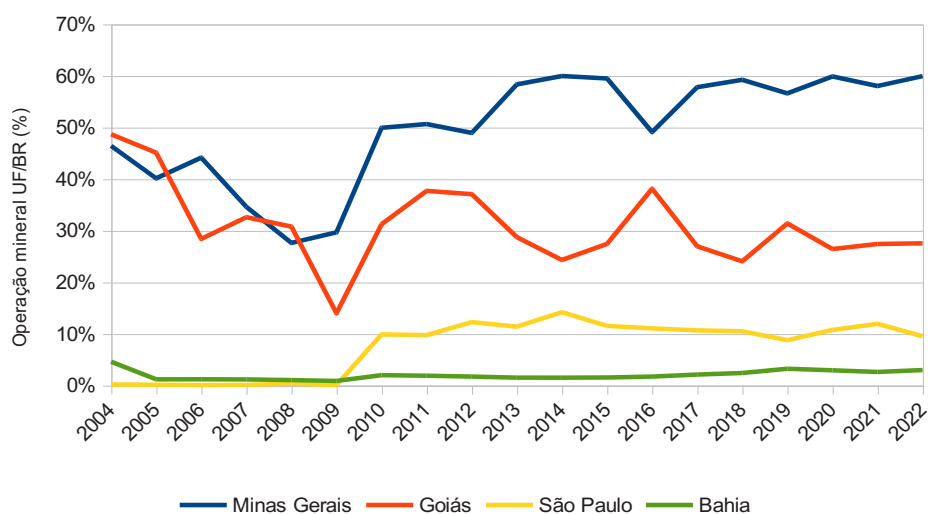
Figura 26 - Valor da Produção Mineral de fosfato em Catalão e Ouvidor (2004-2023)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Em comparação a Minas Gerais, ambos os estados apresentavam um valor em 2004 – R\$ 256 milhões em Minas Gerais e R\$ 268 milhões em Goiás. Contudo, o crescimento em relação ao valor de 2022 de Minas Gerais foi de 637% (com VPM de R\$ 1,8 bilhão), enquanto o de Goiás foi de 223% (com VPM de R\$ 867 milhões). Com isso, Goiás se firma como segundo maior produtor de fosfato, posição que mantém desde 2009, conforme se pode verificar na Figura 27.

Figura 27 - Maiores produtores nacionais de fosfato por participação no total nacional (%) (2004-2022)

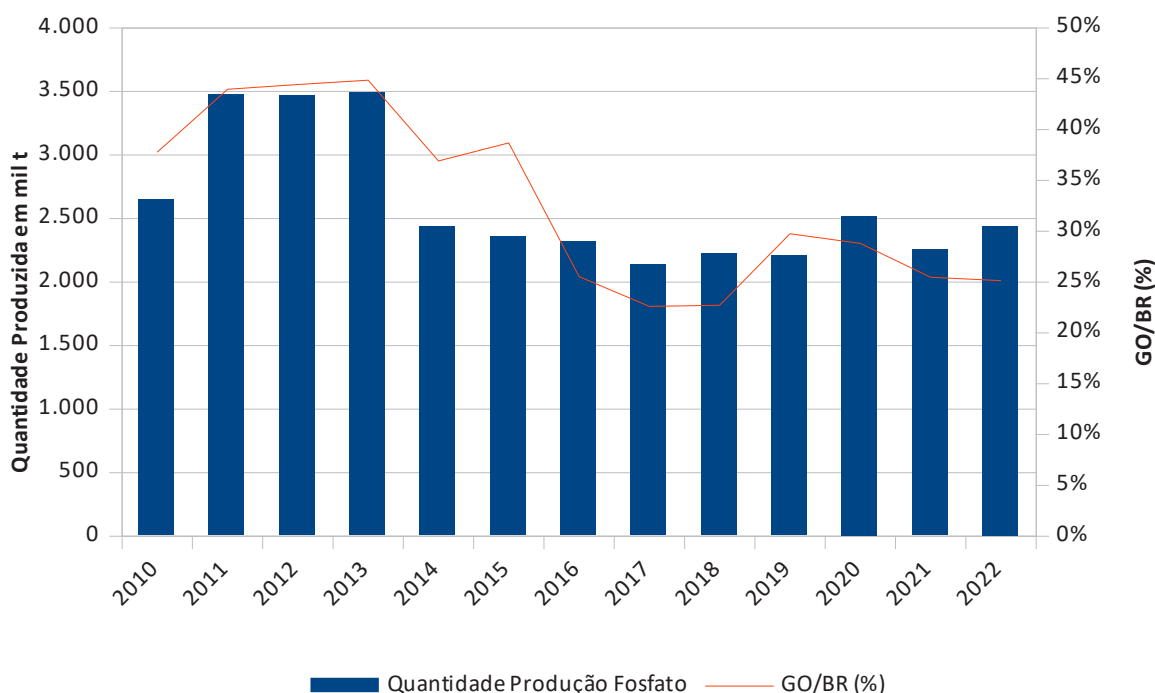


Fonte: ANM.

No cenário nacional, o estado de São Paulo elevou sua participação a partir de 2009, firmando-se como terceiro maior produtor nacional. No município de Cajati, em São Paulo, a empresa Mosaic Fertilizantes também possui operações em fosfato, de modo que, desde 2017, o município se mantém como quarto município de maior valor de operação em nível nacional.

Considerando os dados de produção de fosfato do estado ao longo dos anos 2010 - 2022 (Figura 28), nota-se que os anos de 2011 a 2013 apresentaram valores elevados, acima da média para a série como um todo. No geral, a quantidade média de fosfato produzida entre 2010 e 2022 foi de aproximadamente 2,6 milhões de t com tendência à estabilidade deste valor ao longo da série. A participação na produção nacional, por sua vez, saiu de 37,8% em 2010 para 25,1% em 2022.

Figura 28 - Quantidade produzida de fosfato (em t) em Goiás e proporção com a produção nacional (2010-2022)



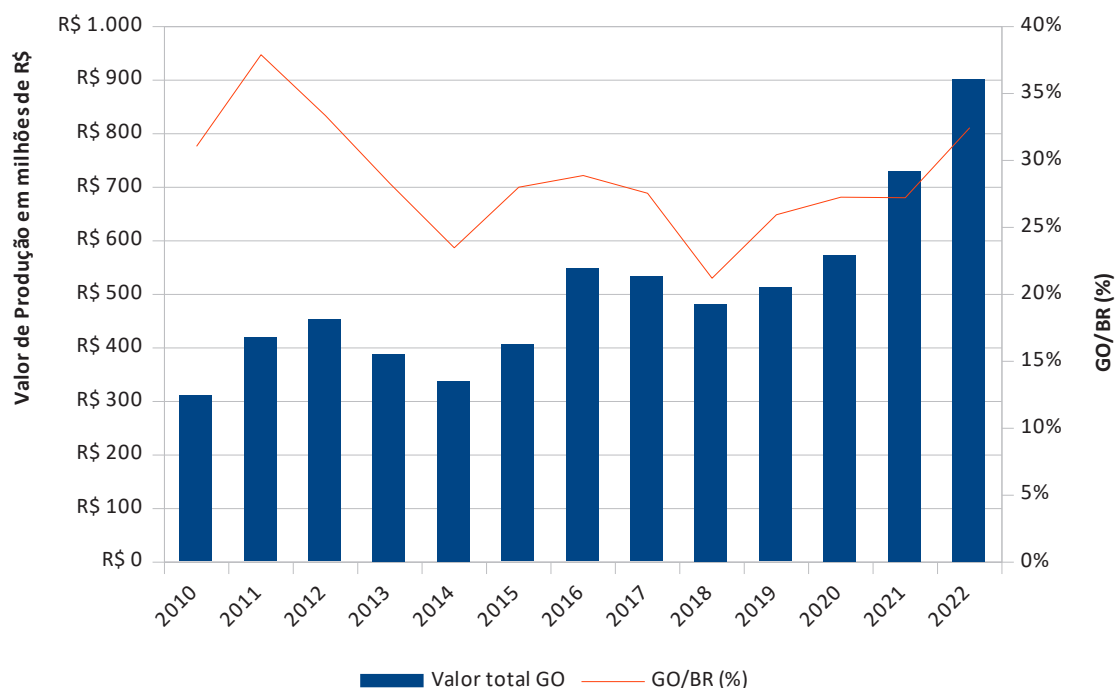
Fonte: ANM.

Quando se considera o valor de produção (valor direcionado à venda, consumo na usina e utilização para transformação, conforme metodologia adotada pela ANM), nota-se um crescimento ao longo dos anos. Conforme demonstra a Figura 29, o valor registrado foi de R\$ 309 milhões em 2010 e de aproximadamente R\$ 900 milhões em 2022. Ao mesmo tempo, a participação do valor de produção de Goiás em comparação ao nacional oscilou, apresentando recuperação desde o ano de 2018. É válido ressaltar que, em Goiás, o valor



destinado à transformação representa parcela considerável do valor de produção total, em comparação com a destinação para venda ou utilização na usina, sendo de 83,4% em 2022.

Figura 29 - Valor de produção de fosfato em Goiás x produção nacional (2010-2022)

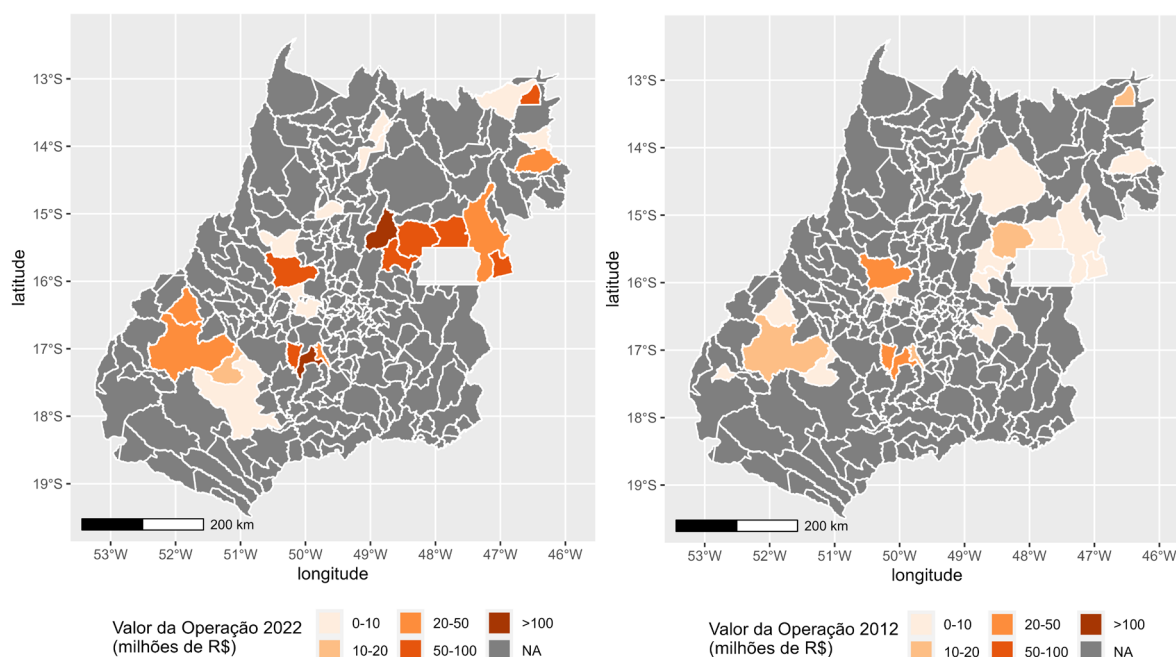


Fonte: ANM.

1.2.3.2 Calcário

O calcário é um bem mineral de grande importância para a produção mineral goiana, mas com uma configuração espacial um pouco diferente. Enquanto o estudo dos principais minerais metálicos revela uma concentração da extração em poucos municípios, no caso do calcário, sua produção é bem mais difusa ao longo do território goiano, sendo executada por um número maior de municípios e de empresas. Em termos de valor das operações minerais, cuja produção é difusa pelo território (Mapa 9), com destaque para os municípios de Indiara, Vila Propício, Cocalzinho de Goiás, Jandaia e Padre Bernardo, que responderam por aproximadamente 60% do valor da operação em 2022. Respectivamente, os valores de operação foram de R\$ 329, R\$ 110, R\$ 99, R\$ 81 e R\$ 80 milhões de reais no ano em questão para os municípios citados.

Mapa 9 - Diversos municípios: Operação de Calcário em Goiás (2022 e 2012)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

No ano de 2023, segundo os registros de arrecadação da ANM, do montante de R\$ 17,8 milhões arrecadados de CFEM a partir da extração de calcário, os municípios de Indiara, Vila Propício, Goiás, Jandaia e Cocalzinho de Goiás corresponderam por, respectivamente, 26%, 10%, 9%, 7,4% e 6,6%, perfazendo quase 60% do total arrecadado, o que é uma proxy da produção. Nacionalmente, os estados com maior arrecadação de CFEM com base no calcário são Minas Gerais, Mato Grosso, Tocantins, Distrito Federal e Goiás, cujas participações são de 20,5%, 19,5%, 10,6%, 10,2% e 9,1% do total nacional, respectivamente.

As principais empresas atuantes na operação de calcário no território goiano também são diversificadas. Com base no valor de operação do ano de 2022, percebe-se que cerca de 15 empresas são responsáveis por cerca de 85% da operação mineral de calcário. A de maior participação é a Mineração de Calcário Montividiu. No site da empresa¹², é possível constar que outras empresas pertencentes ao grupo são:

12 Disponível em: <https://montividiu.negocio.site/#gallery>.



- Britacal Indústria e Comércio de Brita: tem atuação em Planaltina, Cabeceiras, Formosa e Divinópolis de Goiás. Os principais bens produzidos pela empresa são o calcário agrícola e a brita para construção civil e pavimentação asfáltica¹³;
- Empresa de Mineração Formosa: atuação no município de Formosa e produtora de calcário dolomítico;
- Mineradora Americal: também produtora de calcário dolomítico e com atuação em Posse;
- Elba Calcário: atuação em Montividiu e produção de calcário dolomítico.

Além dessas empresas, também pode-se citar a Goiascal, produtora de calcário agrícola em Indiará¹⁴; a Calcário Ouro Branco, também produtora de calcário dolomítico e, como produtos específicos, a cal virgem, cal hidratada e o carbonato de cálcio; e a Jandaia Calcário Agrícola. Segundo os registros de arrecadação de CFEM da Agência Nacional de Mineração, são 35 as empresas com valor de operação positivo para o ano de 2022, demonstrando como a produção deste mineral é difusa pelo território goiano.

A cidade de Indiará, na microrregião do Vale do Rio dos Bois, apresentou aumento de produção de aproximadamente 764% em 10 anos, passando de valor de operação de R\$ 38 milhões para R\$ 329 milhões. Atualmente, é o município goiano com maior valor de operação, equivalente a 29% da produção estadual. Também é possível perceber um aumento da produção de calcário em municípios do entorno do Distrito Federal, como Padre Bernardo, Cabeceiras, Planaltina e Formosa. Estes três últimos municípios obtiveram aumento em valor de operação de, respectivamente, 584%, 451% e 480%.

Além disso, Divinópolis de Goiás, no Vão do Paranã, também apresentou aumento de produção, saindo de R\$ 15,5 milhões para R\$ 55,5 milhões em valor de operação de 2012 a 2022, representando um aumento percentual de 257%. Por fim, o Sul Goiano também adquiriu maior participação na produção do calcário, especialmente em Caiapônia, Piranhas e Montividiu – em 2012, a produção de calcário nestas três cidades totalizava R\$ 27 milhões e passou para R\$ 60 milhões em 2022. No cenário nacional, Goiás foi o terceiro maior produtor de calcário em 2022, atrás de Minas Gerais e Mato Grosso.

O consumo de calcário para fins agrícolas representa parte significativa da demanda pelo mineral. O consumo do território se dá principalmente pelos municípios goianos e por

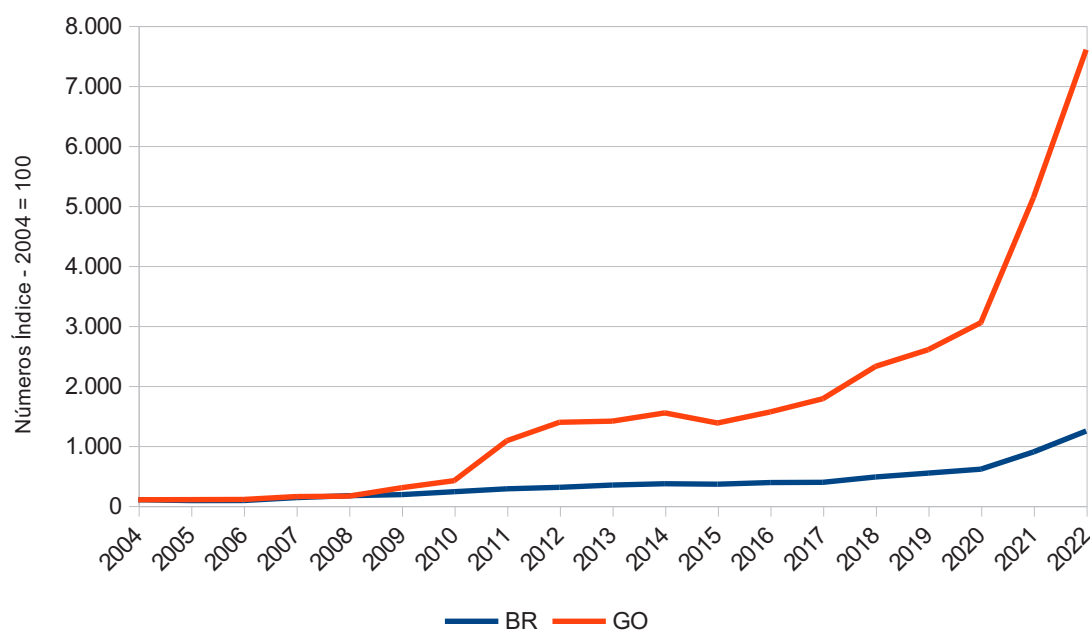
13 Informações disponíveis no site da empresa: <https://www.britacal.com.br/>.

14 Informações disponíveis em: <https://goiascal.com.br/cms/homepage/>.

municípios de estados vizinhos, como Bahia, Mato Grosso e Distrito Federal (Marques; Morais; Carneiro, 2021). Além disso, pode-se inferir que o aumento da escala da produção agrícola em Goiás e em estados vizinhos tende a gerar uma demanda maior pelo calcário agrícola, impulsionando a produção.

Com relação à produção nacional de calcário, desde o início dos registros fornecidos pela ANM, Minas Gerais é o estado brasileiro de maior valor de operação mineral, superando o valor de R\$ 2 bilhões no último ano. Goiás ocupa a terceira posição, mantida desde o ano de 2018, atrás, além de Minas Gerais, somente do estado do Mato Grosso. Ao comparar o crescimento da produção brasileira de calcário com o aumento da produção goiana, verifica-se que esta última se elevou em escala muito superior, conforme verificado na Figura 30. Enquanto o valor índice para o Brasil ao final da série histórica é de 1.244, o de Goiás é de 7.598, demonstrando a magnitude do aumento do valor de operação neste estado. Em termos de valores monetários, a produção nacional de calcário foi de R\$ 687 milhões em 2004 e de R\$ 8,5 bilhões em 2022, enquanto as cifras goianas registradas foram de R\$ 15 milhões para R\$ 1,1 bilhão no mesmo período.

Figura 30 - Crescimento da produção de calcário em Goiás e no Brasil em números-índice, 2004(base 100)-2022



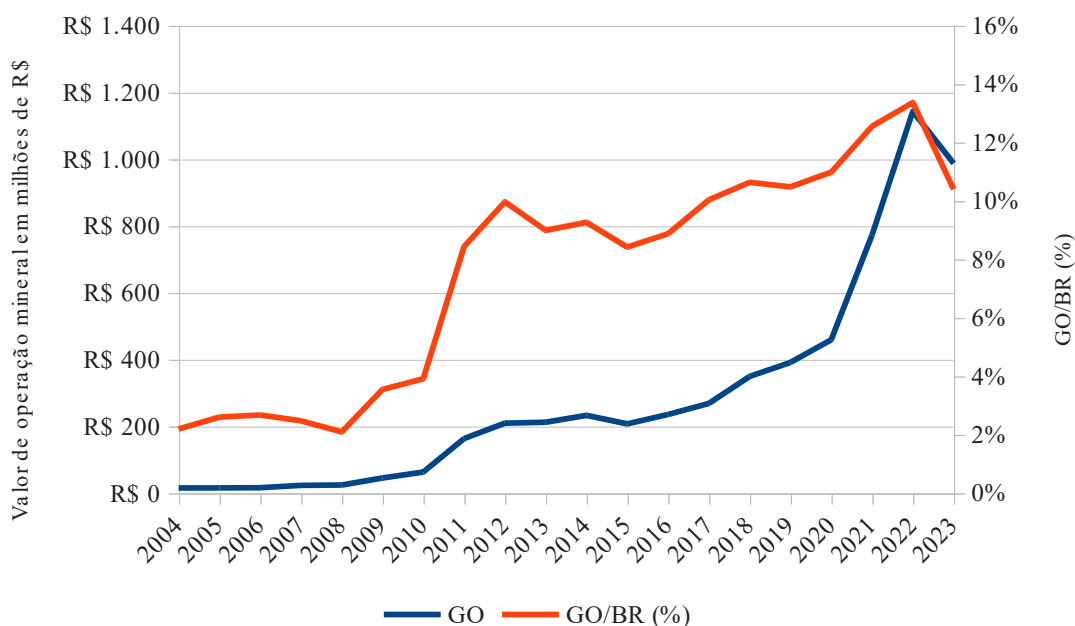
Fonte: Elaborado a partir de ANM.

Esse aumento no valor da operação tem sido acompanhado por igual aumento no número de títulos minerários para este minério em Goiás, passando de 17 em 2004 para 70 em



2022, o que fez com que o estado passasse da 13^o posição no *ranking* de maiores estados produtores em 2004 para a 3^o posição, desde 2018. Além disso, a participação da produção de Goiás no total nacional também apresentou crescimento, passando de somente 2,2% em 2004 para 13,4% em 2022. O intervalo de anos que apresentou o maior crescimento de participação foi o de 2010 a 2012, em que o percentual saltou de 3,9% para 10% (Figura 31).

Figura 31 - Valor da produção mineral de calcário de Goiás e participação nacional (2004-2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Por fim, o **calcário dolomítico** é uma substância agrupadora que engloba outras substâncias calcárias, sendo as principais o calcário para rações, calcário agrícola e o calcário para cimento (*filer*). Quanto ao primeiro, é muito utilizado para a fabricação de rações de animais. Devido ao alto teor de cálcio e baixo teor de magnésio, beneficia o animal fortalecendo os ossos e as cascas dos ovos. Suas reservas no estado concentram-se no município de Anicuns, com 43,1% das reservas medidas de **calcário para ração** em 2017 (ANM, 2018). Porém, não registrou exploração de minério em 2021. Esse tipo de calcário ainda registrou reservas medidas em outros cinco municípios, totalizando 83,9 milhões de toneladas. O **calcário agrícola**, muito utilizado para a correção do solo na agricultura, teve reservas medidas em 42 municípios, em um total de 2,4 bilhões de toneladas. Destacando-se as reservas em Goianira e Guapó.

Tendo como base os minérios estratégicos, a seguir são traçadas algumas tendências de crescimento da produção desses recursos de acordo com projeções da demanda nacional e internacional, destacando-se as oportunidades dessas projeções para as áreas produtoras do estado.

1.2.4 Gemas e pedras preciosas

Com relação à produção de gemas e pedras preciosas, o Ibram (2022) ressalta que é realizada principalmente pelas micro e pequenas empresas, as quais empregam cerca de 70% da mão de obra do setor mineral do país. Além disso, são caracterizadas pela baixa dotação de capital, ampla utilização de mão de obra no processo extrativo e pelo elevado grau de informalidade que decorre da necessidade de gerar preços competitivos. Este elevado grau de informalidade também é ressaltado em Cotec (2022) ao se referir à dinâmica da produção de gemas e joias artesanais no município de Cristalina. Em razão dessa informalidade, é possível que os valores registrados pela ANM estejam subestimados e que o mercado de gemas movimente valores bem maiores. Os municípios produtores são Crixás, Pirenópolis, Campos Verdes e Cristalina.

No caso de Cristalina, o relatório ressalta que as atividades que compõem o artesanato mineral são importantes para geração de ocupações e renda, sendo a comercialização realizada principalmente por pequenos produtores familiares em oficinas, muitas vezes, familiares. A principal substância extraída é o cristal do quartzo, substância em torno da qual se organiza um Arranjo Produtivo Local (APL). Por volta de 120 empresas fazem parte do APL de Gemas, Joias, Artesanato Mineral e Turismo de Cristalina (Cotec, 2022), o objetivo principal é garantir a sustentabilidade dos negócios locais e viabilizar seu crescimento futuro. Além dos atores do setor produtivo, também se organizam em torno do APL entidades como a Prefeitura, a Associação dos Artesãos, a Associação Comercial e Agroindustrial, o Conselho Municipal de Turismo, o Sicredi, a Cotec, entre outros. Esta aglomeração de entidades em torno de uma atividade é indicativa de sua importância socioeconômica local.

Além da produção dos cristais, a frente do fortalecimento das atividades turísticas também foi adicionada ao APL a partir do ano de 2019 (Cotec, 2022). Com isso, as rotas turísticas da cidade passam a contemplar o processo de fabricação dos cristais de quartzo,



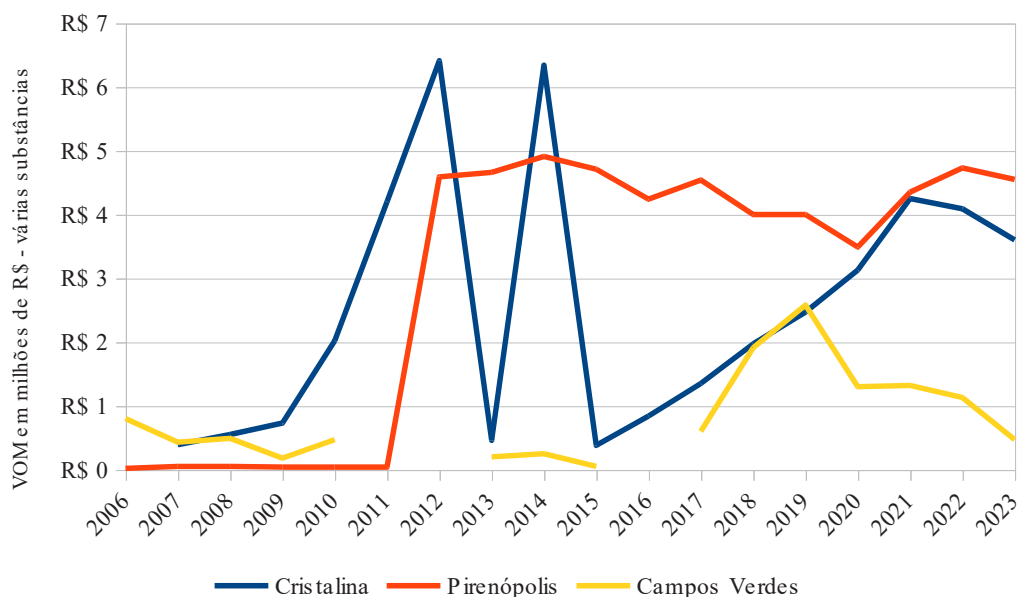
além de outras potencialidades turísticas do município, como serras, lagoas e rochas que preservam pinturas rupestres.

Além da criação do APL de Cristalina, em 2005, também foi desenvolvido o projeto Cristalina 2040. Este projeto criou um plano de ação nos temas de: economia, política e infraestrutura; governança e gestão; educação, tecnologia e inovação e, por fim, sinergia e participação coletiva. O objetivo do plano é a criação de um ambiente propício à integração das atividades dinamizadoras do desenvolvimento e também do fortalecimento do APL de Cristalina (Cotec, 2022).

Além de Cristalina, a cidade de Pirenópolis, também localizada no Entorno do Distrito Federal, realiza extração de quartzito como uma importante atividade econômica do município (Cetem, 2013), razão pela qual organizou o APL de Quartzito de Pirenópolis. O APL também compreende as cidades de Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás, e incentiva a gestão participativa do processo produtivo do quartzito, desde a produção até a comercialização. Até o ano de 2013, eram proprietárias das frentes de lavra principais, além de outros 20 pequenos produtores (Cetem, 2013).

Com base nestas informações, o gráfico da Figura 32 relaciona os registros de VPM de Pirenópolis, Campos Verdes e Cristalina entre 2006 e 2022.

Figura 32 - Valor de Operação de Gemas em Goiás (2006-2022)

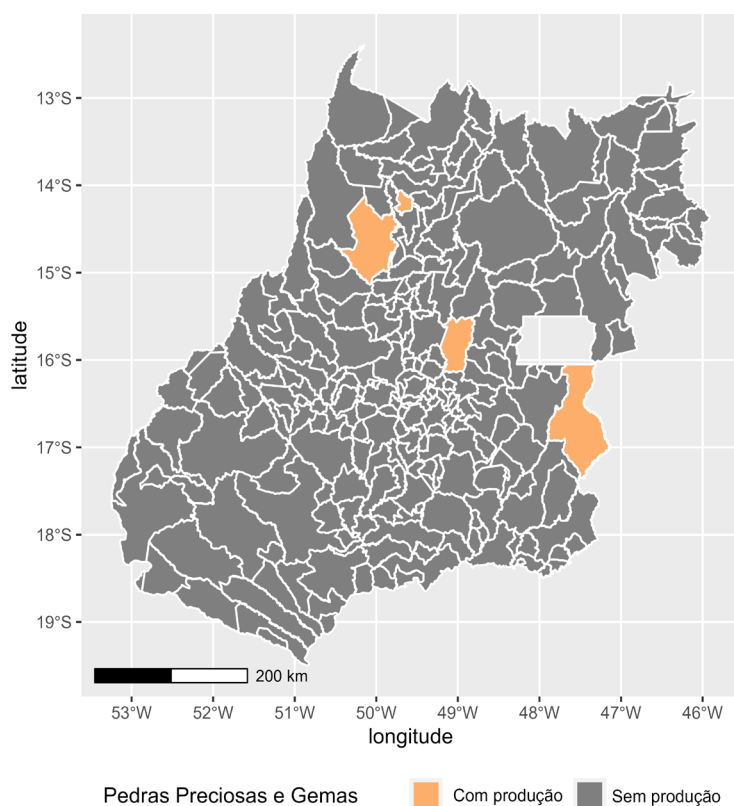


Fonte: ANM.

Os dados apresentam descontinuidades ao longo da série (no caso de Campos Verdes) e falta de uma tendência firme, fator provavelmente associado à informalidade na extração destes bens minerais e na sua característica de produção artesanal, que dificulta a obtenção de estatísticas oficiais precisas. É possível que os valores demonstrados estejam subestimados em comparação ao real valor de operação nos municípios produtores de gemas. Além disso, no caso de Cristalina, boa parte do valor registrado pela ANM é referente à extração de areia, demonstrando como a operação de gemas e pedras preciosas do município, apesar de movimentar a economia local, é pouco registrada pelas estatísticas oficiais. No caso de Campos Verdes, a produção registrada é de gemas e, no caso de Pirenópolis, o registro é de Pedra São Tomé (um bem mineral da família dos quartzos). Crixás não tem registros oficiais de extração de gemas ou pedras preciosas.

Pela observação do Mapa 10, verifica-se a localização dos municípios com produção de gemas e pedras preciosas. Ressalta-se, mais uma vez, que a informalidade do setor impede a obtenção de registros do real valor de operação mineral destes bens em território goiano.

Mapa 10 - Campos Verdes, Cristalina, Crixás e Pirenópolis: Municípios com produção de gemas e pedras preciosas em Goiás (2022)



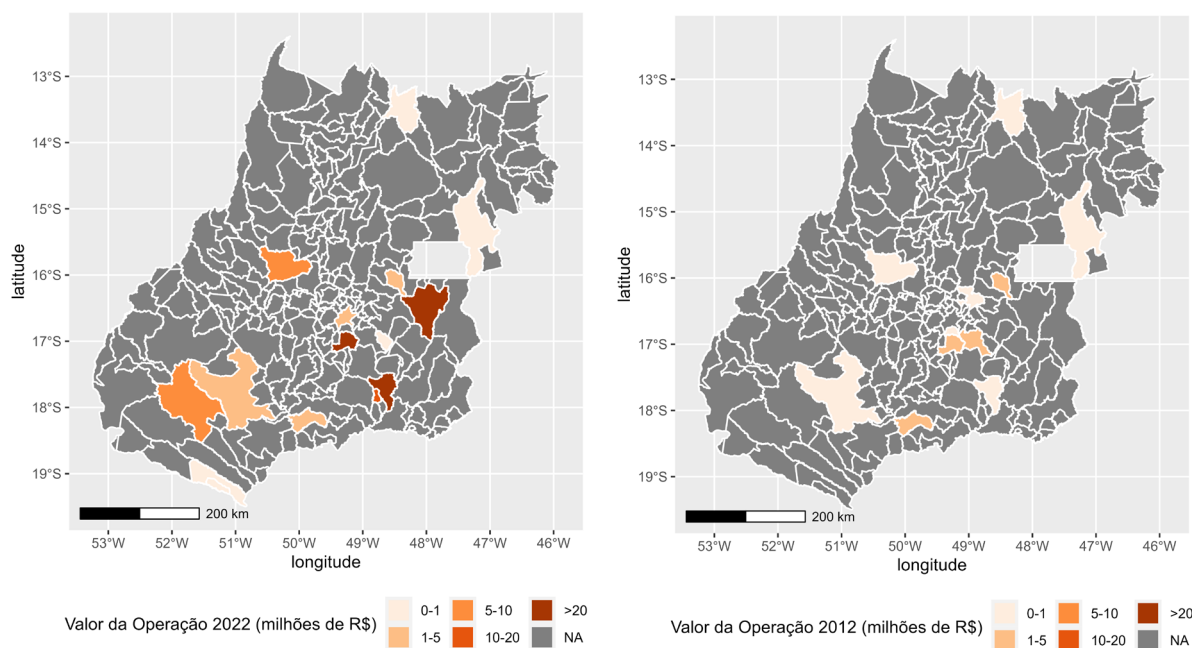
Fonte: Elaboração própria a partir informações da ANM.



1.2.5 Água Mineral

Quanto à água mineral, em 2022, houve registro sobretudo nos municípios de Hidrolândia (VPM de R\$ 32,2 milhões), Luziânia (VPM de R\$ 28,6 milhões), Caldas Novas (VPM de R\$ 23 milhões) e Rio Quente (VPM de R\$ 11,3 milhões). Juntas, estas cidades representam 78% do total do VPM estadual de água mineral, que foi de aproximadamente R\$ 121 milhões. Ressalte-se que a produção de água mineral está concentrada nas microrregiões de Ceres (que abriga Hidrolândia), Entorno do Distrito Federal (que abriga Luziânia) e Meia Ponte (que abriga Caldas Novas). Chama atenção como a operação de água mineral se intensificou nessas localidades e em menor medida nos municípios do sudoeste do estado, como Jataí (Mapa 11).

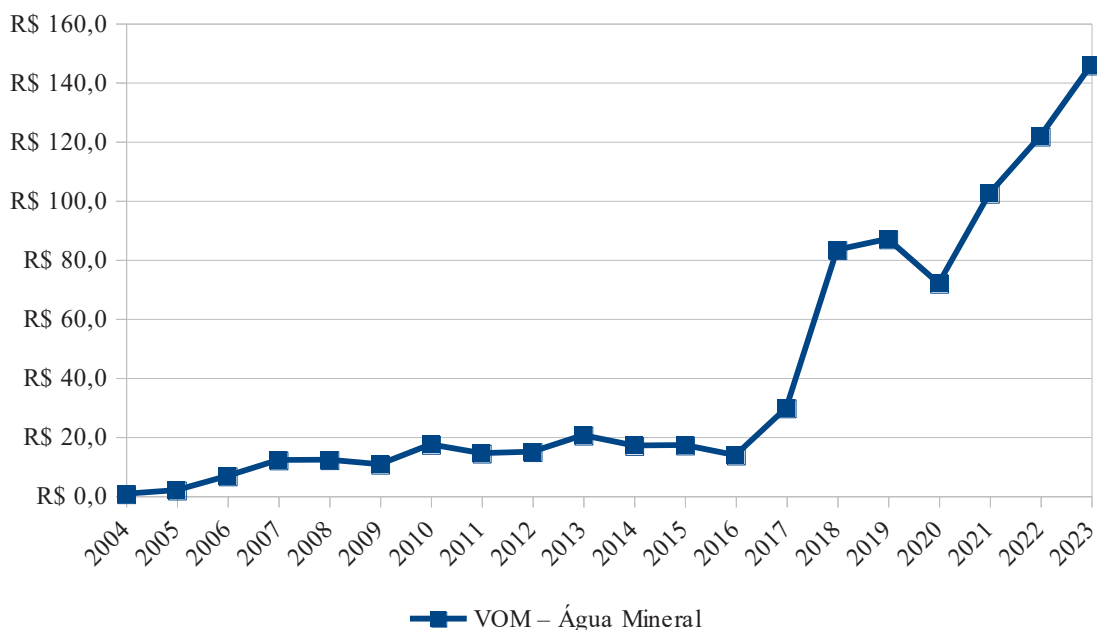
Mapa 11 - Diversos municípios: Operação de Água Mineral em Goiás (2022-2012)



Fonte: Elaboração própria a partir de ANM.

Ao longo dos anos, percebe-se um crescimento expressivo do VPM a partir de 2016, após um período de crescimento bastante estável (Figura 33). Entre 2004 e 2016, o VPM de água mineral passou de R\$ 700 mil para R\$ 13,8 milhões, enquanto, entre 2016 e 2022, o valor subiu para R\$ 121,7 milhões. Nessa dinâmica, os municípios de Hidrolândia e Luziânia assumiram protagonismo e, em 2022, figuram como os dois maiores produtores do estado.

Figura 33 - Valor de Operação de Água Mineral em Goiás (2004-2022)



Fonte: ANM.

Com relação às empresas atuantes, percebe-se que a operação é difusa entre mais de 50 empresas ao longo do território goiano. Dentre as principais empresas atuantes, pode-se citar:

- Mineração Bom Jesus: possui operação em Luziânia;
- Saúde Indústria e Comércio de Água Mineral: possui operação em Hidrolândia;
- Mariza Água Mineral: possui operação em Hidrolândia;
- Rio Quente Mineração: possui operação em Rio Quente.

1.3 Perspectivas futuras da demanda mineral em Goiás

1.3.1 Tendências recentes e demanda por bens minerais metálicos

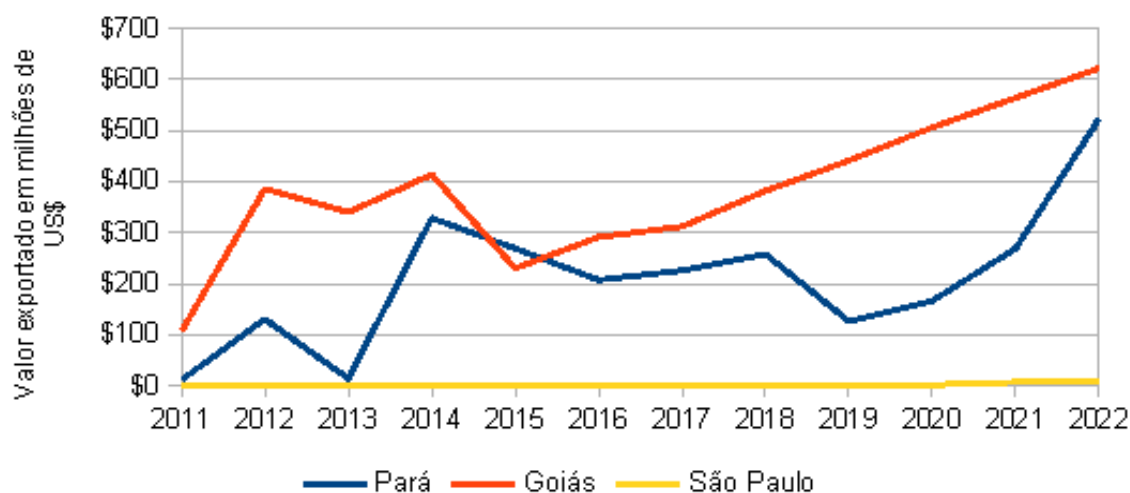
Para a estimativa das tendências futuras da demanda por bens minerais, considerou-se a dinâmica do mercado externo, com objetivo de identificar os principais centros consumidores e suas perspectivas de crescimento, bem como o nível do consumo per capita desses países, além de considerar as análises das agências especializadas em mercados futuros.



1.3.1.1 Níquel e ferroníquel

Quando se considera o valor exportado do ferroníquel em dólares, fica nítido um crescimento firme desde 2015, passando de US\$ 230 milhões para aproximadamente US\$ 622 milhões em 2022 (Figura 34).

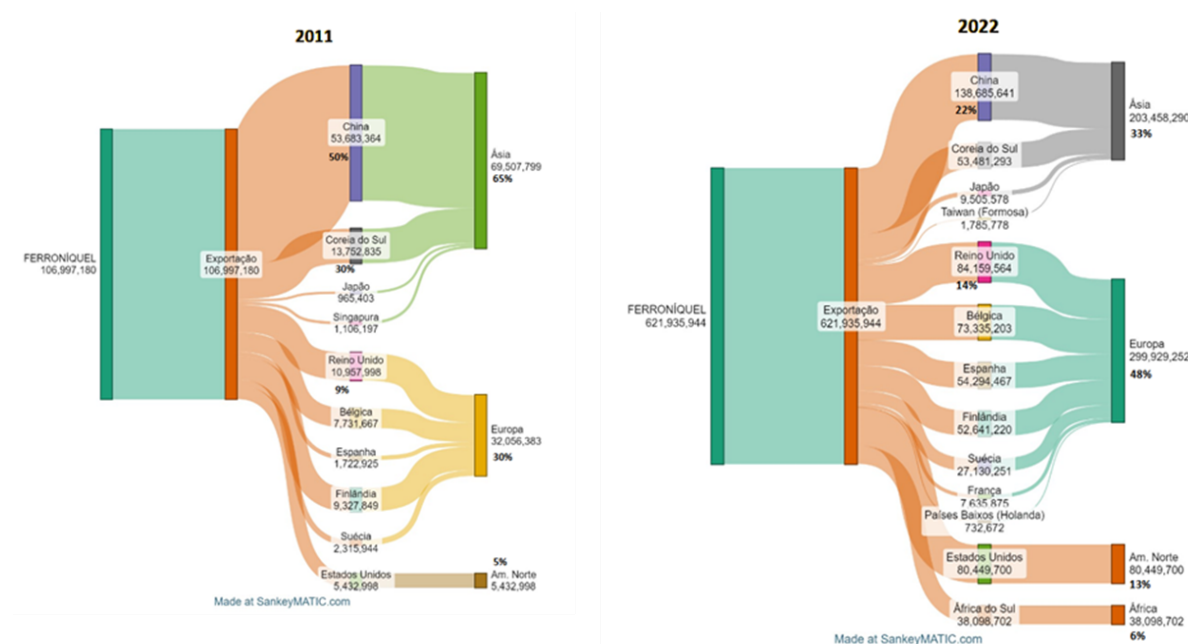
Figura 34 - Valor de exportação (em milhões de US\$) dos principais estados exportadores de ferroníquel do Brasil (2011-2022)



Fonte: Comex Stat.

Na perspectiva dos fluxos de exportações em US\$ de ferroníquel (Figura 2 e Figura 3), há grande diversidade de parceiros comerciais além de um claro aumento no valor exportado de ferroníquel por parte de Goiás (Figura 2), em que a Ásia deixou de ser o principal consumidor, abrindo espaço para a Europa e América do Norte. Isso ocorreu apesar do crescimento considerável do valor das exportações para o continente asiático, que saiu de US\$ 69,5 milhões em 2011 para US\$ 203,4 milhões em 2022, conformando um crescimento de 192%. Ao mesmo tempo, o valor exportado para a Europa cresceu mais de oito vezes, com grande participação de países como Reino Unido, Bélgica e Espanha (Figura 35).

Figura 35 - Fluxo de exportações de ferroníquel de Goiás (US\$) (2011 e 2022)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de [Comex Stat](#)

Embora desde 2011 a China seja o principal consumidor do ferroníquel goiano, no período recente tem havido uma importante diversificação na carteira de compradores, com o aumento da participação da Espanha, passando de aproximadamente 2% em 2011 para 8% em 2022, assim como o Reino Unido, de 8% para 14%, Bélgica de 7% para 11%, e África do Sul que não tinha registro de importação até 2016 e, em 2022, passou a importar 5,4% do ferroníquel de Goiás (Tabela 7).

Tabela 7 - Principais países consumidores de ferroníquel de Goiás (2011-2022)

Países \ qtd. (mil t)	China	Reino Unido	Estados Unidos	Bélgica	Espanha	Coreia do Sul	Finlândia	África do Sul	Suécia	Países Baixos	Índia
2011	9,1	1,4	0,8	1,2	0,3	2,3	1,6	0	0,4	0	0
(%)	51,8%	7,9%	4,8%	7,0%	1,8%	13,2%	9,2%	0,0%	2,5%	0,0%	0,0%
2015	35,5	1,5	4,2	0,6	0,3	0	7,1	0	6,6	5,3	0,7
(%)	51,5%	2,2%	6,2%	0,9%	0,5%	0,0%	10,3%	0,0%	9,6%	7,7%	1,0%
2020	86,9	5,1	13,6	12	9,5	13,8	1	10,2	0,6	3,2	1,2
(%)	54,2%	3,2%	8,5%	7,5%	5,9%	8,6%	0,6%	6,4%	0,4%	2,0%	0,8%
2022	31,3	17,2	16,2	13,7	9,9	9,6	8,8	6,6	5	0,2	0
(%)	25,6%	14,1%	13,3%	11,2%	8,1%	7,9%	7,2%	5,4%	4,1%	0,1%	0,0%

Fonte: elaboração dos autores a partir do [Comex Stat](#).

Em termos municipais, o destaque é para Barro Alto que, em 2022, exportou US\$ 600,4 milhões, dos quais US\$ 599 eram provenientes de ferroligas. Os maiores parceiros comerciais, responsáveis por 62% do valor total exportado foram China, Estados Unidos, Reino Unido e Bélgica. Já Niquelândia exportou apenas US\$ 22,7 milhões, adquiridos em sua quase totalidade por Espanha, Finlândia, Reino Unido e China (Tabela 8).

Tabela 8 - Exportações de ferroligas de Barro Alto e Niquelândia – GO (2023)

Barro Alto		
País destino da exportação	Exportação de ferro-ligas (US\$)	% do total
China	92.435.756	23,85%
Reino Unido	89.118.650	23,00%
Bélgica	47.427.832	12,24%
Estados Unidos	39.745.341	10,26%
Espanha	30.275.897	7,81%
Países Baixos (Holanda)	22.324.060	5,76%
Suécia	15.657.485	4,04%
Finlândia	12.591.424	3,25%
Singapura	11.551.322	2,98%
México	9.212.108	2,38%
Japão	3.682.588	0,95%
Suíça	3.217.827	0,83%
África do Sul	3.189.855	0,82%
Niquelândia		
Espanha	13.351.169	37,50%
Finlândia	10.725.111	30,12%
Reino Unido	7.819.839	21,96%
China	2.786.706	7,83%
Estados Unidos	920.200	2,58%

Fonte: ComexStat/MDIC.

Além do dinamismo do mercado consumidor, observar o nível do consumo per capita dos países é relevante porque indica se o país está se aproximando daquilo que a literatura da economia mineral denomina “pico de consumo”¹⁵, uma vez que países próximos a esse pico tenderiam a reduzir suas importações, ao mesmo tempo em que aumentariam a reciclagem de metais nesses país.

¹⁵ Fonte: [Gis Reports Online](#).

Nesse sentido, a China se destaca, sendo a Indonésia (maior produtor mundial) o principal país fornecedor, representando a maior porção das importações chinesas, conforme demonstrado pelos dados do WITS. Assim, a proporção das importações de ferroníquel de Goiás representam uma fração reduzida do total importado pela China. No entanto, países como Reino Unido, Estados Unidos, Espanha e África do Sul tiveram o Brasil como maior fornecedor de ferroníquel. Tais países, contudo, apresentam um consumo per capita bem inferior ao da China, sem uma tendência de crescimento tão evidente como verificado na nação asiática (9).

Tabela 9 - Importações per capita total de ferroníquel dos principais países importadores de Goiás (em kg/habitante) (2011-2022)

Ano	China	Reino Unido	Estados Unidos	Bélgica	Espanha	África do Sul	Suécia	Holanda	Índia
2011	0,11	0,31	0,12	5,71	0,92	0,12	1,07	1,55	0,01
2015	0,47	0,12	0,04	6,05	1,13	0,43	1,83	1,14	0,02
2020	2,42	0,09	0,13	5,71	0,67	0,76	1,66	0,93	0,03
2021	2,62	0,14	0,22	4,00	0,83	0,27	1,84	2,00	0,15
2022	4,19	0,18	0,18	2,15	0,74	0,22	1,44	1,61	0,09

Fonte: WITS/Banco Mundial (quantidade importada) e Data Bank/Banco Mundial (população).

Segundo os dados do *WITS*, a Indonésia permanece como maior exportadora mundial, com registros de exportações de aproximadamente 6 milhões de toneladas (por volta US\$ 14 bilhões), enquanto o Brasil aparece como segundo maior exportador, com 213 mil toneladas (US\$ 1,1 bilhão) em 2022. Ao mesmo tempo, a China é o principal país importador de ferroníquel.

Home (2023b), em matéria da *Reuters*, considera que a demanda por níquel para produção de baterias elétricas será de 9% para 2024, compensando o ritmo estável da demanda derivada da indústria do aço. Contudo, as perspectivas de crescimento da oferta acima da demanda podem ocasionar um excesso de oferta, sobretudo considerando as participações do mercado asiático neste processo – Indonésia e China. De fato, tem-se observado uma queda significativa do níquel nos primeiros meses de 2024: chegando a US\$ 17,7 mil/t em março de 2024, depois de ter alcançado o pico de quase US\$ 40 em janeiro de 2020, segundo o LME.

No âmbito da produção goiana, é válido ressaltar os projetos que podem contribuir para a ampliação da extração do minério. Como exemplo, com base em matéria da Brasil

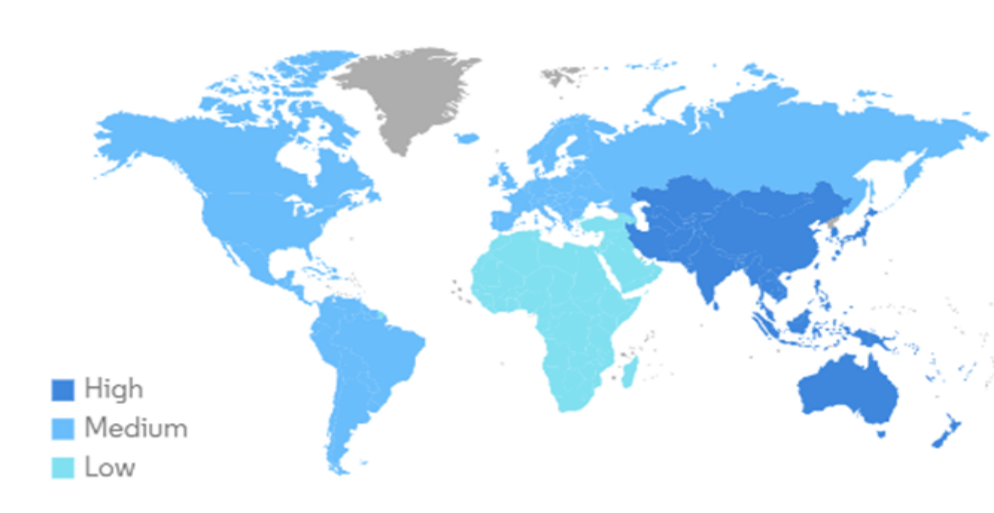


Mineral¹⁶, pode-se citar a *Wave Nickel*, que planeja investir até R\$ 1,6 bilhões em instalações para o processamento do níquel no município de Niquelândia, considerando a perspectiva de produção do hidróxido de níquel-cobalto utilizado em baterias elétricas. Com isso, infere-se que esta ampliação vise atender a uma maior demanda nos próximos anos pelo níquel.

Segundo o *World Investment Report* (2023), a demanda por níquel deverá se multiplicar por três, quando comparado aos níveis praticados em 2020. A China, além da principal consumidora do minério é também a principal processadora do níquel.

Para a consultora *Mordor Intelligence*¹⁷, o mercado de níquel deverá registrar uma taxa média anual de crescimento superior a 4,80% durante o período de previsão (2024-2029), tendo a região Ásia-Pacífico, com um crescimento acima da média projetada. Isto se deve principalmente à presença de grandes empresas fabricantes de aço inoxidável e fabricantes de baterias (Figura 36).

Figura 36 - Tendência de crescimento (taxa anual de crescimento da receita) do Mercado Global do níquel, por região geográfica (2022-2027)



Fonte: *Mordor Intelligence* com adaptações do autor.

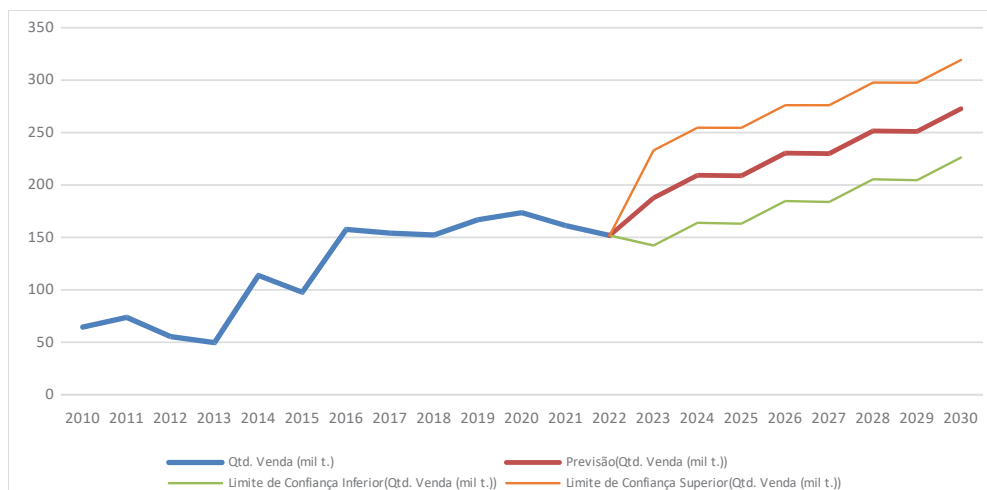
Dessa forma, levando em conta as projeções da análise especializadas, com os indicadores efetivos de produção de minério de níquel em Goiás, foi feita uma estimativa de crescimento futuro da demanda, também tomando como base a técnica da suavização exponencial com base nos dados disponíveis de produção, em quantidade, a partir da ANM. Foram considerados três cenários: 1) conservador (considerando a projeção da atual taxa

16 Informações disponíveis em: [Brasil Mineral](#).

17 Fonte: [Mordor Intelligence: Nickel Market](#).

histórica de crescimento) 2) otimista (acima da taxa), e pessimista (abaixo da taxa histórica) (Figura 37).

Figura 37 - Quantidade vendida e projeção das vendas de níquel de Goiás (mil t) de 2010-2022 (cenários de 2023-2030)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANM.

Nota-se como a projeção que mais se ajusta aos dados passados aponta para uma tendência de crescimento da produção em quantidade para os próximos anos. Este dado também tem como premissa a ideia de que o comportamento futuro reproduzirá o comportamento passado, o que, ressalte-se, nem sempre se verifica. Contudo, tomando como base os fundamentos de longo prazo para a demanda de níquel, o protagonismo que a produção goiana vem adquirindo ao longo dos últimos anos a nível nacional, bem como as necessidades de transição energética, têm-se sólidos motivos para crer em um aumento na demanda no futuro.

O processo de globalização cada vez mais acelerado no século XXI não só contribuiu para a desregulamentação e liberalização do mercado mundial de minérios, mas também para o avanço no discurso de uma economia mais sustentável. O discurso de ecoeficiência, da sustentabilidade e da economia verde estão mais difundidos e tendem a inclinar para um processo de transição energética, fato que contribui para o aumento da demanda mundial por determinados minérios utilizados em baterias de carros elétricos e outros competentes de placas solares, usinas eólicas, dentre outros.

Nessa esteira, segundo a Vale (UOL, 2022), em divulgação dos resultados trimestrais de 2022, a **demand global do níquel deverá crescer cerca de 44% até o ano de 2030**, comparando-se com a previsão para 2022, somando 6,2 milhões de toneladas no médio e



longo prazo. Essa demanda deve ser pressionada, segundo a companhia, pelo impulso do aumento na fabricação e vendas dos carros elétricos e pela demanda da energia renovável, que requerem o metal para suas baterias. Para o CPRM, a produção deve atingir 4,08 milhões de toneladas em 2030, 6,4 milhões de toneladas em 2042 e 8,5 milhões em 2050 (CPRM, 2022a).

Segundo a empresa, não há uma previsão de que a oferta do níquel consiga atender à demanda global, principalmente para os veículos elétricos de classe I. Para ao CPRM, esse desequilíbrio é apontado pela diminuição do tamanho das minas medidas mundialmente no longo prazo. O órgão projeta que, em 2030, será o pico máximo no tamanho da oferta desses recursos nas minas, caindo de 2034 a 2050, em média, 45% a disponibilidade do níquel na natureza (CPRM, 2022a).

Por ser o segundo maior produtor de níquel do país, Goiás posiciona-se estrategicamente no contexto dessa projeção de elevação da demanda. Atualmente, a maior planta de extração de níquel é o município de Barro Alto, com quase 100% do valor de produção registrado em 2021 (ANM, 2023). Niquelândia é o outro produtor desse minério no estado, porém sua produção vem caindo nos últimos anos dado o esgotamento de suas reservas.

Diante de um aumento global da demanda por níquel, a produção estadual tende a continuar concentrada no município de Barro Alto, tendo em vista que a vida útil de sua mina foi projetada em 30 anos em 2011, possuindo capacidade produtiva até 2041 (Ibaram, 2011). Entretanto, o estado pode ampliar sua participação no mercado incentivando a abertura de novas plantas de extração em outros municípios, como em Montes Claros de Goiás, que concentrou 35,3%, maior participação no estado em 2017, e Santa Fé de Goiás, que registrou 29% das reservas medidas naquele ano (ANM, 2018).

1.3.1.2 Cobre

A quase totalidade da produção de cobre goiano é exportada, considerando a métrica do consumo voltado ao mercado externo¹⁸ e interno¹⁹ (Tabela 10).

18 Dada pela razão EX/PROD, em que EX = Exportações em toneladas e PROD = Produção comercializada em toneladas.

19 Dada pela razão (PROD – EX)/PROD, em que EX = Exportações em toneladas e PROD = Produção comercializada em toneladas.

Tabela 10 - Destino da Produção % do cobre em Goiás em quantidade (t) e valor (R\$) (2010 – 2021)

Ano	Quantidade		Valor em R\$	
	% Mercado Externo	% Mercado Interno	% Mercado Externo	% Mercado Interno
2007	98,0%	1,95%	88,82%	11,18%
2008	84,4%	15,63%	84,52%	15,48%
2009	73,4%	26,56%	72,54%	27,46%
2010	87,7%	12,3%	73,6%	26,4%
2011	88,0%	12,0%	86,4%	13,6%
2012	93,8%	6,2%	80,4%	19,6%
2013	86,4%	13,6%	94,1%	5,9%
2014	94,5%	5,5%	90,7%	9,3%
2015	86,1%	13,9%	84,0%	16,0%
2016	125,5%	-25,5%	120,5%	-20,5%
2017	99,9%	0,1%	95,5%	4,5%
2018	105,4%	-5,4%	103,9%	-3,9%
2019	108,7%	-8,8%	99,0%	1,0%
2020	107,8%	-7,8%	96,0%	4,0%
2021	108,0%	-8,0%	96,5%	3,5%
2022	107,9%	-7,9%	98,5%	1,5%

Fonte: ANM e Comex Stat.

Na esteira da crescente demanda por minerais da transição energética, há uma expectativa de que o consumo global de cobre cresça de maneira significativa nas próximas décadas, tendo em vista que, para além dos setores de energia elétrica e renováveis, o minério é de amplo uso na fabricação de baterias dos carros elétricos, cuja expectativa é de crescimento em meio a um impulso global rumo a uma economia de baixo carbono.

Espanha, Alemanha e Finlândia são os principais destinos das exportações do cobre goiano, absorvendo 80% das exportações de concentrado de cobre de Alto Horizonte em 2022. Outros países que importam o cobre goiano são Suécia, com participação de 9,7%, Japão, com aproximadamente 5%, e China, também com 5% (Tabela 11).

Tabela 11 - Exportações de cobre e seus concentrados de Alto Horizonte – GO (2023)

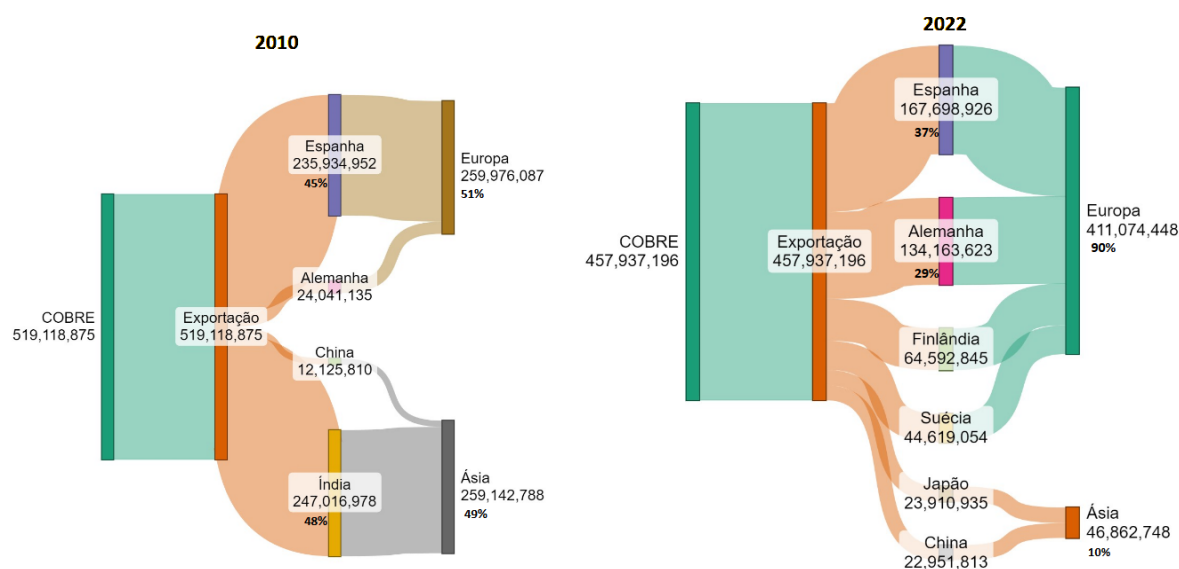
País destino da exportação	Exportação de minério de cobre e seus concentrados (milhões de US\$)	Participação % do total
Espanha	222,8	53,2%
Finlândia	95,8	22,9%
Alemanha	61,6	14,7%
China	21,1	5,0%
Suécia	17,5	4,2%

Fonte: ComexStat/MDIC.



Observa-se que, com exceção a 2017, nos anos de 2016 a 2022, a parcela da produção destinada às exportações foi superior a 100%. É provável que nesses anos tenha ocorrido a venda de estoques acumulados em anos anteriores, ou que Goiás tenha recebido produção de outros estados e que esses fluxos interestaduais não tenham sido captados pelos registros oficiais de produção da ANM e de exportações do ComexStat, ou ainda uma possível incompatibilidade de dados entre as bases do ComexStat e os da ANM. Não obstante, os dados deixam claro que a produção de cobre no estado de Goiás abastece fundamentalmente o mercado externo, conforme os diagramas *Sankey* para os anos 2010 e 2022 (Figura 38).

Figura 38 - Fluxos do destino das exportações de cobre de Goiás (2010-2022)



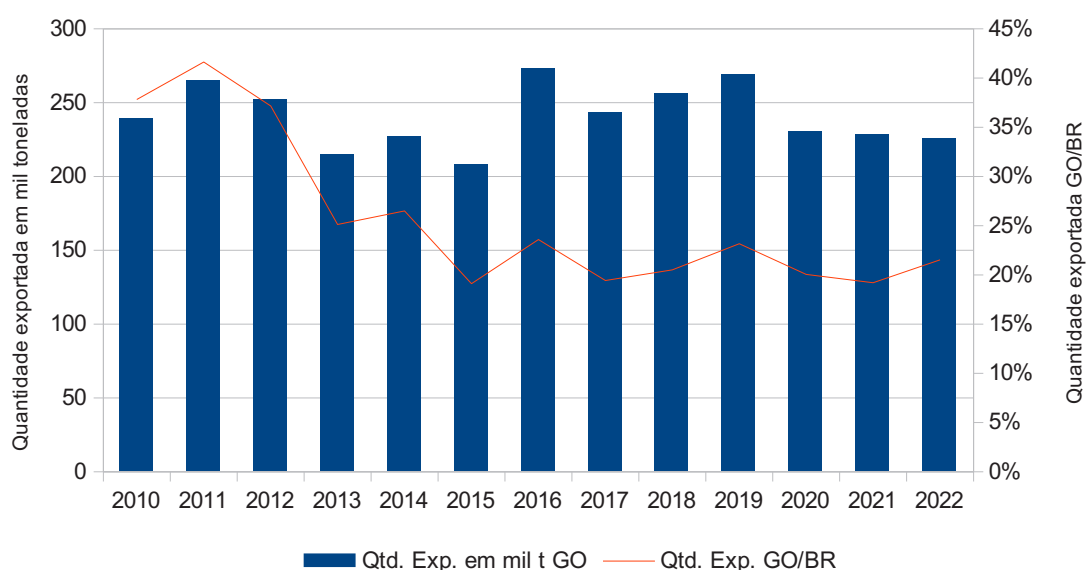
Fonte: Elaboração dos autores a partir de Comex Stat.

Entre 2010 a 2022, a Espanha se destacou como o maior consumidor do cobre goiano, porém sua participação relativa declinou de 45% para 37%. A Índia que, entre 2007 a 2018, foi o principal consumidor do cobre goiano, teve um decréscimo acentuado sem registro importação desde 2019. Com base nas estatísticas de comércio exterior do *World Integrated Trade Solution* ([WITS](#)), constata-se que, de fato, a quantidade importada de cobre pela Índia apresentou grande redução, saindo de US\$ 3,8 bilhões em 2018 para US\$ 1,2 bilhão no ano seguinte, e também com o Brasil declinando de quinto maior exportador em 2018 (US\$ 170,2 milhões) para oitavo em 2021 (US\$ 33,9 milhões). Além disso, os principais fornecedores de cobre para a Índia, em 2022, foram o Chile e a Indonésia. A China apresentou uma demanda oscilante, com picos de consumo nos anos de 2013 e 2019 e sem grande destaque nas

importações; enquanto a Alemanha teve uma trajetória de crescimento desde 2018, juntamente à Finlândia e à Suécia.

Ao analisar a quantidade exportada de cobre (Figura 39) por Goiás, nota-se uma trajetória sem tendência definida de crescimento ou decrescimento, com oscilações periódicas ao longo dos anos. Ao mesmo tempo, nota-se uma tendência de decréscimo na participação das exportações, em quantidade, de minério de cobre proveniente de Goiás em comparação ao total exportado nacionalmente, tal qual verificado quando da análise da produção em quantidade.

Figura 39 - Exportações em quantidade (t) de minério de cobre de Goiás (2010-2022)

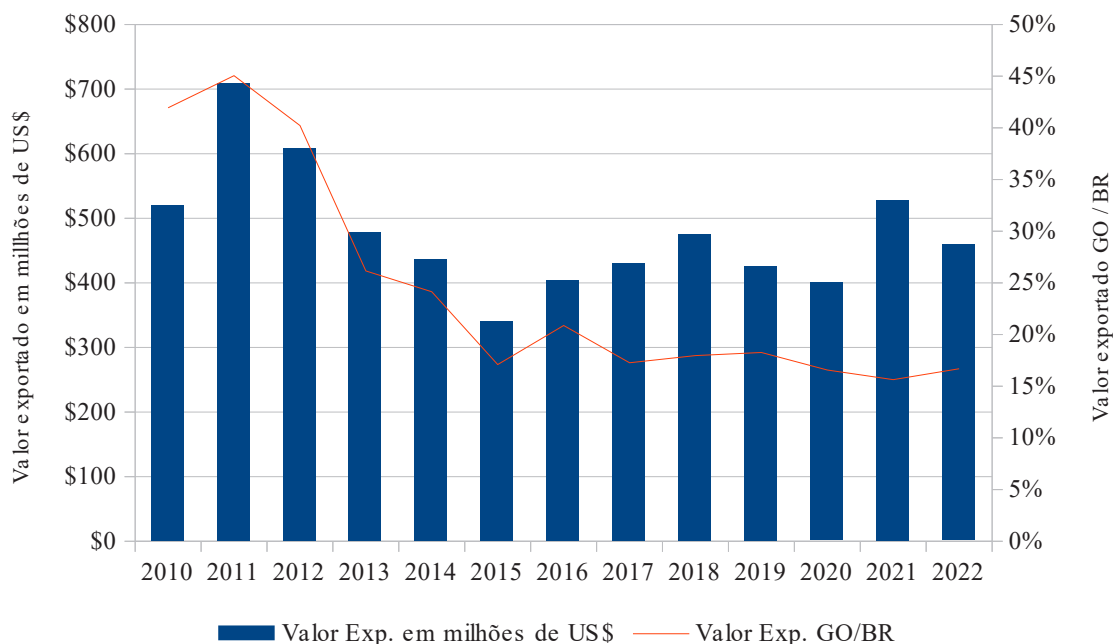


Fonte: Comex Stat.

O comportamento do valor exportado de cobre, por seu turno, apresentou uma trajetória oscilante ao longo dos anos, bastante associada ao preço internacional do minério. Apresentou queda entre 2011 e 2016, ano a partir do qual apresenta uma trajetória de relativa estabilidade, combinada a um decréscimo na participação das exportações goianas sobre o total exportado de minério de cobre pelo Brasil, dinâmica semelhante à verificada quando da análise do valor da produção (Figura 40).



Figura 40 - Exportações em US\$ de minério de cobre de Goiás (2010-2022)



Fonte: Comex Stat.

Quanto às importações per capita dos principais países importadores do cobre goiano²⁰, destacam-se a Finlândia e a Bulgária, provavelmente em razão de suas reduzidas populações. Nos últimos anos, a trajetória da importação per capita nesses países foi crescente, saindo de aproximadamente 72 kg por habitante em 2013 para 106,2 em 2022 na Finlândia e de 103,5, em 2012 para 168,8 na Bulgária. Contudo, esses países não são os maiores importadores, nem em quantidade e nem em valor.

Muito embora a Espanha e a Alemanha sejam os países de maior representação na pauta de exportação de cobre em Goiás, suas importações per capita declinaram nos anos recentes. Apesar disso, a quantidade exportada e o valor das exportações em US\$ para esses países se elevou. Nota-se também que a Índia apresenta valores per capita muito baixos, em razão de sua população bastante elevada, enquanto a China apresenta um ritmo de importações per capita superior ao da Alemanha, mesmo com sua população bastante superior à da Alemanha, sendo o principal país importador de cobre no mundo. Tais dados estão resumidos na Tabela 12.

²⁰ Para esta medida, considerou-se como medida aproximada do consumo *per capita* de cobre o indicador “importações totais do minério = (em kg ou t)/população”. Logo, o consumo per capita total dos países, considerando também a produção interna, pode ser superior. O objetivo é apenas fornecer uma métrica aproximada.

Tabela 12 - Importações per capita, em quantidade, dos maiores importadores de cobre de Goiás (2012-2022)

Ano/ (kg/hab)	Espanha	Índia	China	Alemanha	Finlândia	Bulgária	Suécia
2012	32,45	1,51	5,78	15,47	-	103,53	32,07
2013	33,49	2,35	7,39	12,57	72,04	138,84	27,19
2014	38,14	1,52	8,61	14,68	77,48	126,44	27,92
2015	38,39	1,28	9,59	14,27	81,68	132,13	30,33
2016	38,65	0,76	11,44	12,85	77,95	105,89	30,58
2017	42,04	1,08	12,42	15,13	80,57	155,12	23,83
2018	45,52	1,06	14,05	14,31	79,86	157,44	23,99
2019	31,68	0,56	15,61	12,28	-	121,74	24,39
2020	25,98	0,39	15,42	14,9	95,67	144,46	24,85
2021	25,99	0,61	16,49	13,81	95,37	128,38	33,41
2022	-	0,8	17,89	11,51	106,17	168,76	29,6

Fonte: WITS/Banco Mundial (quantidade importada) e Data Bank/Banco Mundial (população).

Dadas as informações de produção, de preços e de vendas, no intuito de se estimar as perspectivas futuras da demanda do cobre goiano, é importante considerar a avaliação das principais consultorias especializadas.

Para a Vale (UOL, 2022), a demanda do minério deve subir cerca de 20% até 2030, para 37 milhões de toneladas. Já a consultoria CRU Internacional (CRU, 2021), com sede no Reino Unido, prevê uma demanda anual de Cobre em 28,4 milhões de toneladas até 2030. Para o Serviço Geológico do Brasil, a produção de Cobre deve alcançar os 29 milhões de toneladas em 2030, 48,7 milhões em 2042 e 68,7 milhões em 2050 (CPRM, 2022^a).

Assim como a Vale, a CRU também pondera que a demanda de cobre não poderá ser suprida por completo pela oferta no médio e longo prazo, tendo em vista que é prevista uma desaceleração do crescimento da produção nas minas do minério em função da exaustão dos recursos.

Goiás é central na exploração de cobre no Brasil, como segundo maior produtor, 17% da produção nacional vem de sua única planta ativa: o município de Alto Horizonte. Num cenário em que a oferta não acompanhará no mesmo nível o crescimento da demanda, o preço do cobre tende a aumentar, contribuindo para elevar a participação desse minério na economia mineral do estado que, em 2021, já representava 35% do valor de produção de Goiás (ANM, 2023).



A produção de cobre tende a concentrar-se em Alto Horizonte no médio prazo, já que em 2017 o município teve a maior mina medida no estado (ANM, 2018) e, por já possuir um pesada estrutura produtiva, tende a manter a hegemonia entre os municípios produtores de minério em Goiás. Todavia, a estimativa de vida útil de sua mina é de 20 anos, com expectativa de produzir até 2029 (Ibram, 2009).

No longo prazo, de acordo com dados sobre as reservas minerais do estado, espera-se que a produção mineral de cobre, apesar de diminuir em Alto Horizonte em função do esgotamento, pode se manter concentrada próximo ao território da atual área de extração, tendo em vista que foram medidas reservas em seu município vizinho, Nova Iguaçu de Goiás, que representaram 31% do total, com 73 milhões de toneladas (ANM, 2018).

Segundo Bouckley (2023), em matéria da *S&P Global*, as perspectivas no curto prazo são de crescimento reduzido da demanda de cobre, como foi em 2023 e na perspectiva para 2024. Isso ocorre devido à desaceleração da atividade econômica global, em função das políticas monetárias contracíclicas adotadas nos países para conter a inflação. Os principais *drivers* da demanda global por cobre seriam o crescimento econômico da China, a maior consumidora de cobre no mundo (especificamente seu mercado de construção). Já no longo prazo, as perspectivas de crescimento da demanda são positivas em razão das necessidades de transição energética, eletrificação e geração de energia (Bouckley, 2023), o que demandará um crescimento na oferta global de cobre.

A perspectiva de estabilidade na demanda global por cobre no curto prazo também é reforçada por Home (2023), em matéria da Reuters, para a qual a demanda por cobre fora da China pode sofrer redução, enquanto a demanda chinesa tende a se elevar com a retomada do crescimento econômico no país. A consultora prevê leve excedente de oferta no ano de 2024. Esse contexto de transição energética pode gerar forte impulso na demanda pelo minério. Também, ressalta que a produção de cobre refinado por parte da China representa importante fator de demanda global.

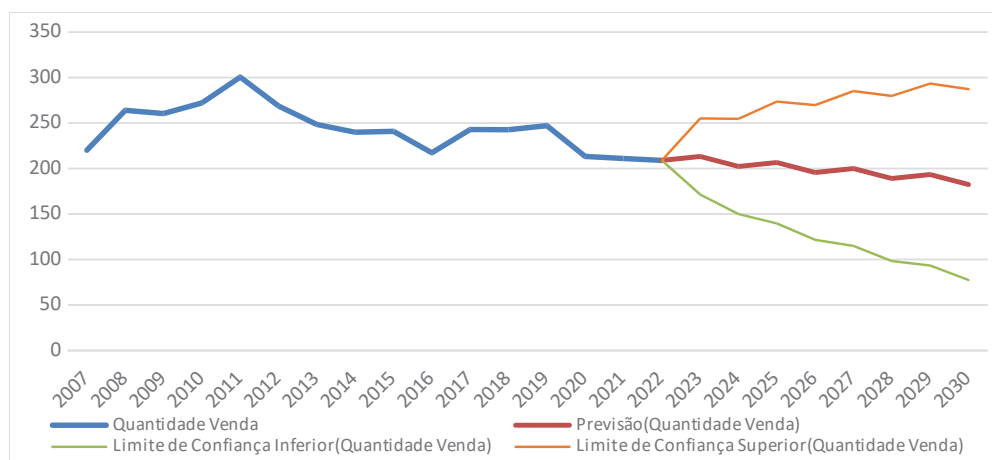
Na temática da transição energética, Dempsey & Healy (2023), em matéria da Financial Times, destacam que, ao final da década de 2020, poderá haver déficit na oferta de cobre necessária para suprir a demanda por esse bem, em razão das necessidades da transição energética. No curto prazo, com relação à oferta, os preços internacionais reduzidos da tonelada do cobre podem desestimular o surgimento de novas minas. No longo prazo, a retomada do crescimento econômico de países como Índia e China pode impulsionar a

demanda pelo minério, dado que, além das finalidades de transição energética, o cobre também é usado em diversas necessidades do dia a dia, como construção civil e infraestrutura (Dempsey; Healy, 2023). Segundo a matéria, há perspectivas de que o tamanho do mercado de cobre dobre para 50 milhões de toneladas, em 2035, em comparação a 2021.

Por fim, a ABCOBRE (2023) também reforça algumas das previsões previamente feitas: de baixa demanda nos mercados europeus, asiáticos e norte-americano, com continuidade, em 2024, da tendência verificada em 2023, bem como a importância do mineral para as tendências atuais e futuras de descarbonização. Nesse sentido, impulsionado por esta tendência, o anuário prevê o dobro da demanda atual por cobre no ano de 2050.

Além das análises de agências especializadas, também foi feita uma estimativa de comportamento futuro da demanda de cobre goiano com base nos dados disponíveis de produção mineral em quantidade, divulgados pela ANM. Para isso, utilizou-se a técnica de suavização exponencial, bastante utilizada para lidar com dados de séries temporais, principalmente quando forem não-estacionárias²¹. O *software* utilizado para realizar as previsões foi o Microsoft Excel, especificamente as planilhas de previsão. O parâmetro de sazonalidade foi modificado, para cada bem mineral, de modo a obter a previsão com menores valores de erro percentual absoluto simétrico e de raiz do quadrado médio do erro, o que indica uma linha de tendência mais ajustada aos dados. Foram considerados três cenários: 1) conservador (considerando a projeção da atual taxa histórica de crescimento) 2) otimista (acima da taxa histórica) e pessimista (abaixo da taxa histórica) (Figura 41).

Figura 41 - Quantidade vendida e projeção das vendas de cobre de Goiás (mil t) em 2017-2022/2023-2030 cenários



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANM.

21 A denominação de não-estacionariedade é dada para séries temporais nas quais a média e a variância se alteram ao longo do tempo.



Como os dados demonstram, há uma nítida tendência de decrescimento na quantidade produzida ao longo dos anos, mas isso deve ser visto com cautela, entre outros motivos, porque tal técnica de previsão considera que os dados futuros se comportarão da mesma forma que os dados no passado. Contudo, sabe-se que o mercado de minérios está sempre sujeito a grandes disfunções e descontinuidades, entre outros motivos, pelas mudanças tecnológicas que se refletem no padrão de consumo, pela descoberta de novas minas e pela dinâmica de preços internacionais dos minérios, entre outros.

Um exemplo disso é o fato de que, apesar da previsão de queda leve na quantidade produzida a partir dos dados passados, há previsão de investimentos de US\$ 70 milhões na planta de Chapada, em Alto Horizonte, além de gastos em exploração mineral nas proximidades das minas²², inclusive com ampliações de reservas²³. Logo, tendo como base estas informações, é possível que, ao menos no médio prazo, ocorra aumento da produção em razão desses novos investimentos, os quais, por sua vez, são realizados quando os dirigentes das companhias mineradoras entendem ser momentos de oportunidades de mercado.

Nos médio e longo prazos, foi recorrente entre os especialistas um cenário de crescimento da demanda do bem, o que é um fator de estímulo para o crescimento da produção existente e um eventual surgimento de novas minas de cobre em Goiás. Todavia, isso evidencia dependência de algumas incertezas críticas, tais como: crescimento econômico da China, ritmo da incorporação das novas tecnologias requeridas pela transição energética, além da oferta global, que podem impactar preços. No geral, tomando como base as matérias das consultorias, no curto prazo, a demanda pode apresentar ritmo lento, enquanto no longo prazo, os fundamentos que apontam para um firme crescimento da demanda por cobre em razão da transição energética já estão bastante consolidados

1.3.1.3 Nióbio e ferronióbio

O nióbio permite ao Brasil ter vantagem comparativa no mercado exterior, já que o país é o principal exportador mundial, com aproximadamente 82 mil t em 2022. Segundo USGS (2023), o Brasil é também o principal produtor mundial, com uma participação de 90% na produção mundial do minério. As reservas brasileiras de nióbio estão estimadas em 16 milhões de toneladas, o equivalente a 90% das reservas mundiais (USGS, 2023). O segundo e

22 Conforme as informações disponibilizadas pela [Brasil Mineral](#).

23 Conforme matéria da [Brasil Mineral](#).

o terceiro maiores exportadores são Canadá e Singapura, com valores de apenas 9,6 mil e 8,5 mil t respectivamente, segundo os registros do WITS.

Na pauta de exportação do cobre goiano, destacam-se as ligas de ferronióbio, que correspondem por, praticamente, toda a exportação de produtos do nióbio do estado, com exceção de uma diminuta quantidade de nióbio concentrado, 0,01% da pauta total (Tabela 13).

Tabela 13 - Exportação de ferronióbio – GO (2023)

Produto do nióbio	Países	Valor FOB (US\$ milhões)	(%)
Ferronióbio	China	140,15	41,9%
Ferronióbio	Países Baixos (Holanda)	49,71	14,9%
Ferronióbio	Hong Kong	39,91	11,9%
Ferronióbio	Singapura	32,36	9,7%
Ferronióbio	Itália	31,41	9,4%
Ferronióbio	Turquia	13,88	4,2%
Ferronióbio	Suíça	6,88	2,1%
Ferronióbio	Estados Unidos	6,85	2,0%
Ferronióbio	África do Sul	5,86	1,8%
Ferronióbio	Taiwan (Formosa)	4,52	1,4%
Ferronióbio	Reino Unido	1,23	0,4%
Ferronióbio	Espanha	1,17	0,4%
Total	-	334,22	100%

Fonte: ComexStat/MDIC.

Em 2022, o Brasil exportou US\$ 2,2 bilhões de produtos do nióbio, as exportações de Goiás foram de US\$ 337 milhões, o equivalente a 15%, bem atrás de Minas Gerais, que responde por 81%, provavelmente em função dos fluxos interestaduais de minério (a ser exportado por MG) ou pelo maior valor agregado. Os 4% restantes são representados por Amazonas, Pará e Rondônia.

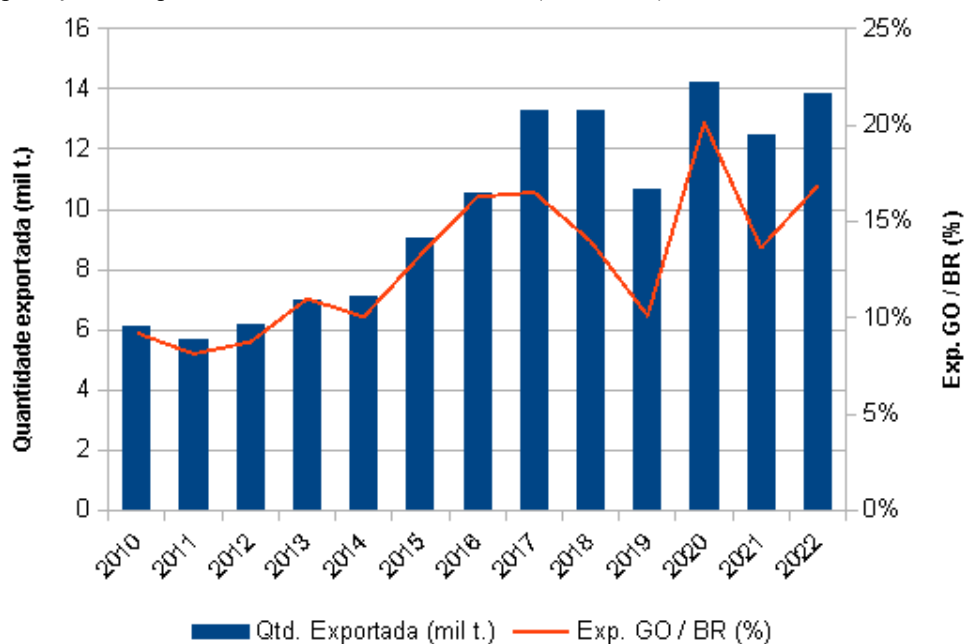
Segundo o Ibram (2022), o valor agregado ao nióbio brasileiro se deve à CBMM (MG), que fornece ferronióbio, óxidos de nióbio, ligas de nióbio e óxidos de nióbio, enquanto a CMOC (GO) produz somente as ligas de ferronióbio. Ainda segundo o Instituto, os óxidos de nióbio têm aplicações em veículos elétricos, enquanto as ligas de nióbio em turbinas para geração de energia. Por fim, como oportunidades de aproveitamento desta cadeia, o Instituto ressalta sobretudo a adição de valor ao longo da cadeia, e não a elevação da produção, uma vez que o Brasil já possui uma oferta compatível com as demandas de mercado.



Assim, apesar de Goiás, em 2022, apresentar o maior valor de operação mineral de nióbio (posição que mantém desde 2016), Minas Gerais é o maior produtor de ferroligas de nióbio do Brasil. Isso também acontece, segundo a ANM, devido à distorção na medida do cálculo do valor produto, uma vez que as rotas tecnológicas de Minas e de Goiás geram diferentes pontos de incidência da CFEM, de cujo valor é feita a estimativa do valor da produção.

Com base na série histórica do Comex Stat relativa às exportações do ferronióbio, verifica-se que Goiás ampliou sua participação no total exportado em quantidade, entre 2010 e 2022, passado de 6,2 mil t para 13,9 mil t nesse período. Ao mesmo tempo, sua participação no total exportado pelo Brasil passou de 9,2% para 16,9% no mesmo período (Figura 42). Cabe ressaltar que os registros de exportação de outros produtos do nióbio por Goiás, como o minério bruto, são bastante reduzidos em comparação aos registros do ferronióbio.

Figura 42 - Exportações em quantidade de ferronióbio de Goiás (2010-2022)

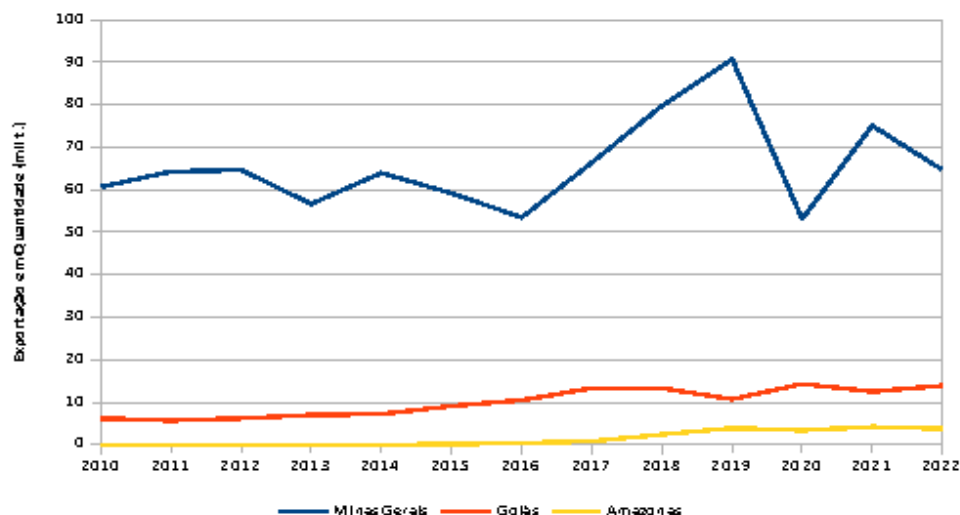


Fonte: Comex Stat.

No cenário nacional, Minas Gerais permanece como o principal exportador de ferronióbio, enquanto Goiás segue na segunda colocação, seguido pelo estado do Amazonas, com cifras bastante reduzidas. Entre 2010 e 2022, apesar de Minas Gerais se firmar como maior exportador nacional de ferronióbio, o estado de Goiás apresentou um crescimento na quantidade exportada, o que explica a ampliação da sua participação no total exportado a

nível nacional. Enquanto a exportação em mil toneladas de Minas Gerais cresceu apenas 6,6%, as exportações goianas cresceram cerca de 124,2% no mesmo período (Figura 43).

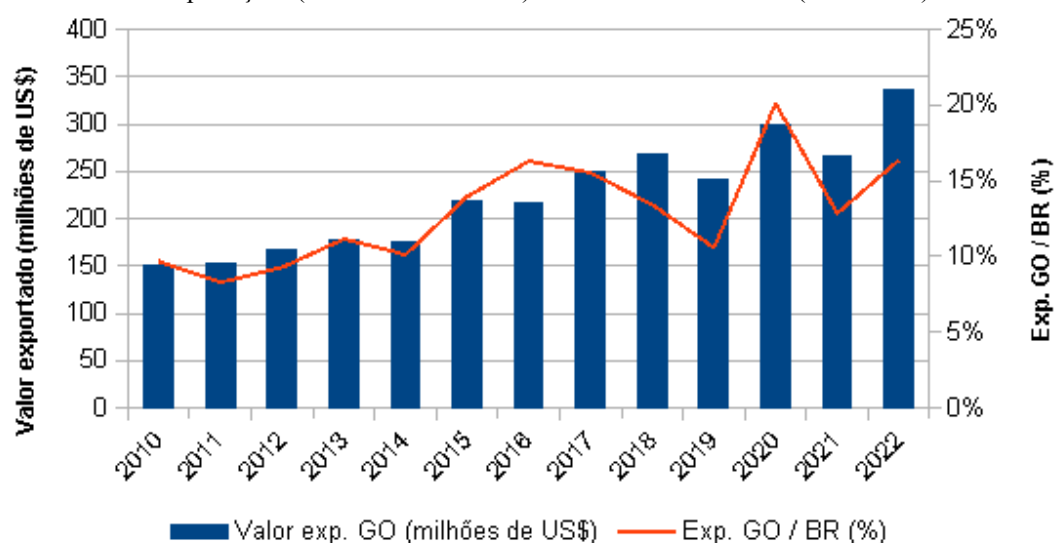
Figura 43 - Quantidade exportada (em mil toneladas) dos principais estados exportadores de ferromnóbio do Brasil (2010-2022)



Fonte: Comex Stat.

Com relação ao valor exportado em US\$, nota-se um comportamento muito similar ao observado na análise da quantidade exportada. Verifica-se tanto um crescimento do valor absoluto exportado como um aumento da participação no valor total exportado, em ferromnóbio a nível nacional (Figura 44).

Figura 44 - Valor das exportações (em milhares de US\$) de ferromnóbio de Goiás (2010-2022)

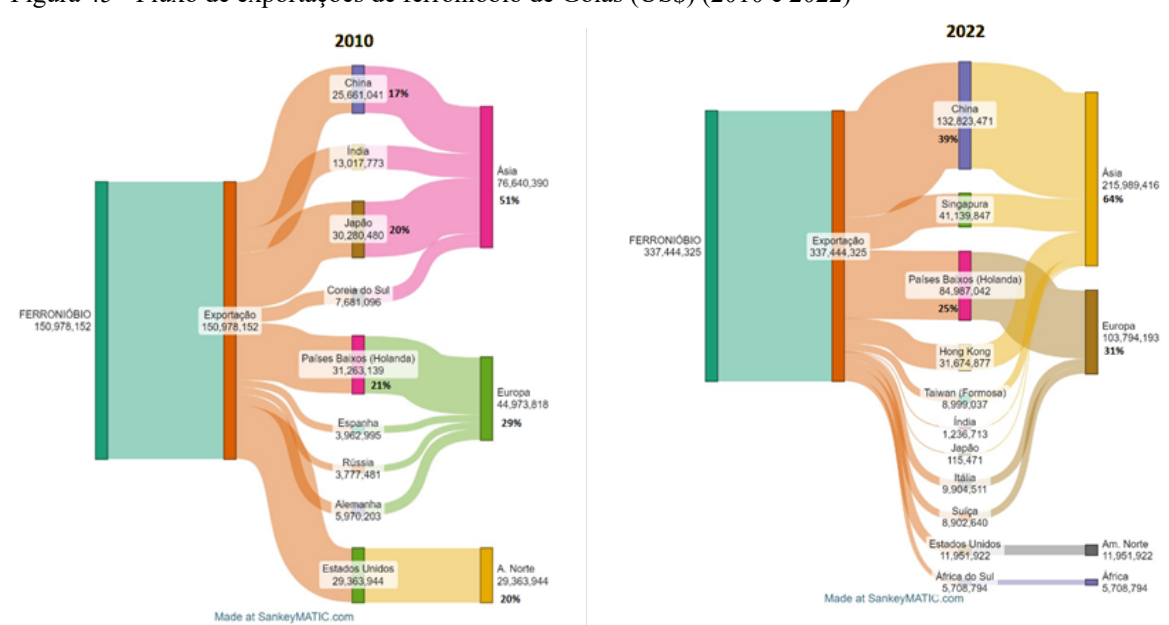


Fonte: Comex Stat.



Os fluxos de exportações de 2010 e 2022, ilustrados nos diagramas *Sankey* (Figura 45) revelam uma tendência de aumento da participação das exportações para a Ásia, sobretudo para a China. No período em questão, a participação da Ásia como destino para o ferronióbio goiano passou de 51% (US\$ 76,6 milhões) para 64% (US\$ 216 milhões).

Figura 45 - Fluxo de exportações de ferronióbio de Goiás (US\$) (2010 e 2022)



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de [Comex Stat](#)

Entre 2010 e 2022, os principais importadores do ferronióbio goiano foram China, Holanda, Singapura, EUA, Taiwan, Índia e Coreia do Sul. Esses países, com exceção do ano de 2010, corresponderam por mais de 80% do total de exportações nacionais de ferronióbio, com destaque para China, principal importador do ferronióbio produzido por Goiás desde 2017. Ressalte-se o fato de a CMOC ser uma subsidiária chinesa. A China, portanto, é o principal consumidor das ligas de ferronióbio e também da produção. É interessante notar que todos esses países, com exceção de Taiwan e Índia, têm o Brasil como principal fornecedor internacional de ferronióbio. Além disso, o Brasil também é o principal fornecedor de ferronióbio para o bloco da União Europeia. A China elevou sua participação relativa e absoluta, bem como Holanda e Singapura. Os EUA apresentaram consumo estável ao longo da série, o que fez o país reduzir sua participação percentual no total importado. Em termos gerais, o que se notou foi uma ampliação de fluxos comerciais com o bloco asiático e com o bloco europeu, sobretudo a Holanda (Tabela 14).

Tabela 14 - Principais parceiros comerciais de ferronióbio de Goiás (2011-2022)

Países	China	Países Baixos (Holanda)	Singapura	Estados Unidos	Taiwan (Formosa)	Índia	Coreia do Sul
2010 (t)	1040	1284	0	1199	0	540	311
(%)	16,87%	20,83%	0,00%	19,45%	0,00%	8,76%	5,05%
2015 (t)	3112	2925	146	1000	0	521	849
(%)	34,25%	32,18%	1,61%	11,00%	0,00%	5,73%	9,34%
2020 (t)	4960	4115	1215	1222	340	215	114
(%)	34,79%	28,87%	8,52%	8,57%	2,38%	1,51%	0,80%
2022 (t)	5450	3490	1680	519	370	60	0
(%)	39,23%	25,12%	12,09%	3,73%	2,66%	0,43%	0,00%

Fonte: Elaboração dos autores a partir de Comex Stat.

Não obstante ao decréscimo das importações indianas e japonesas, outros países como Singapura e Hong Kong aumentaram suas participações; verificou-se também um maior fluxo à Holanda, embora com participação relativamente estável do continente europeu neste período, e decréscimo absoluto e percentual nas exportações para os Estados Unidos e para a América do Norte.

Quanto às importações per capita²⁴, o rol dos principais países importadores de Goiás, como China, Índia e Coreia do Sul, apresentou trajetória crescente ao longo dos anos. De modo especial, chama atenção o caso chinês. Ao mesmo tempo, a Holanda apresentou uma trajetória de oscilação combinando anos de altos com baixos níveis de importação. Por fim, os Estados Unidos apresentam trajetória relativamente estável, enquanto Singapura as maiores cifras, dentre os países relacionados, de importações per capita de ferronióbio. Cabe ressaltar que, para todos estes países, com exceção da Índia, o Brasil é o principal país exportador do ferronióbio. Estas informações encontram-se sistematizadas na Tabela 15.

24 Como as cifras de importação (em quilograma líquido) divididas pela população total são bastante reduzidas, optou-se por calcular o consumo em kg por mil habitantes para facilitar a visualização dos números em valor absoluto.



Tabela 15 - Importações (kg) per capita (mil habitantes) totais de ferronióbio dos principais países importadores de Goiás (2010-2022)

Países	China	Países Baixos (Holanda)	Singapura	Estados Unidos	Índia	Coreia do Sul
2010	14	55,4	-	32,8	1	103,8
2011	14,2	81,1	-	35,7	1,4	126,7
2012	14,7	83,4	-	38,4	1,2	120,9
2013	11,6	4,6	-	31,4	0,9	117,7
2014	13,2	96,3	2400,9	41,3	1,3	137,4
2015	13,6	71,1	1765,9	35,5	1,2	138
2016	13,6	12,3	-	33,6	1,3	136,9
2017	19,3	12,4	-	36,2	1,8	141,7
2018	25,6	8,5	1786,6	43	2,8	148,4
2019	33,2	37,2	1626,9	40,2	2,1	148,4
2020	21,8	103,2	1015,4	26,5	1,7	119,9
2021	28,7	70,5	1590,1	29,4	2,9	152,7
2022	23,6	61,9	1473	30,2	3,5	133,1

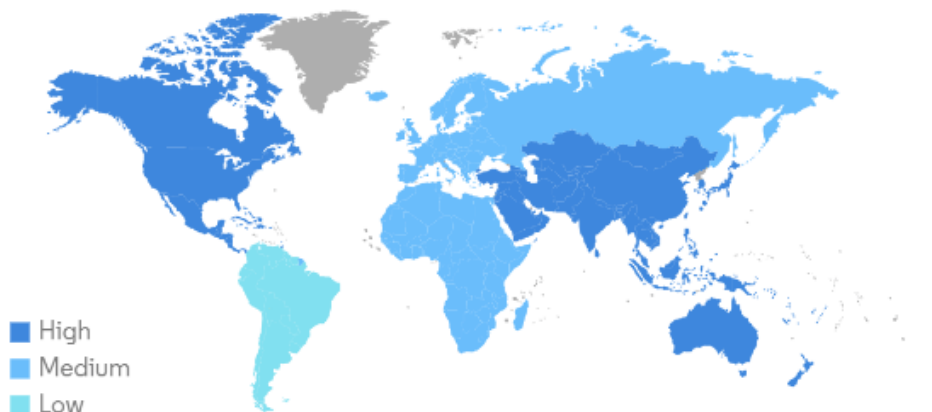
Fonte: Comex Stat (importações em quantidade) e Banco Mundial (população).

Segundo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, em seu relatório de Sustentabilidade (CBMM, 2021), há um crescimento esperado na demanda mundial por nióbio que tem sido puxado, sobretudo, pela indústria siderúrgica. A CPRM, por sua vez, destaca que não há números referentes ao uso do nióbio na transição energética que permitam entender que a demanda desse minério pode ser puxada por esse novo padrão sociotécnico e energético, tendo em vista que seu uso para baterias na forma de pentóxido ainda está em estágio de pesquisa, todavia, segue a estimativa de um crescimento de 50% na produção mundial até 2030. As reservas devem se manter estáveis, com pouca diminuição de sua oferta na natureza em 2030 e 2050 (CPRM, 2022a).

Segundo a consultora *Mordor Intelligence*²⁵, no médio prazo, a aceleração do uso de aço estrutural e a crescente demanda por veículos mais leves e mais eficientes em termos de combustível serão alguns dos fatores que impulsionam o crescimento do mercado estudado. Espera-se um firme incremento do uso de nióbio em baterias de íons de lítio de próxima geração e técnicas inovadoras. Essas tendências projetam um crescimento médio anual até 2028 da ordem de 10%, com diferentes gradações conforme os blocos regionais (Figura 46).

25 Fonte: [Mordor Intelligence](#).

Figura 46 - Mercado Global de nióbio, taxa de crescimento por Região Geográfica (2022).



Fonte: Mordor Intelligence.

Os mercados mais significativos para o nióbio são Ásia, América do Norte e Oceania (dados de 2022), o que é compatível com os dados de exportação do minério de Goiás, em que a Ásia saltou de um consumo de 51%, em 2010 para 64% em 2022, enquanto a Europa, um lugar classificado como de médio consumo, representou 32% de exportações. Paradoxalmente, o Brasil, como possuidor de 98% das reservas mundiais de nióbio, está classificado no Mapa como local de baixo consumo desse minério, usado como catalizador em diversas aplicações, com perspectivas de utilização em baterias automotivas. O mercado brasileiro parece não ser atrativo ainda para a produção de nióbio nacional.

Além da *Mordor Intelligence*, a *Globe Metals and Mining* (2023) cita a utilização do nióbio como prioritariamente destinada à produção do ferronióbio, enquanto uma parcela reduzida é direcionada a outras aplicações, como ligas de alta resistência, supercondutores e componentes eletrônicos. Com relação aos fomentadores da demanda pelo minério no futuro, a companhia cita a intensificação do uso do nióbio em componentes do aço, que ainda é reduzida nos principais países consumidores, bem como o fato de ser um mineral estratégico para a transição energética. Além disso, as tendências de descarbonização podem influenciar positivamente na demanda, sobretudo em suas aplicações no mercado automotivo – baterias automotivas e componentes de aço de menor peso para gerar maior eficiência energética.

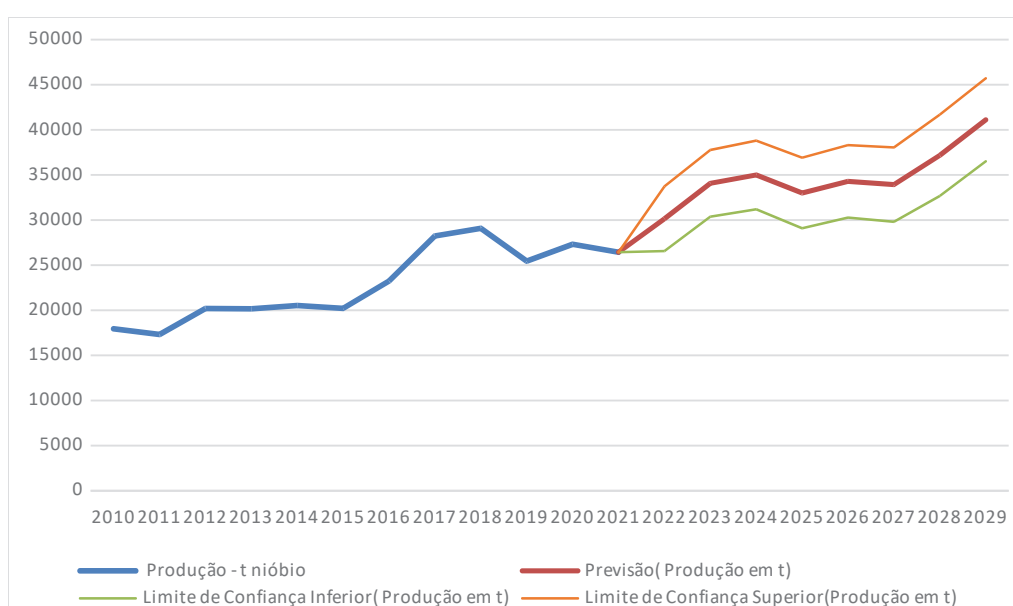
Com base nisso, foi feita uma previsão da demanda futura, também por meio da suavização exponencial dos dados de produção em quantidade. Utilizou-se o *software* Excel, e a previsão disposta reproduz a tendência que mais se ajusta aos dados e tendências registrados no passado. As tendências demonstram perspectiva de crescimento na quantidade produzida



nos próximos anos, o que deve ser explicado pela tendência de crescimento na quantidade produzida observada sobretudo no período recente em Goiás. Cabe ressaltar, contudo, que a previsão gerada pelo algoritmo estatístico da suavização exponencial pode não se verificar em razão, entre outros motivos, de possíveis descontinuidades neste mercado (como uma menor demanda por parte da China, por exemplo). Porém, com base nas tendências recentes e na solidez dos fundamentos da demanda no futuro, pode-se esperar um crescimento na demanda.

A Figura 47 apresenta uma perspectiva da produção de nióbio com três cenários de aumento da produção, desde a tendência mais conservadora até a mais arrojada.

Figura 47 - Quantidade vendida e projeção das vendas de nióbio de Goiás (t) em 2010-2021/2022-2029 cenários



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANM.

Sendo o minério de extrema importância para a transição energética, e com o seu preço em US\$/t somente superado pelo ouro, a limitação do domínio das tecnologias para o uso do níquel em aplicações estratégicas - que, por seu turno, representariam um salto tecnológico na indústria de Goiás e do País - indica que, até então, há um longo caminho para poder canalizar os benefícios dessa produção para a geração de riquezas endógenas.

1.3.1.4 Ouro

Por sua aparência e versatilidade, o ouro é um dos metais mais valorizado e mundialmente utilizado nas indústrias de joalheria, eletrônica, odontologia, entre outros segmentos, além de ser um ativo financeiro que compõe grande parte das reservas

internacionais. Segundo a CPRM (2022a), a produção mundial deve sair de pouco mais de 3.030 toneladas em 2020 para 4 mil toneladas em 2050, um aumento de 32%. O USGS (2022) estima que a média mundial de reposição das reservas de ouro, entre 2020 e 2021, foi de 7,5%, e a CPRM (2022a), por sua vez, calcula uma reposição das reservas no Brasil na taxa de 6% ao ano até 2050.

No caso de Goiás, dados das exportações demonstram que, desde 2013, o ouro bruto passou de aproximadamente 8% da pauta de exportação (em quantidade) para 68%. Tais valores posicionam Goiás como o quinto maior exportador nacional, atrás de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo e Bahia, respectivamente. Essas exportações são direcionadas principalmente para Itália, Reino Unido, Turquia e Suíça (Tabela 16).

Tabela 16 - Exportação de produtos do ouro em Goiás (2023)

Descrição do produto	Países Destino	2022 - Valor FOB (US\$)	(%)
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas semimanufaturadas, para usos não monetários	Reino Unido	126.682.005	52,54%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Emirados Árabes Unidos	22.607.624	9,38%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas semimanufaturadas, para usos não monetários	Canadá	21.302.390	8,84%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Turquia	17.924.766	7,43%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas semimanufaturadas, para usos não monetários	Emirados Árabes Unidos	16.546.377	6,86%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Índia	13.066.160	5,42%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas semimanufaturadas, para usos não monetários	Estados Unidos	10.485.289	4,35%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Suíça	9.676.251	4,01%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Estados Unidos	1.696.701	0,70%
Ouro (incluído o ouro platinado) em outras formas brutas, para usos não monetários	Itália	1.113.558	0,46%
Total	-	241.101.604	100,00%

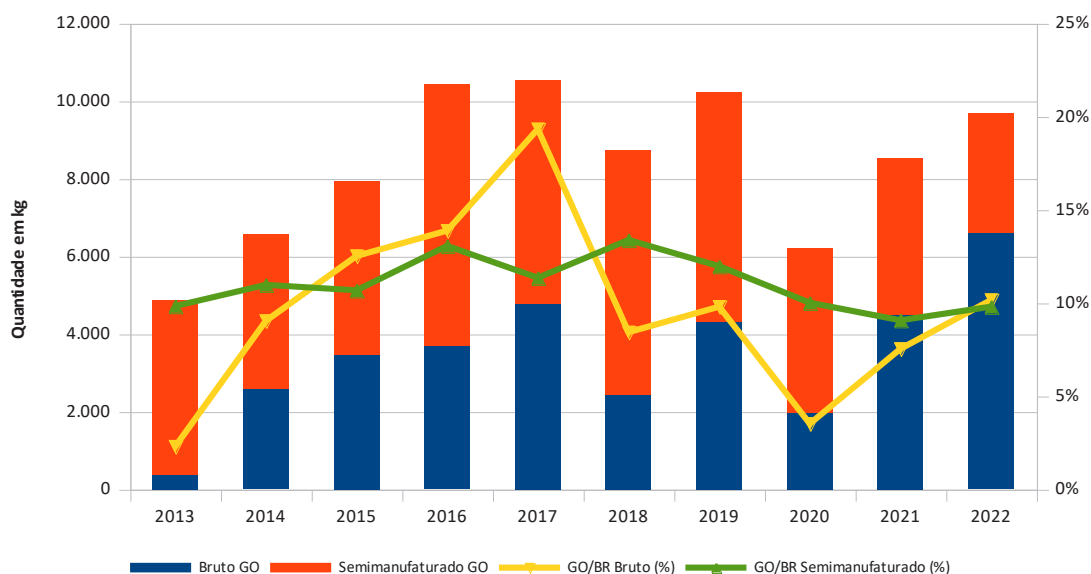
Fonte: Comex Stat.



Com relação à composição da pauta, percebe-se que a participação majoritária do ouro em formas brutas, e esse perfil não difere dos outros estados líderes em valor exportado, com exceção de São Paulo. Entre 2013 e 2022, a quantidade exportada por Goiás cresceu de 371 kg para 6.590 kg, enquanto a de ouro semimanufaturado decresceu de 4.490 kg para 3.087 kg no mesmo período.

Esse crescimento considerável fez com que o estado respondesse por parcela maior na exportação do ouro bruto nacionalmente, entre 2013 e 2017, decrescendo de forma acentuada nos anos seguintes, sobretudo no ano da pandemia (2020), para, por fim, voltar a crescer até 2022. Em contrapartida, o ouro semimanufaturado exportado de Goiás permaneceu em patamares estáveis como proporção do nacional, haja vista que, neste período, o ouro semimanufaturado exportado pelo Brasil também sofreu decréscimo, saindo de 45,6 toneladas para 31,5 entre 2013 e 2022 (Figura 48).

Figura 48 - Exportações em quantidade de ouro bruto e semimanufaturado, em quantidade absoluta e como proporção das quantidades nacionais



Fonte: Comex Stat.

Vale ressaltar que a quantidade que consta como exportação bruta de ouro é maior do que a quantidade de produção registrada pela ANM (o mesmo ocorrendo com os valores monetários), de modo que se torna difícil calcular a parcela absorvida pelo mercado interno. Quando da conversão para reais, o valor exportado supera o valor de operação mineral registrado pela ANM. Considerando o câmbio médio de R\$ 5,16 em 2022, o valor exportado

estaria em torno de R\$ 2,6 bilhões, enquanto o registro de VPM no mesmo ano é de R\$ 840 milhões. Desse modo, é necessário averiguar quais os motivos para uma discrepância tão elevada entre os registros oficiais. Uma das hipóteses pode estar associada aos fluxos interestaduais do minério, a formação de estoques em anos anteriores e às dificuldades de monitoramento e fiscalização da real quantidade produzida deste bem.

Quanto aos principais países consumidores do ouro de Goiás, verifica-se que há um grande fluxo de ouro bruto, sobretudo para o bloco europeu, nos últimos 10 anos. De acordo com os dados do Comex Stat, verifica-se que a pauta de exportação goiana se tornou mais diversificada, com o Estado exportando para um número maior de países. Na dinâmica do último ano, Itália, Turquia e Suíça representaram, respectivamente, 40%, 23,2% e 18,8% do total de ouro bruto exportado no estado. Além disso, a Índia também importou aproximadamente 8,3% no último ano, enquanto o Canadá representou uma parcela considerável do total importado entre os anos de 2018 e 2020. Essas informações estão resumidas na Tabela 17.

Tabela 17 - Principais países consumidores de ouro bruto de Goiás (2013-2022)

Países	Itália	Turquia	Suíça	Índia	Emirados Árabes Unidos	Bélgica	Canadá
2013 (kg)	0	0	371	0	0	0	0
(%)	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2020 (kg)	100	120	0	0	12	0	1.655
(%)	5,30%	6,36%	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%	87,71%
2022 (kg)	2.834	1.529	1.241	549	409	28	0
(%)	43,00%	23,20%	18,83%	8,33%	6,21%	0,42%	0,00%

Fonte: Comex Stat.

No que diz respeito ao ouro semimanufaturado, nota-se um movimento de maior concentração em poucos países (Tabela 18). Em 2013, o Reino Unido respondia por 43% das exportações desse bem, juntamente à Suíça, com 42% do total. Já em 2022, o Reino Unido respondeu por 86%, e os Estados Unidos com apenas 8,5%. No geral, nota-se que, apesar do crescimento absoluto da quantidade exportada ao Reino Unido, o montante exportado total reduziu.



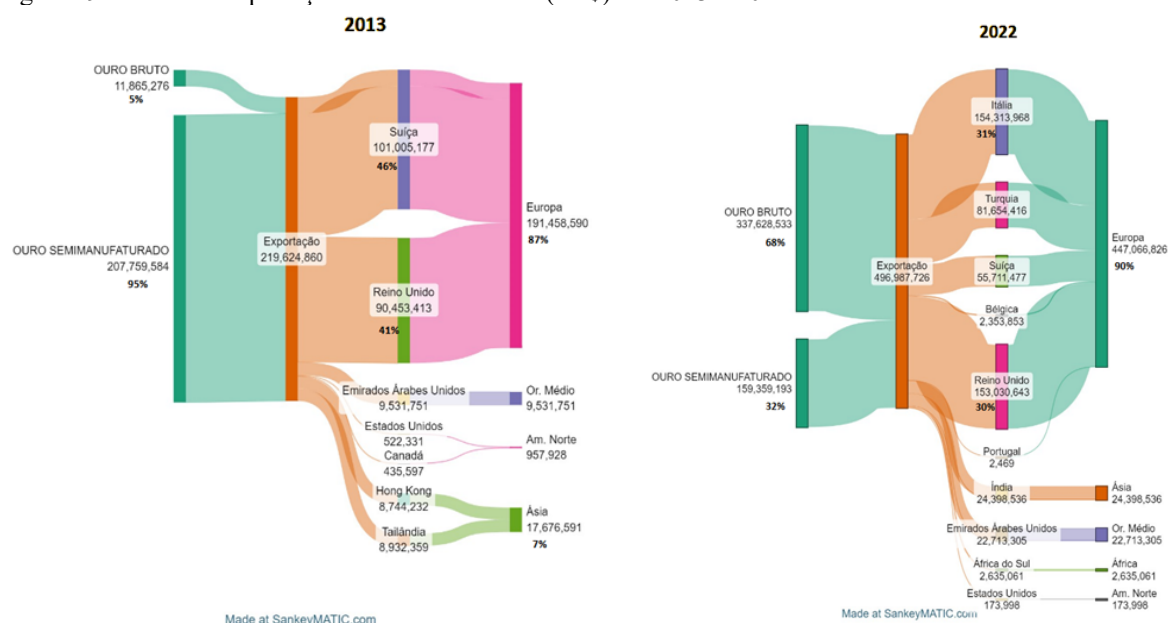
Tabela 18 - Principais parceiros comerciais de ouro semimanufaturado de Goiás (2013 - 2022)

Países	Reino Unido	Itália	Suíça	Índia	Emirados Árabes Unidos	Canadá	Estados Unidos
2013	1.938	0	1.883	0	236	10	12
(%)	43,2%	0,0%	41,9%	0,0%	5,3%	0,2%	0,3%
2016	2.921	2.467	212	0	0	598	81
2020	2.213	128	114	318	161	767	412
(%)	52,1%	3,0%	2,7%	7,5%	3,8%	18,1%	9,7%
2022	2.652	0	0	24	16	0	261
(%)	85,9%	0,0%	0,0%	0,8%	0,5%	0,0%	8,5%

Fonte: Comex Stat.

Os fluxos de exportações em US\$, de 2013 a 2022 (Figura 49), deixam claro que com o passar dos anos o ouro bruto passou a ser preponderante em relação ao ouro semimanufaturado. Além disso, o continente europeu se consolidou como o grande consumidor do ouro goiano, elevando a sua participação de US\$ 191,4 milhões em 2013 para US\$ 447,1 milhões em 2022. Os países que mais consumiram o ouro goiano foram Itália, Reino Unido e Turquia.

Figura 49 - Fluxo de exportações de ouro de Goiás (US\$) em 2013 e 2022



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de [Comex Stat](#).

Considerando a estimativa de consumo de ouro com base nas importações per capita de ouro bruto, a Itália e a Turquia se destacaram (Tabela 19). Nos Emirados Árabes Unidos e na Suíça, as importações per capita foram bastante elevadas, provavelmente em razão de suas pequenas populações, e com registros de crescimento nos três últimos anos. O Canadá, por sua vez, reduziu seu nível de importações per capita ao longo da série, enquanto a Bélgica e a Índia registraram pequenos valores, este último em razão de sua elevada população.

Tabela 19 - Importações per capita totais de ouro bruto dos principais países importadores de Goiás (2013-2022)

País (g)	Bélgica	Canadá	Emirados Árabes Unidos	Índia	Itália	Suíça	Turquia
2013	0,19	11,37	86,99	0,59	1,8	327,52	4,58
2015	0,28	10,26	61,99	0,78	1,53	-	1,31
2020	-	6,38	79,39	0,31	2,59	194,76	5,98
2021	-	7,35	103,62	0,75	1,96	254,52	1,43
2022	-	7,21	111,1	0,5	1,78	273,14	4,44

Fonte: WITS/Banco Mundial (quantidade importada) e Banco Mundial (população).

Segundo a Associação Nacional do Ouro (Anoro, 2022), a maior parte da demanda global por ouro direciona-se à fabricação de joias, de modo que uma queda na demanda deste setor pode influenciar a demanda global pelo metal precioso, tal como ocorrido em 2020 em razão da pandemia.

Em relação ao ouro semimanufaturado, o Reino Unido apresentou uma trajetória de oscilação ao longo dos anos, mas com tendência de decréscimo nos anos recentes, enquanto a Itália apresentou relativa estabilidade ao longo da série. O nível de importação per capita dos Emirados Árabes Unidos apresentou declínio a partir de 2019. Além destes, Estados Unidos e Canadá mantiveram um ritmo estável ao longo da série (Tabela 20)

Tabela 20 - Importações per capita totais de ouro semimanufaturado dos principais países importadores de Goiás (2013-2022)

País	Reino Unido	Suíça	Itália	Emirados Árabes Unidos	Estados Unidos	Canadá	Índia
2013	4,945	-	1,109	15,218	0,068	0,048	0,061
2015	7,52	-	0,644	21,484	0,059	0,05	0,007
2017	12,644	-	-	13,953	0,056	0,037	0,001
2020	22,394	-	1,435	0,687	0,263	0,036	0,001
2021	13,761	1,33	1,115	0,874	0,159	0,027	0,007
2022	10,91	1,618	1,46	1,113	0,09	0,032	0,005

Fonte: WITS/Banco Mundial (quantidade exportada) e Banco Mundial (população).



O mercado de ouro apresenta características peculiares devido ao seu alto valor. Grande parte das transações não envolve ouro físico, mas sim contratos em papel e expectativas de valorização futura. O preço não é fortemente influenciado pelos custos de mineração nem pela demanda industrial. O mercado é caracterizado por uma demanda inelástica, isto é, as variações nas quantidades demandadas são menores que as variações no preço. Portanto, o preço é predominantemente determinado por transações no mercado futuro, onde o ouro atua como ativo financeiro. Ele é influenciado por fatores como expectativas inflacionárias, flutuações cambiais, tamanho do volume monetário, balanço de importação e exportação e riscos geopolíticos, entre outros, sendo um ativo que muitas vezes atua como um refúgio em períodos de incerteza nos mercados financeiros (Santos, 2018). Por todos esses motivos, é bastante desafiador fazer uma previsão de longo prazo para o preço do ouro. No entanto, existem consultorias especializadas em comportamento futuro do preço do minério, e várias agências convergem no sentido de que o metal continuará subindo.

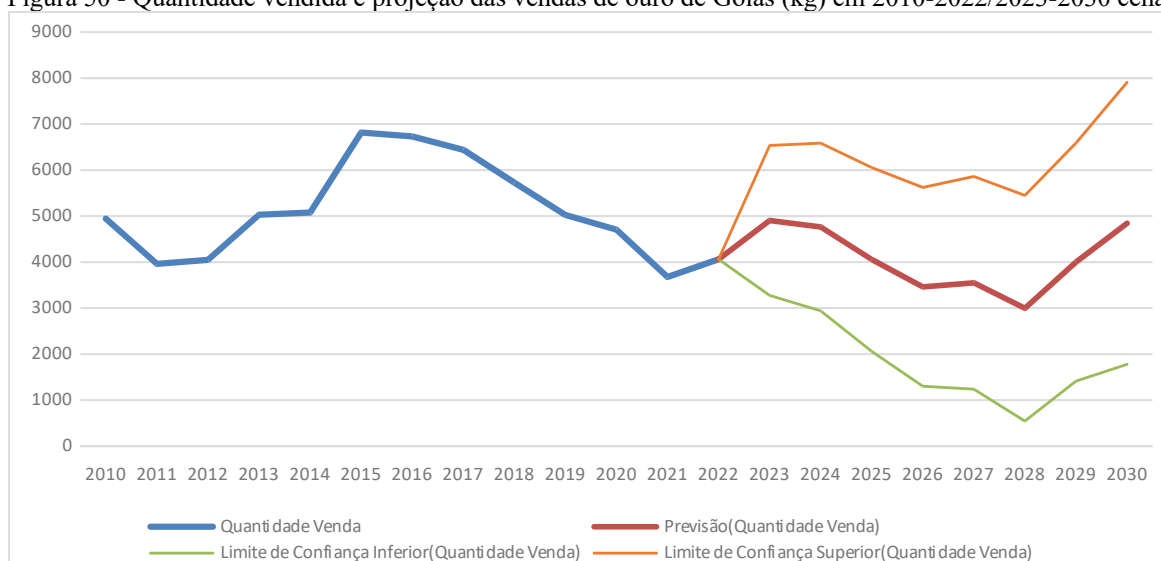
Para a Agência *The Econmy Forecast*: a tendência ascendente continuará até 2025, mas estima-se uma ligeira descida em 2026, mas, até o fim de agosto de 2027, estima-se o crescimento até os níveis máximos em \$ 2.707 por *onça troy*²⁶.

De acordo coma *Agencia Coin Price Forecast*, o preço médio em 2025 será \$2.269. A tendência ascendente continuará e, no fim do ano, atingirá \$2.425 por *onça troy*. A previsão otimista mantém-se até o fim de 2030 com um preço de encerramento cerca de \$3.784. Nota-se, portanto, como tais previsões projetam preços internacionais mais elevados do que os registrados atualmente.

É prevista uma produção oscilante nos próximos anos, que combina um crescimento no curto prazo com decréscimo nos próximos anos. Provavelmente, tal tendência se verifica, pois o algoritmo da suavização exponencial incorpora as oscilações dos anos anteriores que foram verificadas para o estado (Figura 50).

26 [Lite Finance.](#)

Figura 50 - Quantidade vendida e projeção das vendas de ouro de Goiás (kg) em 2010-2022/2023-2030 cenários



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANM.

Além das previsões quantitativas, deve-se considerar também as informações disponíveis sobre projetos futuros de ouro. Nesse sentido, considerando que a previsão do início da extração do ouro pela *Hochschild Mining* em Mara Rosa é prevista para o início de 2024, com produção estimada de 80 mil onças anuais de ouro (aproximadamente 2,2 toneladas), existem motivos para crer em aumento da produção nos próximos anos²⁷.

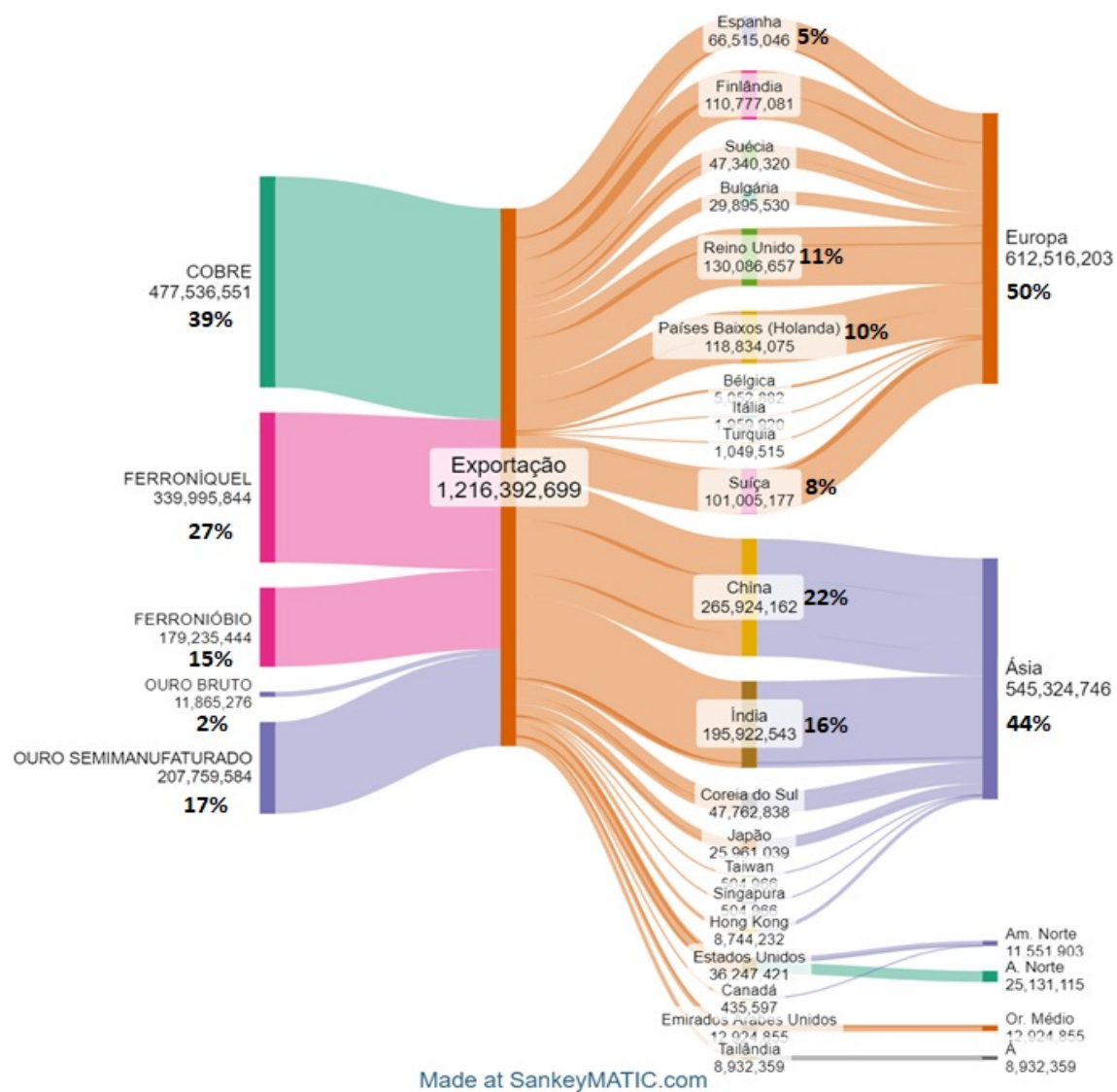
1.4 Exportações dos Bens Metálicos em Conjunto

Considerando apenas as exportações dos bens metálicos que Goiás comercializa no mercado internacional de forma conjunta e comparando os últimos 10 anos, com informações de 2013 e de 2022, é possível visualizar as transformações estruturais tanto na produção do estado quanto em seus mercados, com base no diagrama de fluxos (Figura 51 e Figura 52).

²⁷ Disponível em: [Poder Goiás](#).

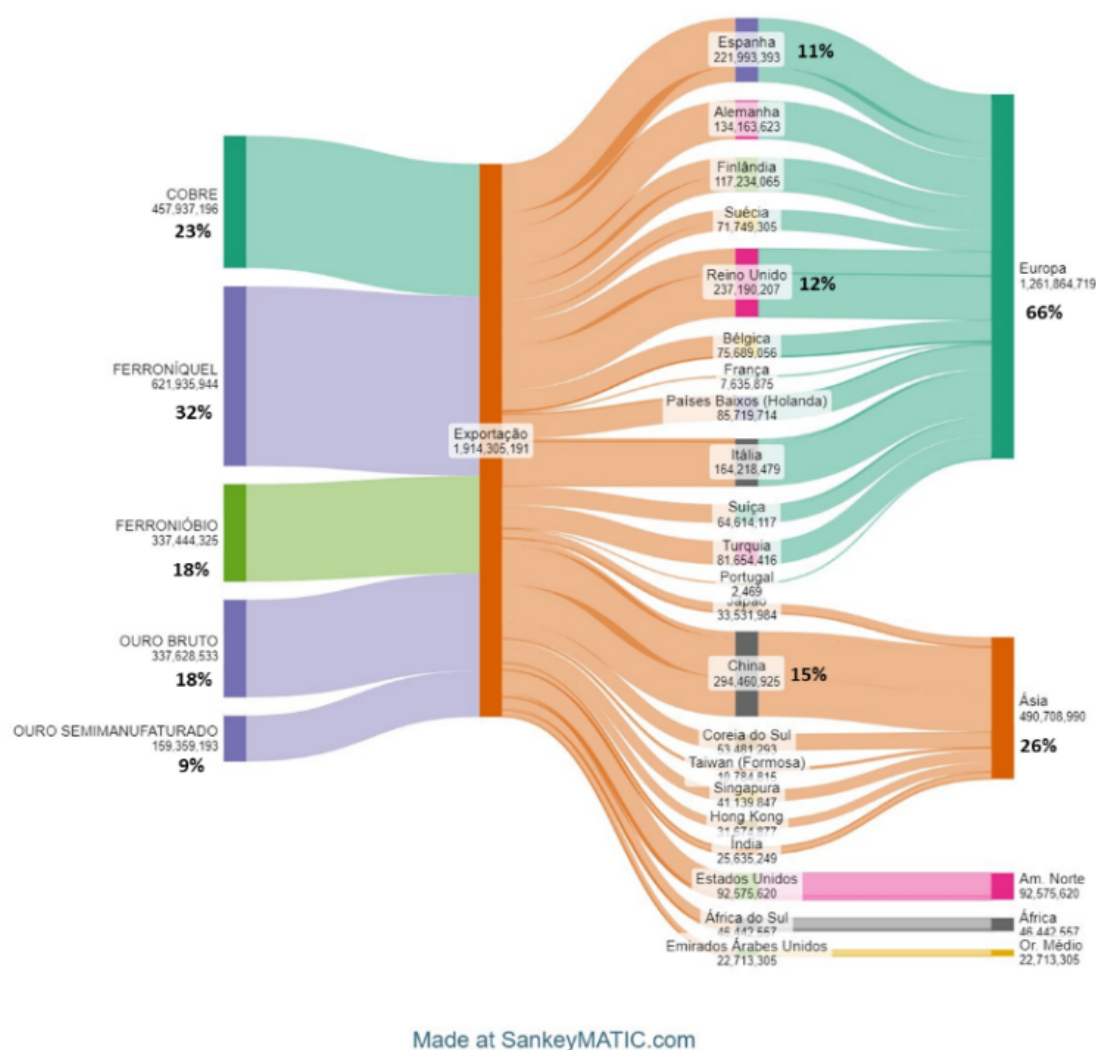


Figura 51 - Fluxo de exportações de metálicos de Goiás (US\$) em 2013



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Comex Stat/MDIC.

Figura 52 - Fluxo de exportações de metálicos de Goiás (US\$) em 2022



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de Comex Stat/MDIC.

No que se refere à produção, o maior destaque foi para o crescimento do ferroníquel que passou de 27% para 32% das exportações de metais goianas. Ao mesmo tempo, foi verificada queda na importância relativa do cobre de 39% para 23%, apesar do crescimento absoluto no valor monetário exportado. Também chama atenção a inversão nas categorias dos produtos do ouro, com redução expressiva de ouro semimanufaturado, passando de 17% para 9% em prol do ouro bruto, que passou de 2% para 18%. O ferronióbio, por seu turno, manteve uma proporção estável, passando de 15% para 18% no período.

No que tange aos mercados, houve um crescimento do destino das vendas para o Continente Europeu, passando de 50% em 2013 para 66% em 2022, embora com pouca

diversificação de países que, nesse período, passaram de 10 para 12. Ao contrário da dinâmica nacional, as vendas de Goiás para o Continente Asiático declinaram 44% para 26%, embora a participação individual da China tenha crescido de 9% para 15%. O principal motivo dessa redução foi o praticamente cessamento das vendas de ferronióbio e de ouro à Índia.

1.5 Tendências Recentes e Demanda por Bens Minerais Não-Metálicos

1.5.1 Amianto

O amianto do tipo crisolita, dentro do grupo de minérios presentes em solo goiano para atender à demanda internacional, tem se tornado foco de polêmicas internacionais quanto a seu uso, o que levou o Brasil a proibir sua utilização internamente no ano de 2019, em decisão inédita do Supremo Tribunal Federal (STF). Porém, Goiás ainda continua produzindo o minério apenas para exportações, fato autorizado pela Lei Estadual nº 20.514, de julho de 2019 (Goiás, 2019). As reservas minerais foram medidas em mais de 11 milhões de toneladas em 2020, 100% localizadas nesse município (CPRM, 2022b).

Pela perspectiva do comércio exterior, Goiás responde pela quase totalidade das exportações de amianto do país, e neste estado a referência é Minaçu. Em 2023, o total exportado foi de US\$ 96 milhões, dos quais a Índia responde por 85%, com valor de US\$ 81 milhões. Outros consumidores de menor expressão são Indonésia, Bangladesh, Sri Lanka e Zimbábue. No mercado nacional, outros produtos à base de amianto também são exportados, como guarnições de fricção à base de amianto, exportados por Caxias do Sul (RS) e São Bernardo do Campo (SP), cuja exportação é mínima no estado de Goiás. Considerando que as importações desses materiais tiveram um valor muito pequeno no estado de Goiás em 2022, conclui-se que o estado é exportador líquido dessas substâncias (Tabela 21).

Tabela 21 - Exportação de amianto por Minaçu – GO (2023)

País	2023 - Valor FOB (US\$)	Participação no total (%)
Índia	81.133.822	84,55%
Indonésia	5.410.238	5,64%
Bangladesh	4.494.805	4,68%
Sri Lanka	1.852.991	1,93%
Zimbábue	1.718.244	1,79%
El Salvador	686.604	0,72%
Bolívia	379.922	0,40%
Malásia	279.473	0,29%
Total	95.956.099	100,00%

Fonte: ComexStat/MDIC.

No contexto mundial, a demanda e a produção devem se manter estáveis, sem grandes oportunidades de expansão. No médio prazo, entre 2022 e 2030, espera-se uma leve queda em sua produção, saindo de 1.200 toneladas para 1.112 toneladas, com expectativa que se atinja 1.187 toneladas em 2042 e 1.213 toneladas em 2050 (CPRM, 2022b).

1.5.2 Calcário para cimento

O Brasil, assim como outros países emergentes, deverá ampliar sua produção de cimento, consequentemente sua produção de calcário para cimento, tendo em vista a necessidade de superar as deficiências de infraestrutura e déficits habitacionais, ao mesmo passo que busca zerar as emissões líquidas de gases causadores do efeito estufa em respeito ao compromisso global que vem assumindo no cenário internacional. Considerando que, no ano de 2023, tem-se a entrada de um governo federal voltado para a resolução ou, pelo menos, para a minimização dos problemas sociais como a habitação para a população de baixa renda, projeta-se um aumento de demanda por cimento acelerado a partir de 2023, com retomada de programas como Minha Casa, Minha Vida.

O estado de Goiás, em 2017, possuía reservadas medidas de 4,5 bilhões de toneladas de calcário para cimento (ANM, 2018), distribuídas em oito municípios, com destaque para Planaltina, Formosa, Anicuns e Cezarina. Em 2021, desses quatro municípios, apenas Anicuns não registrou exploração.

Em função de suas reservas e proximidade com grandes centros urbanos do Centro-Oeste, como Brasília e Goiânia, esses municípios podem ampliar suas produções e abastecer a demanda na região de acordo com as projeções de crescimento destacadas anteriormente. Os



principais produtores em 2021 foram: Cocalzinho de Goiás, faturando R\$ 67,3 milhões; R\$ 25,5 milhões em Planaltina; R\$ 23,1 milhões em Cezarina e R\$11,1 milhões em Formosa (ANM, 2022).

A CPRM traz três cenários para as projeções de *filer* calcário - matéria-prima obtida através da moagem fina de calcário e utilizada tanto para a fabricação de cimento quanto para uso agrícola - no Brasil para o médio e longo prazo: uma de referência, que leva em conta a produção em 2022, uma de baixa demanda e uma de alta demanda.

As projeções calculadas para o cenário de referência sugerem crescimento de 102,47% para a produção de *filer* calcário de 2020 a 2030 e de 104,27% de 2030 a 2050. Já no cenário de baixa demanda, sugere-se um crescimento de 113,41% para a produção de Calcário para Cimento entre 2020 e 2030 e de 103,17% de 2030 a 2050. No cenário de alta demanda, projetou-se um de 130,72%, entre 2020 a 2030 e de 141,07%, de 2030 a 2050 (CPRM, 2022c).

1.5.3 Agrominerais

Fosfato e calcário (agrícola e para cimento) são minérios estratégicos goianos que têm destaque no cenário nacional. Com o avanço de áreas produtivas no Brasil, como o **Matopiba**, é fato que haverá uma necessidade de produção de calcário para atender estas lavouras nas diversas regiões de expansão, principalmente pela pressão de produção de alimentos e grãos para a exportações brasileiras.

Com este cenário de expansão, as áreas de lavouras também deverão se expandir, o que poderá induzir a um novo *boom* de demanda pelos produtos do setor de mineração. O crescimento da produção agrícola contribuirá para um novo ciclo de crescimento na demanda por fertilizantes inorgânicos, pressionando pelo uso do fosfato. Já o crescimento nas áreas utilizadas para lavouras deverá pressionar pelo crescimento da demanda pelo calcário agrícola.

O relatório do Ministério acrescenta ainda que, entre as regiões do país, o Centro-Oeste e o Norte, sobretudo nas áreas do chamado Matopiba, destacar-se-ão nesse avanço agrícola. Por ser área core do Cerrado e dada a diversidade de calcário e a presença do fosfato em seu subsolo, Goiás tende a manter sua posição de destaque enquanto fornecedor de insumo agrícolas ao agronegócio.

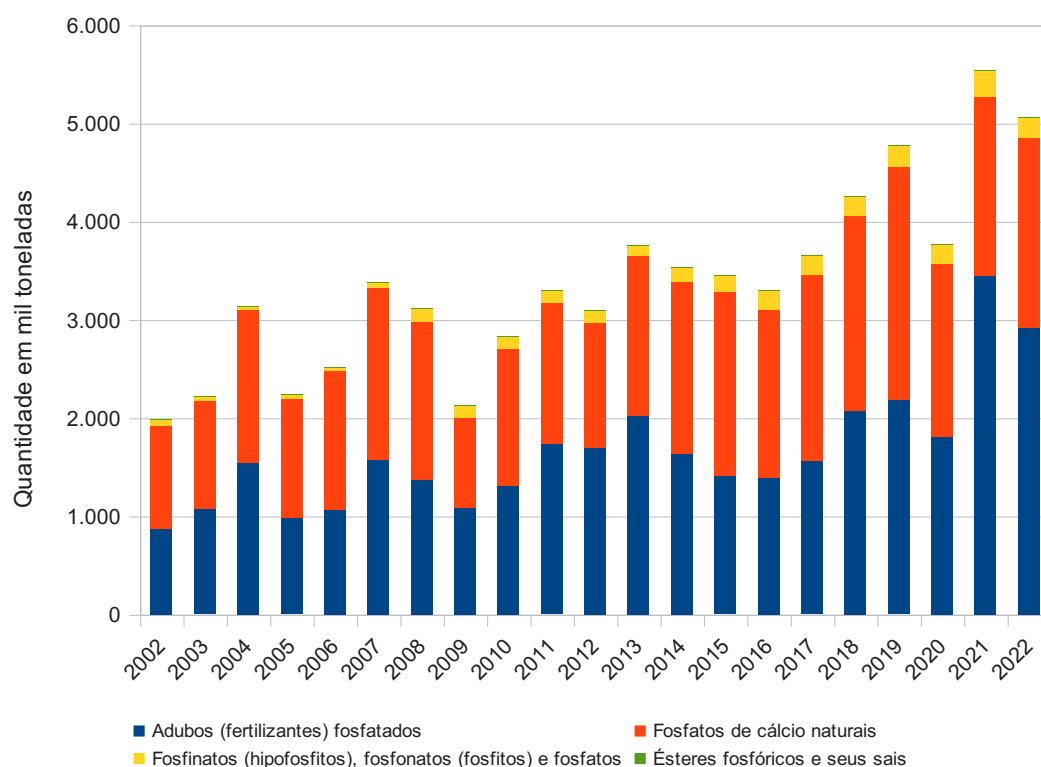
1.5.4 Fosfato

O fosfato é um insumo indispensável para produção de fertilizantes e para a nutrição animal. Considerando a dependência externa do Brasil de tais itens (Cagligaris *et al.*, 2022), e sua utilização em larga escala na atividade agropecuária, é estratégico considerar as importações de fertilizantes de fosfato, uma vez que neste quesito a balança comercial é deficitária.

Segundo o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (SAE, 2021), a dependência de importações de nutrientes de fosfato é de 72%, sendo a região Centro-Oeste a maior consumidora de fertilizantes fosfatados, com representação de cerca de 40% do total. Inclusive, é com base nestas constatações que o plano foi formulado, visando, entre outras, a redução da dependência de importações e a ampliação da produção nacional.

As importações totais de produtos do fosfato a nível nacional revelam que os fertilizantes de fosfato representam parcela considerável do total em boa parte dos anos (Figura 53).

Figura 53 - Importações em quantidade de produtos do fosfato no Brasil (2002-2022)



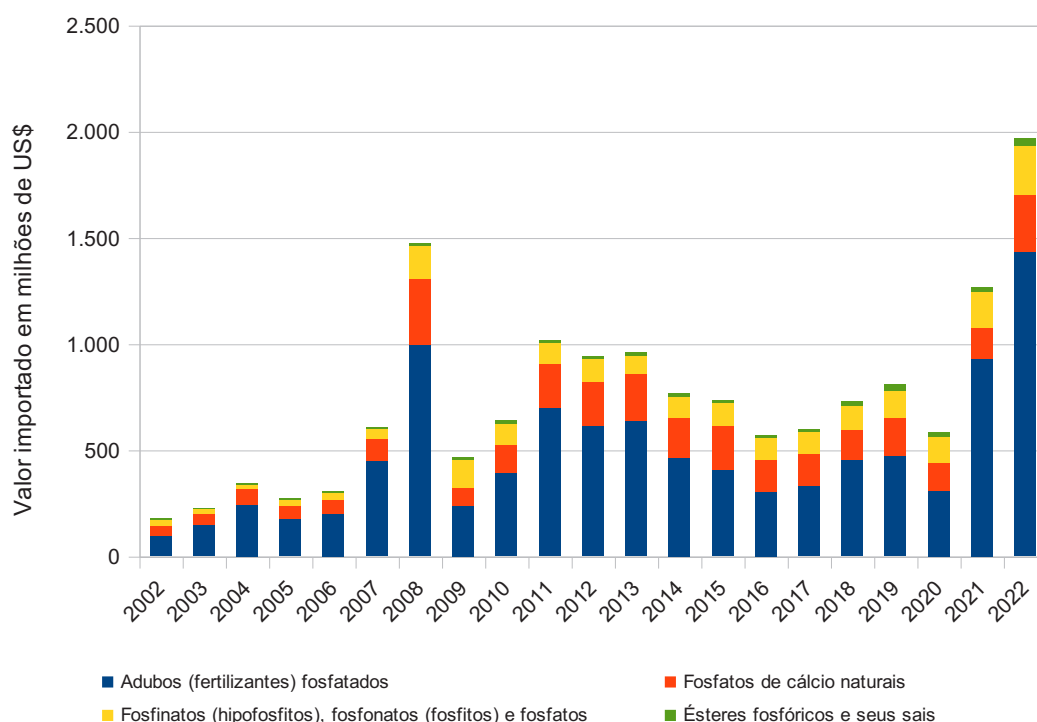
Fonte: Comex Stat.



Os principais produtos do fosfato importados são os fertilizantes e os fosfatos de cálcios naturais, os fosfinatos e fosfonatos, bem como os ésteres fosfóricos e seus sais representaram parcela bastante reduzida. O Brasil apresentou tendência de crescimento na importação de tais produtos em quantidade (mil toneladas), em especial dos fertilizantes de fosfato, com quantidades que saíram de 877 mil toneladas em 2002 para 2,9 milhões de toneladas em 2022. Os maiores estados importadores de fertilizantes de fosfato no ano de 2022 foram Mato Grosso, Maranhão e Paraná.

Quanto aos valores monetários (milhões de US\$), os fertilizantes passam a corresponder pela maior parte do valor importado, em magnitudes bem superiores às dos demais produtos do fosfato (Figura 54).

Figura 54 - Importações em US\$ de produtos do fosfato no Brasil (2002-2022)



Fonte: Comex Stat.

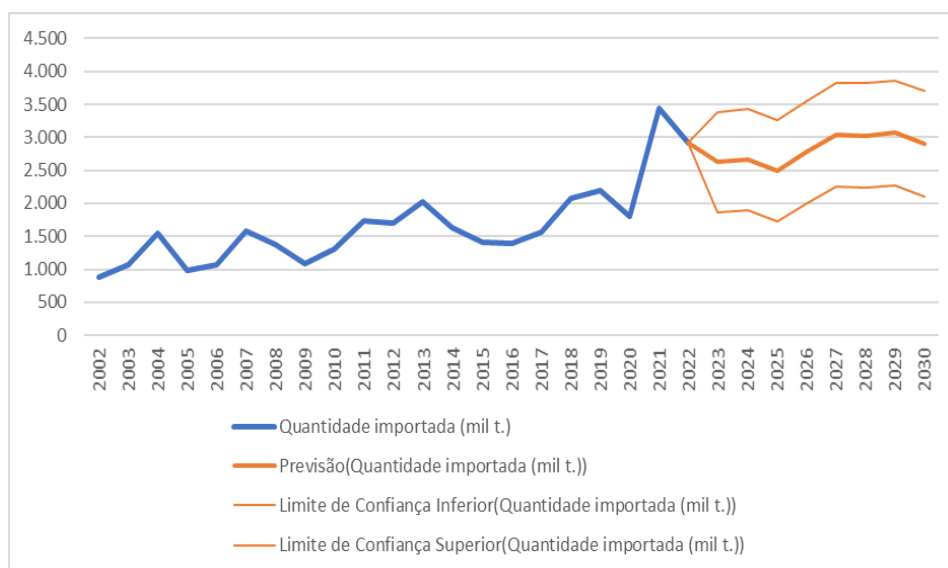
Em 2022, eles representaram 73% do total importado em produtos do fosfato, totalizando US\$ 1,4 bilhão em nível nacional, quando, em 2002, o valor registrado foi de US\$ 96,1 milhões. É possível notar que o ano de 2008 representou um valor bastante discrepante da média histórica, assim como uma tendência de crescimento no valor importado nos anos recentes, sobretudo após 2020. É possível que este maior nível de importações seja

feito para atender à crescente demanda nacional derivada da produção agropecuária. Os principais estados importadores em magnitude são Mato Grosso, Maranhão, Paraná, Rio Grande do Sul, Pará e Goiás. Cabe ressaltar, também, que os fertilizantes de potássio e azoto são os de maior valor de importação a nível nacional, totalizando US\$ 8,9 bilhões e US\$ 6,6 bilhões em 2022, respectivamente, em uma proporção superior à dos fertilizantes de fosfato.

Considerando que os fertilizantes, de modo geral, têm representado parcela cada vez maior na pauta de importação nacional - 4,7%, em 2018 e 9% em 2022 - pode-se afirmar que é estratégico pensar em formas de mitigar a dependência de fornecedores externos destes produtos. Esse é um dos objetivos do Plano Nacional de Fertilizantes 2050, tendo em vista que o fosfato é insumo de vital importância para o fornecimento de nutrientes às plantas em um território brasileiro que atualmente ocupa o quarto lugar na produção mundial de grãos, sendo hoje responsável pelo fornecimento de 7,8% da produção mundial total.²⁸

Para estimar as tendências futuras de demanda, pode-se considerar o ritmo das importações nacionais dos fertilizantes de fosfato como uma aproximação dessa demanda, já que esses representam parcela considerável dos produtos do fosfato importados pelo Brasil. Fez-se a aplicação do algoritmo de suavização exponencial por meio do Excel, e as tendências de demanda futura com base na importação apontam para um crescimento moderado nos próximos anos (Figura 55). Cabe ressaltar que tais previsões se baseiam na premissa de que o comportamento futuro será similar ao comportamento no passado, o que pode não se verificar.

Figura 55 - Quantidade importada de fertilizantes de fosfato e projeções futuras no Brasil (2002-2022)



Fonte: Elaborado a partir de Comex Stat.

28 Fonte: [Plano Nacional de Fertilizantes](#).



As projeções a respeito do fosfato apontam para a necessidade de um esforço concentrado das empresas e do setor público com o objetivo comum de superar a atual situação de fortíssima dependência de importações, o que deixa o país vulnerável às oscilações dos preços internacionais e à disponibilidade de oferta das empresas estrangeiras. Nesse sentido, o Plano Nacional de Fertilizantes (2022) projeta que o volume de importações do fosfato deva diminuir de 85% para 45%, até 2050, construindo, por consequência, um cenário de maior autonomia em relação a este insumo.

Significam boas oportunidades para expansão da oferta doméstica, principalmente, em virtude do estímulo a realização de pesquisas, estímulo à inovação e tratamento científico a longo prazo sobre o fosfato, cuja oferta passa a ser vista como uma questão de segurança alimentar (Governo, 2022). Dessa forma, são otimistas as projeções do crescimento da oferta de fosfato em Goiás.

Por fim, segundo o Ibram (2022), o impulso às cadeias produtivas de fertilizantes esbarra em alguns obstáculos, como deficiências geológicas, questões tributárias (cobrança efetuada sobre o fertilizante nacional e não cobrança sobre o produto importado) e oferta doméstica insuficiente. Dentre os três principais nutrientes de fertilizantes, o fosfato é o único no qual é possível uma redução da dependência de fornecimento externo, já que o Brasil possui “reservas suficientes, tecnologia e recursos para ampliação da capacidade produtiva” (Ibram, 2022, p. 42). Com relação ao nitrogênio, o aumento da produção dependeria da exploração de reservas costeiras de gás natural descobertas recentemente, enquanto, no que se refere ao potássio, a ampliação da produção esbarra na inexistência de reservas economicamente e ambientalmente aproveitáveis.

Entre 2010 e 2015, produção mundial de fosfato cresceu, cerca de 33% e, entre 2015 e 2020, decresceu cerca de 9%, acompanhando o *boom* das *commodities*. Essa oscilação, aparentemente, foi influenciada pelas oscilações de produção na China, o principal país produtor mundial (CPRM, 2022b).

Segundo a CPRM, o crescimento na demanda pelo fosfato no mundo deverá crescer 21% até 2030. Nesse médio prazo, a participação do Brasil na produção mundial poderá sair de 15% para 18%. Até 2042, a produção mundial deverá crescer 60% e, até 2050, 94%. A participação do Brasil deverá atingir 21% em ambas as décadas (CPRM, 2022b).

Essa crescente participação indica o potencial de ampliação da presença de Goiás no agronegócio nacional como fornecedor de fosfato para a produção de fertilizantes. Todavia,

destaca-se que há uma necessidade de mudar a política nacional quanto à fabricação dos fertilizantes, pois, apesar da produção de matéria-prima, o país é altamente dependente de importações de fertilizantes, o que ficou mais claro com a guerra da Ucrânia, dada a dificuldade de importações de fertilizantes deste país. É de relevância ampliar a capacidade de extração e beneficiamento do fosfato no país, o que, no horizonte de seis a oito anos, poderá garantir capacidade ao Brasil de atender quase a totalidade de sua demanda.

A CPRM (2022c, p. 326) destaca que: “o desenvolvimento do setor de mineração de fosfato e potássio necessita de ações estruturantes paralelas, que priorizem a melhor convivência do setor com a oferta de produtos fertilizantes importados”. Além disso, destaca a necessidade da criação de uma Agência de Fertilizantes para atuar no setor com conhecimentos para atender à demanda, a sazonalidade, “[...] gerando condições de formação de preços de forma competitiva, com a atração de ofertas periódicas para o fornecimento de matérias-primas para a fabricação de fertilizantes”.

Nos médio e longo prazos, a produção do fosfato deve manter-se consolidada no complexo mineral Catalão-Ouvidor, além de serem os maiores produtores, destacam-se no tamanho das reservas, que atingiram 99% do medido no ano de 2017 (ANM, 2018). Ouvidor destaca-se na extração do minério e, juntos, os dois municípios formam um complexo minero-químico com a extração do fosfato e produção de fertilizantes, além da extração e transformação do nióbio.

1.5.5 Calcário para uso agrícola

O calcário extraído de Goiás destina-se à produção de cimento e de corretivos agrícolas, para o uso industrial e a alimentação animal, além da produção de cal para usos específicos na agricultura (Brasil Mineral, 2023). Assim, tal produção é destinada a uma frente diversificada de usos e também para atendimento das demandas de mercado interno.

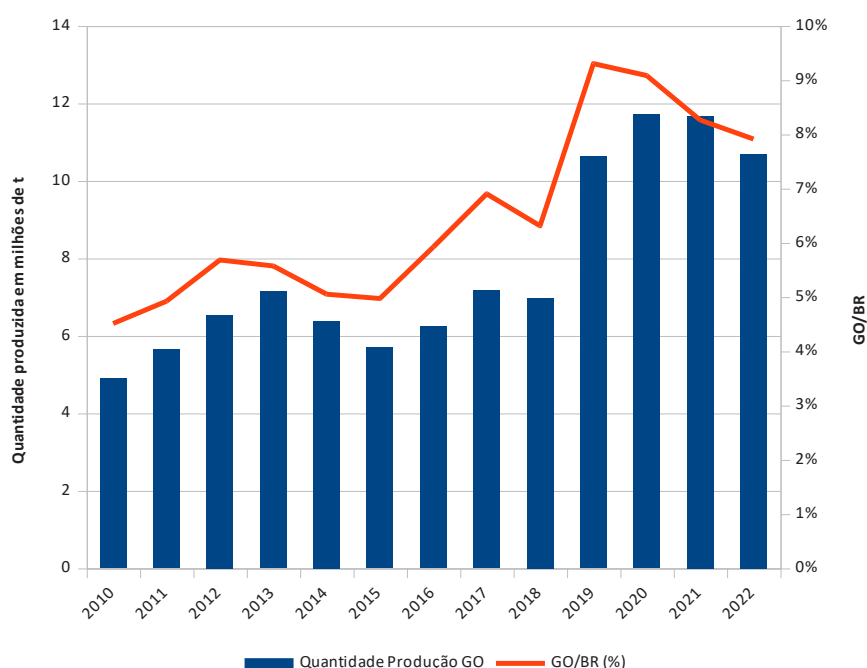
Todavia, a demanda por este minério é puxada em sua maior parte pelo setor agrícola, dada a utilização do produto para correção de solos, além do setor de construção civil. Uma das características é seu consumo nas proximidades das regiões em que a produção é realizada, além de cidades de estados vizinhos a Goiás (Marques; Moraes; Carneiro, 2022). Logo, nota-se que os *drivers* da demanda pelo minério se dão localmente, a partir dos setores agropecuário e de construção civil. Isso é reforçado pelos registros do Comex Stat que não



demonstram fluxos de importação e exportação de elevado valor monetário de produtos como cal e pedras calcárias para fabricação de cimento por parte de Goiás.

A quantidade de calcário extraída de Goiás tem apresentado firme crescimento ao longo dos anos; em 2010, segundo a ANM, foi de aproximadamente 4,9 milhões de t, e em 2022, foi de aproximadamente 10,7 milhões de t, um aumento de quase 119%. Com isso, a quantidade produzida goiana como proporção da nacional passou de 4,5% em 2010 para 7,9% em 2022 (Figura 56), embora a produção nacional ainda seja representada, em sua maior parte, por Minas Gerais e Mato Grosso.

Figura 56 - Quantidade produzida de calcário (em t) em Goiás e comparação com o nacional (2010-2022)

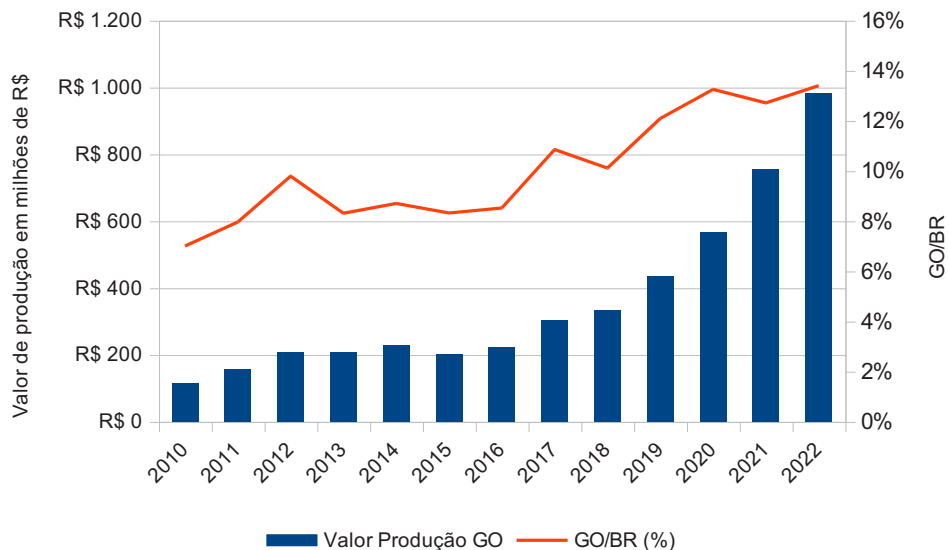


Fonte: ANM.

Quanto ao valor de produção do calcário (considerando a soma do valor destinado à venda, o valor de consumo/utilização na usina e o valor da transferência para transformação, segundo metodologia da ANM), também se nota um crescimento, sobretudo nos anos recentes. De aproximadamente R\$ 114 milhões em 2010, o valor registrado em 2022 foi de aproximadamente R\$ 983 milhões, conformando um crescimento de quase oito vezes no período. Isso fez com que a participação no valor produzido nacionalmente também se elevasse, saindo de 7% em 2010 para 13,4% em 2022. Cabe notar que, em Goiás, a parte mais significativa do valor da produção do calcário é destinada à venda *in natura* em detrimento da

transferência para transformação, sendo porcentagem do calcário destinado à venda, em relação ao total, de aproximadamente 97% em 2022 (Figura 57).

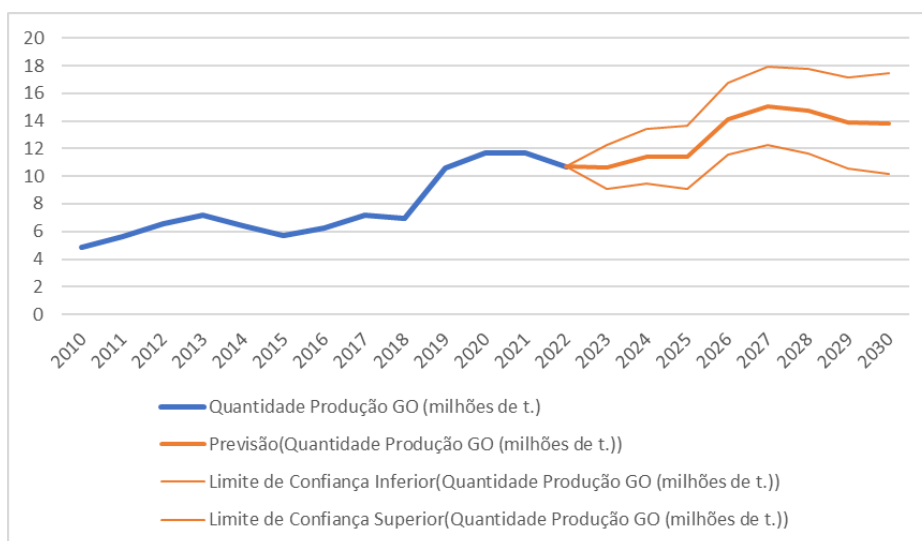
Figura 57 - Valor da Produção de calcário em Goiás e comparação com o nacional (2010-2022)



Fonte: ANM.

Com base nessas informações, a partir da realização de projeções por suavização exponencial baseada na quantidade produzida de calcário, é possível notar uma tendência de crescimento futuro nos próximos anos (Figura 58), projeção esta que certamente incorpora a tendência de crescimento na quantidade produzida observada nos anos recentes. Cabe ressaltar que a concretização destas previsões dependerá da demanda dos seus principais setores: o agrícola e o de construção civil.

Figura 58 - Produção de Calcário em Goiás e projeções futuras (2023-2030)



Fonte: Elaboração própria a partir de [ANM](#).



1.6 Estimativa de Investimentos na Mineração em Goiás

Os investimentos e expansões projetados para as atividades produtivas na mineração são indicadores importantes para se vislumbrar as expectativas para o setor do estado. Segundo dados fornecidos pela Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás (SIC), a partir de carta de intenção das empresas apresentados em evento ocorrido em 2021, o montante chegou a US\$ 717 milhões de pretensão de investimentos para os próximos anos (Tabela 22). Destes valores, 36,1% se destinam ao ouro, tendo as terras raras e *cobre* em segundo lugar, com US\$ 170 milhões cada um.

Tabela 22 - Estimativa de investimentos minerais em Goiás, por substância, localidade e modalidade, 2023 (em US\$ mil)

Empresa	Local	Modalidade	Minério	Valor US\$ 1000,00
Anglo Gold Crixas	Cidade de Goiás	Ampliação- Exploração	Ouro	180.000,00
Mineradora Serra Verde	Minaçu	Implantação	Terras Raras	170.000,00
Yamana	Alto Horizonte	Ampliação	Cobre	170.000,00
Yamana Gold	Alto Horizonte	Implantação	Ouro	48.000,00
Amarillo Gold	Mara Rosa	Implantação	Ouro	40.000,00
Edem	Nova Roma	Exploração- Implantação	Estanho	30.000,00
Orinoco Gold	Faina	Exploração- Implantação	Ouro	30.000,00
Santo Expedito	Barro Alto	Verticalização	Bauxita	10.000,00
Votorantim Metais	Todo Estado	Exploração Mineral	Diversos	10.000,00
Brasil Minérios	Catalão	Implantação	Vermiculita	10.000,00
Edem	Arenópolis	Exploração- Implantação	Agrominerais	5.000,00
Five Star	Catalão	Exploração- Implantação	Diamantes	5.000,00
Mineradora Corcovado	Nova Roma	Implantação	Mármore	4.000,00
Rio Granito	Diversos	Implantação- Verticalização	Rocha Ornamental	2.500,00
Codelco	Diversos	Exploração	Cobre	1.500,00
Cleveland Mining	Crixás	Exploração	Ouro	1.000,00
Total				717.000,00

Fonte: Secom, 2023.

Além desses investimentos anunciados, há ainda a expectativa de geração de cerca de seis mil empregos diretos em pequenos municípios do estado. Outra previsão de investimentos para Goiás, foi realizada pelo Ibram (2023), cuja perspectiva perfaz um montante maior aos apresentados na Tabela 22:

Dos investimentos da mineração previstos até 2027, o maior volume será direcionado ao minério de ferro: US\$ 17 bilhões, ou 24% a mais do que no período anterior (2022-2027); o cobre receberá US\$ 4,5 bilhões (255% a mais); o níquel receberá US\$ 2,3 bilhões (60% a mais). Ouro terá decréscimo: US\$ 2,8 bilhões (-2%); idem para bauxita que receberá investimentos de US\$ 5 bilhões (-11%); minérios de fertilizantes, que receberão US\$ 5,2 bilhões (-9%); zinco, que receberá US\$ 113 milhões (-53%). Investimentos em logística totalizarão até 2027 US\$ 4,4 bilhões. Investimentos por estados - A maior parte dos investimentos estão projetados para os estados do Pará, Minas Gerais e Bahia (somados, totalizam 82%): PA = US\$ 13,9 bilhões – 32,1%; MG = US\$ 11,44 bilhões – 26,3%; BA = US\$ 10,24 bilhões – 23,6%; AM = US\$ 2,5 bilhões – 5,8%; SE = US\$ 1,0 bilhões – 2,4%; GO = US\$ 993 milhões – 2,3%; ES = US\$ 935 milhões – 2,2%; Outros = US\$ 2,36 bilhões – 5,4%.

Apesar de Goiás estar em quinto lugar e ter somente 2,3% das pretensões de investimentos em relação ao total brasileiro, mesma posição da geração do Valor da Produção Mineral nacional, estes valores reforçam a visão de futuro para a mineração goiana, que apresenta perspectiva promissoras para os anos seguintes.

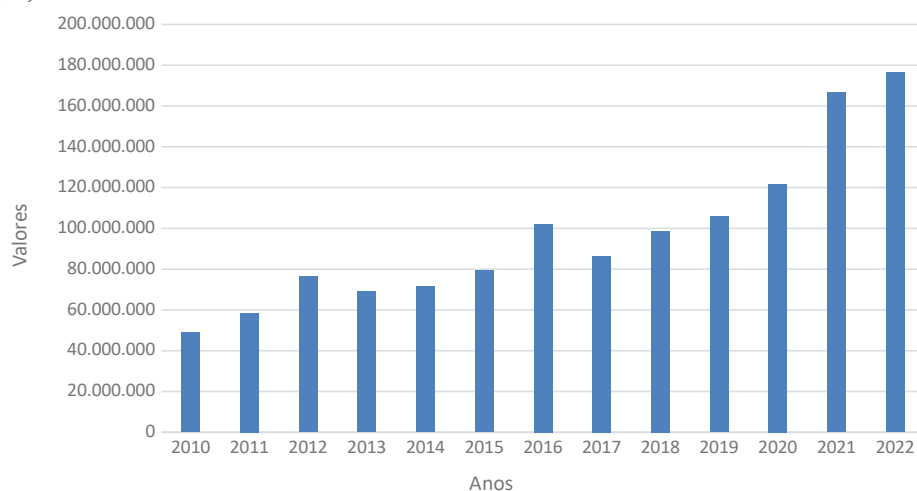
1.7 Impactos da Mineração na Socioeconomia Goiana - Emprego e PIB

Os principais mercados demandantes da mineração goiana apresentam cenário de crescimento para os próximos anos. Condição que impulsiona investimentos em novas plantas e expansão da capacidade produtiva das atividades mineradoras do estado. Os investimentos previstos tendem a elevar a arrecadação, bem como a geração de empregos.

No ano 2022, o estado de Goiás foi o quarto maior arrecadador de CFEM, com R\$ 176,2 milhões, correspondendo a 2,5% do total nacional, atrás de Minas Gerais com 44,4%, do Pará com 41,7% e da Bahia com 2,6%. A arrecadação da CFEM apresenta tendência de crescimento (Figura 59), e a expectativa é de que a incorporação das novas plantas e das expansões irá corroborar esta tendência. É importante ressaltar que a maioria destes empreendimentos estão e estarão aquecendo a economia de pequenos municípios goianos.



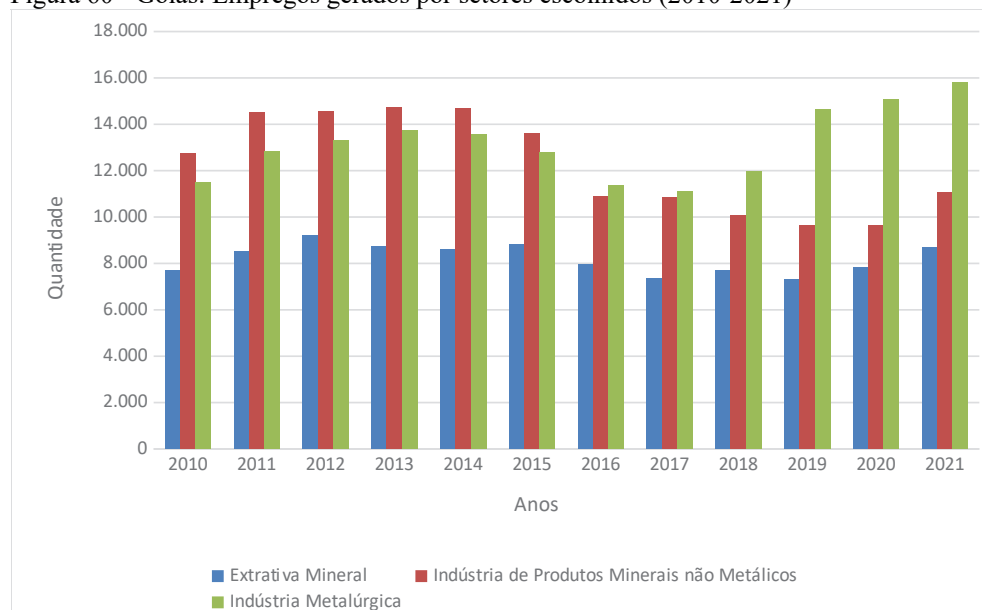
Figura 59 - Goiás: Arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) (2010-2021)
R\$ 1,00



Fonte: ANM (2022).

Em 2021 a atividade de extração mineral, a indústria de produtos minerais não metálicos e a indústria metalúrgica empregaram aproximadamente 35.500 pessoas (Figura 60), considerando os investimentos e expansões previstas no evento de assinatura de protocolo espera-se gerar por volta de 6.000 novas vagas (visão conservadora), desconsiderando-se a expectativa de aumento da utilização da capacidade produtiva, que se reduziu devido à pandemia da Covid-19. Tais eventos tendem a elevar em mais de um terço de novas oportunidades de empregos.

Figura 60 - Goiás: Empregos gerados por setores escolhidos (2010-2021)



Fonte: IMB, 2023.

Quanto à participação no PIB do estado, a indústria extrativa mineral, em 2020, foi responsável por 0,6% na estrutura produtiva do estado, indicador ligeiramente inferior ao de 2019, que foi de 0,7% (IMB, 2020) e de 0,8% em 2018 (IMB, 2019). Nesse contexto, os novos investimentos e expansões previstos irão reverter este comportamento de baixa.

Este capítulo analisou em profundidade os bens minerais produzidos por Goiás. Foi verificado sua dinâmica espacial, seus fluxos de produção e exportação, bem como as perspectivas de crescimento futuro. Ficou evidente que esses bens são de importância ímpar para a movimentação tanto da economia dos municípios produtores como do Estado como um todo, bem como para atender às novas demandas trazidas pelas tendências futuras de descarbonização no rastro da transição energética.

O próximo capítulo aprofunda essas análises ao considerar as perspectivas desses minerais formarem cadeias produtivas e do potencial destas cadeias na geração de emprego e renda para o desenvolvimento socioeconômico de Goiás.



CAPÍTULO 2 - ESTUDO DAS CADEIAS COM PERSPECTIVA DE MELHOR CONTRIBUIR PARA A GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM GOIÁS

Este capítulo retrata o estudo das cadeias minerais enfocando a contribuição destas para a geração de emprego e renda em Goiás. O objetivo é verificar a possibilidade de a mineração formar cadeias produtivas integradas, bem como identificar o nível de adensamento destas, seu comportamento em relação ao mercado de trabalho e à geração de renda, tanto no local da extração, que é o município minerador, quanto nas esferas estadual e nacional.

Nem todos os bens minerais formam cadeias produtivas integradas. Conforme já verificado pelo perfil das exportações goianas, muitos dos bens minerais são vendidos nas primeiras etapas do ciclo produtivo, o que limita a possibilidade de geração e multiplicação de empregos ao longo da cadeia de valor.

No estudo da cadeia, na etapa "a montante", é fundamental abordar fornecedores, bens e serviços de apoio à mineração, por sua relevância para a análise do emprego, pois, nessa etapa, muitos empregos são criados, com a vantagem de que geralmente não são exclusivos ao setor mineral, o que é um indício de diversificação econômica e de novas oportunidades de geração de riquezas no Estado, particularmente nos locais de extração de minério, o que também contribui para evitar a mineral dependência. O estudo da dinâmica do emprego também secciona as escalas estadual e municipal, haja vista que os indicadores são bem distintos para cada uma dessas. Essa abordagem diferenciada é muito importante para o planejamento das políticas de potencialização do emprego a partir das oportunidades criadas pela mineração.

Na sequência, o estudo apresenta as novas tendências, considerando os minerais demandados para transição energética e o incremento da demanda por agrominerais, enquanto segmentos relevantes para o Estado de Goiás com potencial de criação e de potencialização de empregos.

Por fim, o estudo também apresenta alternativas de políticas para o fortalecimento das cadeias produtivas com potencial de gerar emprego em Goiás, com a proposta de uma modelo de gestão no formato de um *cluster* mineral, um arranjo produtivo que permite uma abordagem integrada dos diversos atores envolvidos na atividade, ressaltando que, para a efetividade dessa política, é indispensável a participação do “ Agente Integrador”, ou o ente

que fará a articulação necessária entre os atores para que, de fato, as ações propostas no Plano possam acontecer.

2.1 Emprego nas Cadeias Produtivas Minerais de Goiás

Até que ponto os bens minerais extraídos do estado de Goiás formam cadeias produtivas, qual seu nível de adensamento e como se comportam em relação ao mercado de trabalho e à geração de renda local, estadual e nacional? Para responder a tais questões, foram considerados o valor de operação mineral, *proxy* do VPM, por substância e município (ANM), a composição do emprego formal nos municípios e no estado (Relatório Anual de Informações Sociais – RAIS/MTE), o valor e a pauta das exportações dos municípios e do estado (Comex Stat/MDIC) e os demais dados suplementares da indústria fornecidos pela Pesquisa Industrial Anual do IBGE.

Importante registrar que o emprego formal registrado pela RAIS representa apenas uma fração de todo o potencial de emprego que pode ser gerado a partir da mineração. Enríquez *et al.* (2022) constataram que o multiplicador desse emprego em municípios mineradores é variável segundo a região. No norte da Suécia, nas minas de ferro de *Tapuli* e *Stora Sahavaara*, o efeito multiplicador tem variado de 2 a 2,5; na Escócia, oscila em torno de 2,5, enquanto nos Estados Unidos é de 5, e no Chile alcança 7. Essa variação depende, portanto, do contexto local.

Considerando outros projetos minerais pelo Brasil, particularmente os projetos minerais no Pará, tratados no PEM 2014-2030, pode-se inferir que as empresas mineradoras dão origem às seguintes categorias de postos de trabalho:

Empregos diretos: são os empregos gerados diretamente na indústria mineral, ou seja, os seus gestores, pessoal administrativo (superior e nível médio), engenheiros, técnicos especializados e setores de apoio.

Empregos terceirizados: formados por aqueles que trabalham para os fornecedores que, por sua vez, têm contratos com a mineradora, executando serviços internamente no âmbito da indústria. Como exemplo, destacam-se: manutenção industrial, predial, montagem eletromecânica, limpeza industrial, vigilância patrimonial e eletrônica, alimentação, tratamento de resíduos, jardinagem, transporte de cargas e pessoas, entre outros. As chamadas lojas *in company* são consideradas terceirizadas.



Empregos induzidos: são aqueles empregos gerados em decorrência do ambiente de negócios que se forma a partir da empresa mineradora e seus terceirizados, como: hotéis, restaurantes, lojas e oficinas especializadas, segurança do trabalho, serviços de educação e treinamento de mão de obra, entre outros.

Empregos em estrutura de apoio: formados por setores destinados a dar o suporte para que as empresas possam desenvolver suas atividades, a exemplo de: serviços bancários e financeiros, saúde, transporte público, entretenimento, medicamentos, higiene etc.

Assim, a partir dos parâmetros do Plano de Mineração do Estado do Pará e de informações fornecidas pelas empresas mineradoras, estima-se que os empregos indiretos correspondam a uma média de **três vezes os empregos diretos**. Dessa forma, considera-se que os empregos totais gerados a partir da mineração resultam do somatório dos empregos terceirizados, induzidos e os da infraestrutura de apoio, considerando ainda que algumas empresas são fornecedores comuns de outras mineradoras.

Portanto, para o caso de Goiás, estima-se que, para cada emprego direto na mineração, sejam gerados três novos empregos em outras atividades da economia.

Entende-se por “cadeia produtiva”, para fins deste estudo, um conjunto de etapas que vai da prospecção, a extração do bem mineral até a sua transformação em produtos intermediários e finais. Esta cadeia pode ser verticalizada, quando feita pela mesma empresa, ou horizontalizada, quando feita por um conjunto de empresas, sendo que, nestas etapas, ocorre uma gradativa agregação de valor.

Hirschman (1961), considerado um precursor e um clássico quanto às proposições conceituais de cadeias produtivas e seus efeitos sobre o desenvolvimento, destaca que o caminho mais eficiente de crescimento deve ser aquele que possa combinar os “efeitos de encadeamento”, o que denomina de *linkages*, ou conexões, com outros segmentos produtivos, que podem ser para trás, ou a montante, e para frente, ou a jusante, e ainda as conexões fiscais, a partir dos tributos que a atividade gera.

Porter (2009), referência no conceito de cadeia de valor com o fim de identificar as estratégias de competitividade das empresas, ressalta que uma cadeia de valor é uma série de ações que visam oferecer um produto ou um serviço valioso ao mercado.

Considerando-se a indústria extrativa mineral, à montante se articulam os fornecedores locais ou extra locais de bens (máquinas, equipamentos) e serviços (mecânicos, elétricos, construção etc.) e à jusante o sistema de distribuição do produto. Há, ainda, os serviços de

apoio (pesquisa e inovação, design, financeiro, empresarial, manutenção em geral) e de capacitação e treinamento.

No estudo das cadeias de bens minerais, não é raro que a etapa dos fornecedores de bens e serviços indispensáveis à operação da mina, que representa o seu encadeamento a montante, seja pouco considerado. No entanto, a cadeia de fornecimentos representa a possibilidade de canalização dos benefícios da extração mineral para a Região em que o projeto está instalado e para o Estado como um todo, já que há oportunidades para o desenvolvimento de indústrias, como a eletromecânica para fabricação e fornecimento de estruturas metálicas, caldeiraria, equipamentos, usinagem, além dos serviços de manutenção, automação, redes de alimentação e instrumentação, entre outras. Pode-se afirmar o mesmo para a indústria da construção civil a partir do fornecimento de edificações, de estruturas pré-moldadas e de manutenção geral das edificações. Somam-se, também, serviços especializados, fornecimento de tecnologias industriais e de informação, logística e outros que são essenciais para promover competitividade e sustentabilidade das operações de extração mineral.

O desenho da cadeia revela também a importância da valorização e da maximização dos fornecimentos internos no Estado do Goiás, motivo pelo qual são estratégicas as iniciativas da Federação das Indústrias de Goiás (FIEG), com os encontros de negócios visando a aproximação das empresas locais com as mineradoras. Por isso, é fundamental considerar essa etapa no estudo das cadeias produtivas minerais.

Sob tal perspectiva conceitual, serão apresentadas nas próximas seções as cadeias dos minerais metálicos, não metálicos, estratégicos e preciosos.

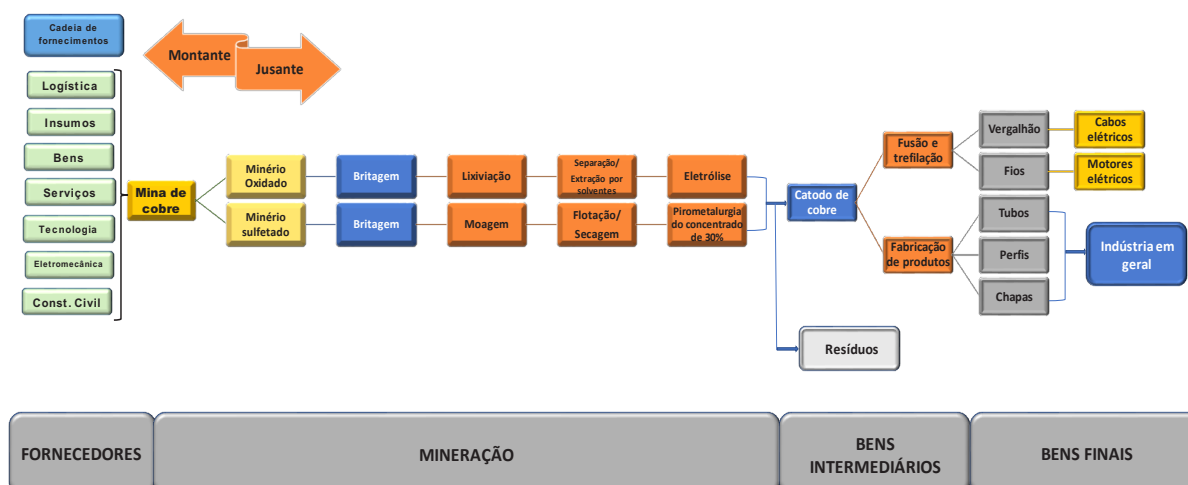
2.1.1 Cadeia dos bens minerais metálicos

2.1.1.1 Cobre

A cadeia produtiva do cobre é composta por várias etapas, desde o fornecimento de insumos, extração do minério, até a fabricação de produtos intermediários e finais (Figura 61). Importante destacar que, quanto mais se avança ao longo da cadeia, mais valor agregado se acresce ao bem mineral.



Figura 61 - Cadeia produtiva do cobre



Fonte: Plano Mineral do Estado do Pará (2014), com atualização, complementos e ajustes dos autores.

Como ficará explícito a partir da análise do emprego formal, juntamente aos indicadores de exportação já vistos, a cadeia do cobre em Goiás vai até a obtenção do concentrado, na etapa da mineração. Produtos a partir do catodo e outros de alto valor agregado são produzidos fora do Estado, sendo a maioria em outros países, pois o Brasil ainda é dependente da importação de transformados de cobre para as suas indústrias.

Como abordado no capítulo anterior, a produção de cobre em Goiás está restrita ao município de Alto Horizonte, que também produz ouro. Por esse motivo, o emprego na atividade mineral tem forte peso na dinâmica do emprego desse município, representando quase um terço de todo o emprego formal, segundo a RAIS. Ao longo do tempo, verifica-se que esse peso tem se alterado, mas sempre mantendo grande representatividade; em 2005, chegou a alcançar quase 50%. A Tabela 23 relaciona os principais setores de emprego formal no município.

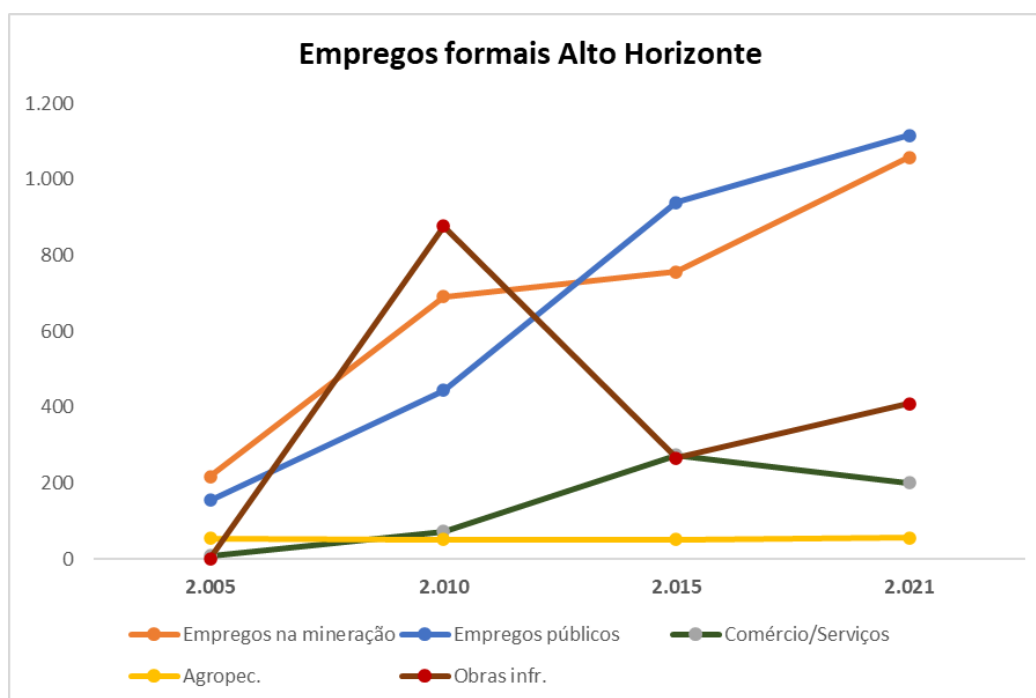
Tabela 23 - Emprego formal - absoluto e percentual em Alto Horizonte (2005-2021)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração Mineral	1052	29,8%	741	23,6%	644	25,6%	216	46,96%
Fabricação de produtos de metálicos e não metálicos e metalurgia	6	0,2%	15	0,5%	46	1,8%	1	0,22%
Indústria de Transformação (incluindo a extração e beneficiamento mineral)	95	2,7%	488	15,5%	77	3,1%	1	0,22%
Adm. Pública	1116	31,7%	939	29,8%	444	17,7%	154	33,48%
Agropecuária	55	1,6%	51	1,6%	51	2,0%	54	11,74%
Obras infraestrutura	409	11,6%	266	8,5%	877	34,9%	-	-%
Com. Varej. Atacado	319	9,0%	273	8,7%	77	3,1%	9	1,96%

Fonte: RAIS/MTE.

O setor extrativo mineral responde por 30% do emprego formal em Alto Horizonte, por volta de mil trabalhadores e, quando somado ao setor de administração pública, esse percentual passa para 62%. Cabe ressaltar que esses empregos estão condensados principalmente na etapa da extração do minério, havendo poucos empregos nas etapas da transformação de bens intermediários e finais (evidenciado pela baixa participação da indústria de transformação), como fabricação de produtos dos minerais e metalurgia, o que **revela o baixo grau de alongamento da cadeia mineral neste município**, quando visto pela ótica do emprego formal. Isso também pode ser notado com a participação reduzida que o setor da indústria de transformação representou no total do emprego formal, que foi de 2,7% em 2021, após um pico de 15,5% em 2015 (Figura 62).

Figura 62 - Empregos formais em Alto Horizonte (2005-2021)



Fonte: Dados da RAIS/MTE.

A Figuras 61 e a Tabela 23 ilustram que o crescimento do emprego na mineração em Alto Horizonte se igualou ao do setor público, revelando a necessidade de o município melhor se preparar para atender às novas demandas ocasionadas pela implantação dos projetos mineiros. É perceptível também que a obras de infraestrutura tiveram um forte impulso inicial, possivelmente devido à implantação da planta industrial, já que estavam ausentes em 2005. Os setores de comércio e serviços cresceram rapidamente para depois caírem e se adaptarem melhor à realidade das demandas locais. Porém, nos dados apresentados, não se

consegue vislumbrar outros segmentos de apoio aos projetos minerais, apenas no cenário geral dos empregos em Goiás.

Além desses empregos formais que demonstram a especialidade nas primeiras etapas da cadeia, há que se considerar aqueles que são induzidos pela atividade, bem como as ocupações informais que apenas acontecem porque existe movimentação econômica promovida pela mineração. Assim, e a partir dos empregos diretos na extração mineral registrado em Alto Horizonte, pode-se fazer uma estimativa e comparar com os empregos totais segundo os dados da RAIS/MTE (Tabela 24).

Tabela 24 - Estimativa de empregos em Alto Horizonte a partir da mineração

Alto Horizonte / Empregos a partir da Mineração							
Ano	Extr. Mineral e Ben.	Terceirizados	Indiretos	Induzidos	Total (estimado)	Total (RAIS)	%
2005	217	143	510	102	972	434	44
2010	690	455	1622	324	3091	2135	69
2015	756	499	1777	355	3387	2285	67
2021	1058	698	2486	497	4740	2838	59

Fonte: Elaboração própria com base na metodologia usada no PEM, 2014.

Com base na metodologia usada no PEM-Pará (2014), foram estimados os empregos e ocupações criados no município de Alto Horizonte a partir da mineração. Em 2021, a estimativa era que 4,7 mil empregos/ocupações estavam direta ou indiretamente vinculados à mineração em Alto Horizonte, isso equivale à quase totalidade da população em idade ativa do município (de 15 a 69 anos). Por um lado, isso demonstra o peso da mineração na economia local, mas, por outro, revela uma diferença significativa em relação ao total da população e aos próprios dados da RAIS-Goiás. Esta diferença pode ser explicada devido aos seguintes motivos:

- Empregos e ocupações registrados fora do município, embora os trabalhadores estejam executando suas atividades em Alto Horizonte;
- Empregos gerados nas áreas de apoio às empresas prestadoras de serviços, conforme a cadeia de fornecimentos, cujas sedes estão localizadas em outras localidades;
- Fabricação de estruturas metálicas, pré-moldados, equipamentos e componentes para a indústria mineral, realizados fora de Alto Horizonte.

Portanto, pode-se concluir que o alcance da extração mineral, vai muito além do emprego imediato que gera e das próprias fronteiras do município onde essa atividade se encontra.

No entanto, apesar da relevância do emprego local, no caso do minério de cobre, verificou-se que quase a totalidade da produção é exportada e é proveniente dos estágios iniciais da cadeia (concentrado de cobre), uma vez que não há registros de produtos de fundição ou de semimanufaturados exportados por Goiás (Comex Stat), tais como o cátodo do cobre (em sua maioria importados do Chile e do Peru pelos estados brasileiros) e fios de cobre, entre outros.

Considerando o VPM do município de aproximadamente R\$ 2,5 bilhões no mesmo ano, subtraindo do valor total de exportações de cobre, que totalizam aproximadamente R\$ 2,4 bilhões, segundo a cotação média do dólar de R\$ 5,16 em 2022, estima-se que 96% do cobre produzido em Alto Horizonte é exportado. Esse fato é uma evidência de que a cadeia de valor desse mineral está concentrada apenas na etapa extrativa, ou seja, nas etapas de menor valor agregado. As etapas mais sofisticadas da cadeia são realizadas nos países importadores.

Em síntese, Goiás exporta concentrado de cobre, com participação nula de produtos intermediários e finais. Esse perfil reproduz mais intensamente o que acontece no plano nacional em que 75% de toda a exportação de produtos do cobre se concentra no minério bruto e seus concentrados, com destaque para os estados do Pará, Goiás e Bahia.

Box 1 - Empregos gerados ao longo da cadeia produtiva do cobre

Com base no relatório técnico de produção da Mineração Maracá, de 2019²⁹, no qual consta que 2.092 funcionários compõem a mão de obra da empresa (sendo 792 próprios e 1.340 terceirizados), e considerando que a produção de cobre de Goiás é unicamente proveniente de Alto Horizonte, e pela Mineração Maracá, cujo registro de produção, pela ANM, foi de 244 mil toneladas de produção beneficiada de cobre neste mesmo ano; pode-se estimar que a quantidade de empregados necessária para produzir 1.000 toneladas de minério de cobre em Goiás é de 8,5 trabalhadores.

A Parapanema, por seu turno, é uma indústria da transformação mineral que está instalada no estado da Bahia, e produz: vergalhões e fios trefilados, laminados, arames e barras de conexão. De acordo com as informações do relatório da empresa³⁰, em 2021, foram comercializadas 98,1 mil toneladas de minério, considerando-se que a empresa conta com 1750 colaboradores, infere-se que a quantidade de trabalhadores necessária para produzir mil toneladas é de 17,8 ou 18 funcionários. Mas tende a ser maior na indústria extrativa em razão da baixa quantidade de empregos necessários. Portanto, pode-se inferir que para produzir 1000 t de produto final a empresa emprega, em média 18 trabalhadores.

Não é possível inferir os salários médios associados à produção do cobre de forma exata, porém é possível ter uma estimativa com base no valor médio da remuneração por empregado. Esta estimativa pode ser feita a partir da divisão da massa salarial por setor (R\$) pelo número de empregados formais por setor, ambas informações obtidas das RAIS. Para o ano de 2021 em Goiás, a média de salários para o setor de metalurgia e

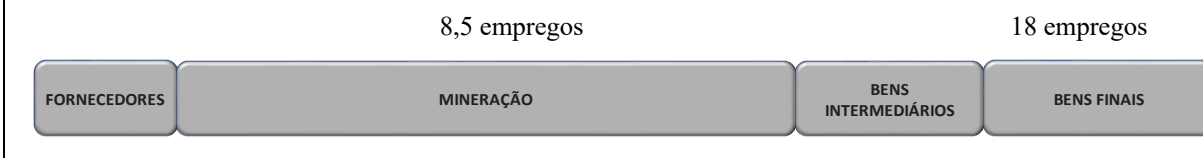
29 Disponível no site da Lundin Mining: <https://lundinmining.com/operations/chapada/>.

30 <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/419ea13e-3f77-40c7-916f-17d2c9adde94/b81ace99-0dc6-4ccc-9bc6-b6ca9c59d1b8?origin=1>



extração de minerais metálicos foram, respectivamente, de R\$4,7 mil e R\$4,6 mil, enquanto o setor de fabricação de produtos de minerais metálicos remunerava em média R\$ 2 mil. Isso se deve em razão de o setor extrativo mineral empregar menos trabalhadores em comparação com o setor de fabricação de produtos dos minerais (4.431 na extração de minerais metálicos e 17.555 na fabricação de produtos do metal). Em razão deste diferencial de contingente de empregados, a massa salarial dos dois setores também é bem distinta, sendo de R\$36 milhões para fabricação de produtos do metal e de R\$20 milhões para extração de minerais metálicos, ou seja, maior à medida que se agrega valor ao minério extraído e se emprega mais trabalhadores.

Dessa forma, fica evidente que o potencial da geração de emprego e de renda cresce à medida que a cadeia produtiva do bem mineral se adensa. O esquema abaixo demonstra a quantidade de empregos necessária para gerar 1.000 toneladas de produto final em ambos os setores.

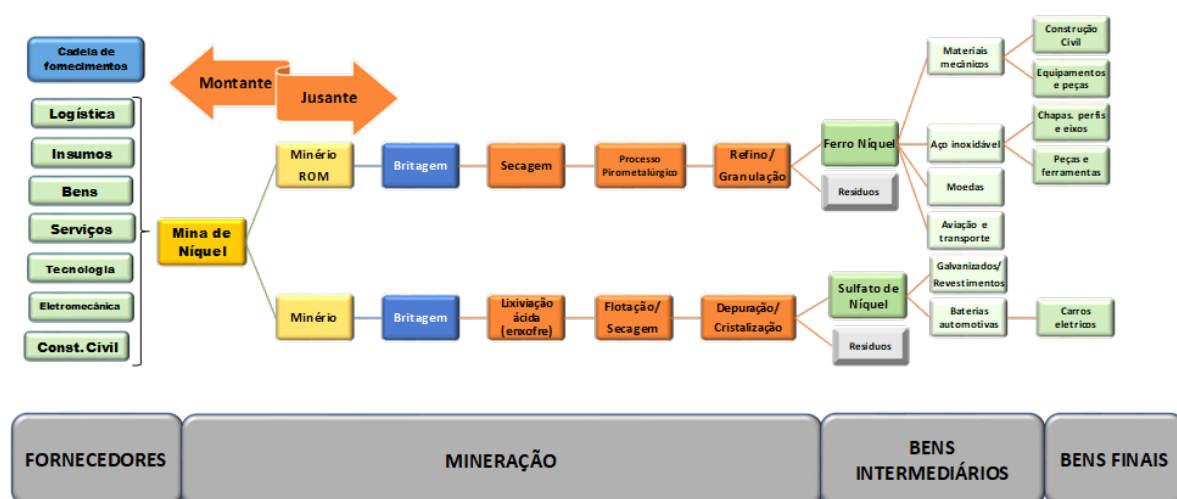


Fonte: Descritas nas notas de rodapé 4 e 5.

2.1.1.2 Níquel

Existem similaridades entre as cadeias do níquel e a do cobre. No caso da do níquel (Figura 63), ela começa também com a rede de fornecedores, muito evidente nos municípios de Barro Alto e Niquelândia, porém, finaliza na exportação do ferroníquel. O uso do metal para a fabricação de ligas, aço inoxidável e outros de alto valor agregado é feito fora do Estado³¹.

Figura 63 - Cadeia produtiva do níquel



Fonte: Plano Estadual de Mineração do Pará com atualização, complementos e ajustes dos autores.

31 A Acesita – Companhia Aços Especiais de Itabira, em Minas Gerais, é a primeira e, até hoje, única fábrica de aço inox da América Latina.

As empresas atuantes na operação mineral de níquel em Goiás são a *Anglo American Níquel Brasil*, em Barro Alto, e a Codemin, em Niquelândia. A operação em Barro Alto iniciou em 2011, com a extração de níquel saprolítico em mina a céu aberto. A Anglo American Níquel Brasil e a Codemin são de propriedade da mineradora inglesa Anglo American.

A mineração tem um peso grande no mercado de trabalho de Barro Alto e vem apresentando forte crescimento, tanto em números absolutos como proporcionais, passando de 19% em 2010 para 30% em 2021; chama atenção que, em 2005, essa participação era de apenas 2%. De forma análoga, os empregos na indústria da transformação, que têm no níquel um de seus principais pilares, passaram de 2% para 22%, entre 2005 e 2021 (Tabela 25).

Tabela 25 - Emprego formal: absoluto e percentual em Barro Alto (2005-2021)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração Mineral	488	8,9%	1049	22,6%	765	18,3%	0	0,0%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	1177	21,5%	26	0,6%	16	0,4%	21	2,2%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	1225	22,3%	55	1,2%	18	0,4%	22	2,3%
Adm. Pública	1152	21,0%	779	16,8%	769	18,4%	441	46,7%
Obras Infra.	74	1,3%	791	17,0%	58	1,4%	-	-%
Agropecuária	670	12,2%	566	12,2%	785	18,8%	113	12,0%
Comércio	267	4,9%	232	5,0%	184	4,4%	38	4,0%

Fonte: RAIS/MTE.

O emprego no setor mineral em Barro Alto vem apresentando crescimento alinhado com o aumento do valor da operação mineral no município. Nesse caso, a extração mineral passou a ser a atividade com maior representação do total de empregados formais no município, seguido pela indústria de transformação que, juntos, representam 55% do total de empregos, enquanto outros setores, como Administração Pública e Agropecuária, correspondem por proporções menores.



Nesse sentido, é importante separar as categorias de emprego mineral entre extração do minério e beneficiamento da matéria prima extraída. Percebe-se uma presença maior, em 2021, nos setores de beneficiamento mineral, tais como metalurgia, fabricação de produtos do metal e de produtos de minerais não-metálicos, o que revela um processo interessante de agregação de valor na economia local (Tabela 26).

Tabela 26 - Empregos formais no setor mineral em Barro Alto: extração e beneficiamento

Ano	Extração	Beneficiamento
2005	0	21
2010	765	16
2015	1.049	26
2021	488	1.177

Fonte: RAIS/MTE.

Em 2021, o emprego no setor de beneficiamento mineral passou a representar maior parte do emprego mineral no município, com destaque para o setor de metalurgia e fabricação de produtos do metal, que justamente se trata da fabricação do ferroníquel. Isso demonstra que, em Barro Alto, a cadeia de produção do níquel é um pouco mais longa, porém ainda permanecendo na fase do produto com pouca agregação de valor – o ferroníquel.

A composição do emprego em Niquelândia também indica um perfil do emprego mineral mais voltado à etapa do beneficiamento para a produção de produtos de minerais metálicos e metalurgia, que, igualmente a Barro Alto, é o ferroníquel. Ao longo dos anos, verificou-se uma tendência de redução da participação desses empregos no total de empregos do município: de 28,3%, em 2005 para 6,7%, em 2021 (Tabela 27). Isso se deve às oscilações provocadas pelo fechamento da Votorantim Metais, atuante no município, no ano de 2016, cuja suspensão das atividades, segundo os dirigentes da empresa, ocorreu devido à queda no preço internacional do níquel³². Em 2023, esta mesma planta foi adquirida pela *Wave Nickel* Brasil, empresa mineradora com sede em Luxemburgo que atuará no processamento de níquel com foco na cadeia de produção de baterias elétricas³³. A expectativa, portanto, é de uma retomada do emprego local.

32 Informações disponíveis em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/2016/01/votorantim-anuncia-suspensao-de-atividades-em-niquelandia-go.html>.

33 Informações disponíveis em: <https://excelencianoticias.com.br/2023/04/13/sete-anos-apos-paralisar-atividades-planta-da-votorantim-metais-em-niquelandia-e-vendida-para-multinacional-europeia/>.

Tabela 27 - Empregos formais no setor mineral em Niquelândia: extração e beneficiamento

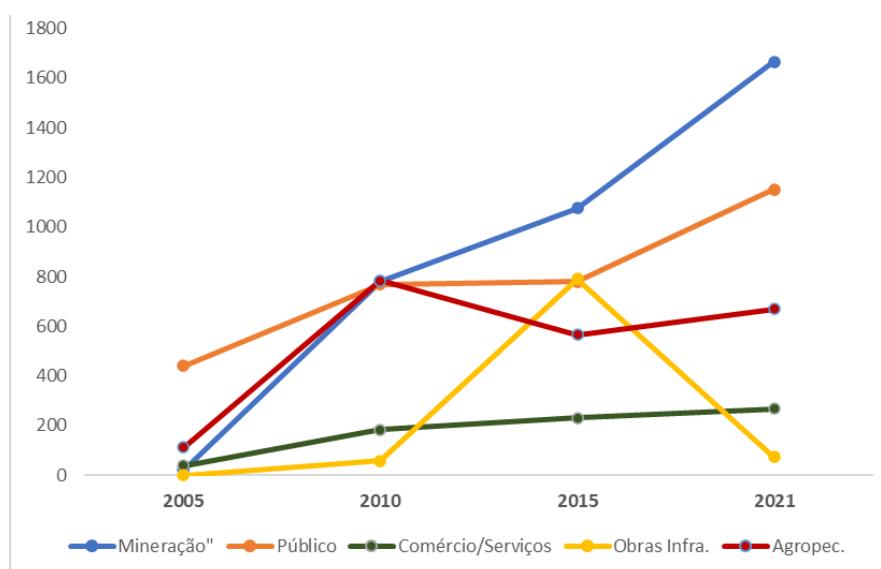
Ano	Extração	Beneficiamento	% do total
2005	1.056	1.498	28,3%
2010	1.111	1.167	21,8%
2015	1.091	623	14,9%
2021	175	504	6,7%

Fonte: RAIS/MTE.

Ao se comparar o mercado de trabalho formal de Barro Alto e Niquelândia, bem como a composição das suas pautas de exportação, quase que exclusivamente de ligas de ferroníquel, pode-se asseverar que a cadeia produtiva do níquel é mais adensada nos setores de beneficiamento mineral para produção de produtos semielaborados do minério, mas ainda concentrada nas etapas extrativas minerais, uma vez que não foi possível verificar uma presença elevada de produtos finais do níquel na pauta de exportação, como baterias elétricas.

Afora os empregos formais, há que considerar os que são induzidos pela atividade, além das ocupações informais que apenas acontecem porque existe movimentação econômica que é promovida pela mineração. Dessa forma, para analisar os empregos gerados em Barro Alto, adotou-se o mesmo procedimento usado para a cadeia do cobre em Alto Horizonte. Constata-se que, em Barro Alto, o comportamento dos empregos formais é semelhante ao de Alto Horizonte, como se pode verificar na Tabela 27 e Figura 64.

Figura 64 - Empregos formais em Barro Alto



Fonte: RAIS/MTE.



Em Barro Alto, verifica-se uma forte associação entre a dinâmica dos empregos públicos e dos empreendimentos minerais. Uma hipótese é que isso ocorre devido às novas demandas por bens e serviços públicos à medida em que a atividade mineral cresce. Pelo perfil do emprego, deduz-se também que as obras de infraestrutura apresentaram um forte crescimento, mas, assim que a implantação dos projetos é concluída, o emprego nesse setor reduz naturalmente.

Segundo os dados da RAIS, é provável que já existia na cidade de Barro Alto uma estrutura de apoio assim que o projeto mineral iniciou, porém, com o passar dos anos e à medida que o projeto se implantou definitivamente, ocorreu possivelmente a geração de mais empregos. Considerando-se a cadeia de fornecedores para a indústria de extração mineral, elaborou-se a estimativa que consta na Tabela 28.

Tabela 28 - Estimativa de empregos gerados a partir da indústria mineral

Barro Alto / Empregos a partir da Mineração							
Ano	Extr. Mineral e ben.	Terceirizados	Indiretos	Induzidos	Total	Total (RAIS)	%
2005	21	14	49	10	73	592	800
2010	781	508	1835	367	2710	1796	66
2015	1075	699	2526	505	3730	2368	63
2021	1665	1082	3913	783	5778	2163	37

Fonte: Elaboração dos autores com base em metodologia usada no Plano Mineral do Pará (PEM, 2014 a 2030).

Com base na metodologia usada no PEM-Pará (2014), foram estimados os empregos e ocupações criados no município de Barro Alto a partir da mineração. Em 2021, a estimativa era que 5,7 mil empregos/ocupações estavam direta ou indiretamente vinculados à mineração em Barro Alto, isso equivale a 75% da população em idade ativa do município (de 15 a 69 anos), segundo os dados do Censo do IBGE-2022. Da mesma forma que em Alto Horizonte, por um lado, isso demonstra o peso da mineração na economia local, mas, por outro, revela uma diferença significativa em relação ao total da população e aos próprios dados da RAIS-Goiás. Esta diferença pode ser explicada devido aos seguintes motivos:

- a) Empregos e ocupações registrados fora do município, embora os trabalhadores estejam executando suas atividades em Barro Alto;

- b) Empregos gerados nas áreas de apoio às empresas prestadoras de serviços, conforme a cadeia de fornecimentos, cujas sedes estão localizadas em outras localidades;
- c) Fabricação de estruturas metálicas, pré-moldados, equipamentos e componentes para a indústria mineral, realizados fora de Barro Alto.

Por fim, o Box 2 apresenta alguns indicadores sobre o emprego gerado ao longo da cadeia produtiva do níquel.

Box 2 - Empregos gerados ao longo da cadeia produtiva do níquel

Com base no relatório técnico de produção da Mineração em Barro Alto e Niquelândia, de 2019³⁴, no qual consta que 900 funcionários compõem a mão de obra da empresa (sendo próprios e terceirizados), e considerando que a produção de níquel de Goiás ainda é proveniente da mineradora Anglo American, cujo registro de produção de ambas, pela ANM, foi de 43,2 mil toneladas de produção beneficiada de ferroníquel neste mesmo ano, pode-se estimar que a quantidade de empregados necessária para produzir 1.000 toneladas de minério de níquel em Goiás é de 21 trabalhadores.

Um derivado do ferroníquel é o aço inox que surgiu no Brasil com a então Acesita, que posteriormente passou a chamar-se ArcelorMittal Inox Brasil e, hoje, tem por nome *Aperam South America*. Com sua fábrica em Minas Gerais, a indústria foi fundada em 1944, na cidade de Timóteo, onde encontra-se até hoje.

A partir do níquel, produz-se aço inoxidável, utilizados em bobinas, tubos, discos, barras, tiras e placas, entre outros. De acordo com as informações do relatório de sustentabilidade da empresa, ela produz em torno de 900 mil toneladas de aço inox/ano com 2.172 empregados. A partir desses dados, pode-se inferir que, para produzir 1.000 t de produto final, a empresa emprega, em média, 2,5 empregados, porém é apenas em uma cadeia, podendo-se multiplicar este número de empregos 16 vezes, a partir do ferroníquel. Constata-se que o potencial da geração de emprego e de renda cresce à medida que a cadeia produtiva do bem mineral se adensa.

Fonte: RAIS/MTE. Informações sobre a APERAM no Relatório de Sustentabilidade. Acesso em: <https://brasil.aperam.com/sustentabilidade/fundamentos/relatorio-sustentabilidade/>. Vide notas de rodapé 6 e 7.

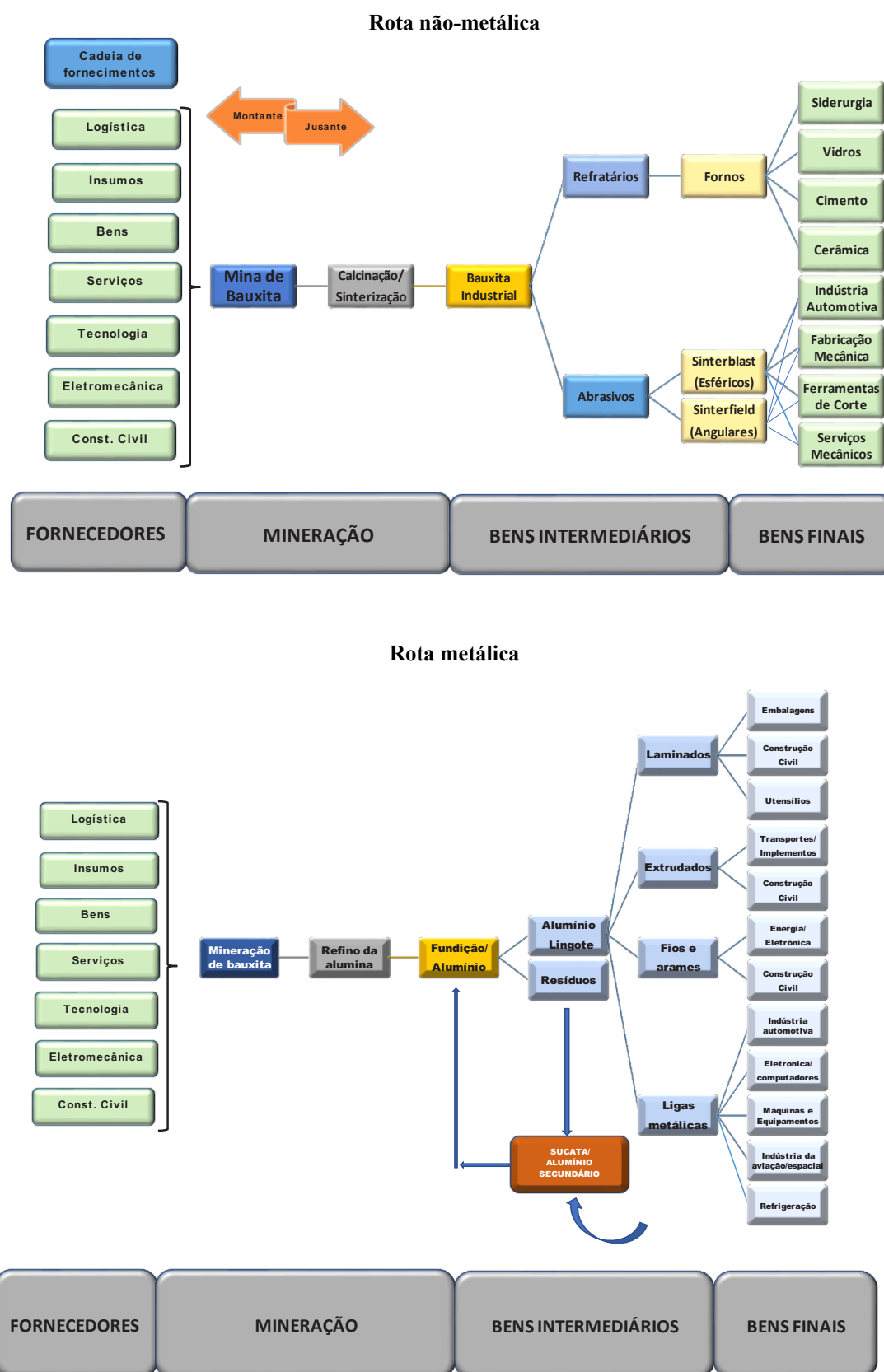
2.1.1.3 Bauxita

No caso da cadeia produtiva da bauxita, apenas o minério primário é produzido pelo Estado de Goiás e vendido quase que integralmente para o mercado doméstico (Figura 65).

34 Disponível no site: <https://lbram.org.br/noticia/goias-lidera-producao-de-niquel/> e em Brasil Mineral (2022).



Figura 65 - Cadeia produtiva da bauxita industrial: rota metálica e rota não-metálica



Fonte: Elaboração dos autores.

No caso do direcionamento da bauxita para a indústria do alumínio, verifica-se uma vasta gama de possibilidades de fabricação de produtos, dado que o alumínio é um metal bastante demandado por inúmeros segmentos da indústria. Ainda há uma larga utilização de reciclados na sua cadeia, o que possibilita um alto índice de economia reversa. No caso da rota de não metálicos, as possibilidades são também amplas. A bauxita extraída por Goiás tem a vantagem de poder ser utilizada por esses distintos segmentos, inclusive, a utilização de resíduos para a indústria do cimento em Goiás. Segundo os registros da ANM, em 2022, além da empresa Terra Goyana e da Companhia Brasileira de Alumínio, que pertence à Votorantim, a Mineradora Santo Expedito também atua na produção do alumínio, todas no município de Barro Alto.

Não obstante às inúmeras possibilidades da cadeia produtiva da bauxita, em Goiás, ela se limita à etapa extrativa, cujo mineral é vendido para outras unidades da federação que, por conseguinte, realizam a transformação.

Quanto aos indicadores do emprego, ressalte-se que toda a produção da bauxita é oriunda do município de Barro Alto. Nesse sentido, os indicadores de emprego da bauxita são os mesmos apresentados para a cadeia do níquel, cujos indicadores revelam uma elevada participação direta e indireta do emprego da mineração na dinâmica do emprego local.

Em termos de impacto do emprego na escala estadual, considerando as distintas etapas da cadeia produtiva, entre extração, beneficiamento e transformação do metal, em 2021, Barro Alto concentrou 8,7% do total de empregos da extração de minerais metálicos de Goiás e 35% do emprego do setor de metalurgia, seguido por percentual ínfimo de 0,8% na fabricação de produtos do metal. Em 2010, não havia registro da atividade de metalurgia, mas esta é derivada da cadeia do níquel, como visto na seção 2.1.1.2 (Tabela 29).

Tabela 29 - Empregos de extração e beneficiamento de minerais metálicos - Alto Horizonte e Barro Alto (2021 e 2010)

Município - GO	2021			2010		
	Extr. de minerais met.	Metalurgia	Fabr. de prod. metal	Extr. de minerais met.	Metalurgia	Fabr. de prod. metal
Barro Alto	8,7%	35,0%	0,8%	17,3%	0,0%	0,0%
Total Goiás	4.431	2.908	17.555	4.433	2.400	14.782

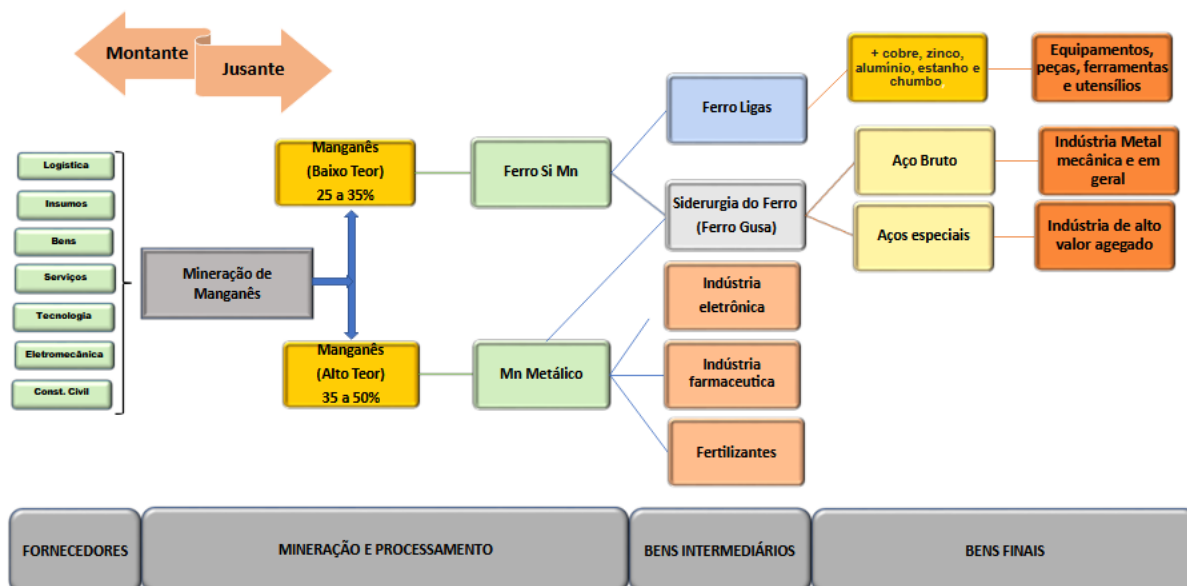
Fonte: RAIS/MTE.



2.1.1.4 Manganês

A cadeia produtiva do manganês está ilustrada na Figura 66.

Figura 66 - Cadeia do manganês a partir da mineração de manganês



Fonte: Elaboração dos autores.

Cavalcante e Itaberaí são os principais municípios produtores de manganês de Goiás. Em Cavalcante, sua participação dos empregos formais de extração mineral e beneficiamento é bastante reduzida, sendo de apenas 2,2% do total em 2021, perfazendo 24 empregos (sendo 21 na extração de minerais metálicos e 3 na extração de minerais não metálicos). Em Itaberaí, por sua vez, a participação dos empregos de extração mineral e beneficiamento é de apenas 1% no total de empregos do município, sendo a maior parte em fabricação de produtos do metal (133 empregos formais) e na fabricação de produtos de minerais não metálicos (49 empregos formais). Ressalta-se, mais uma vez, que estes valores podem estar subestimados em razão da informalidade associada à produção do manganês.

2.1.2 Cadeia dos bens minerais críticos e estratégicos

O nióbio é considerado um mineral estratégico para o Brasil e crítico para o mundo. É usado para a fabricação de produtos de alto valor agregado em virtude de suas propriedades físico-químicas e de alta condução, o que tem contribuído para valorizar o mineral ainda mais

devido à possibilidade de seu uso nas baterias automotivas (BOX 3). A cadeia produtiva apresenta as distintas etapas: a montante e a jusante (Figura 67).

Box 3 - As baterias para carros elétricos

A indústria de minerais metálicos ganhou um novo impulso recentemente, com a produção de automóveis movidos às baterias elétricas. Tal revolução no meio industrial tem uma relação estreita com o estado do Goiás, uma vez que minerais como níquel, nióbio e lítio têm sido fundamentais para a fabricação de componentes dessas baterias, portanto, é de fundamental importância, nesse momento, estabelecer estratégias para canalizar para o Estado os benefícios da extração desses minérios. A demanda trouxe novamente a reativação dos projetos de níquel em novas minas ou plantas industriais que estavam paradas.

A bateria age como o coração do carro elétrico, já que é o principal local de armazenamento da energia necessária para tração das rodas. Eles ainda possuem uma bateria auxiliar de segurança apenas para alimentação de acessórios internos, assim como todos os automóveis.

Em outros tipos de veículos, como o elétrico híbrido, a bateria também é utilizada para tracionar as rodas, e o veículo ainda possui o motor a combustão para complementar o trabalho, garantindo assim maior autonomia nas viagens e prevenindo a descarga completa da bateria.

Minérios críticos e estratégicos do Estado na aplicação em baterias veiculares:

Bateria de íon de lítio

É a mais comum de utilizada em carros elétricos, também é usada na maioria dos eletrônicos portáteis, incluindo telefones celulares e computadores. Pode ser carregada novamente, mesmo sem ter sido completamente descarregada, sem alteração do desempenho e não requer manutenção.

Bateria de hidreto metálico de níquel

As baterias de hidreto metálico de níquel são amplamente utilizadas em veículos elétricos híbridos, mas também são usadas com sucesso em alguns veículos totalmente elétricos. Têm um ciclo de vida mais longo do que as baterias de íon-lítio, porém o custo elevado. Sua alta taxa de autodescarga e geração de calor em altas temperaturas são problemas a serem superados e que as tornam menos eficazes para veículos elétricos recarregáveis, sendo usadas, preferencialmente, em veículos elétricos híbridos.

Qual a vantagem da utilização do nióbio nas baterias?

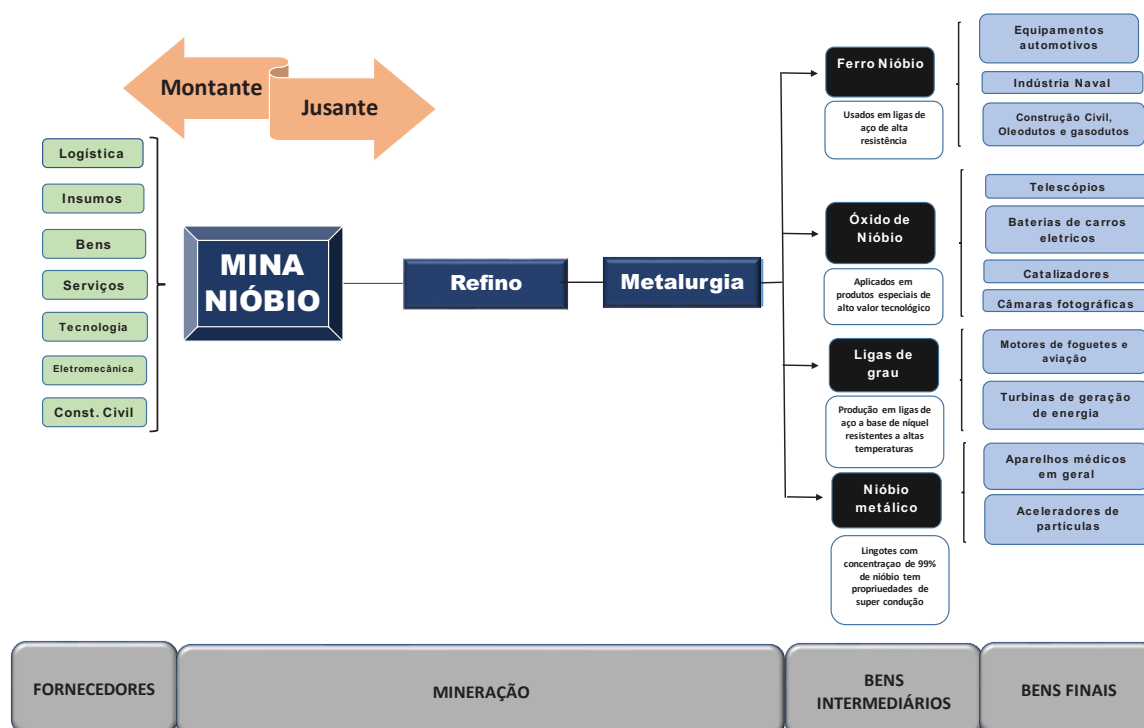
Pesquisas no mundo acadêmico com o uso do nióbio nas baterias de íons-lítio estão na etapa de otimização e têm apresentado resultados relacionados à recarga rápida, segurança e maior durabilidade quando comparadas com as mesmas baterias sem nióbio.

O uso de materiais desenvolvidos com o nióbio permite a geração de baterias mais seguras, de carregamento rápido, com maior vida útil. O nióbio não substituirá o lítio, mas sim outros metais com propriedades parecidas como o níquel e o cobalto. Os estudos objetivam o desenvolvimento de ânodos e cátodos das baterias com aplicação do óxido de nióbio (NB₂O₅). Nos materiais do ânodo, lado negativo da bateria que sofre oxidação, proporciona alta capacidade volumétrica, boa ciclabilidade e performance; normalmente feito de óxidos metálicos de grafite, titânio e tungstênio. Nos materiais do cátodo, lado positivo da bateria, é o componente que sofre redução, diminui a resistência elétrica, normalmente feito de óxidos metálicos de cobalto, ferro, manganês e níquel. Portanto, a aplicação do Nióbio possibilita a comercialização de baterias mais estáveis com: maior tensão de operação, condutividade eletrônica e iônica, densidade energética e de potência, estabilidade química, maior vida útil e segurança. A diminuição do tempo de carga é o grande diferencial.

Fonte: Castro e Ferreira (2010) e Santos (2020).



Figura 67 - Cadeia produtiva do Nióbio



Fonte: CBMM, com elaboração complementar e ajustes dos autores.

A composição do emprego em Catalão, sede da CMOC, revela que o setor de extração mineral e beneficiamento corresponde a uma pequena parcela do total do emprego formal. De 2005 até 2021, o setor de maior participação é o da indústria de transformação (variando entre 25 a 20%) e de comércio varejista e atacadista, que passou de 17% para 20% no período em questão. Outros setores, como administração pública e agropecuária, corresponderam por 8,4% e 4,7% do contingente total de mão de obra formal do estado, um contingente inferior à de Barro Alto para ambos os setores (Tabela 30).

Tabela 30 - Composição do emprego formal em Catalão (2005-2021) (continua)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Comércio. Var. e Atacad.	9.264	20,0%	8.590	20,9%	8.200	22,9%	3.594	17,4%
Administração Pública	3.913	8,4%	3.508	8,5%	1.266	3,5%	2.106	10,2%
Produtos Químicos	2.228	4,8%	1.471	3,6%	1.177	3,3%	879	4,2%
Agropecuária	2.158	4,7%	2.054	5,0%	2.378	6,6%	1.746	8,4%
Veículos Automotores	1.931	4,2%	4.044	9,9%	.3144	8,8%	1.545	7,5%
Extr. Mineral	786	1,7%	958	2,3%	493	1,4%	548	2,6%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	899	1,9%	892	2,2%	1432	4,0%	1005	4,9%

Tabela 30 - Composição do emprego formal em Catalão (2005-2021) (conclusão)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	9343	20,2%	9639	23,5%	10676	29,8%	5212	25,2%

Fonte: MTE/RAIS.

A participação expressiva da indústria de transformação no total do emprego formal em Catalão é um destaque e, apesar da trajetória declinante (chegando a quase 30% em 2010), ainda representa a maior parcela do emprego, 20% em 2021. Isso reflete um contingente significativo de trabalhadores empregados na fabricação de produtos químicos e na produção de veículos automotores, tais como a HPE automotores, do grupo Mitsubishi, presente no município.

No caso do setor extrativo mineral, apesar do crescimento absoluto do número de trabalhadores, sua participação relativa vem diminuindo desde 2005, passando de 7,5% do total neste ano para 4,2% em 2021.

Comparativamente aos outros municípios mineradores goianos, Catalão, com população superior a 100 mil habitantes, apresenta uma estrutura de emprego menos concentrada no setor de extração e beneficiamento mineral e mais voltada ao setor industrial, que oferece emprego em segmentos que exigem maior qualificação de mão de obra, como o setor automotivo, o químico, o de alimentos e o de fabricação de máquinas e equipamentos. Além disso, Catalão é sede de um *campus* universitário, a Universidade Federal de Catalão (UFCAT).

No município de Ouvidor, devido à sua pequena população, de somente 7.200 habitantes (Censo de 2022)³⁵, o setor extrativo mineral é de grande significância no mercado de trabalho municipal. Passando de 25% em 2005 para 42% em 2021, as atividades de extração mineral e beneficiamento representam o setor de maior participação no mercado formal. O município também registra grande participação do setor da indústria de transformação, sendo de 38,3% em 2021. Esses dois setores respondem por 80% da mão de obra formalmente empregada do município, o que é um perfil diferenciado, considerando-se a média dos municípios brasileiros (Tabela 31).

35 Mais informações sobre o município estão disponíveis em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/ouvidor.html>.



Tabela 31- Composição do emprego formal em Ouvidor (2005-2021)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extr. Mineral	377	16,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	606	25,7%	717	36,3%	113	9,4%	316	24,6%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	902	38,3%	1269	64,3%	499	41,7%	686	53,5%
Administração Pública	274	11,6%	306	15,5%	309	25,8%	266	20,7%
Agropecuária	145	6,1%	36	1,8%	49	4,1%	46	3,6%
Prod. alimentícios	160	6,8%	187	9,5%	80	6,7%	76	5,9%
Comércio. Var. e Atacadista	201	8,5%	180	9,1%	87	7,3%	26	2,0%

Fonte: RAIS/MTE.

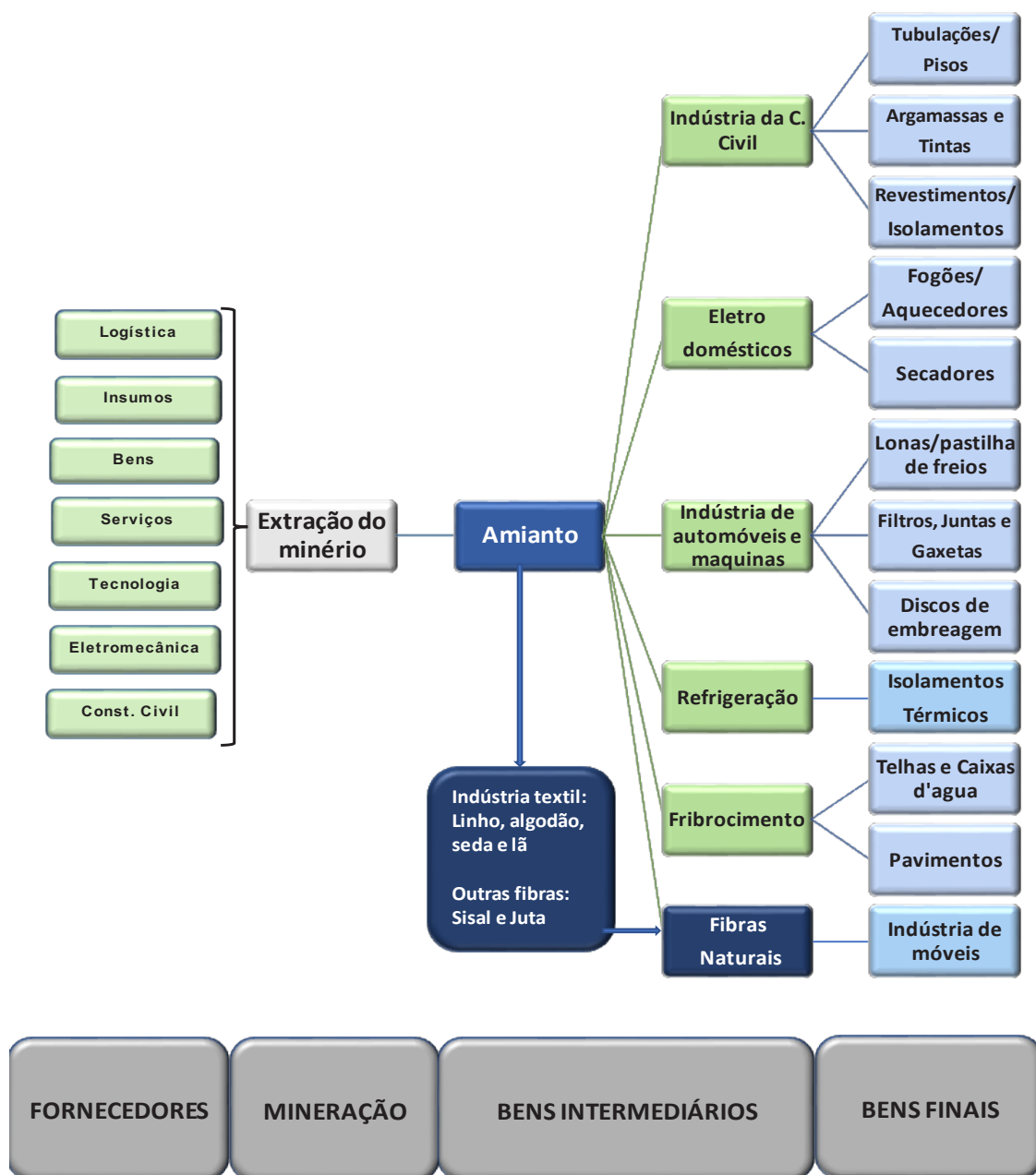
No setor mineral, as atividades de metalurgia empregam o maior contingente em relação das etapas extrativas. Além disso, há grande participação da extração e fabricação de produtos de minerais não-metálicos, por conta da produção de fosfato no município, cujo valor de operação é bastante superior ao do nióbio.

2.1.3 Cadeia de bens minerais Não-Metálicos

2.1.3.1 Amianto

A cadeia produtiva do amianto revela a importância do mineral para o desenvolvimento da indústria, face aos inúmeros produtos que podem ser fabricados, tendo grande participação na construção civil, eletrodomésticos, indústria de veículos e equipamentos, refrigeração e no fibrocimento. Porém, ainda não há a verticalização em Goiás (Figura 68).

Figura 68 - Cadeia produtiva do amianto



Fonte: Elaboração dos autores.

Pela perspectiva do mercado de trabalho em Minaçu, percebe-se que o setor de extração mineral e beneficiamento, talvez por essa situação incerta, vem gradativamente reduzindo sua participação relativa no total de mão de obra empregada no município. Em 2005, essa participação era de aproximadamente 18% e, em 2021, caiu para 10%, ocorrendo também redução no contingente absoluto de trabalhadores empregados nos setores de extração mineral e beneficiamento (Tabela 32).

Tabela 32 - Emprego formal em Minaçu (2021-2005)

Sector	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração mineral	570	9,0%	739	11,9%	620	12,0%	662	14,7%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	32	0,5%	185	3,0%	203	3,9%	144	3,2%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	110	1,7%	280	4,5%	288	5,6%	233	5,2%
Obras de Infraestrutura	1542	24,3%	454	7,3%	0	0,0%	-	-%
Adm. Pública	1563	24,6%	1829	29,4%	1774	34,3%	2016	44,7%
Com. Varej. e atacado	714	11,2%	1055	17,0%	806	15,6%	524	11,6%
Agropecuária	96	1,5%	93	1,5%	116	2,2%	44	1,0%

Fonte: RAIS/MTE.

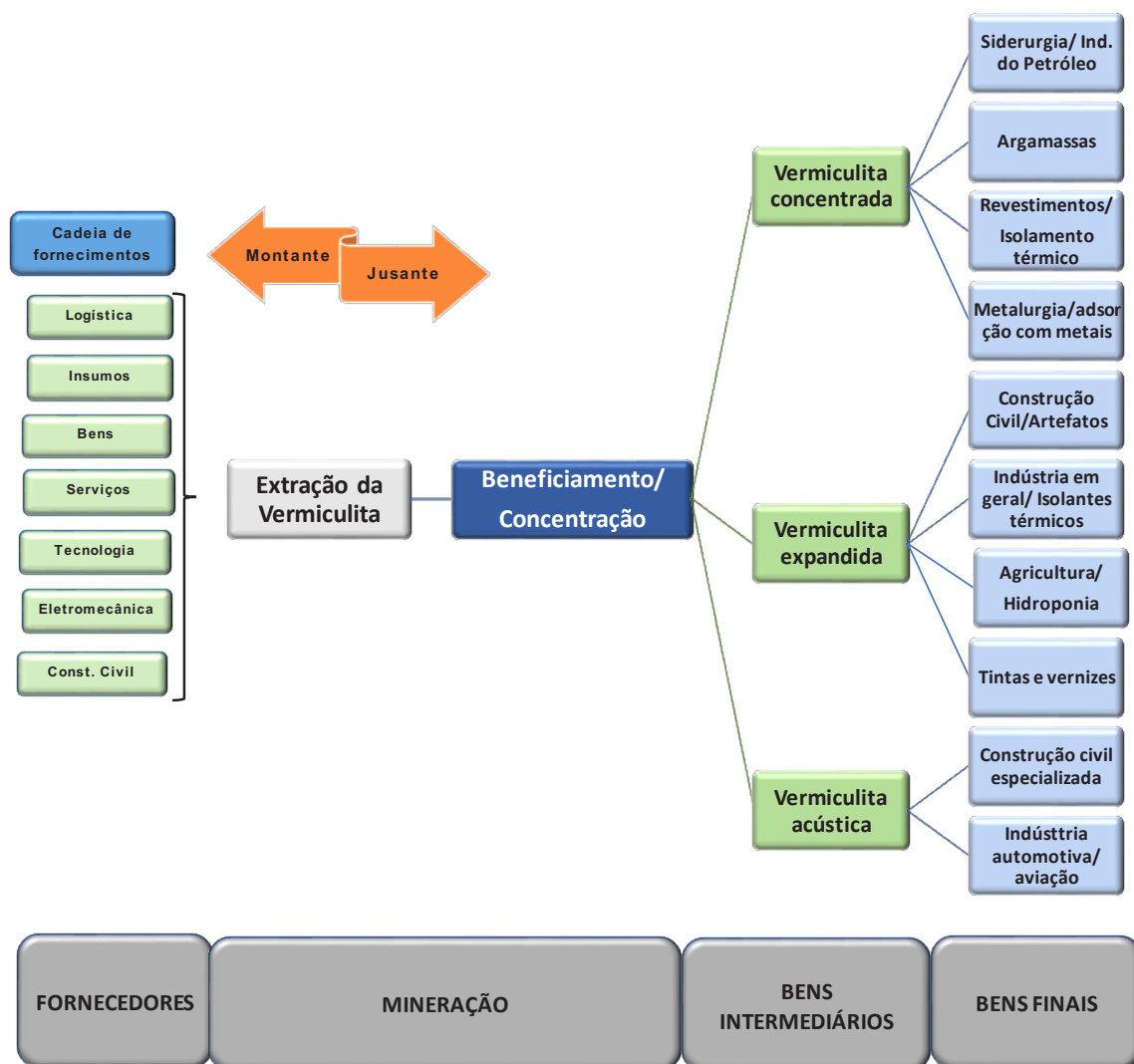
No interior do setor mineral de Minaçu, os segmentos de maior participação são extração de minerais não-metálicos, de minerais metálicos e de fabricação de produtos do metal. Também há uma redução significativa no setor de administração pública, que declinou de 45% para 25%, entre 2005 e 2021. O setor de comércio varejista e atacadista elevou levemente sua participação de forma relativa e absoluta, passando de 12% para 13% no mesmo período. O emprego na agropecuária apresentou tendência de estabilidade, oscilando entre 1% e 2%, entre 2005 e 2021. Ao mesmo tempo, o setor de obras de infraestrutura registrou expressivo crescimento a partir de 2015, ano em que registrou 7% do total do emprego formal no estado, passando para 24% em 2021.

No geral, percebe-se que Minaçu, dados de 2021, tem participação no emprego mineral superior à média para o estado de Goiás, que é de apenas 2%, mas bastante inferior à média dos dois maiores municípios mineradores do estado em termos de valor da operação mineral - Alto Horizonte e Barro Alto - cujas participações oscilam em volta de 30% do emprego formal total de suas localidades.

2.1.3.2 Vermiculita

Concentrada em São Luís de Montes Belos, a extração vermiculita é feita pela empresa Brasil Minérios S.A., a maior produtora de vermiculita da América Latina. A cadeia produtiva da vermiculita revela as diversas possibilidades de usos nos mais variados segmentos industriais (Figura 69)

Figura 69 - Cadeia produtiva da vermiculita



Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto ao emprego, verifica-se que o setor de extração mineral e de beneficiamento responde por parcela reduzida no total do emprego em São Luís de Montes Belos, em uma tendência de decrescimento desde 2005. A redução neste período foi de 4,1% para 3%, apesar do incremento absoluto de trabalhadores formais. Por outro lado, setores como a indústria de transformação, comércio varejista, administração pública e vestuário correspondem por maiores parcelas, conforme verificado na Tabela 33.



Tabela 33 - Emprego formal por setor em São Luís de Montes Belos (2022)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extrativa Mineral	142	1,3%	162	2,0%	174	2,2%	4	0,1%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	190	1,7%	128	1,6%	246	3,1%	213	4,0%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	3639	33,3%	1996	24,9%	3043	38,6%	2098	39,6%
Comércio Varejista	2087	19,1%	1846	23,0%	1321	16,7%	932	17,6%
Vestuário	1729	15,8%	492	6,1%	112	1,4%	53	1,0%
Educação	531	4,9%	468	5,8%	430	5,5%	200	3,8%
Administração Pública	1174	10,7%	1304	16,2%	1269	16,1%	792	15,0%
Agropecuária	255	2,3%	290	3,6%	335	4,2%	367	6,9%

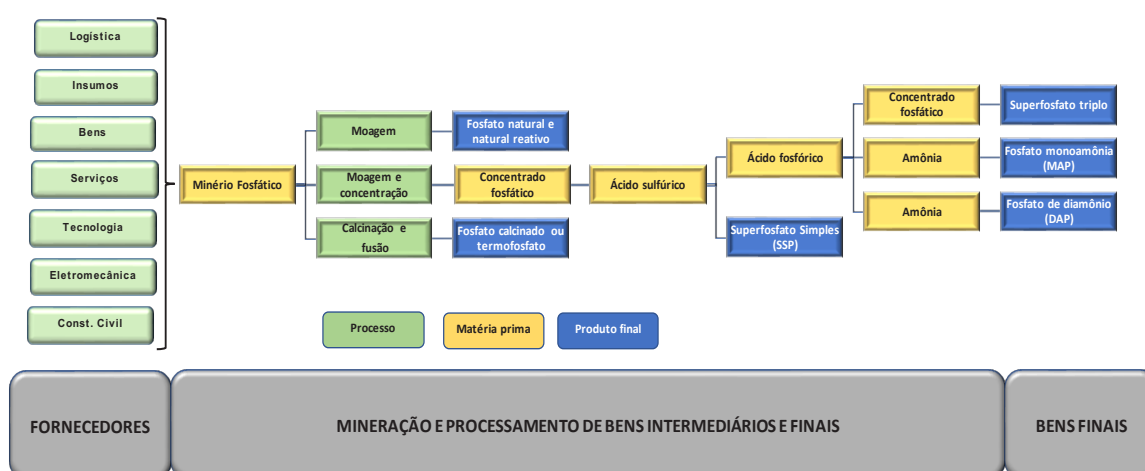
Fonte: RAIS/MTE.

2.1.4 Cadeia dos bens agrominerais

2.1.4.1 Fosfato

A cadeia produtiva de fosfato está intimamente relacionada à cadeia do agronegócio. Como em sua grande parte é internalizada, abre importantes perspectivas da geração de negócios e de emprego (Figura 70).

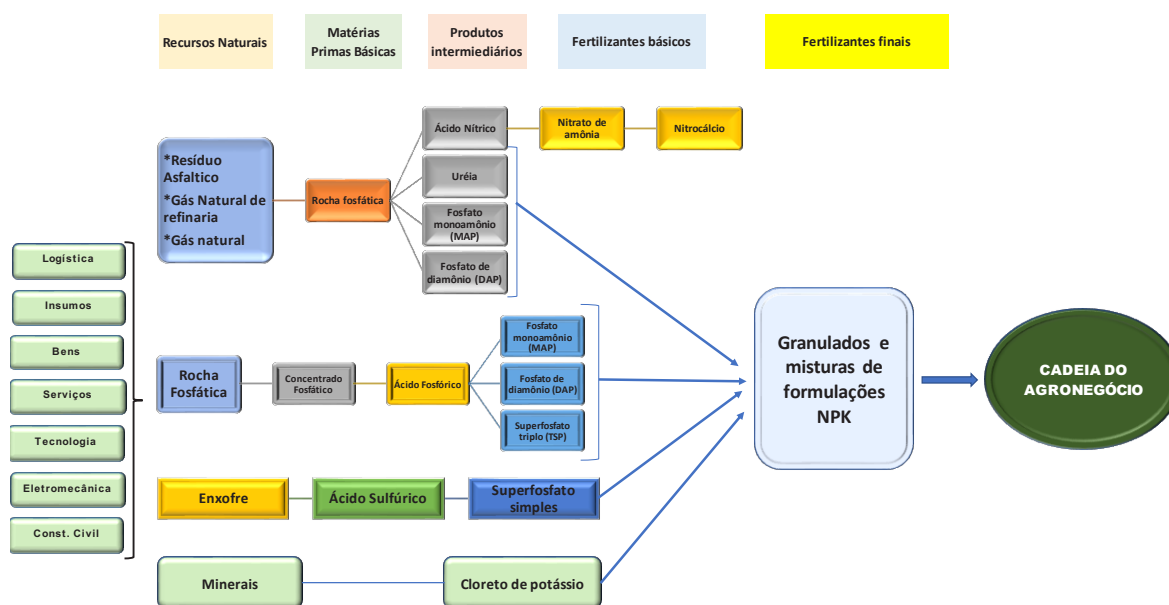
Figura 70 - Cadeia produtiva do fosfato



Fonte: Elaboração dos autores a partir de informações com produtores de fertilizantes.

Na descrição da cadeia produtiva dos fertilizantes (Figura 71), as caixas em azul representam os produtos finais, as demais podem se transformar em itens de maior valor agregado em função da combinação com outros produtos químicos, conforme sua utilização no plantio.

Figura 71 - Cadeia geral dos fertilizantes até a obtenção do NPK



Fonte: Elaboração dos autores.

Referente aos produtos finais, as fábricas existentes em Goiás, atualmente, apenas utilizam o fósforo e misturam com outros produtos para a obtenção de fertilizantes, que são encomendados pelo agronegócio conforme a cultura a ser efetuada. Para o maior rendimento das lavouras de grandes projetos, é importante a utilização do NPK, conforme mostra a Figura 71. Para mais informações, vide Box 4.

Box 4 - Fertilizantes

Segundo os dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), 85% dos fertilizantes usados pelo agronegócio, em 2021, foram importados, ou seja, das 45,8 milhões de toneladas utilizadas no país, 39,2 milhões vieram de outros países. Os dados confirmam a dependência do Brasil de importação dos fertilizantes, portanto, sujeito a várias ameaças ao seu fornecimento, como o aumento da cotação do dólar e, mais recentemente, a guerra Rússia x Ucrânia, o que nos leva a visualizar uma estratégia para aumentar, na mineração em Goiás, a busca de minerais para fertilizantes e particularmente a obtenção do NPK.

NPK é uma sigla utilizada no agronegócio que designa a relação dos três nutrientes principais para a produção de alimentos (nitrogênio, fósforo e potássio), também chamados de macronutrientes, na composição de um fertilizante. A fórmula foi criada pelo acadêmico *Justus von Liebig*, um químico da Universidade de Bonn (Alemanha), que, no século 19, junto ao apoio de outros cientistas, possibilitou a criação do fertilizante.

O agronegócio brasileiro é extremamente dependente do uso do fertilizante NPK, para atender a demanda por alimentos e garantir a sustentabilidade da agricultura, já que os solos não possuem esses nutrientes em quantidades ideais para o desenvolvimento dos plantios, seja naturalmente ou como resultado do cultivo exaustivo no solo ou de outros fatores ambientais.

Fonte: Penteado (2010).

Cabe ressaltar que, segundo os registros de arrecadação de CFEM da ANM, os municípios que produzem fosfato são Ouvidor e Catalão, cujas composições de emprego formal foram analisadas na cadeia do nióbio. No geral, percebeu-se que Catalão apresenta uma composição de emprego mais diversificada, em razão de ser uma cidade de maior porte, e que Ouvidor possui certa concentração no setor de fabricação de produtos da extração mineral e, na dinâmica recente, no setor extrativo mineral.

2.1.4.2 Calcário

Considerando que 25 municípios goianos apresentam registros de operação mineral com calcário, com a finalidade de estimar o emprego formal nestes, foram considerados apenas os 10 maiores municípios mineradores em termos do valor da produção mineral, que responderam, em 2022, por aproximadamente 86% do desse valor no estado.

Não obstante a essa capilaridade em termos de produção, os indicadores demonstram que o setor de extração mineral e beneficiamento de calcário responde por uma parcela reduzida do emprego formal, que apresenta estabilidade em seu valor relativo ao longo dos anos, orbitando por volta de 6% e 7%, entre 2005 e 2021. Os subsetores de maior participação são extração de minerais não-metálicos e fabricação de produtos dos minerais não metálicos (Tabela 34).

Tabela 34 - Composição do emprego formal nos 10 municípios com maior VPM de calcário (2021-2005)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração mineral	1967	4,60%	1633	4,56%	1429	4,43%	942	4,43%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	746	1,80%	820	2,29%	638	1,98%	266	1,25%
Adm. Pública	9535	22,50%	8987	25,09%	8844	27,40%	5931	27,87%
Agropecuária	7794	18,40%	5691	15,89%	4453	13,80%	4927	23,15%
Com.Varejista	7293	17,20%	7226	20,17%	6005	18,60%	3220	15,13%
Fabricação de coque, derivados do petróleo e biocombustíveis	1482	3,50%	1622	4,53%	1795	5,56%	282	1,33%
Transporte	902	2,10%	1196	3,34%	1127	3,49%	841	3,95%
Indústria de Transformação (incluindo transformação e beneficiamento mineral)	3986	9,40%	3462	9,67%	3837	11,89%	1070	5,03%

Fonte: RAIS/MTE.

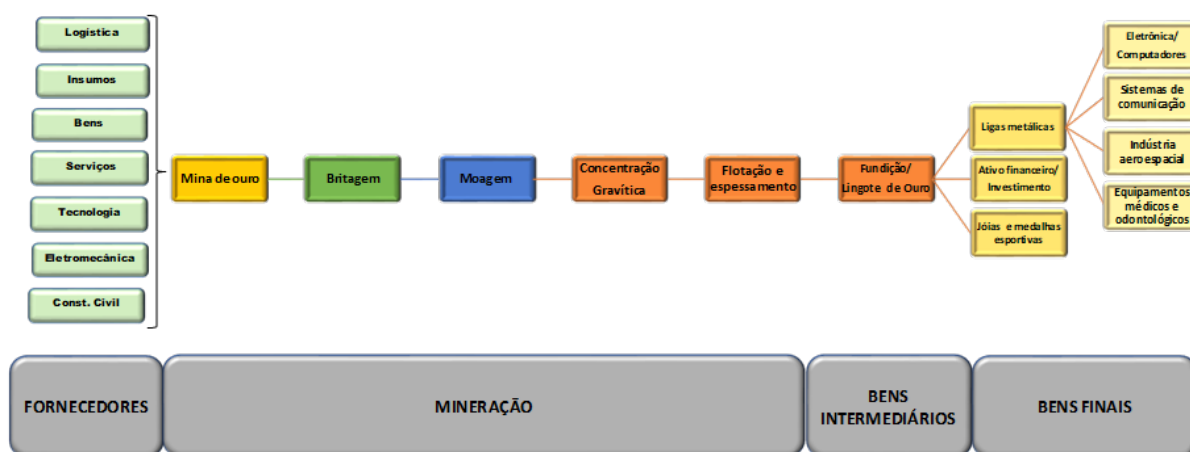
O setor de administração pública, agropecuária e comércio varejista tem maiores participações nos municípios produtores de calcário, sendo o maior empregador o setor de administração pública. Percebe-se como, nestes municípios, a participação do setor agropecuário é mais pujante, o que permite sugerir uma relação entre a dinâmica da atividade agropecuária e a produção de calcário. Por fim, o setor da indústria de transformação apresenta participação de 9,4% no total.

Com isso, é possível perceber maior participação da produção goiana na oferta interna de calcário, o que pode representar uma vantagem competitiva do estado na produção deste mineral. Além disso, haja vista que o valor de operação de Goiás cresceu em proporção muito superior à média nacional, à de Minas Gerais e à de Mato Grosso³⁶, e sob a hipótese de que este ritmo de crescimento se mantenha, em alguns anos, o estado pode se tornar o maior produtor nacional de calcário, evidenciando uma vantagem comparativa na produção do minério.

2.1.5 Cadeia dos bens minerais preciosos – Ouro

A cadeia produtiva do ouro, no caso de Goiás, vai até a fundição e a obtenção do lingote (Figura 72).

Figura 72 - Cadeia produtiva do minério do ouro



Fonte: PEM-2030, com complemento e ajustes dos autores.

36 Comparando os valores de operação de 2022 e 2004 para averiguar o crescimento, verificamos que a produção do Brasil, de Minas Gerais e Mato Grosso cresceram 12,4, 10,6 e 11,3 vezes, respectivamente, enquanto a de Goiás cresceu 76 vezes.

Além de sua alta liquidez como ativo financeiro, o ouro permite fundir ligas cuja estrutura não se altera na presença de substâncias químicas, e a sua utilização em bens finais cria produtos de alto valor agregado em eletrônica, computadores e até na indústria aeroespacial, entre outras, o que permite a geração e potencialização de riquezas a partir desse minério.

Quanto à composição do emprego em Crixás, maior produtor estadual, verifica-se que o setor de extração mineral e beneficiamento corresponde por parte significativa do emprego formal no município: passou de 21%, em 2005, atingiu o pico de 28% em 2010 e, nos quinquênios seguintes, 24% e 27%, respectivamente (Tabela 35).

Tabela 35 - Emprego formal em Crixás (2021-2005)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração mineral e beneficiamento	1686	25,3%	1228	22,9%	1215	27,2%	664	20,5%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	37	0,6%	50	0,9%	36	0,8%	15	0,5%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	434	6,5%	264	4,9%	134	3,0%	102	3,1%
Administração pública	858	12,9%	1319	24,6%	702	15,7%	736	22,7%
Comércio Varejista	586	8,8%	786	14,7%	500	11,2%	185	5,7%
Agropecuária	364	5,5%	359	6,7%	313	7,0%	590	18,2%
Alimentação	164	2,5%	89	1,7%	82	1,8%	97	3,0%
Serviços de Arquitetura e Engenharia	4	0,1%	810	15,1%	1089	24,4%	-	-%

Fonte: RAIS/MTE.

Entre 2005 e 2021, o subsetor de maior importância foi o de extração de minerais metálicos, que representou aproximadamente 95% do setor de extração mineral e beneficiamento, enquanto os setores de fabricação de produtos do metal e de minerais não metálicos representaram uma parcela pequena. Quando somado ao segmento da indústria da transformação, o percentual de emprego formal passa para 33%, a maior parcela do emprego do município. Esses dados evidenciam a grande concentração do emprego no subsetor mineração

A participação dos setores de administração pública e agropecuária diminuíram em relação ao total, enquanto o setor de alimentação manteve uma participação estável, oscilando entre 2% e 3%. Já o setor de serviços de arquitetura e engenharia apresentou uma participação

Pela perspectiva do emprego formal nos municípios com produção de minérios para construção civil, de modo semelhante à análise feita para o calcário, foram selecionados os principais municípios com participação no VPM para estas substâncias, resultando em 20 cidades. A análise realizada na Tabela 36 leva em consideração o somatório do emprego nestas 20 cidades³⁷.

Tabela 36 - Emprego formal nas principais cidades produtores de minerais para construção civil, GO (2021-2005)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração Mineral, fabricação de produtos de minerais metálicos, não-metálicos e metalurgia	6.834	1,8%	8.695	2,4%	8.085	2,6%	5.241	2,5%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	61.424	15,9%	63.725	17,8%	63.364	20,8%	37.526	18,0%
Agropecuária	60.973	15,8%	53.715	15,0%	50.326	16,5%	37.977	18,3%
Comércio Varejista	58.531	15,2%	62.131	17,4%	52.793	17,3%	32.860	15,8%
Adm. Pública	39.190	10,2%	42.615	11,9%	35.183	11,5%	28.152	13,5%
Fabricação de produtos alimentícios	26.831	7,0%	30.069	8,4%	29.916	9,8%	21.669	10,4%
Transporte Terrestre	16.795	4,4%	13.668	3,8%	13.313	4,4%	7.037	3,4%

Fonte: RAIS/MTE.

Os dados revelam que o setor de extração mineral e de beneficiamento nos municípios produtores responde por parcela bem reduzida no total do emprego formal. Nesse setor, a participação tem apresentado declínio desde 2005, passando de 2,5% em participação relativa para 1,8% em 2021, com participação dos subsetores de extração de minerais não metálicos, fabricação de produtos do metal e fabricação de produtos de minerais não-metálicos. É provável que esses dados de emprego estejam subestimados, uma vez que há muita informalidade nesse segmento, o que requer estudos adicionais.

Em contrapartida, nestas cidades, a indústria de transformação representa parcela expressiva do emprego, juntamente à agropecuária e ao comércio varejista. Estes três setores, juntos, corresponderam por aproximadamente 47% do total do emprego nos municípios em questão. Além disso, também se notou que o setor de fabricação de produtos alimentícios é o que emprega parcela relevante do emprego formal, sendo de 10,4% em 2005 e de 7% em

37 São elas: Abadiânia, Alvorada do Norte, Catalão, Cristalina, Cumari, Formosa, Guapó, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Luziânia, Montividiu do Norte, Padre Bernardo, Panamá, Piracanjuba, Porangatu, Portelândia, Professor Jamil, Rio Verde, Santa Helena de Goiás e São Simão.

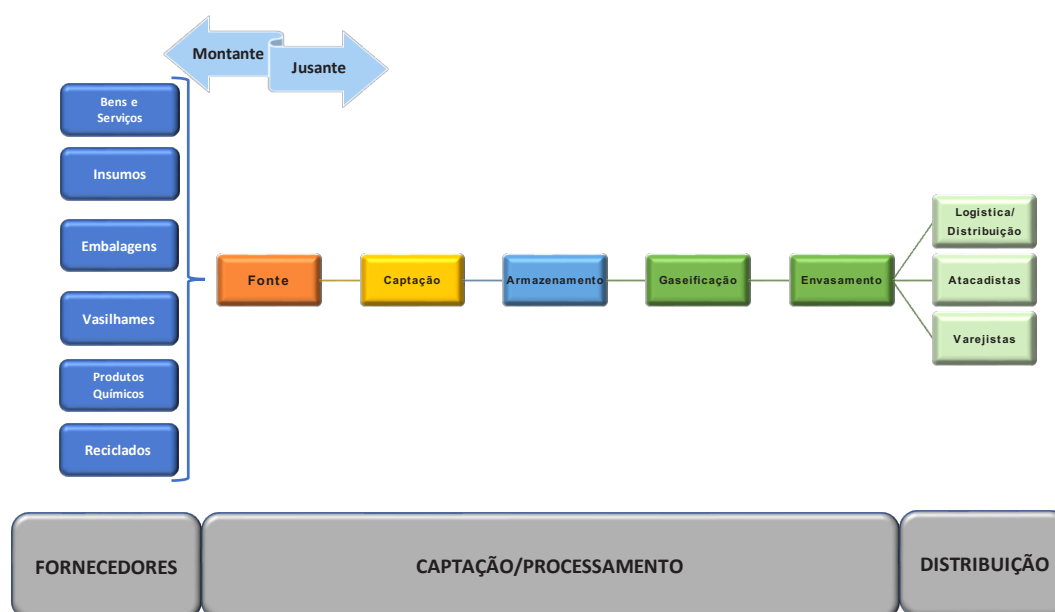
2021. Provavelmente, estas cidades, por se localizarem próximas de centros urbanos, têm suas fontes de emprego principais em outros setores.

O mercado de agregados para construção civil é caracterizado pela alta demanda em termos de quantidade e baixo valor agregado (Ibram, 2022), além do consumo realizado em mercados locais, geralmente localizados a um raio de pelo menos 100 quilômetros. Essa informação é reforçada por outras referências, como Tibiriçá (2018), o qual afirma que, no setor de produção de areia, uma característica importante é a extração por demanda e a produção menos condicionada ao mercado externo e mais conectada à demanda gerada pela construção civil (juntamente ao cimento e ao calcário), como em construção de habitações, edificações e pavimentação asfáltica. Outra característica é o baixo emprego tecnológico, em razão de sua extração simplificada. Por fim, outra característica é empregar um contingente elevado de mão de obra informal, tornando o controle e a fiscalização sobre as etapas produtivas difíceis de ser realizados.

2.1.7 Cadeia das águas minerais

A água mineral é um bem cuja demanda é crescente e sua cadeia produtiva, ao contrário da grande maioria dos minérios extraídos e de forma semelhante à da construção civil, tem todas as suas etapas realizadas no território goiano (Figura 74).

Figura 74 - Cadeia produtiva das águas minerais



Fonte: PEM-2030, com complementos e ajustes dos autores.

Ganha importância as atividades de fornecimento de insumo, de apoio ao envase e de reaproveitamento dos vasilhames no processo. Mas, como a atividade é de pequeno porte, isso não se reflete no emprego formal. Como a produção é difusa em diversos municípios, selecionou-se os seis municípios com maiores valores da produção, em 2022, que representaram 92% do total (Tabela 37).

Tabela 37 - Composição do emprego formal nos principais municípios produtores de água mineral, GO (2021-2005)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração Mineral, fabricação de produtos de minerais metálicos, não-metálicos e metalurgia	2.149	1,6%	2.405	2,0%	2.050	2,0%	1.448	2,0%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	14.359	11,0%	14.014	11,7%	17.518	17,2%	24.664	34,1%
Agropecuária	10.805	8,3%	9.018	7,5%	9.018	8,9%	7.567	10,5%
Comércio Varejista	23.960	18,3%	18.808	15,7%	18.808	18,5%	12.451	17,2%
Adm. Pública	14.873	11,4%	12.529	10,5%	12.529	12,3%	10.085	14,0%
Fabricação de produtos alimentícios	5.964	4,6%	5.460	4,6%	7.570	7,5%	5.962	8,3%
Serviços de escritório e apoio administrativo	7.675	5,9%	2.103	1,8%	2.578	2,5%	2.901	4,0%

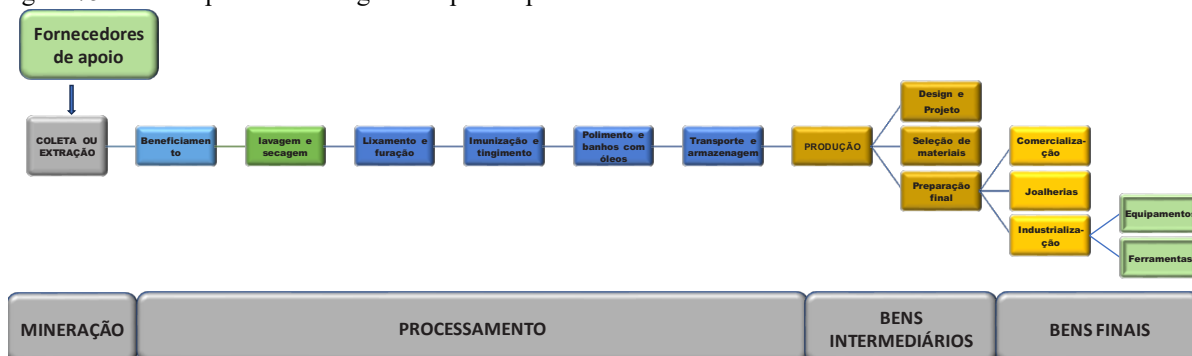
Fonte: RAIS/MTE.

Assim, o setor de extração mineral e beneficiamento responde por um percentual reduzido do total do emprego formal nesses municípios: de 1,6% em 2021. O setor de maior participação é o de comércio varejista, representando 18,3%. Além disso, o setor da indústria de transformação apresenta também representa uma parcela importante do emprego total, de 11%, apesar de experimentar um acentuado declínio, em termos absolutos e relativos, em relação a 2005, quando sua participação era de 34,1%. Por fim, os outros setores com participação importante na composição total do emprego foram o de administração pública, fabricação de produtos alimentícios e serviços de escritório, que apresentou crescimento absoluto e relativo entre 2005 e 2021.

2.1.8 Cadeia das gemas e pedras preciosas

A Figura 75 é uma representação a cadeia produtiva das gemas e pedras preciosas.

Figura 75 - Cadeia produtiva das gemas e pedras preciosas



Fonte: PEM-2030, com complementos e ajustes dos autores.

Chama atenção os seguintes aspectos:

- O processamento de gemas e pedras preciosas ocupa um espaço considerável no beneficiamento da matéria prima;
- A partir desse beneficiamento há possibilidade de elaboração de projetos de produtos, seleção de materiais, comercialização de gemas e pedras e sua destinação para o uso na cadeia de joias, bem como utilização na indústria da fabricação de ferramentas diversas, como materiais de corte, entre outros;
- Destaca-se o alto valor agregado na produção de joias e ferramentas especiais de corte e equipamentos mecânicos.

Em síntese, como considerações desta seção, pode-se destacar:

- No mercado de **minerais metálicos**, os principais municípios são Alto Horizonte (cobre) e Barro Alto (níquel e bauxita), os quais concentram aproximadamente 40% da operação mineral do estado de Goiás; nestes, a participação do emprego direto na indústria extrativa mineral e no beneficiamento mineral é elevada em comparação com a média estadual, orbitando em torno de 30%. Pela análise das pautas de exportação, verifica-se grande participação da exportação do cobre bruto e de ligas de ferroníquel, de onde se infere que as cadeias produtivas destes bens minerais estão concentradas nas etapas extrativas e/ou de baixa agregação de valor. Dada a tendência de elevação

da demanda internacional pelos minérios relevantes para a eletrificação e para a descarbonização, pode haver aumento da demanda por estes minérios (Ibram, 2021).

- No mercado de **minerais estratégicos/críticos**, o grande destaque é o nióbio, cuja operação ocorre em Catalão e Ouvidor. Goiás é o estado com maior VPM para o nióbio (R\$ 558 milhões no estado e R\$1 bilhão de operação a nível nacional), mineral sobre o qual o Brasil tem vantagem comparativa, por deter mais de 90% das reservas internacionais do minério e ser o maior produtor internacional. Ao analisar a composição formal do emprego nos dois municípios, nota-se que em Catalão há pequena participação do setor extrativo mineral (3,6%), com participação maior das indústrias de transformação, sobretudo produtos químicos e fabricação de automóveis, enquanto em Ouvidor há predomínio dos empregos de extração e beneficiamento mineral (mais de 40%), seguido bem de perto da indústria de transformação. Isso indica que a cadeia desse bem está mais adensada, como o caso do ferronióbio. O que é confirmado pelas pautas de exportação desses municípios, em que há predomínio das ligas de ferronióbio como principal produto mineral exportado. O nióbio também representa um mineral importante para a descarbonização, sobretudo na produção de baterias elétricas para veículos, e isso confere uma oportunidade interessante ao crescimento da sua demanda nos próximos anos.
- Em relação aos **minerais não-metálicos**, percebe-se que os municípios nos quais ocorre a produção, a participação do setor extrativo mineral no emprego formal é mais reduzida do que em relação aos metálicos, sendo de, no máximo, 9.5% no caso de Minaçu (amianto) em 2021. A produção do minério é controversa em razão das decisões judiciais e das enfermidades respiratórias graves geradas pela exposição prolongada ao material. No caso da vermiculita, produzida em São Luís de Montes Belos, Goiás é o maior produtor nacional, respondendo pela quase totalidade da operação nacional deste mineral.
- No que se refere aos **agrominerais**, tem-se como principal destaque a produção de calcário e fosfato. O calcário é produzido em diversos municípios, sobretudo aqueles da microrregião do Entorno do Distrito Federal, e representa o terceiro mineral de maior VPM em 2022; nestes, a participação dos empregos nos setores de extração e beneficiamento mineral foi de aproximadamente 6,1% em 2021, havendo participação maior de administração pública, comércio varejista e agropecuária. Os dois minerais,

com base na literatura e na análise das pautas de exportação, parecem ter o consumo realizado no mercado interno para abastecer os setores de agropecuária e construção civil. Dada a dependência internacional do Brasil (sobretudo dos estados que são grandes produtores agropecuários) pelo fornecimento de fertilizantes, é estratégico planejar e implementar táticas para aumentar o fornecimento interno destes produtos, cuja demanda tende a crescer com o crescimento da produção agrícola.

- A operação **mineral de ouro** é concentrada principalmente em Crixás, município no qual o mercado de trabalho formal é ocupado por uma parcela expressiva de empregos na indústria extrativa mineral (26,5% em 2021). A análise das exportações revela que o valor exportado é superior ao VPM mineral do ouro, de onde se deduz que pode haver fluxos interestaduais de ouro não registrados oficialmente que ocasionam a discrepância entre os registros das duas bases. Ademais, verificou-se que o ouro é exportado principalmente em forma bruta para usos não monetários.
- Nos municípios que produzem **agregados para construção civil e águas minerais**, a participação dos empregos de extração e beneficiamento mineral são bastante reduzidos, orbitando por volta de 1,8% do total e havendo participação mais elevada de outros setores, como indústria de transformação e comércio. A distribuição espacial da produção é mais elevada em comparação aos minerais metálicos e o consumo destes bens se dá sobretudo no mercado interno, impulsionada pelo avanço da construção civil;
- Quanto às **gemas e demais pedras preciosas**, caracteriza-se pela informalidade e pela produção realizada com baixa dotação de capital e intensa utilização de mão de obra, organizada em forma de cooperativas. Estes minérios tendem a se organizar em volta de arranjos produtivos locais, como no caso de Cristalina e Pirenópolis. Além disso, em razão da informalidade associada à sua produção e comercialização, não é possível ter registros precisos de seu valor de operação pelos dados oficiais da ANM.



2.2 Cadeias Produtivas da Mineração e o Emprego na Dimensão Estadual

Para avaliar o efetivo potencial de geração de emprego das distintas cadeias minerais na dimensão estadual, além da natureza do bem mineral e da possibilidade de gerar conexões produtivas à montante e à jusante, é necessário considerar a abrangência da análise, isto é, se a abordagem do emprego deve ser feita em nível municipal, regional ou estadual. Como ficou explícito na seção anterior, o peso do setor é bem distinto para cada um desses níveis – enquanto no município a participação do contingente de emprego nos setores de extração e beneficiamento mineral é bastante significativa, como ocorre nos casos dos minerais metálicos cobre e níquel, a nível estadual, esta participação decresce em comparação a outros setores, como será demonstrado nas próximas sessões.

2.2.1 O emprego na mineração na perspectiva estadual

2.2.1.1 Composição do emprego no estado de Goiás

Na escala estadual, a geração de emprego e renda decorrente da ampliação da atividade mineral - representada pelo maior número de geólogos, técnicos, administradores, operadores de maquinário, entre outros empregos - revela um potencial reduzido. Isto é, a porcentagem de trabalhadores em empregos na atividade mineral em comparação ao total de empregos gerados no estado é pequena, principalmente quando comparada aos outros setores da economia estadual, como a indústria de transformação, do comércio e da agropecuária, entre outros (Tabela 38). Situação distinta das esferas municipais, sobretudo aquelas com maior participação da indústria extrativa mineral em seu PIB.

Tabela 38 - Emprego formal - absoluto e percentual em GO (2005-2021) (continua)

Setor	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Extração Mineral	10970	0,5%	12068	0,5%	9321	0,5%	6944	0,5%
Fabricação de Produtos de Metálicos, não metálicos e metalurgia	37917	1,6%	43042	1,8%	38389	1,9%	26340	1,9%
Indústria de Transformação (incluindo fabricação de produtos de minerais)	373363	15,6%	385634	16,3%	346802	16,8%	227994	16,5%
Adm. Pública	365750	15,3%	390049	16,5%	395559	19,1%	280232	20,2%
Com. Varejista e atacado	418443	17,5%	427499	18,1%	352556	17,0%	228233	16,5%

Tabela 38 - Emprego formal - absoluto e percentual em GO (2005-2021) (conclusão)

Sector	2021	(%)	2015	(%)	2010	(%)	2005	(%)
Agropecuária	179174	7,5%	162500	6,9%	156700	7,6%	117403	8,5%
Alimentos	134026	5,6%	131367	5,6%	114362	5,5%	89792	6,5%
C. Civil	64023	2,7%	95474	4,0%	96827	4,7%	81748	5,9%

Fonte: RAIS/MTE.

Quando a mineração é comparada aos principais setores que empregam formalmente no estado, verifica-se que, apesar do crescimento em números absoluto ao longo dos anos, passado de 34 mil para quase 50 mil empregados, a participação percentual (o emprego formal no setor dividido pelo emprego formal total no estado no ano de referência) sofreu leve queda e se mantém em patamares baixos, sendo de 2,4%, em 2005 e 2%, em 2021, segundo o Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS/MTE).

Além disso, ao subdividir os empregos relacionados à mineração entre aqueles exclusivos da extração mineral e os relacionados a algum tipo de transformação mineral, ou seja, fabricação de produtos de minerais metálicos e não metálicos, metalurgia básica e fabricação de produtos do metal, exceto máquinas e equipamentos, verifica-se que por volta de 79% do emprego do setor se concentra nas atividades que agregam valor à matéria-prima extraída, ao passo que os empregos extrativos respondem, em média, por 21% do total de empregos (Tabela 39).

Tabela 39 - Empregos na extração mineral e na fabricação de produtos, metal e metalurgia em Goiás (2021-2005)

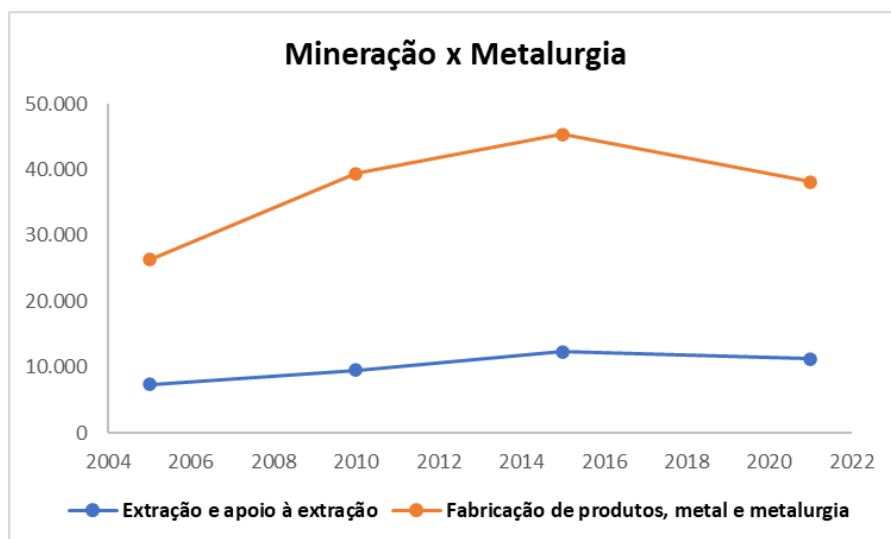
Ano	Extração e apoio à extração		Fabricação de produtos, metal e metalurgia	
2005	6.944	20,9%	26.340	79,1%
2010	10.038	20,3%	39.389	79,7%
2015	12.351	22,3%	43.042	77,7%
2021	11.179	22,8%	37.917	77,2%

Fonte: RAIS/MTE.

Embora a extração de minérios seja a base para a estruturação de outras cadeias, a atividade extrativa, por si só, tem potencial reduzido de geração de emprego, já que, como ficou evidenciado pela descrição das cadeias produtivas, a maior parte do emprego do setor mineral se concentra nas etapas de transformação de produtos, o que reforça a necessidade de se incrementar os encadeamentos setoriais, a fim de expandir a oferta de emprego e proporcionar aumento de renda (Figura 76).



Figura 76 - Relação entre empregos na extração e fabricação mecânica (2005-2021)



Fonte: MTE, dados da RAIS.

Conforme informações da Tabela 40 e Figura 74, a fabricação de produtos de metal e metalurgia representa, em média, 3,7 vezes os empregos gerados diretamente na extração mineral. De fato, a fabricação de produtos de metal e metalurgia atende não somente aos projetos minerais do Estado, mas a todos os outros segmentos da indústria goiana que demandam bens e serviços do setor. Interessante também notar que os dois setores parecem ser sensíveis à variação de um em relação ao outro.

Partindo dos empregos diretos na mineração e o seu efeito multiplicador no Estado, verifica-se que o total de empregos gerados de 2005 a 2021 representam em média 20% dos empregos totais que são informados pela RAIS, indicando o alcance que a mineração tem no desenvolvimento local, que inclui a sua cadeia dentro de Goiás.

Tabela 40 - Estado de Goiás: Empregos gerados a partir da mineração

Goiás / Empregos a partir da Mineração

Ano	Extr. Mineral e Ben.	Terceirizados	Indiretos	Induzidos	Total	Total (RAIS)	%
2005	33.708	21.910	79.214	15.843	150.675	788.517	19
2010	48.902	31.786	114.920	22.984	218.592	1.102.916	20
2015	55.690	36.199	130.872	26.174	248.934	1.182.213	21
2021	49.330	32.065	115.926	23.185	220.505	1.114.915	20

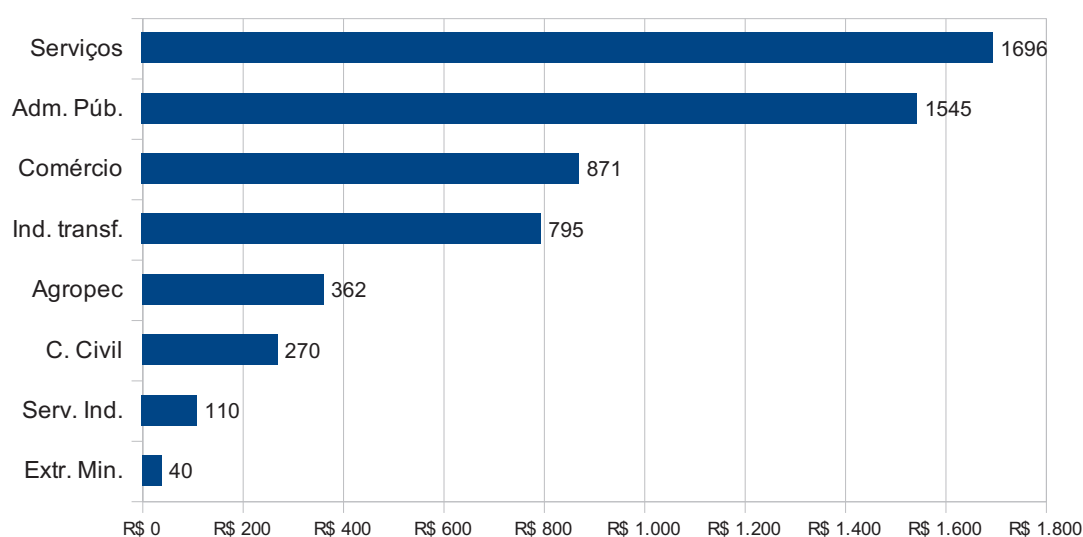
Fonte: Estimativa feita pelos autores a partir da metodologia do PEM-2030 (2014).

2.2.1.2 Massa salarial – estado de Goiás

A agregação de renda pela via do emprego formal pode também ser estimada pela massa salarial. Nesse quesito, também se verifica a contribuição limitada do setor extrativo

mineral, na escala estadual. Dentre os R\$ 5,7 bilhões médios de massa salarial que Goiás gerou, em 2021, somente R\$ 39 milhões pode ser atribuído aos empregos relacionados à mineração, enquanto as atividades industriais geraram 20 vezes mais massa salarial, quase R\$ 800 milhões (Figura 77). Como setores principais na geração de massa salarial, encontram-se serviços, administração pública e comércio, em razão (conforme visto quando da análise do emprego formal) do grande contingente de trabalhadores empregados nestes setores.

Figura 77 - Massa salarial (em milhões de R\$) por setor econômico em Goiás (2021)



Fonte: RAIS/MTE.

Tal fato, mais uma vez, reforça a necessidade de se promover os encadeamentos do setor extrativo mineral com os outros setores para a potencialização da geração de renda, como o setor de indústrias de transformação. Tanto a baixa participação setorial do emprego como a massa salarial reduzida à nível estadual demonstram a necessidade deste maior encadeamento.

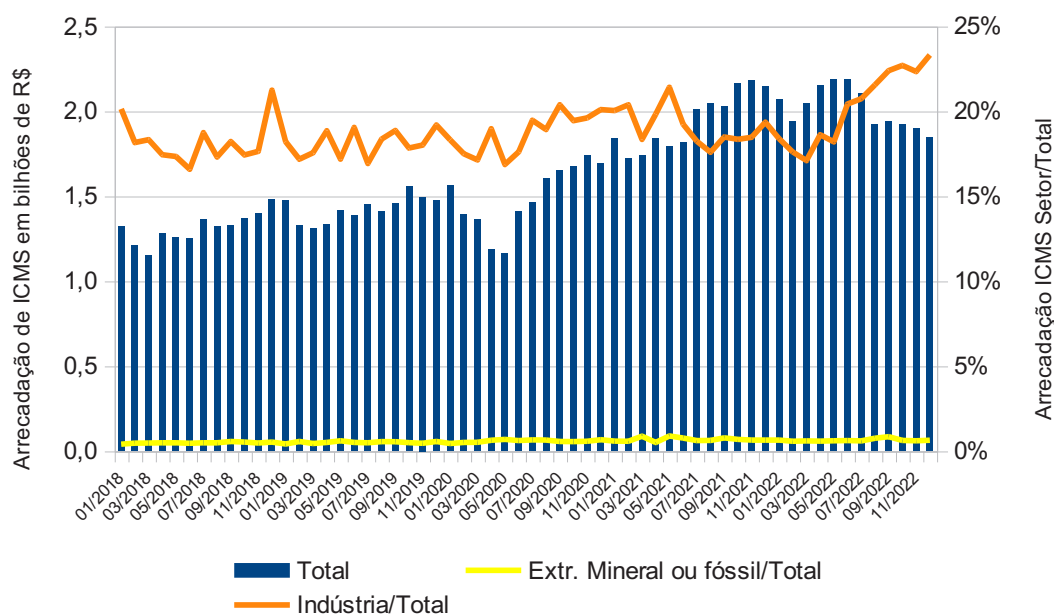
Também é possível ter uma dimensão da importância do encadeamento setorial ao se analisar a composição das receitas estaduais por setor econômico. Apesar da importância do setor extrativo mineral para os municípios, conforme demonstrado pela análise do emprego formal, quando tomado a nível agregado do estado, a arrecadação proveniente da atividade extrativa mineral é bastante reduzida, evidenciando um potencial diminuto para a geração de receitas estaduais (quando analisada isoladamente). Ao comparar, contudo, a importância de outros setores, como o de comércio, combustíveis e industrial, evidencia-se que estes são os



grandes geradores de receitas para o estado. Particularmente, com relação ao setor industrial, são estabelecidas as maiores potencialidades de encadeamentos produtivos.

Conforme a Figura 78, verifica-se como, ao longo da série histórica de arrecadação mensal de ICMS, de janeiro de 2018 até dezembro de 2022, a participação da arrecadação do tributo sobre o setor industrial em relação ao total foi bastante superior à participação do setor extrativo mineral/fóssil.

Figura 78 - Arrecadação total de ICMS, sobre a extração mineral/fóssil e sobre a indústria em Goiás (2018-2022)



Fonte: Secretaria de Estado de Economia de Goiás (arrecadação estadual).

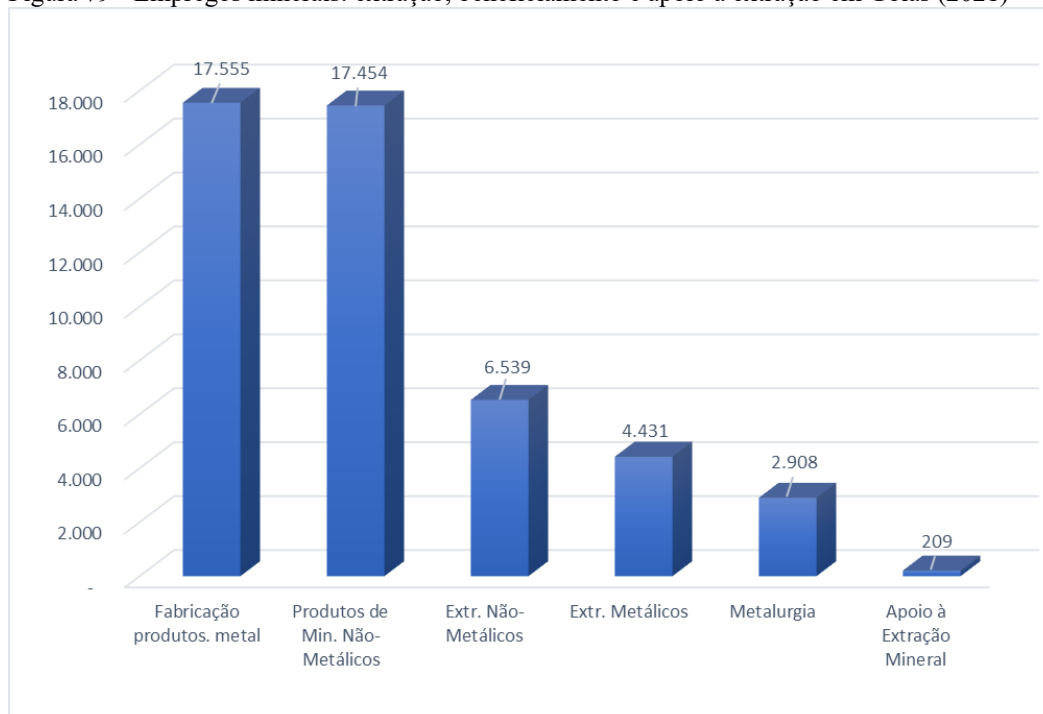
Enquanto a média para o setor industrial foi de 18,9% ao longo da série e de R\$ 310 milhões mensais em termos absolutos, as médias para o setor mineral foram de apenas 0,6% e R\$ 9,6 milhões, respectivamente. Desse modo, evidencia-se que o potencial para arrecadação de receitas tributárias também cresce com a ampliação da agregação de valor.

Ao longo da série, o ICMS sobre combustíveis era o de maior participação, seguido por comércio atacadista e indústria. A partir de setembro de 2022, estes dois últimos setores passaram a ser os de maior arrecadação absoluta e proporcional, com liderança do setor de comércio atacadista, com arrecadações de ICMS em 2022 de R\$ 4,7 bilhões e R\$ 4,8 bilhões.

Essa necessidade de encadeamento também é reforçada pelo fato de a maior parcela dos empregos gerados no setor mineral ser proveniente da fabricação de produtos metálicos e da metalurgia (Figura 79), certamente por sua vinculação à transformação do níquel e do nióbio, além de o setor como um todo atender tanto os projetos industriais de metálicos como

os não metálicos, muito embora esse último segmento seja um dos que mais emprega individualmente.

Figura 79 - Empregos minerais: extração, beneficiamento e apoio à extração em Goiás (2021)



Fonte: MTE, dados da RAIS.

2.2.2 O emprego na mineração na perspectiva municipal

2.2.2.1 Composição do emprego – município minerador

No caso dos municípios mineradores, a participação do emprego mineral na composição do emprego é bem distinta. Considerando somente os 13 principais municípios arrecadadores de CFEM, dados de 2022, que, por analogia, se compreende como sendo os de maior valor da produção mineral, constata-se uma participação mais expressiva frente ao total de empregos formais no município (Tabela 41), porém em uma amplitude muito grande de valores, que vai de aproximadamente 42%, no caso de Ouvidor, até 3%, no caso de São Luís de Montes Belos.



Tabela 41 - Empregos minerais nos principais municípios mineradores em Goiás (2021)

Município	Extr. Metálicos	Extr. Não- Metálicos	Apoio à Extração Mineral	Produtor de Min. Não- Metálicos	Metalurgia	Fabricação produtos. metal	% empregos minerais em relação ao total
Ouvidor	0	377	0	87	518	1	41,7%
Barro Alto	387	101	0	25	1.017	135	30,3%
Alto Horizonte	1.051	1	0	3	0	3	30,0%
Crixás	1.684	2	42	12	0	25	26,5%
Indiara	0	552	0	183	0	2	18,1%
Vila Propício	0	314	0	0	0	0	16,6%
Minaçu	158	412	0	0	0	32	9,5%
Cocalzinho de Goiás	0	170	0	83	0	1	9,0%
Jandaia	0	103	0	0	0	0	3,8%
Catalão	138	648	0	322	0	577	3,6%
Goiás	3	143	0	68	0	3	3,3%
Planaltina	0	117	0	220	0	9	3,2%
São Luís de Montes Belos	0	142	0	76	0	114	3,0%
GO	4431	6539	209	1.7454	2908	17.555	2,0%

Fonte: RAIS/MTE.

Em Ouvidor, a quantidade de empregados no setor de extração de minerais respondeu por 41% do total de empregos formais, enquanto em Alto Horizonte, maior polo mineral do estado, a percentagem foi de 30%. Em municípios como Goiás, Catalão, São Luís de Montes Belos e Planaltina, a participação é mais assemelhada ao estado (2%), possivelmente pela maior participação de outros setores na composição do emprego desses municípios, como a agropecuária e o comércio. No geral, é possível notar que a extração de minerais metálicos tende a representar maior valor na composição municipal do emprego.

Nota-se uma diferenciação do emprego, com alguns municípios concentrando maior contingente de mão de obra nas fases de extração, como Crixás e Alto Horizonte, enquanto outros concentram maior contingente nas etapas de beneficiamento mineral, como Barro Alto, Ouvidor e Catalão. Nos casos de Barro Alto e Ouvidor, há uma parcela expressiva empregada na metalurgia, fabricação de produtos de minerais não-metálicos (Ouvidor) e fabricação de produtos de metal (Catalão), revelando que nesses municípios a cadeia vai até as etapas de beneficiamento leve, ao menos em relação aos setores citados.

De forma ampla, a partir da análise dos dados, confirma-se uma grande concentração territorial do emprego mineral, que está associada à rigidez locacional das jazidas minerais e que configura diferentes padrões de produção mineral a depender do município e das demandas de mercado pelos minérios produzidos.

2.2.2.2 Massa salarial – município minerador

Com base no salário médio nos municípios mineradores, verifica-se que os empregos da indústria extrativa mineral (sem considerar os setores de beneficiamento mineral) geram média salarial maior do que a média dos salários gerados no município (agregando-se toda a massa salarial e dividindo pelo número de empregos) e do que a média de salário para a indústria extrativa mineral no estado de Goiás como um todo (R\$ 3.566). Desse modo, municípios como Alto Horizonte, Ouvidor e Catalão apresentam valores salariais médios bem acima da média estadual e da municipal, demonstrando que estes empregos tendem a ser mais bem remunerados do que em outros setores, como de comércio e atividades agropecuárias. Uma hipótese para este fato é a pouca utilização de mão de obra neste setor, isto é, são poucos empregos gerados, mas muito bem remunerados. Com isso, é possível concluir que os ganhos em salário e emprego a partir da atividade de extração mineral tendem a ser bastante concentrados (Tabela 42).



Tabela 42 - Média salarial por setor e por município minerador (2021)

Unidade Territorial	Extr. Min.	Ind. transf.	Serv. Ind.	C. Civil	Comércio	Serviços	Adm. Púb.	Agropec.	Média do município
Pilar de Goiás	4.459	1.444	-	1.118	2.579	1.233	1.808	1.626	3.151
Alto Horizonte	5.349	1.355	1.123	3.319	3.075	1.390	2.962	1.537	3.463
Crixás	4.408	1.871	-	3.186	1.403	2.101	2.405	1.713	2.901
Vila Propício	2.919	-	-	-	1.218	1.091	1.894	1.726	1.918
Ouvidor	6.266	5.394	1.647	2.608	1.346	1.669	3.977	1.627	4.085
Indiara	2.571	1.756	-	919	1.497	1.660	2.664	1.762	1.922
Minaçu	4.552	1.276	9.668	2.291	1.421	1.828	2.609	1.412	2.459
Barro Alto	2.529	4.564	15.777	976	1.357	1.842	2.139	1.577	2.517
Cocalzinho de Goiás	2.321	1.889	-	1.560	1.355	1.805	2.597	1.439	1.912
Jandaia	1.993	2.616	-	-	1.884	1.777	2.562	1.876	2.425
Goiás	2.583	666	4.151	1.518	1.486	2.450	2.481	1.772	2.042
Catalão	4.721	3.044	1.577	2.198	1.724	2.135	3.839	2.007	2.401
São Luís de Montes Belos	2.872	1.444	-	1.715	1.568	1.965	2.962	1.728	1.810
Planaltina	2.507	2.155	1.440	1.088	1.405	1.586	2.913	1.824	1.954
GO	3.566	2.130	4.358	1.900	1.798	2.088	4.244	1.988	2.376

Fonte: RAIS/MTE.

Portanto, o emprego proveniente do setor mineral em Goiás é setorialmente e espacialmente concentrado, ou seja, embora gere altos salários, esses são poucos e não se irradiam para outros segmentos, exceto para aquelas categorias de bens que têm possibilidade de gerar efeitos de encadeamento. Por conseguinte, o emprego é também concentrado espacialmente, para aqueles municípios que concentram a atividade de extração mineral.

2.3 Agregação de Valor e Geração de Renda na Cadeia Mineral

Os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA/IBGE) para o ano de 2020 apresenta indicadores relevantes para determinar as potencialidades do emprego, tais como:

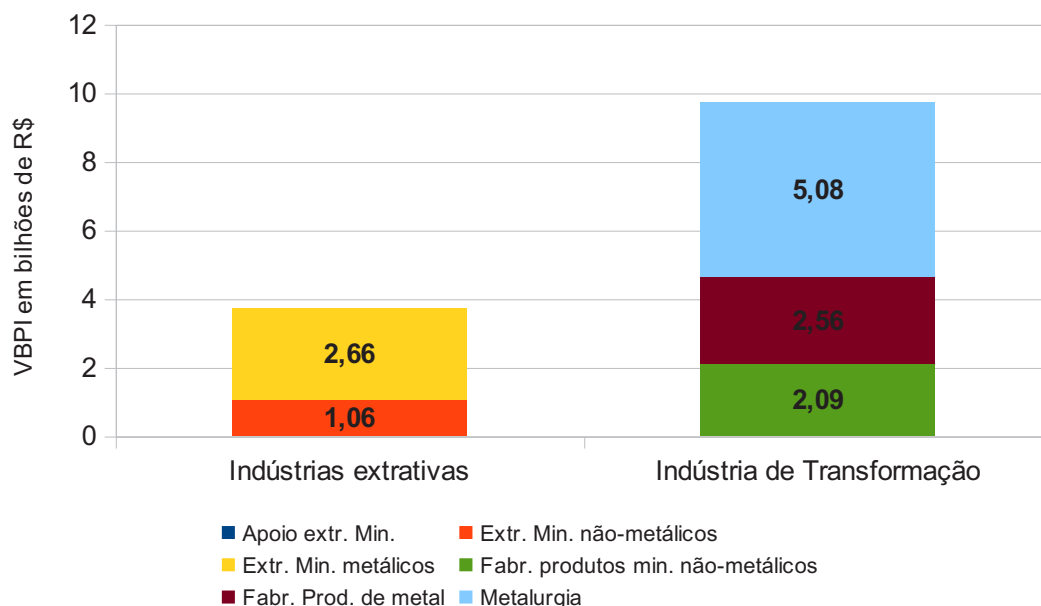
- Remuneração Média por Empregado: Salários, Retiradas e Remunerações sobre total de empregados por setor (dado em mil R\$ anuais);
- Valor da Produção por Empregado: Valor Bruto da Produção (VBP) no Setor sobre total de empregos no setor (dado em milhões de R\$ anuais);
- Emprego Necessário para gerar um milhão em VBP: Relação proporcional entre VBP no setor e empregos totais no setor.

Foi possível obter os seguintes achados:

- Contrapondo a extração mineral e a transformação de produtos minerais (fabricação de produtos de minerais metálicos e não metálicos e metalurgia), ficou evidente que esta última categoria tem mais potencial de gerar Valor Bruto de Produção Industrial (VBPI). Em 2020, a extração mineral foi responsável por aproximadamente R\$ 3,7 bilhões em VBPI, sendo R\$ 2,6 bilhões em extração de minerais metálicos, R\$ 1 bilhão em não metálicos e aproximadamente R\$ 8 milhões em atividades de apoio. Já a transformação mineral gerou o montante de R\$ 9,7 bilhões em VBPI total, sendo aproximadamente R\$ 5 bilhões no setor de metalurgia, R\$ 2,5 bilhões na fabricação de produtos do metal (exceto máquinas e equipamentos) e aproximadamente R\$ 2 bilhões na fabricação de produtos de minerais não metálicos (Figura 80). Com isso, fica claro que o potencial de geração de valor é maior nas etapas de transformação de matérias-primas, sobretudo fabricação de produtos e metalurgia.



Figura 80 - Valor Bruto da Produção Industrial (VBPI) por indústria extrativa e de transformação e seus subsetores (mineração), Goiás (2020)



Fonte: Pesquisa Industrial Anual (PIA/IBGE).

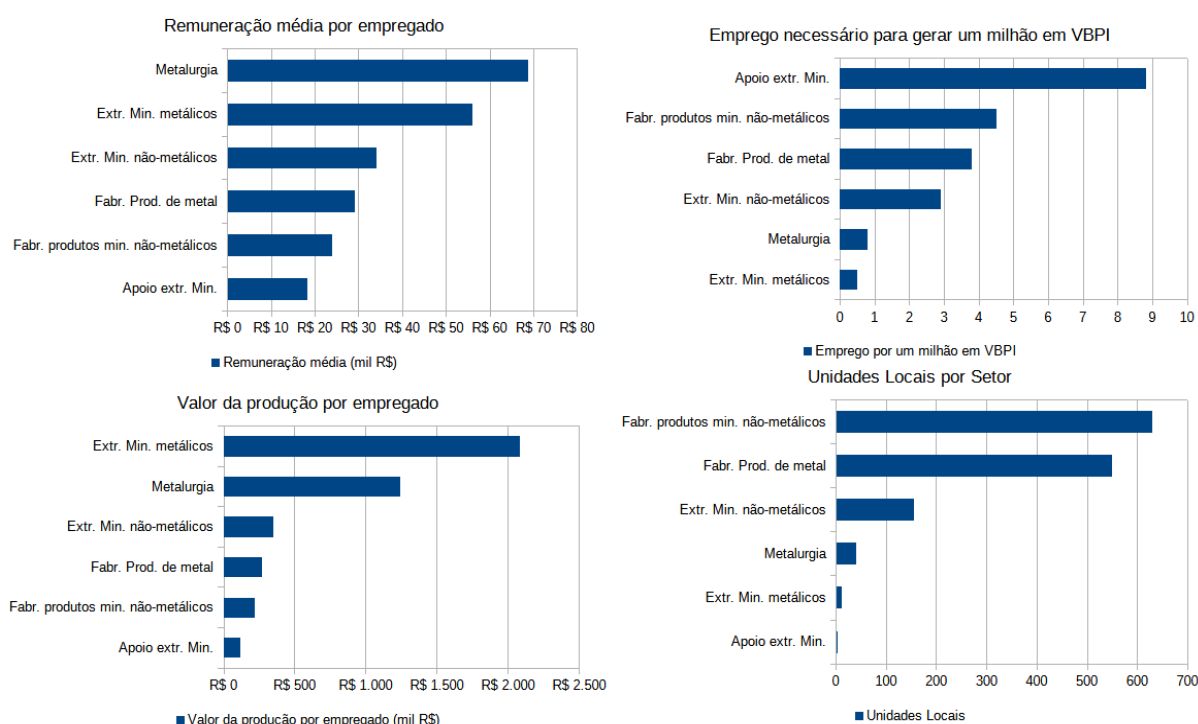
- Os dados de remuneração média por empregado revelam que os setores de maior remuneração são metalurgia e extração de minerais metálicos, cuja média salarial anual é superior a R\$ 55 mil anuais. Isso ocorre devido à reduzida quantidade de emprego de mão de obra nestes setores, conforme demonstrado pelas estatísticas de emprego formal da RAIS, o que faz com que a média salarial seja mais elevada.

- Estimativa semelhante de remuneração média por empregado pode ser obtida a partir da RAIS, em que a remuneração média, em salários-mínimos (s.m.) equivalentes, é mais elevada para o setor de metalurgia e extração de minerais metálicos (4,3 e 4,2 s.m, respectivamente), enquanto os setores extração de minerais não metálicos, fabricação de produtos do metal e de não metálicos registram valores de 2,6, 1,9 e 1,5 s.m, respectivamente.

- O valor gerado por empregado também é bastante superior nesses dois setores em comparativamente aos demais, com destaque para a extração de minerais metálicos. Isso ocorre por duas razões: 1) pela natureza intensiva em capital dos empregos na extração mineral, que conferem alta produtividade média do trabalho; e 2) pelo baixo contingente absoluto de trabalhadores empregados, que juntos ocasionam valor de produção por empregado superior a R\$ 2 milhões anuais no setor extrativo e de aproximadamente R\$ 1,2 milhão no setor de metalurgia (Figura 81). Por uma outra perspectiva, é possível perceber que

o número de unidades que fabricam produtos de minerais metálicos e não metálicos é amplamente superior aos setores de extração e metalurgia (dado pelos diferenciais de unidades locais que representam o número unidades produtivas registrados pela PIA em Goiás).

Figura 81 - Indicadores selecionados para o setor extrativo mineral e de transformação mineral, Goiás (2020)



Fonte: Pesquisa Industrial Anual (PIA/IBGE).

Por fim, considerando o emprego necessário para gerar R\$ 1 milhão em VBPI, verifica-se grande participação das atividades de apoio à extração de minerais (8,8 empregos) e fabricação de produtos de minerais não metálicos (4,5 empregos) e metálicos (3,8 empregos). Ao mesmo tempo, as atividades de metalurgia e extração de minerais metálicos são as que menos necessitam de emprego para gerar R\$ 1 milhão em VBPI, pelo fato de serem intensivas em capital.

É interessante notar que as atividades de fabricação de produtos minerais (indústria de transformação mineral) geram maior VBPI, conforme verificado na Figura 38, que informa que a soma das duas atividades gera aproximadamente R\$ 4,6 bilhões, contra R\$ 3,7 da extração de minerais, além de maior emprego total, culminando também em maior quantidade de empregos por milhão de VBPI.



Dessa forma, é importante que esses indicadores sejam analisados conjuntamente às perspectivas de crescimento de cada um dos setores na cadeia produtiva mineral, identificando as potencialidades de cada um, os pontos positivos e negativos associados a cada setor e em cada localidade.

2.4 As Novas Tendências e as Cadeias da Mineração com Potencial de Crescimento em Goiás

Vários estudos (Islam; Sohag; Alam, 2022; Church; Crawford, 2020) demonstram que a demanda por bens minerais vem passando por processo de intensas mudanças, sobretudo em razão da transição energética, para produção de bens como baterias elétricas, painéis fotovoltaicos e turbinas para energia eólica. Essas novas tendências afetam a perspectivas de que a produção mineral de Goiás possa avançar em sua cadeia. Com base nisso, o Quadro 1 reúne as principais novas tendências com as perspectivas para as cadeias minerais em Goiás.

Quadro 1 - Tendências e perspectivas para cadeias minerais em Goiás

Novas tendências	Perspectivas de avanços na cadeia mineral de Goiás
Descarbonização	Aumento da demanda por insumos, mas não por produtos finais. São os grandes centros industriais é que dominam a tecnologia. Pergunta: até qual estágio de agregação de valor o cobre, o níquel e o nióbio podem avançar? Qual a quantidade de emprego que esse avanço agrega ou diminui?
Incremento da automação nos processos, levando à intensificação de sistemas autônomos potencializados pelos avanços da indústria 4.0	Implica em redução dos custos de produção das empresas, contribui para reduzir os impactos ambientais (menos emissão de CO ² , de consumo de água, de uso de recursos etc.), mas também reduz a demanda de mão de obra, a massa salarial. Pergunta: quais as cadeias com maior incremento da indústria 4.0?
Intensificação dos conceitos e práticas ESG (<i>Environment, Society and Governance</i>)	Essa tendência contribui para a melhor percepção da atividade mineral, mas impacta negativamente na produção do amianto.
Economia Circular e Reaproveitamento de rejeitos	Há exemplos muito inspiradores realizados por empresas que exploram bauxita e cobre em Goiás.
Nova geopolítica dos agrominerais após a Guerra na Ucrânia	Ficou evidente a vulnerabilidade nacional e a necessidade de ampliar o suprimento de agrominerais.
Novos investimentos do setor privado (projeções do IBRAM)	Identificar para quais minerais e ver a projeção do emprego.
Novos investimentos em pesquisa e geologia mineral (CPRM e SEI)	Idem.

Fonte: Elaboração dos autores.

As tecnologias de energias limpas para tal transformação vêm exigindo um aumento estimado da produção global de até 500% em média para minerais críticos como cobre, grafite

e lítio até 2050. Esses recursos são abundantes em muitos países em desenvolvimento. No entanto, há projeções de crescimento bem mais arrojadas. Estimativas compiladas por Vakulchuck e Overland (2021) mostram as perspectivas de aumento de demanda por 25 minerais considerados como críticos para as novas tecnologias de baixo carbono (Tabela 43). Dentre estes, Goiás explora a bauxita e o alumínio, o cobre, o níquel e futuramente produzirá terras raras, cuja demanda também tende a crescer ao longo dos anos. A projeção de aumento do consumo desses minérios até 2030 é de mais de 1000% para bauxita (mineral do alumínio), cobre, ferro, manganês e níquel.

Tabela 43 - Materiais críticos usados em tecnologias de energia limpa

Substância	Energia Solar	Veículos Elétricos	Energia Eólica	Crescimento projetado de demanda (%)	Ano Base	Ano Alvo
Bauxita e Alumínio	X	X	X	1.000	2017	2030
Cobre	X	X	X	1.200	2020	2025
Ferro	X	X	X	1.000	2017	2030
Chumbo	X	X	X	1.000	2017	2030
Disprósio		X	X	260	2020	2030
Manganês		X	X	1.000	2017	2030
Neodímio		X	X	300	2020	2040
Níquel	X	X		1.000	2017	2030
Silício	X	X		46	2020	2027
Zinco	X		X	250	2017	2050
Cádmio	X			700	2021	2040
Cromo			X	122	2020	2050
Cobalto			X	1.000	2017	2030
Gálio	X			2	2019	2050
Germânio	X			8.600	2018	2050
Grafita		X		500	2020	2050
Índio	X			341	2020	2050
Lítio		X		1.000	2017	2030
Molibdênio			X	240	2017	2050
Praseodímio		X		185	2020	2030
Selênio	X			11	2019	2050
Prata	X			52	2019	2050
Telúrio	X			75	2019	2050
Estanho	X			n.d.		
Titânio		X		40	2020	2050

Fonte: Vakulchuck e Overland (2021, p. 1679).

Além desses minerais já existentes e efetivamente explorados, cuja escala de produção certamente irá crescer nos próximos anos, a efetiva exploração de elementos de terras raras já está em curso no estado de Goiás. Esses elementos são considerados “minerais críticos” mesmo antes de sua importância estratégica para descarbonização, uma vez que praticamente



todo o seu suprimento depende quase que exclusivamente de um único fornecedor - a China, que responde por volta de 98% da oferta mundial e 95% das reservas. Embora o Brasil já tenha produzido terras raras, a produção cessou em 2007, por dificuldades no licenciamento ambiental, pelo fato de o minério estar associado a um pequeno percentual de Tório – mineral radioativo. Além dessa dificuldade, a entrada agressiva China no mercado externo inviabilizou grande parte da produção global, o que deixa os consumidores, como o Brasil, em uma situação de grande vulnerabilidade, com o agravante de que a China vem restringindo a oferta e impondo cotas de aquisição. Isso é um fator de pressão adicional para se explorar as novas fronteiras minerais do estado de Goiás.

Adicionalmente, a crescente e contínua demanda por alimentos exige, por motivos ambientais e de sustentabilidade, o aumento da produtividade (maior produção por hectare), o que implica no aumento de consumo de fertilizantes e produtos químicos, colocando em relevo os agrominerais, com destaque para o potássio e o fosfato, insumos essenciais para proporcionar alta produção. Todavia, com o advento da Guerra na Ucrânia e a limitação na oferta global de insumos minerais para a agricultura, a mineração em Goiás também vem sofrendo fortes pressões devido à necessidade de ampliar o suprimento destes agrominerais.

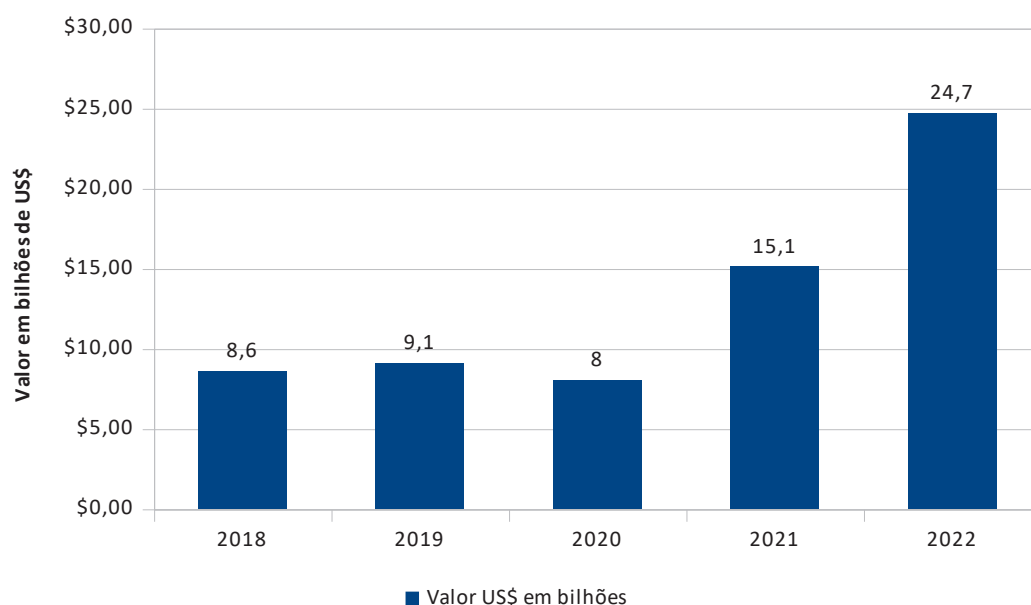
2.5 Agrominerais – Cenário Nacional e as Perspectivas de Emprego na Cadeia Produtiva de Goiás

O Brasil, como grande *player* do mercado de bens agrícolas internacional, depende cada vez mais da utilização de fertilizantes e corretivos para o solo. Sendo o país um grande produtor e exportador de soja, milho e cana-de-açúcar, é natural esperar que um aumento na produção desses bens impacte também na demanda por fertilizantes. Segundo o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (SAE/PR, 2021), o Brasil responde por 8% da demanda global de fertilizantes, atrás apenas da China, Índia e dos Estados Unidos. Além disso, as culturas da soja, milho e cana-de-açúcar (três das maiores do país) representam cerca de 73% da demanda nacional de fertilizantes. Tais dados evidenciam a importância e a necessidade de se pensar no desenvolvimento de cadeias de produção nacional destes bens.

As importações, em US\$, de fertilizantes vêm crescendo intensamente ao longo dos últimos anos. Em 2018, o total importado pelo Brasil era de US\$ 8,6 bilhões, passando para US\$ 15,1 bilhões em 2021 e US\$ 23,7 bilhões em 2022. Somente nos últimos dois anos, o percentual de crescimento em comparação com o ano anterior foi de 88,7% e 63,6%

respectivamente. Em que pese a moeda brasileira ter apresentado forte desvalorização em relação ao dólar estadunidense neste período, é possível atestar tendências crescentes de consumo destes bens, evidenciados pelas crescentes importações, de acordo com o ComexStat/MDIC (Figura 82).

Figura 82 - Importações totais de fertilizantes no Brasil (2018-2022)

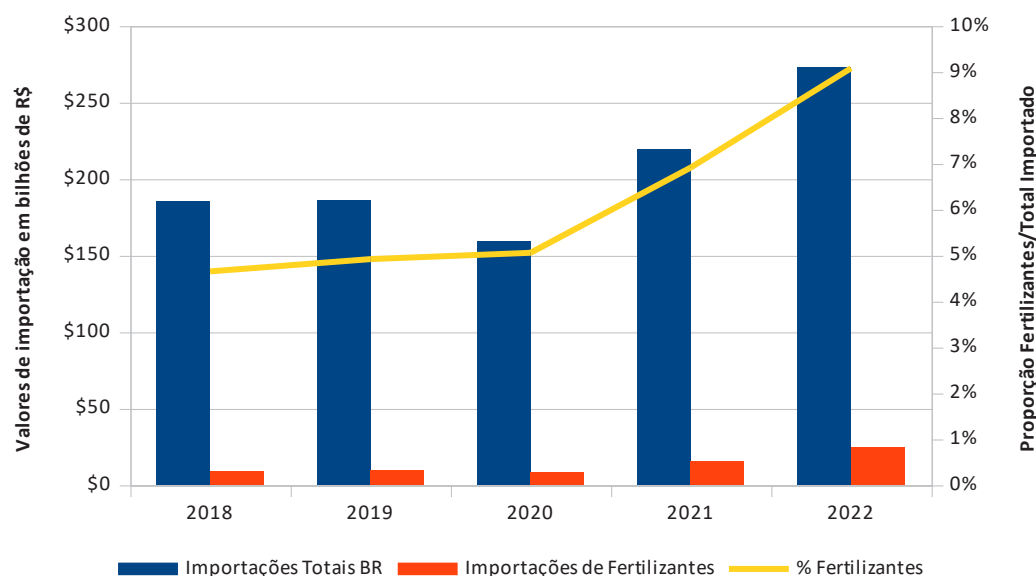


Fonte: ComexStat/MDIC.

O impacto na balança comercial dos estados e, conseqüentemente, do país como um todo é evidenciado pelo aumento da participação dos fertilizantes nas importações totais, com tendência de aumento nos últimos anos. Enquanto as importações totais do país cresceram 47% de 2018 a 2022, as importações de fertilizantes cresceram por volta de 187%, resultando em aumento da participação na pauta de importações, que passou de 4,7% em 2018 para 9% em 2022 (Figura 83). Com isso, é possível afirmar que os fertilizantes constituem alguns dos principais produtos importados pelo Brasil nos últimos anos, atrás somente dos combustíveis minerais, máquinas e aparelhos industriais mecânicos e máquinas elétricas.



Figura 83 - Importações totais, importações de fertilizantes e proporção entre as duas variáveis no Brasil (2018-2022)



Fonte: ComexStat/MDIC.

Ao analisar a composição estadual das importações (Tabela 44), é possível perceber uma configuração bastante relacionada com a dinâmica do agronegócio.

Tabela 44 - Importações Totais (IT) e proporção de Importações de Fertilizantes (IF) (%) para estados selecionados (2018-2022)

Ano	Categ.	MT	RR	GO	TO	MS	PA	MA	RS	SE	AL	PR	MG
2018	IT	1.595,9	10,5	3.637,6	229,6	2.765,6	1.189,6	3.094,2	11.306,2	192,3	591,7	14.103,4	9.225,0
	(%) IF	83%	0%	16%	32%	8%	14%	14%	14%	23%	7%	11%	7%
2019	IT	2.013,0	9,3	3.648,6	175,3	2.406,3	1.225,5	3.551,8	10.335,9	706,2	665,8	14.418,3	9.211,2
	(%) IF	81%	-%	18%	50%	10%	15%	13%	15%	5%	9%	10%	8%
2020	IT	1.800,0	32,4	3.319,3	253,8	1.905,2	1.199,6	1.976,9	7.604,6	150,4	665,6	11.877,7	8.252,2
	(%) IF	79%	-%	19%	21%	15%	12%	22%	18%	17%	8%	10%	8%
2021	IT	3.113,5	60,2	5.624,0	614,1	2.587,3	1.543,0	4.182,4	11.743,6	172,2	772,9	16.972,3	13.059,0
	(%) IF	86%	7%	22%	18%	18%	19%	19%	23%	29%	13%	11%	12%
2022	IT	4.705,9	14,4	1.999,4	247,0	859,7	696,2	1.657,1	3.510,6	70,0	132,5	3.522,2	2.058,2
	(%) IF	81%	36%	33%	28%	26%	25%	22%	22%	20%	17%	16%	12%

Fonte: ComexStat/MDIC.

Os maiores produtores agrícolas nacionais são os que tem maior percentual de importações de fertilizantes em sua pauta, conforme o caso de Mato Grosso (MT), com o valor de 81%. No geral, esta proporção depende de outras características da matriz produtiva dos estados e do seu grau de industrialização, porém ressalvadas estas diferenças, é possível

perceber uma grande participação dos fertilizantes no total de importações dos estados, com tendência de crescimento em alguns, como no caso de Roraima (RR), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS), Pará (PA) e Minas Gerais (MG). Com isso, é necessário e urgente planejar formas de mitigação desta dependência externa, algo que só pode ser alcançado pelo fornecimento interno desses insumos à produção agrícola.

Nesse sentido, Goiás também tem se destacado pela produção de remineralizadores de solo, amplamente utilizados e com relativo sucesso, a partir do uso de rochas locais em processo denominado “rochagem”. De acordo com o representante da SIEEG, “Goiás tem um grande potencial na rochagem, pois distintamente do Clássico NPK, a rochagem permite melhor nutrir o solo com micronutrientes minerais que conferem melhor qualidade aos alimentos” (entrevista em maio de 2023).

2.6 Políticas para o Fortalecimento das Cadeias Produtivas com Potencial de Gerar Empregos em Goiás

As seções precedentes evidenciaram que:

- A maior parte dos minérios extraídos do território goiano é exportada em estado bruto ou semi-beneficiada para outros países (ouro, cobre, níquel,) ou para o suprimento da indústria nacional em outros estados da Federação (bauxita). E, quando há alguma agregação de valor, ela se limita aos primeiros estágios da cadeia, como os casos da produção de ferronióbio e do ferroníquel.
- A mineração tem um peso muito importante na dinâmica do emprego formal nos municípios mineradores goianos, variando de um máximo 40%, em Alto Horizonte, e de um mínimo 4% em Catalão. No entanto, considerando-se os empregos indiretos e induzidos pela atividade mineral, esses percentuais são bem maiores, podendo ser multiplicado por um média de três vezes, o que traz também o efeito adverso de gerar um processo de “mineral dependência” local.
- O mesmo não ocorre na escala macro, ou seja, em nível do estado de Goiás, em que o peso do emprego da indústria mineral é pequeno, por volta de 2%.
- Mas esse peso poderia ser maior, caso houvesse uma política deliberada para induzir o emprego ao longo da cadeia a jusante e a montante, bem como nas “atividades laterais” ou atividades de apoio, nas quais estão os fornecedores, ou seja, naquelas atividades associadas aos empregos indiretos e induzidos, o que geraria novas oportunidade de negócios.



- Ficou bastante evidente que é a indústria de transformação mineral a que congrega maiores possibilidades de gerar emprego e potencializar a massa salarial, impulsionando a renda regional.

Uma das possibilidades de avançar nessa agregação de valor e se adensar as cadeias produtivas dos minerais extraídos de Goiás é trabalhar com a perspectiva de um *cluster mineral*.

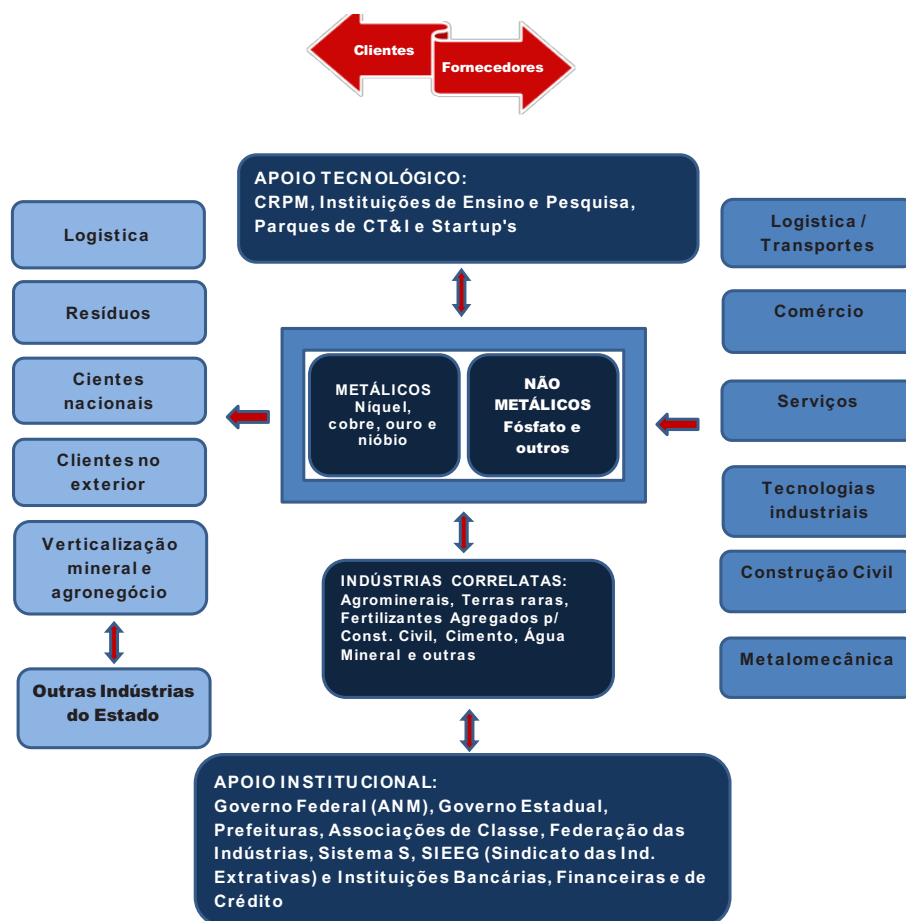
2.6.1 Cluster Mineral

De acordo com o Sindicato das Indústrias Extrativas: “Falta, no Estado, um *cluster* de apoio ao setor mineral” (Brasil Mineral, 2022, p.15). Todavia, não é evidente o que significa esse conceito e tampouco quais as estratégias são necessárias para operacionalizar um cluster mineral.

Para nivelar o entendimento do que vem a ser um cluster mineral e quais os reais possibilidades de seu desenvolvimento no contexto do estado de Goiás, a principal referência clássica sobre o tema é Porter (1999). Para esse autor, um cluster poderia ser definido como “um agrupamento geograficamente concentrado de empresas inter-relacionadas e instituições correlatas numa determinada área, vinculadas por elementos comuns e complementares”.

Com base nesse conceito, foi elaborada a Figura 84, cujo desenho buscar associar os atores chave que compõem o setor mineral às distintas etapas da cadeia mineral.

Figura 84 - Representação do Cluster mineral do Estado de Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

De acordo com teoria, são os seguintes participantes do *cluster*:

a) O centro ou as âncoras do *cluster* devem ser os maiores projetos minerais do Estado, em função da produção, dos empregos gerados e das necessidades de suprimento, a exemplo dos formados pelas mineradoras de Alto Horizonte e Barro Alto, que formam os maiores empreendimentos de metálicos, que se somam aos não metálicos em constante crescimento no Estado e que, no momento, estão gerando mais postos de trabalho.

b) Como fornecedores à montante das indústrias, há os ofertantes de bens e serviços distribuídos em: logística/transportes, comércio em geral, com destaque para aqueles destinados especificamente para as indústrias, com venda de materiais como peças e equipamentos; serviços em geral, com destaque para aqueles especializados; tecnologias industriais, mais precisamente de empresas que detêm a exclusividade/patente de alguns fornecimentos somados aos serviços de instalação e manutenção; construção civil com obras



para a indústria, manutenção predial e de instalações; metalomecânica com fabricação de estruturas metálicas, caldeiraria, usinagem, manutenção industrial e inspeção.

c) À jusante, destacam-se as empresas de logística, tratamento e aproveitamento de resíduos; os clientes nacionais e do exterior, além da transformação das matérias primas em ligas metálicas, produtos com agregação de valor e até os bens finais, a exemplo dos fertilizantes para a agricultura.

d) Outras indústrias existentes no Estado, como as associadas ao agronegócio, as de bebidas, de laticínios, de alimentos e outras que tenham o potencial de dividir clientes e fornecedores com as empresas âncoras e correlatas, aumentando a escala de produção, especialidade e, assim, reduzindo os custos de transação, tornando o ambiente mais competitivo.

e) As indústrias correlatas como aquelas que, ao trabalharem no mesmo ramo e precisarem de fornecimentos similares, contribuem para a redução dos custos de transação, aumentando a especialização e possibilitando inovações na gestão, nos produtos e processos, sendo representados pelas mineradoras de fosfato, nióbio e outras.

f) O *cluster* não seria completo sem o apoio:

- **Tecnológico** – Realizado pelas instituições de ensino e pesquisa no apoio à inovação nas indústrias, entidades como o CPRM e a ANM que viabilizariam o apoio ao conhecimento geológico e revelando novas oportunidades. Acrescentamos aqui as *startups* como um novo facilitador a gestão de informações e acesso ao conhecimento geológico.
- **Institucional** – Aqui formado por instituições como o Governo Federal, através de seus Ministérios, o Governo Estadual que apoia a realização do PERM Goiás, Associações de classe, o Sistema FIEG com a SIEEG e as instituições bancárias e de crédito.

A criação de vínculos cada vez maiores entre todos estes atores em função da mineração, onde todos têm um papel no *cluster*, é que levariam a maior competitividade do aglomerado industrial, proporcionando a construção de um ambiente contínuo de inovação.

Considerando Goiás um polo de desenvolvimento da mineração no País, assim como as regiões Centro-Oeste e Norte, além do seu vizinho Minas Gerais, Goiânia foi a cidade escolhida para sediar dois importantes eventos em 2023: o 8º Encontro Nacional da Média e

Pequena Mineração e a segunda edição da BRASMIN – Feira da Indústria da Mineração, promovida pelas instituições que dão apoio institucional ao desenho do *cluster* em Goiás.

Tanto o evento da Mineração quanto a Brasmin têm o objetivo de debater e apoiar a média e pequena mineração no país que, apesar de sua grande participação em termos de números (representam mais de 9 mil empresas mineradoras existentes) e de serem responsáveis pela produção de bens minerais que são essenciais à melhoria da qualidade de vida das pessoas, são muitas vezes relegadas a segundo plano nas políticas delineadas para o setor. Por seu grande número, essas empresas também são responsáveis por uma parte importante da demanda por equipamentos, produtos e serviços para mineração.

As empresas locais que atuam na cadeia da mineração, quer seja produzindo bens e serviços para essa indústria, como consumidora ou mesmo produtora de bens minerais, estarão presentes nesses eventos em Goiás, participando de encontros de negócios visando ampliar sua participação neste mercado.

A necessidade do “Agente Integrador”

Além de uma estratégia de cluster, é preciso considerar a existência de um elemento que faça a efetiva interligação entre os diferentes atores e segmentos do cluster – o “agente integrador”. A existência desse integrador, que pode ser uma Agência de Desenvolvimento Regional, fez toda a diferença na estratégia utilizada pela União Europeia – sobre a Estratégia de Especialização Inteligente, a denominada RIS-3³⁸ (*Strategies for Smart Specialisation*), pois é ele quem promove a coalizão de interesses entre os atores; articula o diálogo entre setores divergentes; promove o planejamento das ações; organiza a agenda para implementação das políticas; promove consenso entre setores produtivo, governos, academia e sociedade; equaciona a viabilidade financeira das ações, entre outras tantas atividades que, de fato, criam as condições necessárias e objetivas para a exequibilidade do cluster mineral.

Além disso, para que tenha êxito, esse Agente Integrador deve ter uma estrutura de governança flexível e leve, mas que seja empoderada o suficiente para promover as necessárias articulações entre os atores, no sentido de efetivar de fato o Plano com foco nos objetivos e metas a serem alcançados. O que será mais bem detalhado nos próximos documentos que comporão este Plano.

38 Vide: <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/ris3-guide>



Síntese do capítulo

O estudo enfocou as cadeias minerais do estado de Goiás de forma ampla e com destaque para aquelas com perspectiva ou potencial de melhor contribuir para a geração de emprego e renda. A partir de um vasto exame dos principais bens minerais extraídos e da descrição de suas cadeias produtivas, verificou-se que a mineração em Goiás tem crescido, tanto em valor da produção mineral como em escala de produção e diversificação de produtos. Quando se considera o item volume de produção, destacam-se os minerais não metálicos, mas, quando se considera o valor da produção, são os minerais metálicos que se sobressaem.

Segundo as informações da ANM, o Estado extraiu, em 2022, **cerca de 36 substâncias minerais - 8 metálicas e 28 não metálicas** - cuja atividade gerou por volta de **50 mil empregos formais – 11.200 na etapa extrativa e 38.100 na etapa da metalurgia**, o que equivale **a 2% dos empregos formais** de Goiás. Isoladamente, esse percentual é pouco relevante, todavia, quando se observa essa participação no contexto do **município minerador**, as proporções são outras. Para os principais municípios mineradores, o emprego formal na mineração tem peso elevado, **chegando até a 40% da etapa e extrativa e mais de 30% na etapa de transformação** que, por sua vez, potencializa a geração de riqueza à medida em que a cadeia produtiva se adensa, como o caso do ferronióbio, em Catalão, ou do ferroníquel, em Barro Alto.

Além disso, o estudo estima que um emprego formal pode gerar três novos empregos entre indiretos e induzidos, o que daria um total de 200.000 mil postos de trabalho para o estado. Somando-se a esse montante as atividades e os empregos informais da cadeia, principalmente das gemas e dos não metálicos, é possível que haja alcance bem maior.

Os empregos formais geram uma **massa salarial de R\$ 39,3 milhões na etapa extrativa e de R\$ 65 milhões na etapa de fabricação** de produtos do metal e de minerais não metálicos. Isso deixa claro o poder de geração de renda quando se agrega valor ao bem mineral.

O estudo também revelou que a geração de empregos em função da atividade minerária vai além da própria localidade, uma vez que, para que a atividade ocorra, é necessária a existência de toda uma rede de fornecedores e de produção de itens como estruturas metálicas, equipamentos e pré-moldados, entre outros. Isso ficou explícito com os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) de Goiás, IBGE, para o ano de 2020, que estimou que o emprego necessário para **gerar R\$ 1 milhão em valor da produção industrial (VBPI)**

nas atividades de apoio à extração de minerais é de quase 9 empregos, muito acima da produção de minerais metálicos e não metálicos, que ficou em torno de 4.

Dessa forma, para impulsionar a geração de empregos, uma alternativa interessante é **planejar a gestão da atividade em torno de um arranjo produtivo, ou *cluster* mineral**, com o envolvimento de indústrias âncoras, indústrias correlatas, fornecedores, clientes, instituições de classe, de ensino e pesquisa, agências dos governos municipal, estadual e federal, que podem trabalhar juntas promovendo a competitividade do ambiente de negócios com a redução dos custos de transação. Esse arranjo é o pressuposto para a implementação de políticas que visem a potencialização dos empregos a partir das cadeias minerais existentes e em vias de implantação em Goiás.

Esse arranjo deve ter a capacidade de se desdobrar em novas agendas para a criação de um ambiente de inovação com a possibilidade da integração com outras indústrias, a exemplo dos minerais metálicos e estratégicos com a indústria de automóveis em Goiás. Ou a otimização para a produção nacional de fertilizantes e consequente redução das importações considerando a oferta do fosfato em Goiás.

Finalmente, o estudo enfatizou a importância das parcerias estratégicas, tanto com empresas de tecnologias industriais quanto com instituições de pesquisa como as universidades, possibilitando acesso às novas tecnologias e abrindo novos desafios para a inovação e consequente multiplicação das oportunidades de renda e emprego a partir da cadeia mineral.

O próximo capítulo vai além da análise de tendência de mercado para os bens primários e explora as possibilidades de avanço em bens transformados, considerando as possibilidades de adensamento das cadeias produtivas desses e de outros bens minerais produzidos pelo estado de Goiás. Essa análise objetiva oferecer elementos para o diálogo entre a política mineral goiana e a Nova Política Industrial Brasileira.



CAPÍTULO 3 - PERSPECTIVAS DA DEMANDA POR PRODUTOS COM MAIOR VALOR AGREGADO E SUAS ROTAS TECNOLÓGICAS NA TRANSFORMAÇÃO MINERAL

As perspectivas futuras de mercado dos produtos da transformação mineral bem como suas possibilidades de demanda foram consideradas a partir do desenho dos fluxos das “rotas tecnológicas”, isto é, dos caminhos de conhecimento científico e prático percorridos ao longo da cadeia produtiva que revelam as diversas etapas na agregação de valor aos produtos derivados do minério até a sua utilização na indústria de bens finais.

O exame dessas rotas aponta para possibilidades promissoras de agregação de valor e também indicam até que ponto essa cadeia produtiva, de fato, está agregando valor em Goiás. Embora a verticalização ainda seja reduzida no Estado, foi demonstrado em capítulo anterior que a massa salarial e o valor da produção são significativamente maiores na fase da transformação mineral, indicando claramente o poder multiplicador dos investimentos em transformação mineral.

Dessa forma, neste capítulo, serão abordadas as rotas tecnológicas de nove minerais: nióbio – ferronióbio, níquel – ferroníquel, ouro, terras raras, fosfato – fertilizantes, calcário – cimento, rochas – gemas e joias, água mineral e agregados para a sociedade civil.

3.1 Bens Minerais Metálicos

3.1.1 Ferronióbio

Entre os minerais extraídos de Goiás e considerados internacionalmente como críticos³⁹, o de maior relevância comercial é, atualmente, o nióbio. Em breve, com a entrada em operação da mina de terras raras⁴⁰ em Minaçu, pela Serra Verde Mineradora, o estado responderá por dois importantes minerais estratégicos, o que certamente irá elevar o valor e a importância da produção mineral do estado nacional e internacionalmente.

Com verificado no capítulo anterior, o ferronióbio é o produto beneficiado resultante da extração do nióbio em Goiás. A cadeia do nióbio em Goiás, a exemplo das demais, termina

39 Vide Box 1 do Relatório 3, intitulado Impacto de possíveis medidas políticas e regulatórias, a serem adotadas a nível estadual, nacional e internacional na cadeia produtiva mineral, em que é dada uma definição de minerais críticos e estratégicos.

40 Os elementos de terras raras, cujas reservas brasileiras são a segunda maior no mundo, têm aplicação importante em bens de alta tecnologia, como motores de carros elétricos.

na obtenção do ferronióbio, após uma fase de refino e metalurgia. Porém, como se pode observar na ilustração de sua cadeia produtiva representado pela Figura 14, trata-se de um produto que, embora seja considerado como parte da indústria de transformação, tem um nível ainda bastante intermediário em termos de agregação de valor, haja vista a gama de produtos em que é usado.

Partindo, portanto, do ferronióbio, podem derivar-se duas rotas tecnológicas:

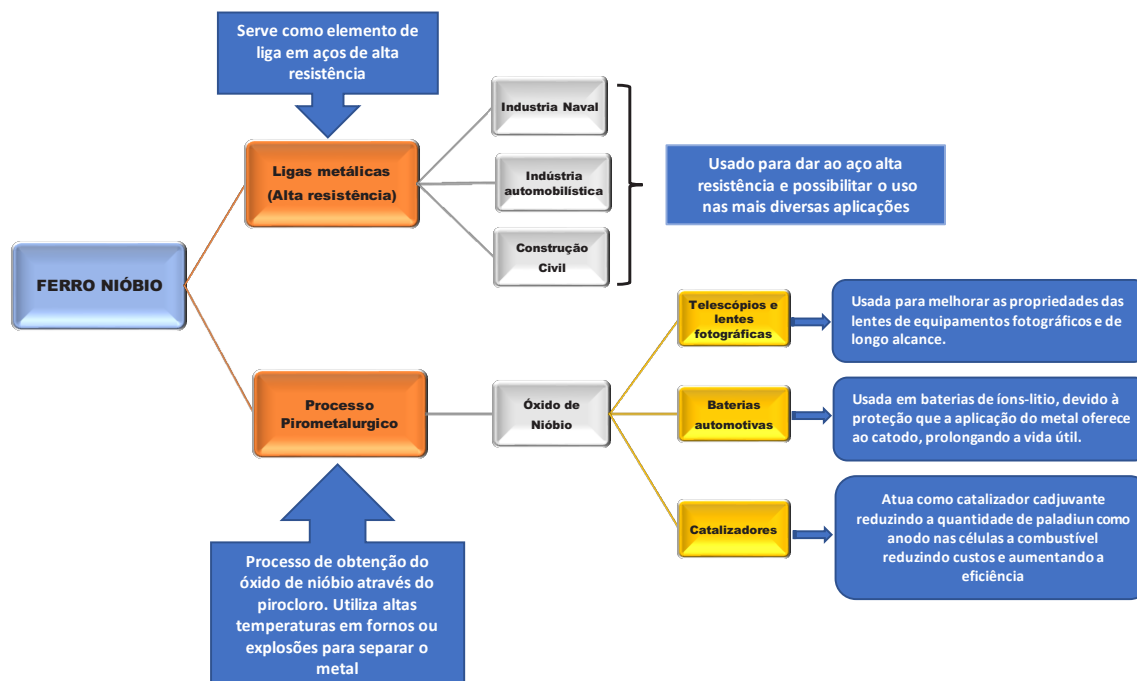
- I. A utilização na **composição de ligas metálicas**, imprimindo alta resistência ao aço e sua consequente utilização em materiais usados na engenharia naval, como a construção de navios, na indústria automobilística, em peças especiais e na construção civil, aumentando a resistência das estruturas e a redução da quantidade necessária de material.
- II. Processo para a obtenção **de óxido de nióbio a partir do pirocloro**, já é um método conhecido das instituições de pesquisa no Brasil, através do Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT), que tem feito estudos em parceria com Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM)⁴¹. A partir da obtenção do óxido de nióbio, há a utilização do material em vários produtos diferenciados de alto valor agregado, como na indústria de vidros especiais, em baterias automotivas, para reduzir o tempo de carregamento e aumentar a vida útil do componente, e como catalizador.

A proposta de aumentar os vínculos à jusante da cadeia visa fortalecer ainda mais os projetos e investimentos em transformação mineral, onde a parceria entre empresas e as instituições de pesquisa é um item prioritário e estratégico. O desenho das rotas pode ser visualizado na Figura 85.

41 Vide: <https://ipt.br/?s=materiais+avan%C3%A7ados+com+CBMM>



Figura 85 - Rota tecnológica do ferronióbio produzido em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

Considerando que Goiás ainda não aglutina uma densidade de empresas de base tecnológica que demandem itens que utilizem o óxido de nióbio, as possibilidades de agregação de valor ao ferronióbio produzido em Goiás podem ser direcionadas para o fomento às empresas que possam utilizar esse bem em ligas metálicas visando aumentar as propriedades do aço para uso em peças especiais destinadas a itens da indústria automobilística, uma vez que este segmento da indústria está presente no Estado.

3.1.2 Ferroníquel

No Brasil, a principal utilização do ferroníquel é para a indústria do aço. Sua rota tecnológica pode ser seccionada em dois caminhos:

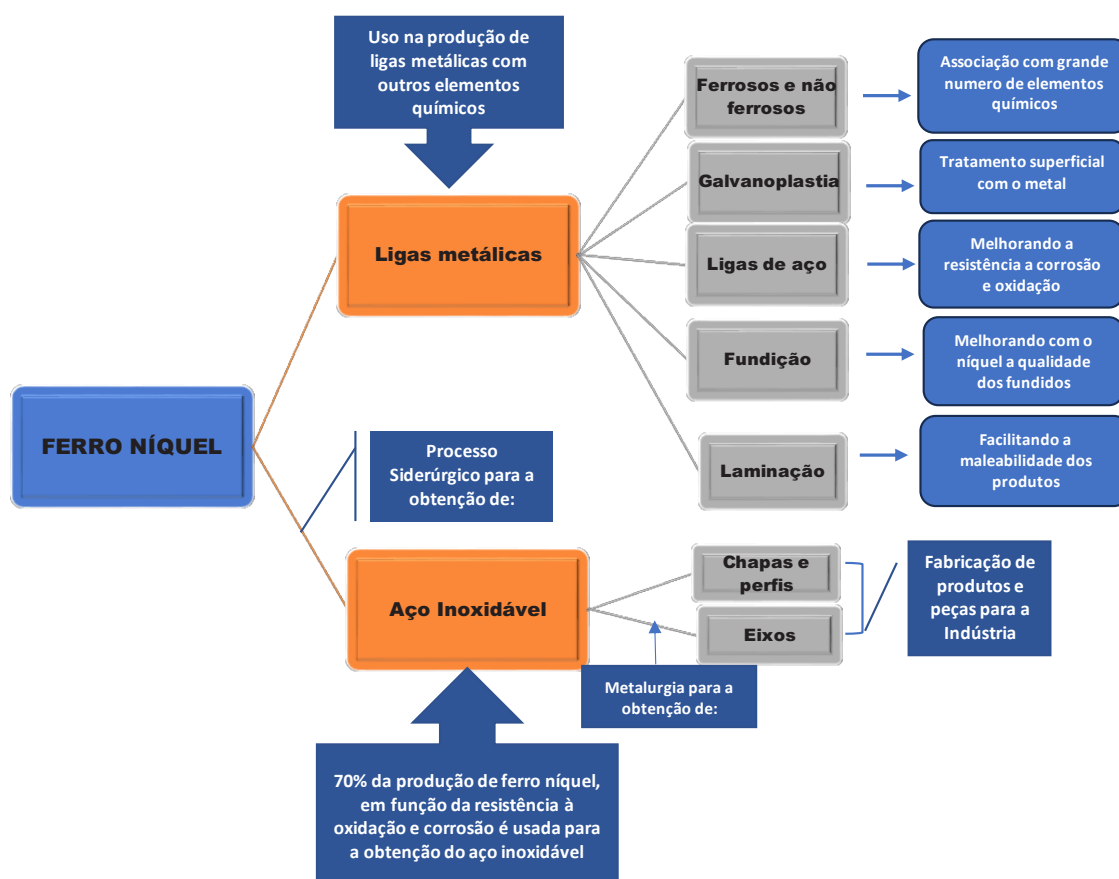
- I. **Produção de ligas metálicas** e outros processos de tratamento superficial de metais, na formação de:
 - Ligas com materiais ferrosos e não ferrosos;
 - Galvanoplastia, auxiliando no revestimento de chapas metálicas para a prevenção da oxidação e proteção de equipamentos e estruturas;

- Em ligas de aço, melhorando a facilidade de têmpera, maleabilidade e resistência à corrosão;
- Na fundição, já antecipando a melhoria das peças fundidas;
- Em laminação, para aumentar a maleabilidade dos materiais.

II. **Obtenção dos aços inoxidáveis:** caracteriza-se como o principal destino do mineral, sendo necessário um processo siderúrgico para obtenção do produto, um material altamente usado na industrialização de inúmeros itens, em função da sua alta resistência à oxidação, pois, através de metalurgia, podem ser produzidas chapas, perfis e eixos.

As rotas descritas podem ser visualizadas na Figura 86.

Figura 86 - Rota tecnológica do ferroníquel produzido em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.



O procedimento para aumentar o uso do ferroníquel em novos empreendimentos ligados à transformação mineral passa necessariamente pela maior integração com os centros de pesquisa, a exemplo da USP e do IPT, que já desenvolveram estudos sobre a cadeia produtiva e a verticalização desse mineral.

Como historicamente o uso do níquel tem sido mais voltado para a melhoria nas propriedades do aço e em ligas com outros elementos, o desenvolvimento de produtos destinados à indústria automobilística e/ou na melhoria de produtos siderúrgicos é a grande oportunidade para adensar a sua cadeia produtiva no Estado.

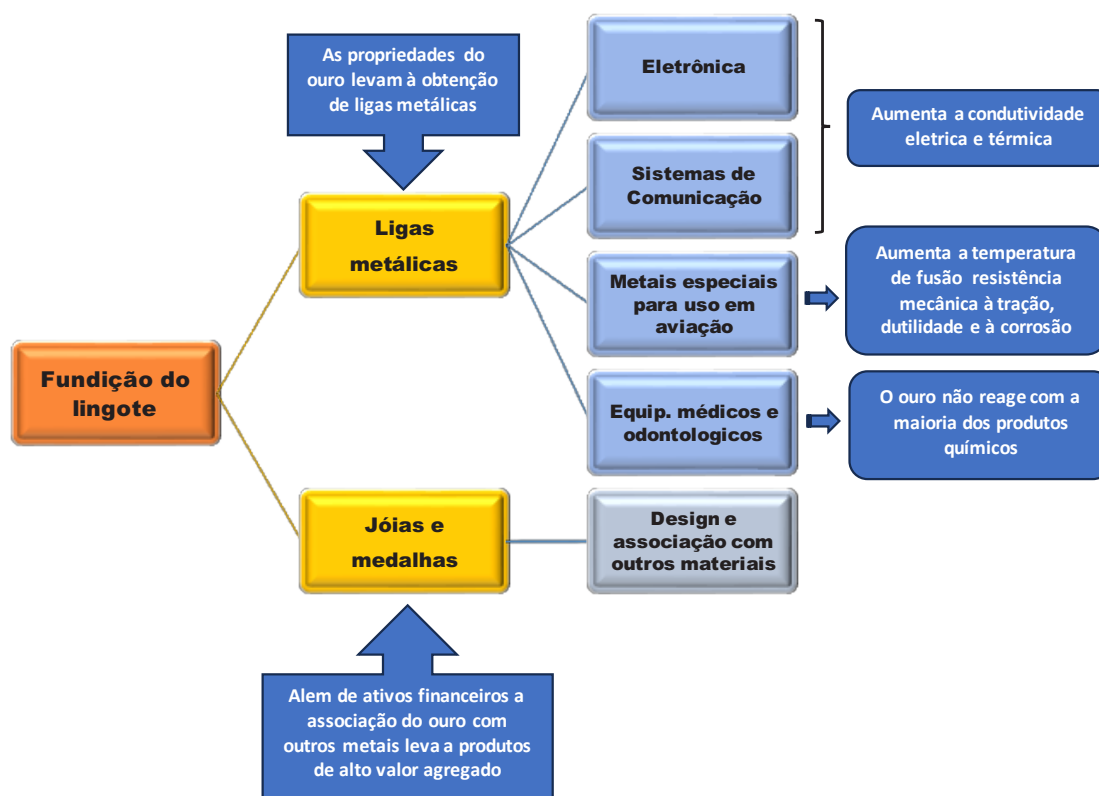
Com as novas tecnologias para a transição energética, a cadeia do níquel, por suas propriedades que o habilitam a ser usado em baterias para a locomoção de automóveis híbridos, apresenta oportunidades promissoras de investimento.

3.1.3 Produtos do Ouro

O ouro, após a fundição do lingote e dependendo da pureza e do teor, pode ser usado diretamente como ativo financeiro ou como um bem, a partir do metal, em função de suas propriedades como elemento de liga de alta resistência à corrosão, o que o torna um metal praticamente imutável; elevada densidade e baixa reatividade química, que permite que a aparência do metal permaneça estável por longos períodos; e a condutividade elétrica do produto associada a outras propriedades leva a sua aplicação em eletrônica, computadores, catalizadores e indústria aeroespacial.

Dessa forma, o desenho com as duas rotas tecnológicas - ligas metálicas e segmento das joias - está descrito na Figura 87.

Figura 87 - Rota tecnológica do ouro produzido em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

O fato de o ouro já ser utilizado diretamente como um ativo financeiro de alto valor inibe, por parte das empresas, a elaboração de semimanufaturados, como foi possível constatar na comparação entre as exportações de 2013 e 2022, em que o ouro bruto é o que predomina.

Para mudar essa rota, é indispensável a adoção de políticas direcionadas a melhorar a verticalização doméstica. A exemplo de outros locais, pode-se criar condições para a produção de joias, em que a agregação de valor é grande, gerando oportunidades aos pequenos empreendimentos, cooperativas de artesões especializados e empresas de médio porte, cujo potencial de gerar e multiplicar emprego é grande.



3.1.4 Produtos de Terras Raras

Segundo Landgraf⁴², o Brasil não explorou suas reservas de terras raras até agora porque não conseguiu estruturar uma cadeia de produção completa, ‘da mina ao imã’. Segundo o professor, “temos a competição da China que, no momento, detém o monopólio desse mercado e controla os preços internacionais”.

As terras raras compõem um grupo de 17 elementos químicos da série dos Lantanídeos, começando por lantânio (La) e terminando pelo lutécio (Lu), acrescidos do escândio (Sc) e do ítrio (Y), que apresentam comportamentos químicos similares. Estão presentes em mais de 250 espécies minerais conhecidas, mas somente em algumas delas ocorrem em concentração suficiente para justificar sua exploração. Eles são utilizados na fabricação de:

- imãs para motores miniaturizados e superimãs para turbinas usadas em energia eólica;
- composição e polimentos de vidros e lentes especiais;
- catalisadores de automóveis e refino de petróleo;
- telas planas de televisores e monitores de computadores;
- ressonância magnética nuclear;
- cristais geradores de laser e armas de precisão, entre outros.

Embora haja muita pesquisa de novos materiais, não há elementos que possam ser substitutos eficientes para os diversos usos e aplicações dos elementos encontrados nas terras raras. Sendo, então, um desafio estruturar uma cadeia, foi feito um desenho com a rota para alcançar os diversos produtos da verticalização. Primeiramente, há o tratamento físico no processo de cominuição, com o beneficiamento da lavra, passando pela lixiviação⁴³, até a sua purificação através de produtos químicos para a obtenção dos óxidos. A partir deste ponto, chega-se a duas rotas:

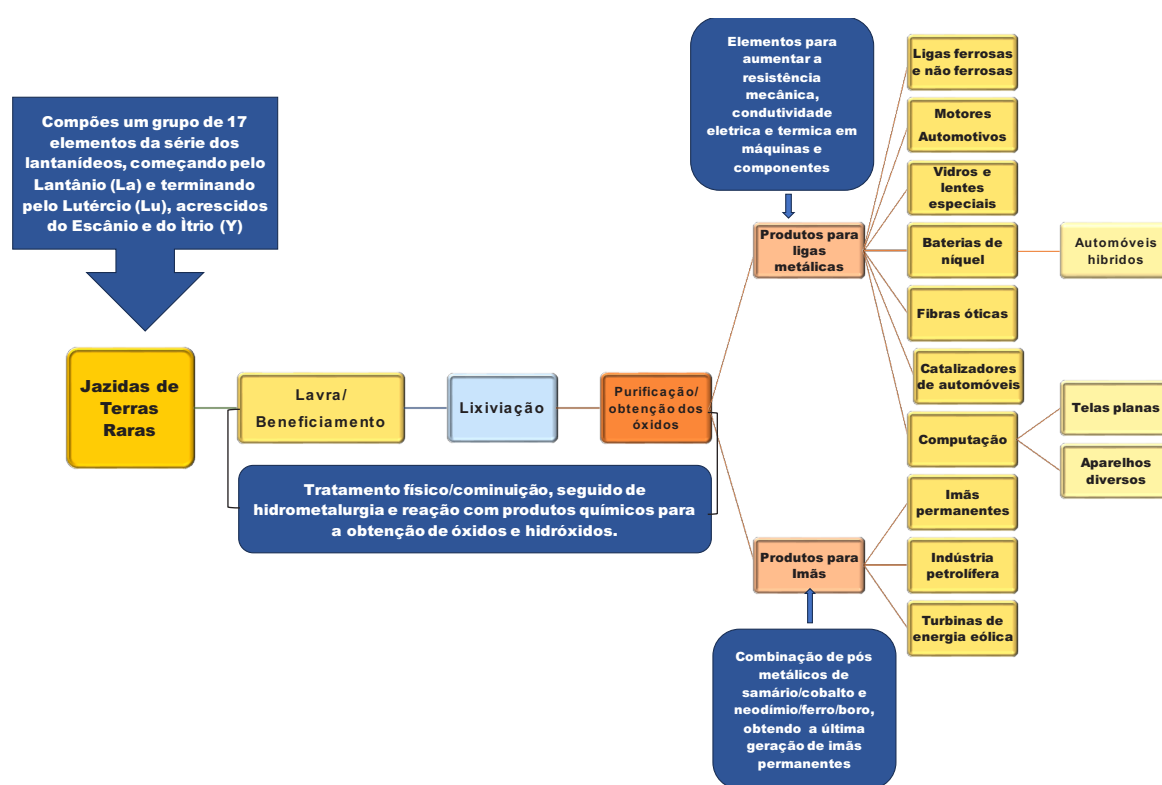
42 a) LANDGRAF, F. J. G. Professor da Universidade de São Paulo, coordenador do INCT Terras Raras da USP. III Encontro do Instituto Nacional de Processamento e Aplicações de Imãs de Terras Raras para a Indústria de Alta Tecnologia. Evento realizado na Escola Politécnica da USP, em 11 de dezembro de 2018, disponível em: <https://www.youtube.com/user/escolapolitecnica>.

43 **Lixiviação** é retratada como um processo de separação de metais de alto valor agregado de minerais a partir de uma solução líquida.

1. **Produtos a serem usados em ligas metálicas:** ferrosos e não ferrosos, peças de motores automotivos, vidros e lentes especiais, baterias para automóveis híbridos com o níquel, fibras óticas, catalisadores e na indústria da computação.
2. **Imãs de última geração** usados em acoplamentos mecânicos, na indústria petrolífera e em turbinas de energia eólica.

O desenho da rota encontra-se na Figura 88.

Figura 88 - Rota tecnológica para o aproveitamento dos elementos de terras raras produzidas em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

Os elementos de terras raras, atualmente, com a produção e a oferta dominadas pela China e semelhante à do nióbio, são utilizados na indústria de automóveis ou na atração de investimentos para a fabricação de itens especiais para a melhoria das propriedades de metais, como a resistência mecânica e a condutividade elétrica.

O cenário de produção de terras raras em Goiás é bastante promissor, uma vez que o estado será um grande produtor, pois, além da Mineração Serra Grande, em Minaçu, que recém deu início às suas operações, há um novo projeto da Mineração Aclara, em Nova Roma,

o que, até o final desta década, pode colocar Goiás em um novo patamar na produção destas substâncias. Todavia, persiste o desafio da diversificação e da agregação de valor.

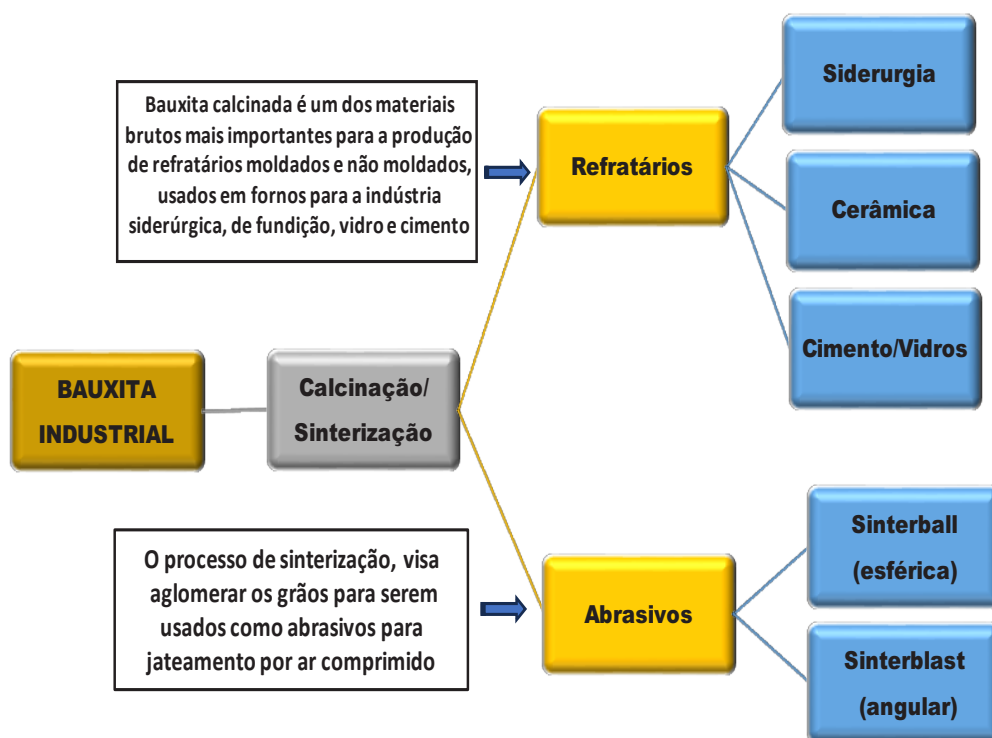
3.2 Bens Minerais Não-Metálicos

3.2.1 Produtos da Bauxita Refratária

Goiás produz bauxita desde o início dos 2000, tanto para uso metalúrgico (indústria do alumínio) quanto para outros fins industriais (como refratários, abrasivos, soldas etc.).

A bauxita produzida por Goiás é direcionada não só para fins metálicos, mas também para não metálicos, embora não haja produção de alumina no estado. O desenho da rota tecnológica para maior verticalização e agregação de valor da bauxita é para o uso industrial (Figura 89).

Figura 89 - Rota tecnológica para o aproveitamento bauxita industrial de Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

Uma vez calcinada (processo de secagem) e, passando por um processo de sinterização⁴⁴, o produto resultante permite duas rotas tecnológicas:

- I. A **bauxita calcinada** se torna um dos materiais com propriedades para aplicação na fabricação de tijolos refratários, imprescindíveis em fornos para a fabricação de itens diversos para a indústria siderúrgica, cerâmica, obtenção de vidros e cimentos.
- II. A sua **sinterização permite o uso como abrasivos** podendo o processo de aglomeração dos grãos se tornar esférico ou angular, permitindo a obtenção de **abrasivos**⁴⁵, para o trabalho geral de corte e desbaste de metais, na limpeza de superfícies metálicas, imprescindível em qualquer empresa ligada à metalurgia e, ainda, na fabricação e na manutenção de produtos de metal.

Já é presente em vários municípios de Goiás a fabricação de refratários. No caso da fabricação de abrasivos, o processo de sinterização já é plenamente dominado pela indústria brasileira, podendo estar presente em projetos de incentivo para os investimentos.

Goiás tem amplas possibilidades de verticalizar os produtos da bauxita industrial, pois existem localmente os serviços industriais descritos na rota tecnológica. Será importante aqui adotar políticas industriais para a canalização dos benefícios da produção da bauxita refratária.

3.2.2 Calcário – Cimento

É uma das mais fortes cadeias industriais da mineração em Goiás, com a vantagem de que os seus elos e vínculos, a jusante e a montante, ocorrerem integralmente dentro do Estado.

A primeira parte dessa cadeia consiste na obtenção do **clínquer**, a matéria básica para a elaboração dos mais variados tipos de cimento:

- A rota a ser seguida a partir da extração do calcário passa por um processo de dosagem e mistura com outros componentes, moagem do material, seguindo depois para um forno rotativo para queima e posterior resfriamento, cumprindo assim a primeira etapa do processo;

44 **Sinterização**: definida como um processo físico, termicamente ativado, que faz com que um conjunto de partículas de determinado material, inicialmente em contato mútuo, adquira resistência mecânica.

45 **Abrasivos**: material usado em ferramentas com a finalidade de polir, cortar e desbastar as mais variadas superfícies.

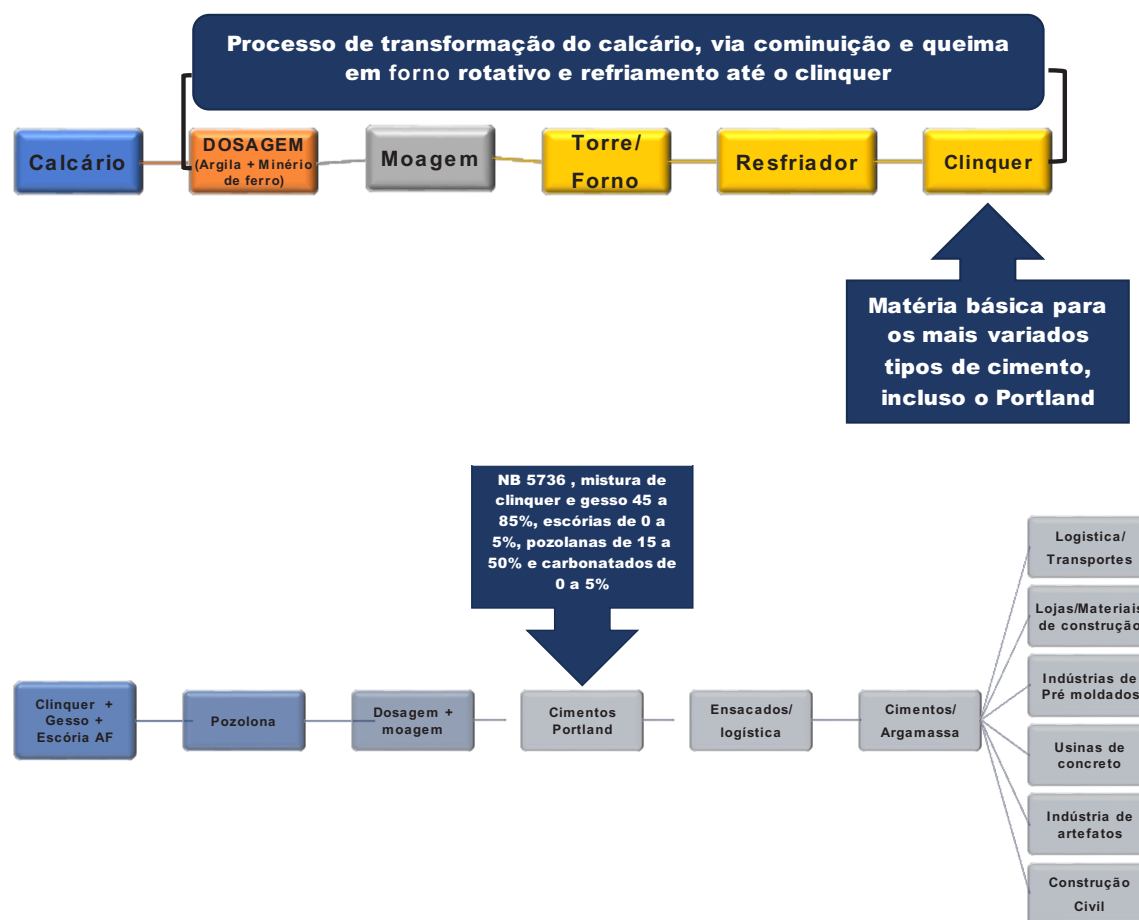


- Ao clínquer, já na 2ª etapa, são adicionados gesso e escória de alto forno, formando a Pozolona; com nova moagem, chega-se ao cimento tipo *Portland*, cuja composição segue as normas brasileiras NBR 5736⁴⁶.

A partir de então, o produto segue a logística de distribuição para toda a cadeia da construção civil e, principalmente, para a fabricação de argamassas, produto imprescindível para o revestimento de paredes e estruturas em geral.

Os caminhos da rota, em suas duas etapas, podem ser visualizados na Figura 90.

Figura 90 - Rota tecnológica para agregação de valor ao calcário produzido em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

Já existem várias fábricas de cimento em Goiás, além de sua integração com a indústria da construção civil e os setores de materiais de construção. Portanto, é importante avançar na qualificação, em todos os níveis (profissional, tecnológica, mercadológica etc.) para o adensamento desta rota.

46 ABNT/ NBR 5736: Fixa condições exigíveis no recebimento do cimento Portland pozolânico (CP IV) de classes 25 e 32.

3.3 Rochas – Gemas e Joias

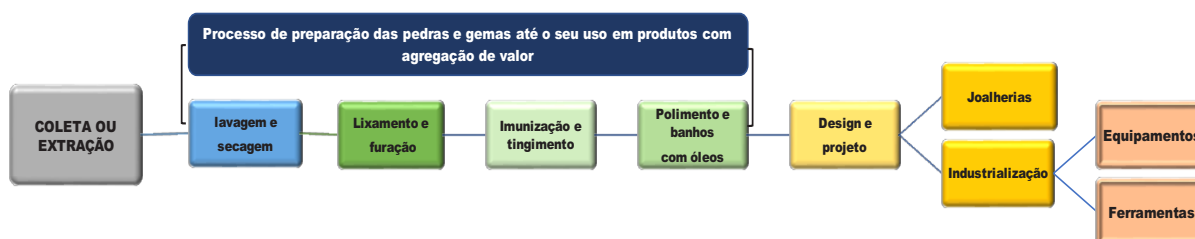
O sistema de tratamento das gemas para fabricação de joias, a partir da coleta e da extração até o seu destino final para a maior agregação de valor, passa pela lavagem, secagem, o lixamento e até uma ação mecânica para perfuração ou outra ação que for necessária. Como próximo passo, há a imunização e o tingimento seguido do polimento, uma ação com agentes químicos para limpeza e preparação final.

Em seguida, há a rota da fase de projeto e *design*, onde as pedras e gemas podem seguir dois caminhos diferentes:

- I. A **cadeia de joias** que, com a lapidação e a associação com metais ou outros materiais, pode dar origem aos mais diversos produtos, com grande agregação de valor.
- II. **Indústrias de equipamentos** e ferramentas de corte e desbaste de metais devido a propriedades de dureza dos materiais.

A rota pode ser visualizada na Figura 91.

Figura 91 - Rota tecnológica para a verticalização das gemas produzidas em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

A utilização de gemas para a fabricação de joias já acontece em Goiás (Box 5), podendo ser ampliada, porém a sua utilização na indústria em ferramentas de corte e outros usos pode ser algo a ser implementado.

Box 5 - Seminário do PERM de Cristalina

A Associação dos produtores de gemas e joias elaborou o Plano Cristalina 2040, porém são nítidos certos gargalos no setor, em particular:

1) **Qualificação profissional** – os lapidadores, ourives, *designers* autoformaram-se, pois inexistiu uma ação induzida governamental sistemática em prol de se criar uma escola de formação profissional nesse ramo, que aproveite o conhecimento local como impulsionador.

a. Sugestão – realizar cursos de qualificação em parceria com o SENAI, Prefeitura, Governo do Estado, MCTIC e Associação dos Produtores.

- b. Criar *Escola de Lapidação, designer e fundição* – IBGM, APEX, APL, MDIC, Prefeitura.
- 2) **Ambiente de Inovação** – que permita florescer o empreendedorismo profissionalizado, em que seja acessível todo o processo de qualificação ao empreendedor – plano de negócios, contabilidade, fluxo de caixa, colocação do produto no mercado, inovação na marca e no *design*, acesso à tecnologia e aos equipamentos necessários etc.
- a. Sugestão – induzir a criação de um ambiente de inovação, cuja configuração vai depender do contexto municipal em que se insere, das facilidades em termos de infraestrutura de CT&I (existência de Universidades, Centros de Pesquisas, Parques Tecnológicos), pode ser uma **Incubadora de Empresas**, um **Escritório de Transferência Tecnológica**, uma **Consultoria Especializada**, uma **Qualificação de boas práticas até a implementação de um Parque Tecnológico**, conforme as condições objetivas do local permitirem. Isso deve ser feito em parceria com Governo do Estado, Prefeitura, Associação dos Produtores. Os recursos para isso devem vir da Secretaria de Tecnologia, projetos com o MCTIC. No caso específico de Cristalina, cabe uma Incubadora que esteja próxima aos centros de formação e de vendas.
- 3) **Legalizar o garimpo dos produtores** – isso merece uma ação integrada do APL, Prefeitura, Governo do Estado, MDIC e ANM, atenção à titularidade do solo e proposição de um mutirão para “Micro e pequena lavra sustentável e legal”.
- 4) **Formalizar os produtores** – isso requer uma ação de parceria com a APL, o MDIC e a OCB. Cristalina tem muitas jazidas de quartzo, que é a matéria prima do silício, mas não tem indústrias. Nesse sentido, é preciso aprofundar estudos para a cadeia do silício – pois não há no Brasil tecnologia para o enriquecimento do silício a fim de que ele se torne um insumo para a indústria de fibras óticas, painéis solares etc.

Fonte: Nota dos autores.

3.4 Fosfato – Fertilizantes

A rota tecnológica dos produtos originados do fosfato, que podem ser obtidos com o processamento normal e a reação com produtos químicos, tem possibilidade de ocorrer integralmente dentro do estado de Goiás. Isso se deve ao número de fábricas de adubos e de fertilizantes⁴⁷ existentes no estado, principalmente na cidade de Catalão, onde as misturas com os componentes são feitas conforme o produto a ser cultivado.

Como o fosfato natural já é um fertilizante, pode-se ter desde a primeira fase do minério até o NPK, onde o produto derivado do fósforo se mistura com Nitrogênio e Potássio, formando o mais completo corretor de solos.

Após a moagem, o processo de concentração, a calcinação e a fusão, tem-se acesso aos produtos que já podem ser usados como fertilizantes, a partir do fosfato natural e do calcinado. A reação do concentrado de fosfato com ácido sulfúrico dá origem a dois produtos:

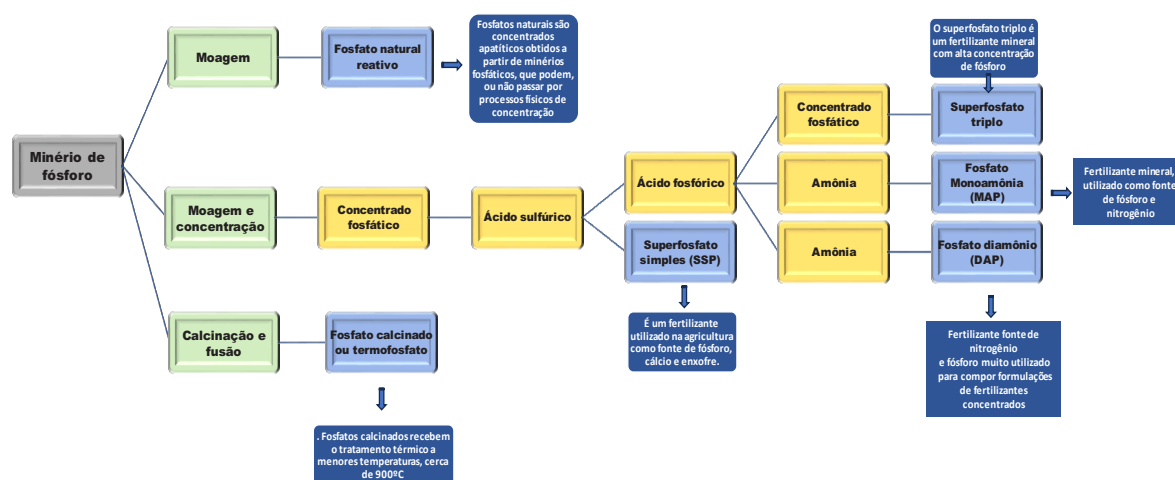
- I. O **superfosfato simples (SSP)**, que já é um produto final;
- II. O ácido fosfórico, cujo concentrado e sua reação ao ser misturado com a substância amônia dá origem a:

47 Vide em [Hiperlink](#).

- a) **Superfosfato triplo**, oriundo somente do concentrado de fosfato, sem a adição da amônia;
- b) O **fosfato monoamônia**, conhecido pela sigla **MAP** e o **fosfato diamônio** com a sigla **DAP**, ambas com a adição de amônia, ambas fontes na formulação do NPK, com a adição do potássio (K).

A rota tecnológica dos produtos do fosfato está ilustrada na Figura 92.

Figura 92 - Rota tecnológica para obtenção dos produtos oriundos do fosfato produzido em Goiás

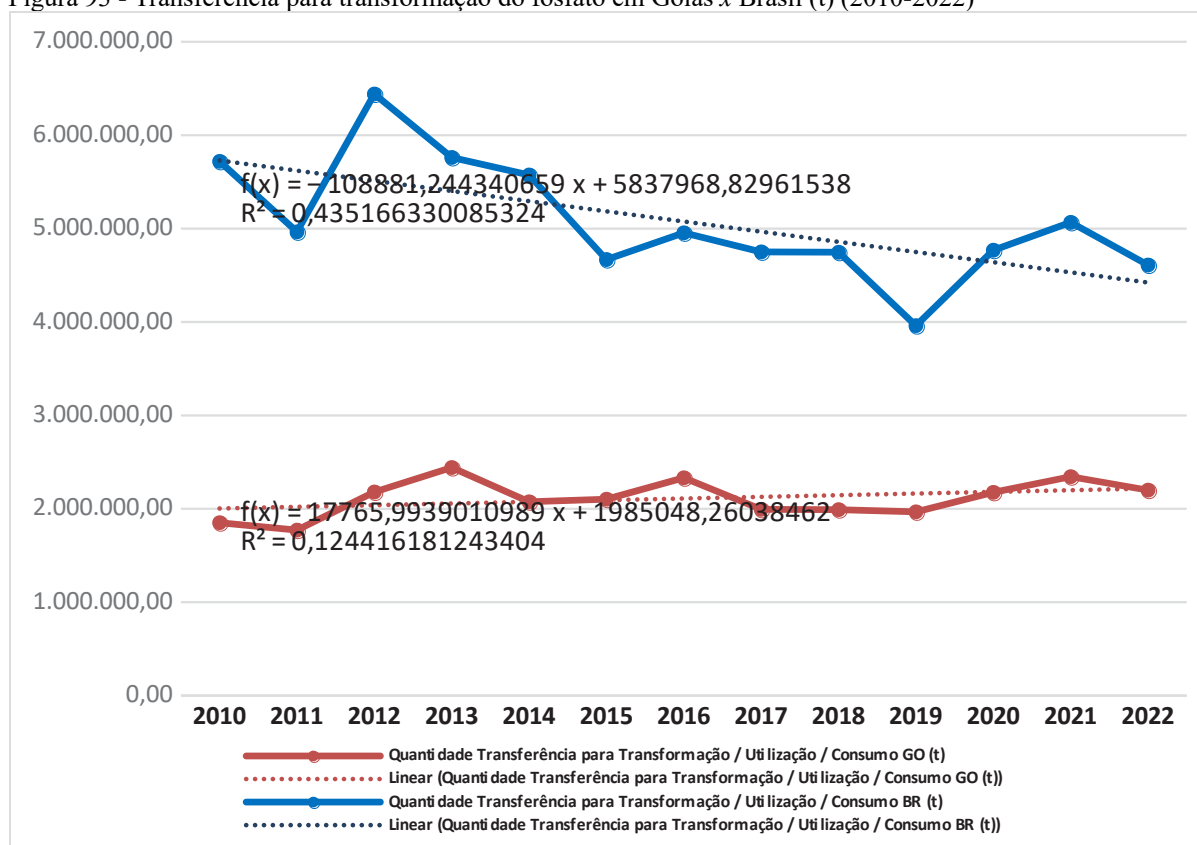


Fonte: Elaboração dos autores.

O potencial de utilização do fosfato para transformação mineral é promissor em função do impacto que os produtos do agronegócio geram na balança comercial do Brasil, além do estímulo oriundo das políticas do Plano Nacional de Fertilizantes 2050 visando ao incremento da produção nacional e consequente redução da dependência externa deste insumo.

Considerando o comportamento dos registros de transferência para transformação do fosfato no Brasil e em Goiás, verifica-se que o desempenho de Goiás tem sido levemente ascendente, enquanto o nacional tem sido declinante, o que revela o maior potencial do estado (Figura 93).

Figura 93 - Transferência para transformação do fosfato em Goiás x Brasil (t) (2010-2022)



Fonte: ANM.

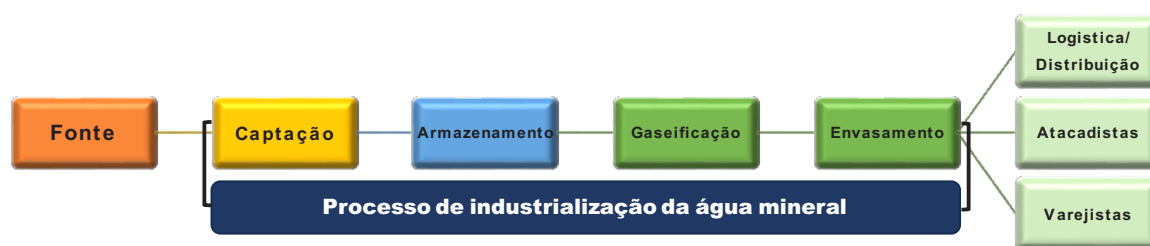
3.5 Produtos da Água Mineral

A água mineral parece ser o bem que exige menor tecnologia para o atender a demanda, dado que a captação na forma original é o procedimento mais recomendado, havendo somente no caminho após a captação, que é o armazenamento e a gaseificação, quando for o caso.

A partir da gaseificação, há o processo de engarrafamento, cujo *design* da embalagem pode representar maior agregação de valor ao produto. Além disso, tem-se a logística de distribuição e a política reversa de reaproveitamento dos vasilhames, as quais representam uma outra possibilidade de agregação de valor ao sistema.

A rota que segue a industrialização e a distribuição da água está ilustrada na Figura 94.

Figura 94 - Rota tecnológica para a industrialização da água mineral produzida em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

É importante registrar que a água mineral é um produto cuja tendência de consumo é sempre ascendente, o que abre constantemente novas oportunidades de investimentos. Outra forma de agregação de valor são as águas saborizadas⁴⁸, que são hoje uma realidade em Goiás; sem adição de açúcar, representam uma alternativa ao consumo de refrigerantes, portanto, agregam valor e geram possibilidade multiplicação de riquezas dentro do Estado. Ressalte-se, entretanto, que a concorrência com os refrigerantes é bastante assimétrica, já que algumas marcas são representadas por grandes *players* mundiais.

3.6 Produtos dos Agregados para Construção Civil

Altamente significativos para integrar cadeias industriais dentro do Estado, os agregados da construção civil representam os materiais usados intensamente nas obras da construção civil. Existem dois tipos de agregados:

- a) **Naturais**, que podem ser obtidos na natureza, requerendo algum processo de beneficiamento para o uso.
- b) **Artificiais**, representados por resíduos de algum processo industrial e ou resultantes de sobras e demolições da própria construção civil.
 - Um resíduo excepcional para a construção civil é a escória granulada de alto forno⁴⁹, usada para ser adicionada, principalmente, na constituição de cimentos compostos e para o emprego em concretos e argamassas.

48 Água saborizada é uma bebida que combina água purificada com ingredientes naturais, como frutas, legumes, ervas e especiaria que liberam aroma e sabor.

49 A escória de alto forno é a resultante da fusão redutora dos minérios para a obtenção do ferro gusa utilizada para fortalecer quando se misturar ao cimento para obter a categoria de Portland.

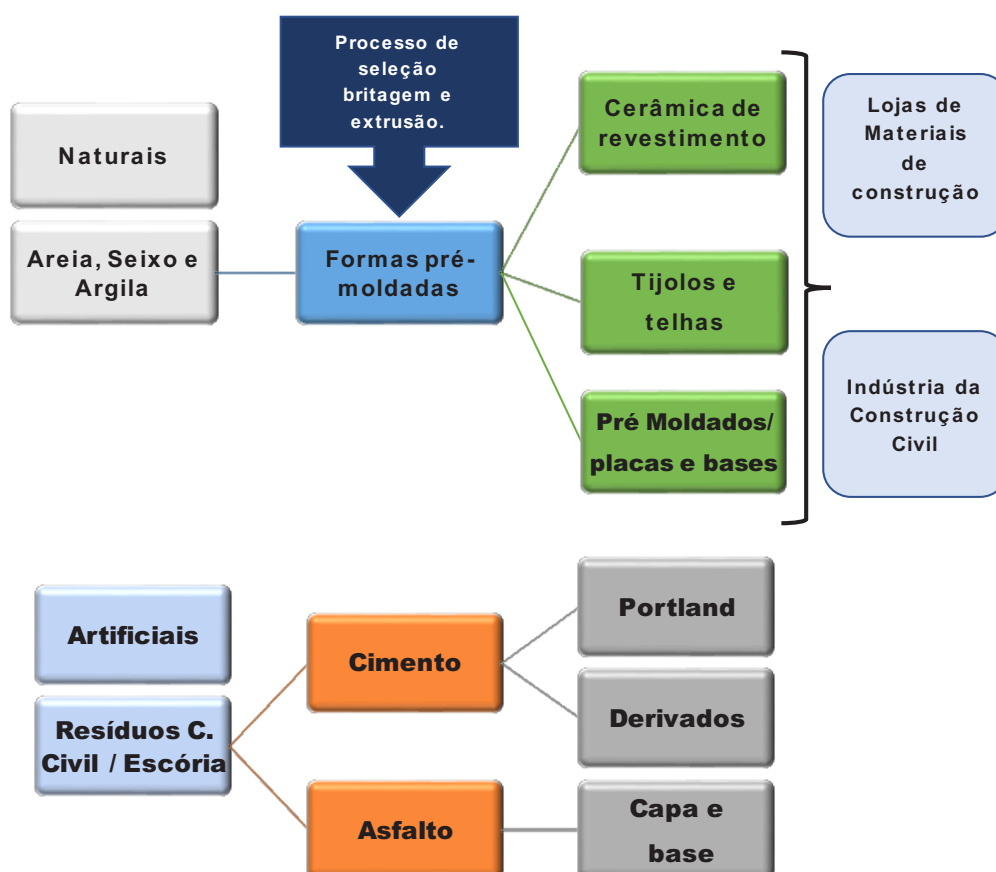


- No caso dos agregados naturais, podem ser usados para a obtenção de formas pré-moldadas, via processo de britagem ou em equipamento para extrusão, divididas em três caminhos: produção de cerâmica de revestimentos; tijolos e telhas; ou até formas pré-moldadas e com a adição de isopor, com a fabricação de placas especiais.

Os resíduos artificiais podem ser usados na produção de cimentos especiais e até na pavimentação no apoio a todas as etapas, de sub-base, base e capa asfáltica.

A Figura 95 apresenta os caminhos a serem seguidos e que podem ser realizados integralmente dentro do Estado.

Figura 95 - Rota tecnológica para o aproveitamento dos agregados da construção civil produzidos em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores.

As possibilidades de adensamento dessa cadeia produtiva são amplas, pois ela já é significativa nos estados brasileiros, integrando-se não somente à indústria como também ao comércio e serviços.

3.7 As Cadeias Minerais de Goiás e a Nova Política Industrial

A política para o maior aproveitamento das cadeias minerais em Goiás está em sintonia com as diretrizes traçadas pela Nova Política Industrial (NPI)⁵⁰ anunciada pelo Governo Federal em 22/01/2024, em particular, com as Missões 1, 3 e 5, que preveem o fortalecimento das cadeias agroindustriais, de infraestrutura nas cidades e de transição e segurança energética para as gerações futuras.

Quanto à **Missão 1**⁵¹, o objetivo é chegar à próxima década com 70% dos estabelecimentos de agricultura familiar mecanizados, o que representa um enorme desafio, haja vista que, em 2022, esse percentual era de tão somente 18%. Outra meta relacionada com a anterior é que 95% dessas máquinas devam ser produzidas nacionalmente. São prioridades:

- a) Fabricação de equipamentos para agricultura de precisão.
- b) Máquinas agrícolas para a grande produção (visando ampliar e otimizar a capacidade produtiva da agricultura familiar para a produção de alimentos saudáveis).

No que se refere à **Missão 3**, a meta é de ampliar em 25% a participação da produção brasileira na cadeia da indústria do transporte público sustentável, em que a participação nacional representa 59% da cadeia de ônibus elétricos.

Um dos focos nesta Missão será a **eletromobilidade**, com proposta de alavancar uma “cadeia produtiva da bateria” e a indústria metroferroviária, além do investimento em construção civil digital e de baixo carbono.

Já a **Missão 5** - que trata de bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras - um dos objetivos específicos é “expandir a capacidade produtiva da indústria brasileira por meio da produção e da adoção de insumos, inclusive materiais e **minerais críticos**, tecnologias e processos de baixo carbono, com eficiência energética”, o que pressupõe desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de exploração e produção de minerais estratégicos, de seus transformados e de soluções para armazenamento, uso e transporte de energias, a exemplo de baterias e do armazenamento subterrâneo de hidrogênio (UHS) ou para estocagem de carbono, visando garantir segurança energética e fortalecimento da cadeia produtiva nacional (p. 79).

50 Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/brasil-ganha-nova-politica-industrial-com-metas-e-acoes-para-o-desenvolvimento-ate-2033>. Consulta em 06/02/2024.

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



Dessa forma, tendo como base essas diretrizes da NPI e as rotas tecnológicas traçadas neste Relatório, verifica-se que as cadeias da mineração de Goiás e seus produtos estão em plena sintonia com as propostas da NPI, motivo pelo qual o *cluster* sugerido para implementar a gestão do Plano Mineral precisa expandir as parcerias e gerar meios de maior canalização dos recursos minerais para a indústria local e nacional. Os motivos para isso são:

1. Máquinas agrícolas, sistemas de armazenagem e produção de alimentos demandam aço inoxidável, cujo níquel é um mineral imprescindível na sua produção.
2. Crescimento da população de transportes elétricos demandam também cobre, mineral de alta condutividade elétrica.
3. A fabricação de baterias elétricas visando tanto os carros híbridos como aqueles totalmente a baterias requerem o uso de níquel, cobre, nióbio e elementos de terras raras.
4. A alta tecnologia já usada hoje na construção civil requer os elementos já citados, além da expansão do calcário.
5. Com toda a perspectiva de maior utilização dos minerais metálicos, destaca-se o uso do fosfato na ação de correção do solo visando maior produtividade da atividade agrícola, tanto familiar quanto a de grandes áreas.
6. O favorecimento à inovação e à sustentabilidade possibilita o estímulo para o estudo visando novos produtos, que podem ser obtidos tanto a partir dos metálicos como dos não metálicos.
7. Recursos disponíveis para novos investimentos em Goiás a partir de oportunidades criadas não só para o uso de metálicos, mas também de não metálicos.

Além desses fatores, a Missão 3, ao explicitar os instrumentos específicos para o adensamento produtivo do setor automobilístico enfatiza (p. 61):

- **Cadeia produtiva da bateria:** Programa de nacionalização progressiva para baterias, com adoção de medidas para incentivar investimentos produtivos, P&D e exportação, visando aumentar a competitividade da cadeia produtiva da mobilidade elétrica no Brasil e inserir o país nas cadeias globais de fornecimento.
- **Cadeia produtiva para ímãs de terras raras:** Ímãs usam elementos de terras raras (neodímio, por exemplo). São aplicados em bens finais como motores elétricos de tração e aerogeradores.

CAPÍTULO 4 - PANORAMA DA APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

4.1 O Contexto Histórico das Inovações

O mundo está em constante evolução e tem ocorrido mudanças rápidas, principalmente atreladas à demanda por novas tecnologias. Mas, por que as empresas inovam? Um novo produto ou processo pode representar uma vantagem de mercado, pode levar à redução de custos pela melhoria do desempenho, diminuir custos elevando os lucros e introduzindo novo(s) produto(s), aumentando o leque ofertado aos atuais ou novos clientes. Assim, entende-se a inovação como uma estratégia de negócios para as empresas, uma vez que expressa toda atividade que permite um diferencial de mercado, levando ao seu crescimento alinhado com as demandas da sociedade.

Apesar das vantagens explicitadas, as empresas tendem a apresentar um certo conservadorismo. Isso ocorre devido às incertezas do retorno do investimento em pesquisa e da aceitação do mercado frente aos novos produtos. Dessa forma, pode-se citar três fatores que impulsionam as empresas em investir em ciência e tecnologia: (1) declínio da qualidade de sua matéria-prima e ou insumos do processo, o que impacta na qualidade de seu produto; (2) abertura de novos mercados, podendo significar novos clientes e crescimento da empresa; e (3) fatores relacionados ao próprio desenvolvimento da humanidade, tais como mudanças climáticas, entre outros.

O Brasil, apesar de ser a 12ª maior economia do mundo, ocupa o 54º lugar no Índice Global de Inovação, demonstrando uma defasagem entre a capacidade nacional em inovar e seu potencial econômico. Comprova, ainda, que há uma grande dificuldade em transformar as descobertas científicas em produtos que tragam um retorno financeiro para as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) ou para os pesquisadores envolvidos.

Apesar de sua longa história, a mineração era considerada como uma atividade humana associada à extração de recursos minerais apenas, causando grandes impactos ambientais. Foi apenas no Renascimento que a investigação científica relacionada com as tecnologias mineiras recebeu impulso, dando origem à classificação dos minerais, métodos de sua extração, organização do trabalho e esforços para garantir a segurança nas minas. Até o final do século XX, a base de informação da mineração se ancorava apenas nos dados da geotecnologia. Mais recentemente, com o advento da indústria 4.0, as tecnologias inovadoras



foram ativamente introduzidas na indústria mineral, o que tem proporcionado redução significativa dos custos e aumento da eficiência da produção, além do desenvolvimento de projetos que não seriam considerados economicamente rentáveis no passado.

A crescente demanda por energia, metais, construção e matérias-primas para uso nas diferentes tecnologias trazem, por um lado, uma maior qualidade de vida às pessoas, mas, por outro, leva à degradação ambiental, uma vez que se extrai os recursos naturais de forma muito mais acelerada.

A inovação tecnológica é a chave para o crescimento, a competitividade e o desenvolvimento de empresas em uma região, de acordo com seu potencial. Sua importância está alinhada ao próprio grau de desenvolvimento que se pretende para um determinado local (cidade, estado, país), o que afetará tanto de forma imediata quanto futura, refletindo na qualidade de vida da população em geral e de seus vários setores da economia.

Assim, é fundamental que um governo conheça e invista no potencial inovador da região pretendida, através da qualificação de mão-de-obra (recurso humano imprescindível para atuar na pesquisa e inovação), quanto em tecnologia, visando suprir o mercado mundial conforme a demanda. No caso da mineração, além de se conhecer o potencial do estado, é fundamental estar alinhado ao mercado mundial em relação aos minerais estratégicos, ou seja, os bens minerais requeridos a curto, médio e longo prazo conforme os avanços que a sociedade vive e requer.

4.2 Inovação Tecnológica

A economia mundial se move em torno da tecnologia e das inovações. Isso se deve ao impacto que as inovações causam, direta ou indiretamente. Embora alguns autores considerem a tecnologia como sendo uma ciência aplicada, essa definição nem sempre é verdadeira, embora atualmente a tecnologia dependa, cada vez mais, do conhecimento científico.

A inovação tecnológica é um processo contínuo e desempenha um papel importante na sociedade, uma vez que se torna a base estratégica para o sucesso econômico e social, tanto de países desenvolvidos quanto dos países em desenvolvimento. Segundo Souza *et al.* (2023), pode-se citar como primeiro desafio na interação entre as instituições na gestão da inovação as diferenças encontradas na forma de gestão própria de cada instituição quanto aos recursos humanos, materiais e de *marketing* para a obtenção dos resultados esperados.

A gestão da inovação é um processo com características interdisciplinares e, por isso, o tema tem sido abordado sob variadas dimensões: organizacional, processos, produtos e tecnologia (Lopes *et al.*, 2012). Nesse sentido, segundo Etzkowitz e Zhou (2017), criou-se, em 1990, o modelo de Hélice Tríplice (do inglês *Triple Helix*), reconhecido internacionalmente, sendo um guia de políticas e práticas nos âmbitos local, regional, nacional e multinacional, examinando pontos fortes e fracos locais e quais lacunas devem ser preenchidas nas relações entre universidades, indústrias e governos, com vistas a desenvolver uma estratégia de inovação bem-sucedida.

Para que o Estado (como órgão regulador e provedor), a Universidade (como potencial tecnológico e acadêmico), as empresas (como detentoras dos recursos práticos e mercadológicos) e a sociedade (como geradora de demanda contingenciais), possam coexistir e se integrar para a obtenção do desenvolvimento sob o paradigma da inovação, faz-se necessária uma gestão que se pautar pela postura estratégica e ética que agregue potencialidades de cada parte, com alvo à consolidação de propostas inovadoras.

Governo e indústria, os elementos clássicos das parcerias público-privadas, são reconhecidos como importantes esferas da sociedade desde o século XVIII. A tese da Hélice Tríplice é que a Universidade está deixando de ter um papel social secundário, ainda que importante, de prover ensino superior e pesquisa, e está assumindo um papel primordial equivalente ao da Indústria e do Governo, como geradora de novas indústrias e empresas. À medida que a sociedade industrial é suplantada por uma era baseada no conhecimento, o conhecimento avançado é, cada vez mais, traduzido em usos práticos, devido à sua natureza polivalente, simultaneamente teórica e prática. Processos de transferência de tecnologia a partir de descobertas teóricas que outrora levavam gerações para ocorrer agora transcorrem ao longo da vida profissional de seus inventores, dando-lhes a possibilidade de participarem do processo tanto de inovação quanto de pesquisa. Quando os representantes da universidade, da indústria e do governo, assim como outros protagonistas, são convocados para discutir os problemas e potencialidades regionais, pode nascer uma nova dinâmica de inovação e de empreendedorismo. Quando esses espaços de “conhecimento” e “consenso” se unem, o palco está pronto para a adaptação e invenção de novas metodologias para o desenvolvimento econômico e social baseado no conhecimento (Etzkowitz; Zhou, 2017).



Segundo dados do site QuickDev (2023), a colaboração entre as três entidades que compõem a Hélice Tríplice pode gerar inúmeros benefícios para a sociedade, especialmente em termos de desenvolvimento econômico e social, tais como:

- **Criação de empregos:** geração de novas oportunidades de emprego, especialmente na área de tecnologia e inovação. As universidades são responsáveis pela formação de profissionais altamente qualificados, capazes de desenvolver pesquisas avançadas e inovadoras. Já o governo pode incentivar a criação de novas empresas e *startups*, oferecendo políticas públicas que facilitem a abertura de negócios e o acesso a financiamentos.
- **Desenvolvimento de novas tecnologias:** quando os três setores trabalham juntos, podem ocorrer importantes avanços tecnológicos e soluções para problemas sociais, como a criação de tecnologias que ajudam a preservar o meio ambiente ou melhorar a qualidade de vida das pessoas. Um exemplo de colaboração bem-sucedida entre os setores pode ser visto no desenvolvimento de novos materiais para a indústria automotiva. As universidades realizam pesquisas sobre novas técnicas e materiais que podem ser utilizados na fabricação de carros mais leves e resistentes. As empresas aplicam esses conhecimentos em seus produtos, desenvolvendo veículos mais eficientes e econômicos. Já o governo pode oferecer incentivos fiscais e regulamentar a indústria, garantindo a segurança e a qualidade desses novos produtos. Além disso, o incentivo à inovação por parte do governo pode ser feito por meio de programas de financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento.
- **Soluções para problemas sociais:** pode haver a geração de soluções para problemas sociais (saúde, educação e meio ambiente). As universidades podem desenvolver pesquisas em áreas prioritárias para a sociedade, como a criação de medicamentos e tratamentos mais eficientes, a melhoria da qualidade do ar e da água, bem como a promoção de práticas sustentáveis. As empresas, por sua vez, podem aplicar essas soluções em seus produtos e serviços, oferecendo soluções mais eficientes e acessíveis para a população. O governo também pode incentivar a criação de políticas públicas que promovam a inovação e a solução de problemas sociais, por meio de programas de financiamento e incentivos fiscais.

- **Desenvolvimento de capital humano:** a colaboração entre universidade, empresa e governo pode contribuir para a formação de capital humano altamente qualificado, capaz de realizar pesquisas avançadas e inovadoras. As universidades são responsáveis por formar profissionais capacitados, que possam atuar em diferentes áreas do conhecimento. As empresas, por sua vez, podem oferecer oportunidades de emprego e desenvolvimento profissional, contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados e preparados para enfrentar desafios.

Longo (2007) alerta para a necessidade de se distinguir invenção de inovação. Na terminologia da propriedade industrial, a invenção usualmente significa a solução para um problema tecnológico, considerada nova e suscetível à utilização. É patenteável a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. A inovação, por sua vez, significa a solução de um problema tecnológico sendo utilizada pela primeira vez, compreendendo a introdução de um novo produto ou processo no mercado, em escala comercial, tendo, em geral, positivas repercussões socioeconômicas. O Manual Oslo, da OECD (1997), considera que as inovações tecnológicas compreendem a implementação de produtos e processos, tecnologicamente novos, assim como melhorias tecnológicas importantes em produtos e processos existentes para as empresas.

As inovações podem ser classificadas, quanto ao seu foco, em (OECD, 1997):

- **Inovações de produto:** referem-se à inserção de produtos tecnologicamente inovadores, cujos atributos diferem de forma significativa de todos os produtos antes já desenvolvidos. Isso inclui os aperfeiçoamentos de produtos previamente existentes, onde os desempenhos tenham sido aprimorados significativamente, por meio de novas matérias-primas ou componentes de maior ganho.
- **Inovações de processo:** formas de operação novas ou aprimoradas tecnologicamente, de forma substancial, que são obtidas pela inserção de tecnologias novas de produção, assim como de metodologias novas ou notadamente aperfeiçoadas de manuseio e entrega de produtos. Tais inovações alteram de modo considerável a qualidade dos produtos ou do custeio de produção e entrega.
- **Inovações organizacionais:** referem-se a transformações que acontecem na estrutura gerencial da empresa, na forma de articulação entre suas diferentes

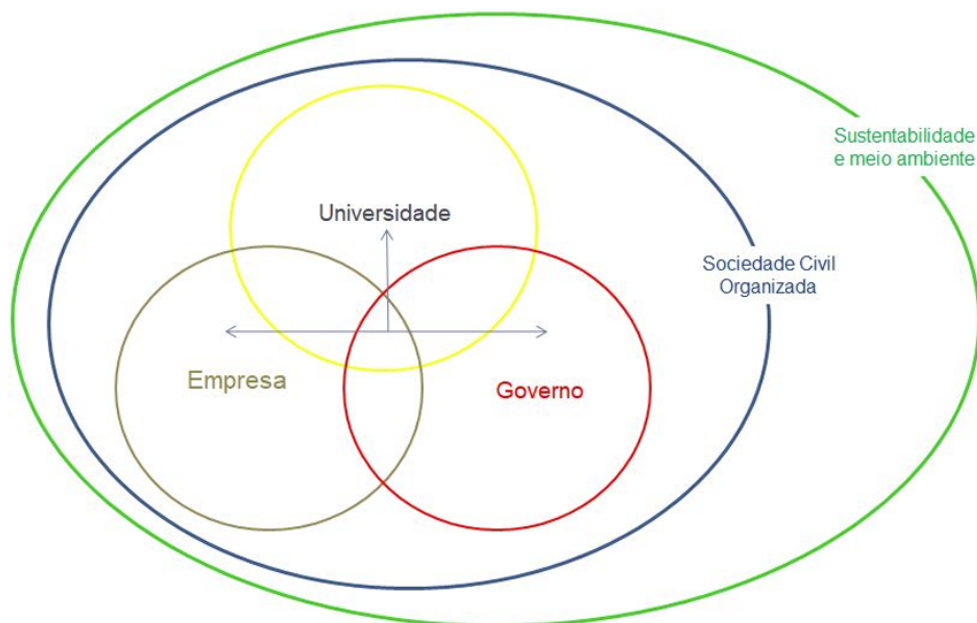


áreas, no relacionamento com fornecedores e clientes, na especialização dos trabalhadores e nas múltiplas técnicas de organização dos processos de negócios.

Com o passar dos anos, os estudiosos concluíram que o modelo da Hélice Tríplice era insuficiente para identificar e explicar todo o ecossistema da inovação e propuseram a criação de outros dois modelos, mais abrangentes: Hélice Quádrupla e Hélice Quintupla.

Segundo Alves e Pitasse (2019), a Hélice Quádrupla prevê a entrega de resultados à comunidade, propondo, ainda, que os cidadãos teriam o poder de propor inovações ao ecossistema e não participar dos processos de geração e transferência de conhecimento e inovação. Já a Hélice Quintupla envolve as questões ambientais e de que forma a inovação acaba impactando. A Figura 96 apresenta o modelo proposto.

Figura 96 - Modelos propostos para o desenvolvimento das ciências, tecnologia e inovação



Fonte: Alves e Pitasse (2019).

Em uma economia globalizada, é importante que as empresas sejam favoráveis à inovação tecnológica para que tenham a capacidade de ampliar seus projetos, pois este fator influencia direta e indiretamente os setores produtivos. No contexto da globalização, as indústrias necessitam encontrar caminhos inovadores para se tornar mais competitivas. Por intermédio da formulação de estratégias, elas conseguem obter vantagens competitivas em relação às demais. Essa busca pelas vantagens só é conquistada com o uso de novas tecnologias para produtos e processos. A adaptação a esta realidade permite que as tecnologias

sejam implementadas e rapidamente assimiladas pelos profissionais, de forma a proporcionar os benefícios que oportunizem vantagens competitivas (Porter, 1986; Engel; Arend, 2013).

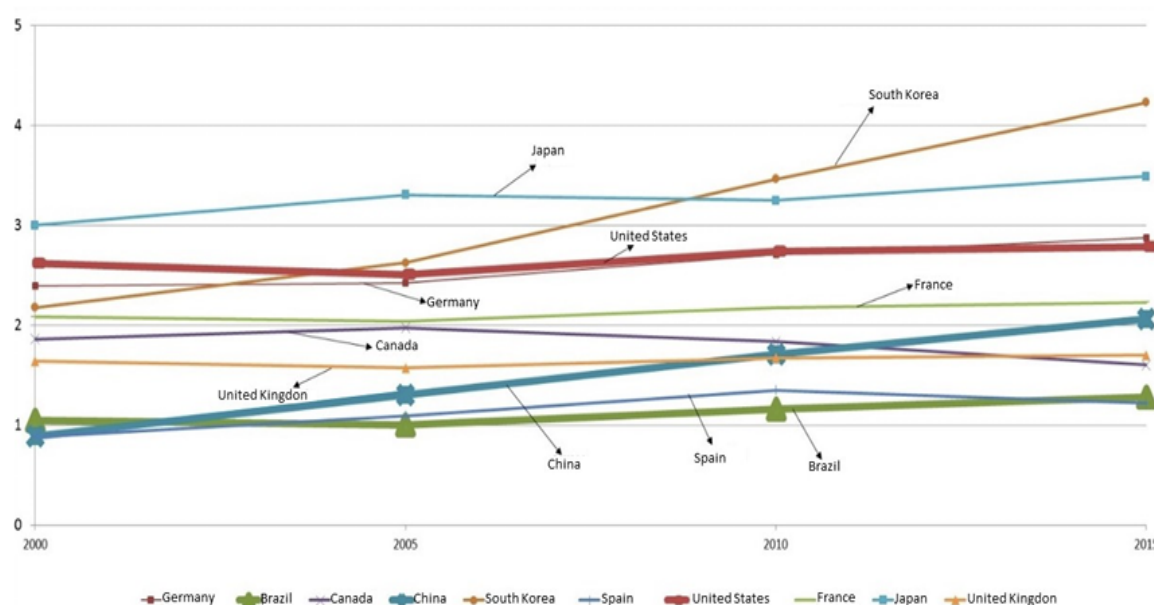
A capacidade de determinar a escala das atividades inovadoras, as características das empresas inovadoras e os fatores internos e sistêmicos que podem influenciar a inovação é um pré-requisito para o desenvolvimento e análise de políticas que visem incentivar a inovação tecnológica. Dessa forma, os países que fazem parte do Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), dentre eles o Brasil, criaram o Manual de Oslo, que consiste na principal fonte internacional de diretrizes para coleta e uso de dados sobre atividades inovadoras da indústria (OCDE, 1997).

O Brasil precisa acelerar o seu desenvolvimento tecnológico e aumentar a sua taxa de inovação para agregar valor à produção nacional. De fato, o país vem pagando um alto preço pelo seu atraso tecnológico. A qualidade da pauta de exportações se deteriora, retornando o país a ser, cada vez mais, um exportador de produtos com baixo valor agregado (Leal; Figueiredo, 2021).

Sem melhorar a eficiência dos gastos e incentivos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), o Brasil continuará a gerar resultados insignificantes em termos de inovação e produtividade e, conseqüentemente, a desacelerar o crescimento econômico. A Figura 97 mostra que o investimento do Brasil em P&D, como percentual do produto interno bruto (PIB), aumentou continuamente de 2000 a 2015 em comparação a outros países. A taxa de investimento do Brasil em P&D é semelhante à de economias de alta renda, como Espanha (1,2%) e Itália (1,3%), e não muito distante daquela observada no Canadá (1,6%) (Leal; Figueiredo, 2021). Observa-se, contudo, que os valores investidos no Brasil são muito inferiores aos de países reconhecidamente desenvolvedores de equipamentos de alta tecnologia, como a Coreia do Sul, Japão, Estados Unidos e Alemanha. Um grande problema, no Brasil, é transformar o conhecimento gerado em aplicações práticas implementadas nas empresas, ficando, muitas vezes, restrito à comunidade científica. Isso decorre de vários fatores, por exemplo, a burocracia e o longo prazo para pedidos e concessão de patentes. Assim, percebe-se que, apesar do investimento e dos processos de inovação, o seu impacto econômico ainda é deficiente no país.



Figura 97 - Despesas nacionais em P&D em relação ao PIB em países selecionados (2000-2015)



Fonte: Leal e Figueiredo (2021).

Segundo Rodrigues *et al.* (2016), o sucesso de uma organização está em entregar a seus consumidores produtos e serviços com maior valor agregado possível (performance/preço), atendendo suas necessidades, em menor tempo e melhor que a concorrência. Assim, cabe às empresas definir as suas prioridades competitivas, sabendo-se que estas se constituem em um conjunto consistente de critérios que a empresa tende a valorizar para competir no mercado.

A humanidade tem enfrentado as consequências de graves problemas ambientais ocasionados pelas mudanças climáticas. Embora não seja o único, o gás carbônico (CO₂) é tido como o grande vilão. A redução nas emissões envolve inovações em todos os setores: doméstico, comercial, industrial, transportes etc. Os países têm trabalhado em diferentes frentes visando reduzir sua “pegada de carbono”. Dentre as ações realizadas pode-se citar:

- Mudança nos combustíveis empregados, eliminando o uso do carvão mineral e de derivados de petróleo.
- Aumento da eficiência de conversão de energia.
- Introdução de fontes de energia não carbônicas, tais como as fontes de energia renovável (solar e eólica).
- Captura e armazenamento de CO₂.

4.2.1 Inovação e desenvolvimento econômico regional

Segundo Etzkowitz (2005), o desenvolvimento tecnológico e econômico pautado na inovação se caracteriza fortemente pela vocação regional na qual o processo se desenvolve, sendo impossível a obtenção de produtos inovadores fora do contexto estrutural local que se compõem, da junção não linear de conhecimento proveniente de bases culturais e educacionais, consenso para o agrupamento de atores relevantes e inovação, denotando o espaço de invenção na organização.

Um ambiente de inovação regional consiste num conjunto de instituições políticas, industriais e acadêmicas que, propositadamente ou não, atua no sentido de aprimorar as condições locais para a inovação. Nesse novo ambiente, as universidades - tradicionais produtoras e transmissoras de conhecimento - também se transformam em fatores de produção. As várias esferas institucionais podem exercer seus papéis especializados num processo de organização regional. Entretanto, se uma delas tem sua participação perdida ou restrita, outras podem exercer esse papel. Se um governo regional está ausente, uma universidade ou associação industrial pode tomar a liderança, por exemplo, para encorajar um distrito industrial a cooperar com as universidades ou outras instituições de produção de conhecimento. Muitas regiões têm lacunas em seu sistema de inovação e carecem de saídas para preencher essas lacunas. Assim, pode ser melhor pensá-los como ambientes em vez de sistemas, em que alguns elementos contribuem para fomentar a inovação, enquanto outros não (Etzkowitz, 2005).

Um dos principais parâmetros para saber como uma economia cresce, além de como criar empregos e melhorar a qualidade de vida sem aumentar a inflação, é a habilidade de desenvolver e comercializar novas tecnologias. As regiões que desenvolvem e aplicam o conhecimento tecnológico são **chamadas de centros de inovação** e se tornam mundialmente conhecidas pelos seus produtos e ou serviços (Aranha *et al.*, 2005).

Como ficou explicito pelos capítulos precedentes, Goiás é um dos estados mineradores do Brasil que se destaca pela diversidade e pela quantidade de bens minerais extraídos e processados. A Figura 98 apresenta os municípios mineradores do estado. O estado se destaca pela variedade de depósitos minerais que possui. Contudo, há potencial para aumento, uma vez que existem áreas mapeadas com possibilidade de se iniciarem a extração e processamento mineral.



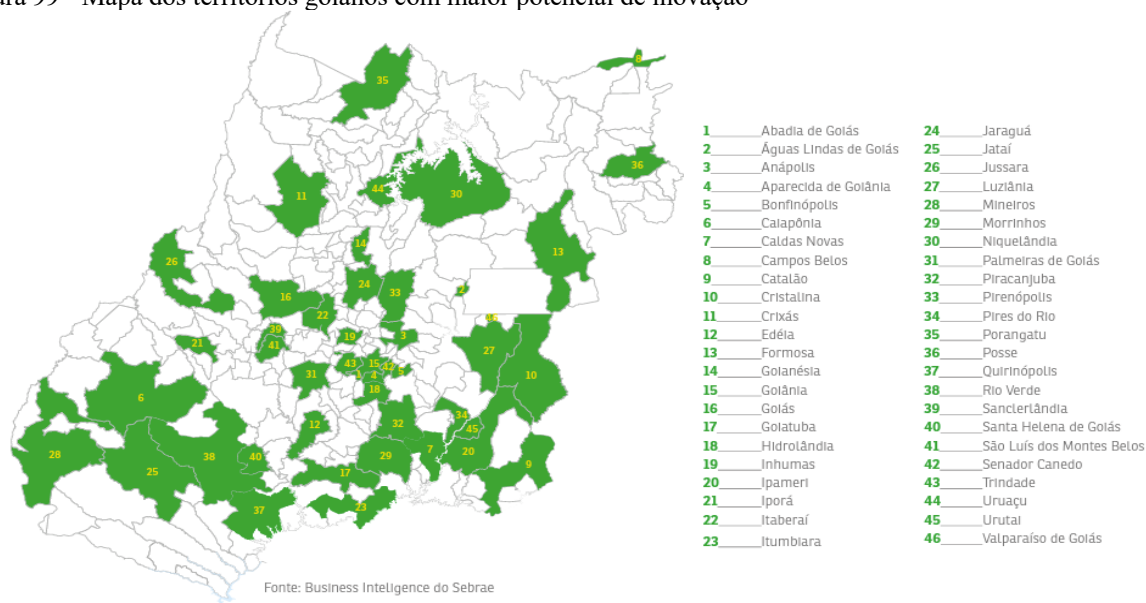
A Tabela 45 apresenta essas regiões e, na Figura 99, observam-se os municípios de Goiás com maior potencial de inovação. O estado de Goiás realizou o mapeamento do Ecossistema Goiano de Inovação, concentrando-se nos municípios polo das regiões de planejamento definidas pelo Instituto Mauro Borges (IMB), considerando tanto o seu quantitativo populacional quanto o seu potencial de inovação (Tabela 45 e Figura 99).

Tabela 45 - Municípios Polos de Goiás – IMB (Quantitativo Populacional)

Região (IMB)	Cidade	População
Metropolitana de Goiânia	Goiânia	1.536.097
Centro Goiano	Anápolis	391.772
Norte Goiano	Porangatu	45.633
Nordeste Goiano	Posse	37.414
Entorno do DF	Luziânia	211.508
Sudeste Goiano	Catalão	110.983
Sul Goiano	Itumbiara	105.809
Sudoeste Goiano	Rio Verde	241.518
Oeste Goiano	São Luiz dos Montes Belos	34.157
Noroeste Goiano	Itaberaí	43.622

Fonte: Goiás (2022).

Figura 99 - Mapa dos territórios goianos com maior potencial de inovação



Fonte: Goiás (2022).

4.2.2 Políticas e Incentivos à Inovação Tecnológica

No Brasil, o órgão responsável pela gestão do sistema de concessão e garantia dos direitos sobre os ativos da propriedade intelectual, principalmente o industrial, é o Instituto Nacional de Produção Industrial (INPI), criado em 1970 como uma autarquia federal, e vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços através do Decreto nº 11.401, de 23 de janeiro de 2023 (Brasil, 2023). Os serviços oferecidos pelo INPI incluem o registro de marcas, desenhos industriais, indicações geográficas, programas de computador, topografias de circuitos integrados, concessões de patentes e as averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia. As patentes



se aplicam à invenção de novos produtos e/ou processos voltados à melhoria no uso ou fabricação de objetos de uso prático, podendo ser divididas em “patentes de invenção” (PI) e “modelos de utilidade” (MU), que possuem requisitos e prazos de proteção diferentes (INPI, 2018).

Em 1999, foram criados os **fundos setoriais** em função da necessidade de superar a crônica instabilidade da alocação de recursos para o financiamento do desenvolvimento científico e tecnológico e de constituir um mecanismo mais adequado de financiamento às atividades tecnológicas voltadas ao setor produtivo. Após a criação dos fundos setoriais, outras modificações importantes no marco institucional foram realizadas durante a década de 2000, tais como: (1) a promulgação da Lei de Inovação em 2004; (2) o aperfeiçoamento da legislação relativa aos incentivos fiscais para as atividades de P&D, que passaram a compor o terceiro capítulo da chamada Lei do Bem (Lei no 11.196/2005); e (3) o lançamento de diversos programas e chamadas públicas para apoio a empresas pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (Morais, 2008).

A Lei da Inovação (nº 10.973/2004) dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Essa lei foi criada com o objetivo de legitimar e criar regras de interação entre o setor público e privado, além de criar incentivos para a inovação tecnológica, por meio de isenções fiscais. Dessa forma, o Estado se constitui como o principal financiador e promotor de políticas para as universidades (Brasil, 2004). Em Goiás, foi promulgada a lei nº 16.922/2010, que dispõe sobre o incentivo à inovação tecnológica no âmbito do estado de Goiás e dá outras providências. Prevê, ainda, incentivo a pesquisadores no estado e políticas de apoio aos Núcleos de Inovação Tecnológica – NIT (Goiás, 2010).

Em 2016, foi promulgada a lei nº 13.243 (Brasil, 2016), a qual dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera as seguintes leis: nº 10.973/2004, nº 6.815/1980, nº 8.666/1993, nº 12.462/2011, nº 8.745/1993, nº 8.958/1994, nº 8.010/1990, nº 8.032/1990 e a nº 12.772/2012, nos termos da Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. Essa lei, conhecida também como Código de Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T&I), foi inspirada na Lei de Inovação francesa e no *Bayh-Dole Act* americano e representa o marco legal da inovação no Brasil. Atrela, ainda, as ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) ao processo inovador.

Os artigos que especificam os tipos e as formas de operacionalização dessa interação na Lei de Inovação são: Artigo 4º, que estabelece as regras sobre compartilhamento ou permissão para utilização de laboratórios e instalações de ICTs com empresas ou organizações de direito privado sem fins lucrativos; Artigo 8º, que estabelece as regras e os incentivos sobre a prestação de serviços por ICTs a instituições privadas; e Artigo 9º, que estabelece as regras e os incentivos da celebração dos acordos de parceria entre ICTs e instituições privadas para o desenvolvimento tecnológico (Rauen, 2016).

A Constituição Federal (Brasil, 1988) já previa e regulamentava a ciência, pesquisa, desenvolvimento, tecnologia e inovação, conforme artigos 23, 24, 167, 200, 213, 218, 219 e 219-A. O artigo no 167 trata, inclusive, da possibilidade de remanejamento ou transferência de recursos de uma categoria de programação para outra, com o objetivo de viabilizar os resultados de projetos de pesquisa sem a necessidade prévia de autorização legislativa. Os artigos 218, 219 e 219-A deixam claro que o Estado estimulará a formação e o fortalecimento da inovação nas empresas, a constituição e manutenção de parques e polos tecnológicos e de demais ambientes promotores da inovação, além de poderem firmar instrumentos de cooperação com órgãos e entidades públicos e com entidades privadas, inclusive para o compartilhamento de recursos humanos especializados e capacidade instalada, para a execução de projetos de pesquisa, de desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação, mediante contrapartida financeira ou não.

Um instrumento fiscal que o Brasil possui para incentivar os investimentos das empresas privadas em inovação é a chamada Lei do Bem (nº 11.196/2005), uma vez que possibilita o uso de alguns incentivos fiscais, abarcando todos os setores da economia e das regiões do país. De acordo com o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2023), os incentivos fiscais à PD&I foram instituídos para estimular investimentos privados em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, quer na concepção de novos produtos, como no processo de fabricação, quer na agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique em melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou de produtividade, resultando em maior competitividade no mercado. Esses benefícios visam estimular a fase de maior incerteza quanto à obtenção de resultados econômicos e financeiros pelas empresas no processo de criação e testes de novos produtos, processos ou aperfeiçoamento destes (risco tecnológico).



O fomento à pesquisa científica em universidades e instituições no Brasil é realizado por meio de diversos órgãos ligados à Secretaria Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) e a secretarias estaduais que coordenam a captação e a distribuição de recursos financeiros para pesquisadores e cientistas brasileiros. Para atingir objetivos de desenvolvimento tecnológico específicos, as agências de fomento, tanto nacionais como regionais, promovem chamadas públicas e editais favorecendo temas relevantes às realidades nacionais e regionais.

As principais instituições de amparo à pesquisa no Brasil são Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). No estado de Goiás, destaca-se a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), que aglutina recursos oriundos de dotações orçamentárias estaduais específicas para o fomento de pesquisas em Goiás (Souza *et al.*, 2023).

O maior envolvimento da universidade na transferência de conhecimento e tecnologia, condução de pesquisas em colaboração com parceiros industriais e governamentais e o desenvolvimento de estratégias para crescimento regional, em colaboração com esses parceiros, são elementos concomitantes desse modelo. Três esferas institucionais (universidade, indústria e governo), operando mediante três espaços (conhecimento, consenso e inovação), proveem uma matriz de análise e benchmarking de esforços regionais de desenvolvimento (Etzkowitz, 2005).

De acordo com Rauen (2016), os Núcleos de Inovação Tecnológicas (NITs) foram criados pela Lei de Inovação com o objetivo de auxiliar a gestão da política de inovação das ICTs, configurando-se em órgãos de uma ou mais ICTs, sem personalidade jurídica própria. O Artigo 16 da Lei de Inovação estabelece as atribuições dos NITs nessa função, entre as quais tem destaque a gestão da política de propriedade intelectual, visando à proteção das criações, e a transferência de tecnologias produzidas pelas ICTs por meio de licenciamento.

É amplamente aceita a ideia de que a produção de conhecimento – em universidades, institutos de pesquisa ou nas próprias empresas – é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento econômico. De uma forma geral, as análises sobre países como os Estados Unidos, o Japão, a Coreia do Sul e, mais recentemente, a China têm revelado que os processos bem-sucedidos de desenvolvimento resultam da existência de um amplo parque de pesquisa científica e tecnológica e de sua adequada interação com o setor produtivo (Negri; Cavalcante, 2013).

Em relação à inovação no estado de Goiás, em 2023, foi criado o “**Pacto Goiás pela Inovação**”, o qual, de acordo com informações do site Goiás pela Inovação (2023), é um acordo entre Governo, Instituições de Ensino, Empresas e Sociedade Civil Organizada, visando uma governança conjunta e orquestrada, para responder aos desafios por meio de projetos que tenham impacto positivo na vida das pessoas, nas empresas e no meio ambiente.

Na Constituição Federal de 1988, em seu Art. 20, § 1º, estabeleceu-se uma contrapartida financeira por parte das minerações – a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), devendo ser paga aos Estados, Distrito Federal, Municípios e órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios, observando o limite de até 4%. Os valores são definidos com base no bem mineral explorado⁵².

De acordo com a legislação da CFEM, sua distribuição é a seguinte:

- I. 7% (sete por cento) para a entidade reguladora do setor de mineração;
- II. 1% (um por cento) para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), instituído pelo Decreto-Lei nº 719, de 31 de julho de 1969, e restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991, destinado ao desenvolvimento científico e tecnológico do setor mineral;
- III. 1,8% (um inteiro e oito décimos por cento) para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, criado pela Lei nº 7.677, de 21 de outubro de 1988, para a realização de pesquisas, estudos e projetos de tratamento, beneficiamento e industrialização de bens minerais;
- IV. 0,2% (dois décimos por cento) para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), para atividades de proteção ambiental em regiões impactadas pela mineração;
- V. 15% (quinze por cento) para o Distrito Federal e os Estados onde ocorrer a produção;
- VI. 60% (sessenta por cento) para o Distrito Federal e os Municípios onde ocorrer a produção;

⁵² A Lei 13.541/2017 determina a base de incidência, as alíquotas e os critérios de distribuição da CFEM entre outros.



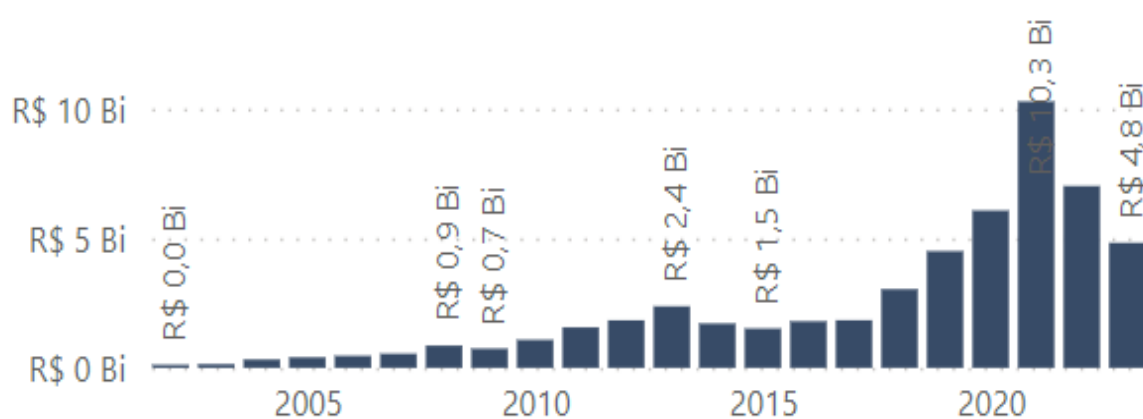
VII. 15% (quinze por cento) para o Distrito Federal e os Municípios, quando afetados pela atividade de mineração e a produção não ocorrer em seus territórios, nas seguintes situações:

- a) cortados pelas infraestruturas utilizadas para o transporte ferroviário ou dutoviário de substâncias minerais;
- b) afetados pelas operações portuárias e de embarque e desembarque de substâncias minerais;
- c) onde se localizem as pilhas de estéril, as barragens de rejeitos e as instalações de beneficiamento de substâncias minerais, bem como as demais instalações previstas no plano de aproveitamento econômico.

Observa-se que uma **parte do recurso arrecadado pela CFEM deveria, obrigatoriamente, retornar para projetos científicos e tecnológicos do setor mineral.** Contudo, não há uma clareza como tal recurso tem sido empregado.

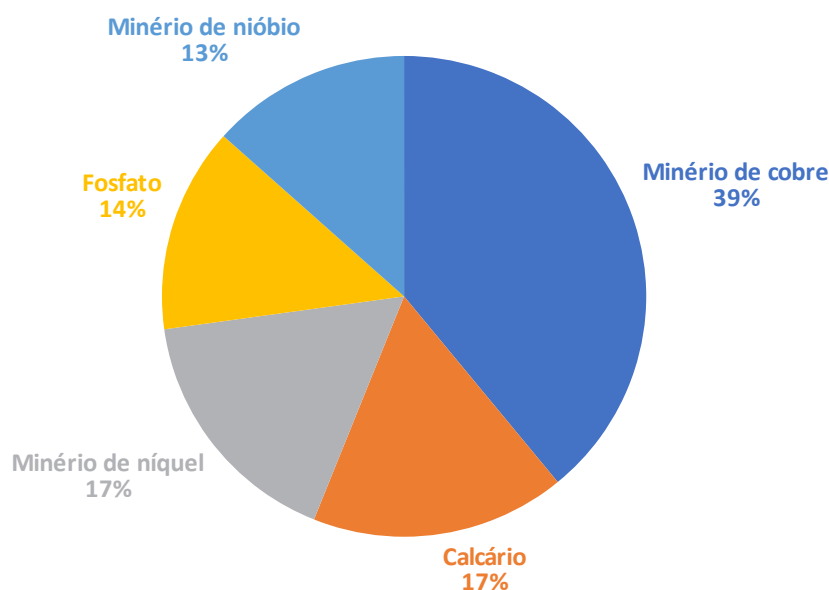
A Figura 100 apresenta a evolução da arrecadação de CFEM ao longo dos anos, demonstrando que houve uma elevação nos valores arrecadados, chegando a mais de R\$ 10 bilhões em 2020. Em 2022, Goiás arrecadou R\$ 0,18 bilhões, conforme dados da ANM (ANM, 2023), sendo a maior parte desse valor devida ao minério de cobre. A Figura 101 apresenta as cinco maiores commodities em termos de porcentagem arrecadada pela CFEM para Goiás. Em 2023, até o momento, foi arrecadado R\$ 14 milhões.

Figura 100 - Evolução da arrecadação de CFEM



Fonte: ANM (2023).

Figura 101 - Contribuição do percentual arrecadado da CFEM para o estado de Goiás



Fonte: Adaptado de ANM (2023).

Apesar dos investimentos feitos pelos órgãos federais e estaduais, é fato que a interação entre as universidades, centros de pesquisa e empresas ainda é pequena. Ainda se realiza muita pesquisa básica, a qual certamente é necessária, mas que, em geral, não possui uma aplicação imediata na resolução de um problema. Dessa forma, é fundamental que exista um protagonismo do governo em fomentar essa interação, visando projetos de pesquisa que possam atender às demandas do setor produtivo, garantindo um ganho em qualidade e/ou quantidade.

Para que se alcance resultados que satisfaçam às necessidades das empresas é fundamental que se tenha os insumos necessários para realização da pesquisa. Assim, é imprescindível que se faça investimento em equipamentos e processos modernos, tal qual os empregados em países desenvolvidos. Isso gera um fator competitivo muito importante, elevando o nível e a qualidade do que se desenvolve, o que, conseqüentemente, aumenta a credibilidade. Desse modo, não se estará apenas gerando conhecimento para aplicação regional, mas também possibilitando exportar tecnologia para o mundo todo.

A infraestrutura de pesquisa científica e tecnológica existente em um país, em particular nas universidades e instituições públicas de pesquisa, é um dos principais componentes do que se chama de Sistema Nacional de Inovação. A fraca infraestrutura científica e tecnológica e seu reduzido relacionamento com o setor produtivo seriam



elementos que permitem distinguir os sistemas de inovação latino-americanos dos asiáticos (Freeman, 1995; Negri; Cavalcante, 2013). Outro fator que se alinha nesse sentido é a existência de equipamentos antigos e que não conseguem atender à demanda de ensaios que o setor produtivo requer, levando as empresas a contratarem laboratórios em outros estados ou países.

Uma forma de facilitar a sinergia entre ICTs e empresas é a construção de parques tecnológicos. Em Goiás, existem três parques cadastrados no **Programa Goiano de Parques Tecnológicos (PGTec)**:

- **Parque Científico-Tecnológico Samambaia (PTS)**, da Universidade Federal de Goiás (UFG), localizado em Goiânia.
- **Parque Tecnológico JataíTech**, da Universidade Federal de Jataí (UFJ), localizado em Jataí.
- **Parque Científico-Tecnológico TECNOIF**, do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), localizado em Rio Verde.

As empresas têm um *timing* diferente daquele que a maioria das universidades e centros de pesquisa trabalham, necessitando de resultados rápidos e precisos, uma vez que envolve quantias consideráveis de dinheiro. Assim, além da necessidade de equipamentos que atendam a demanda do setor, necessita-se também de pessoal qualificado para atuar no segmento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Outro aspecto diz respeito aos níveis de concentração da infraestrutura de pesquisa no estado. Um exemplo a ser seguido seria o que a Alemanha implementou recentemente, definindo áreas de atuação das universidades, conforme o potencial regional de cada uma e *expertise* de seus pesquisadores. Assim, os editais de fomento à pesquisa e as parcerias industriais seriam melhor direcionados e otimizados.

Outro fator que se reflete como um diferencial competitivo são as certificações dos laboratórios que prestam serviço às empresas. Como a maioria das empresas de médio a grande porte possuem certificações ISO 9001 e ISO 14.001, dentre outras, elas também buscam laboratórios certificados para realizarem seus testes, garantindo uma maior confiabilidade dos resultados. Uma ação estratégica do governo estadual seria o apoio aos laboratórios de centros de pesquisa em obterem as certificações necessárias, haja vista que poucos laboratórios no país as possuem. Esse apoio pode vir na forma de cursos e treinamentos, além do apoio financeiro necessário. Além disso, muitos laboratórios de

universidades não possuem um modelo de governança que esteja alinhado à demanda do mercado. Dessa maneira, o estado pode proporcionar um auxílio no sentido da implementação desse modelo que defina claramente a forma de atuação e gerenciamento dos recursos.

Muitas empresas mineradoras enviam seus minérios para serem analisados em laboratórios de outros países, como o Chile, Canadá e Austrália, entre outros, devido aos seguintes fatores: (a) não se ter no Brasil laboratório que analise alguns parâmetros; (b) os laboratórios não possuírem certificação; e (c) tempo de análise, o qual tem variado de 45 a 90 dias úteis a depender do teste requerido. Nesse sentido, o país perde uma quantia substancial de investimentos que poderia ser revertida para melhorias no próprio setor.

A necessidade de caracterizar a infraestrutura de pesquisa explica por que vários países, blocos e organismos dispõem de levantamentos sistemáticos sobre o tema. A União Europeia criou o Fórum Estratégico sobre Infraestruturas de Pesquisa (*European Strategy Forum on Research Infrastructure – Esfri*) e disponibiliza uma base de dados eletrônica com informações sobre infraestruturas de pesquisa e serviços prestados por elas. O governo australiano produz, desde 2006, um guia sobre a infraestrutura de pesquisa daquele país. A edição de 2011 teve como um dos seus objetivos “identificar áreas em que o investimento público em infraestrutura de pesquisa representaria uma diferença significativa para o desempenho da Austrália em pesquisa e inovação”. Levantamentos desta natureza não apenas permitem um adequado dimensionamento das interações que a infraestrutura de pesquisa pode estabelecer com o restante do sistema nacional de inovação, mas também possibilitam um planejamento mais criterioso dos investimentos públicos em Ciência, Tecnologia & Inovação (CT&I), ao promoverem a integração científica e ao evitarem a sobreposição de esforços (Negri; Cavalcante, 2013).

De acordo com Martini e Antunes (2005), um dos aspectos que denotam a capacidade de inovação tecnológica em determinada área de conhecimento é a existência de recursos humanos trabalhando em pesquisa. No caso de uma análise a nível de país, um levantamento de competências revela em que áreas se deve concentrar os estudos e direcionar investimentos para a ciência e tecnologia.

A capacitação de mão-de-obra para atuar em pesquisa e inovação se reflete na existência de cursos graduação e de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) no estado, visando capacitar não apenas os pesquisadores que atuam em universidade e centros de pesquisa, mas também dos profissionais que atuam na indústria. Acredita-se que, assim,



ter-se-á uma cultura nas empresas de melhoria contínua e busca de novos produtos e mercados. Essa melhoria passa, inclusive, pelo melhor aproveitamento dos recursos naturais e (re)processamento de rejeitos gerados ao longo do processo produtivo.

A possibilidade de realização de pesquisas em parceria com outros países é uma vantagem para pesquisadores das universidades e alguns centros de pesquisa os quais podem, inclusive, passar um período atuando em universidades e centros de pesquisa de outros países, por meio de mestrado/doutorado sanduíche e pós-doutorado. Essa atuação traz um diferencial regional importante, aumentando a confiabilidade e a competitividade dos projetos desenvolvidos. Nessa perspectiva, é fundamental a concessão de bolsas de pesquisa que deem o suporte econômico necessário ao pesquisador por um período determinado. Existem fomentos dessa natureza no país, porém, em sua maioria, são vinculados ao governo federal. O governo estadual pode proporcionar programas nesse sentido, garantindo um suporte que foca no desenvolvimento regional.

4.3 Novas Tecnologias na Mineração

A mineração desempenha um papel vital na economia de muitos países uma vez que vastas quantidades de minerais e metais críticos são extraídas anualmente. Segundo dados da Azo Mining (2023), o mercado mineral global atingiu US\$ 1.991 bilhões de dólares em 2022. Esse aumento se deu, principalmente, pelos problemas ocasionados pela pandemia da COVID-19 e pela guerra entre Rússia e Ucrânia, o que causou prejuízos na cadeia de abastecimento e aumento nos preços das matérias-primas.

Embora a tecnologia esteja totalmente integrada nos processos minerais, emissões de carbono, alterações climáticas, poluição e esgotamento das reservas são preocupações vitais para a sociedade como um todo. Estima-se que as emissões globais de carbono do setor mineral estão em torno de 4 a 7%, sendo necessária uma rápida descarbonização. Assim, preocupações ambientais, econômicas e de segurança tem impulsionado a inovação na mineração.

Segundo Araújo *et al.* (2023), o livro *De Re Metallica*, de autoria de Georgius Agricola, foi o primeiro tratado sobre mineração publicado, sendo sua primeira edição escrita em latim em 1556, traduzido para o inglês em 1912. Esse livro trouxe uma introdução biográfica, anotações e apêndices sobre o desenvolvimento dos métodos de mineração, processos

metalúrgicos, geologia, mineralogia e leis da mineração dos tempos mais antigos até o século XVI. Ricamente ilustrado, o livro apresenta situações ainda muito atuais na prática da mineração, contudo, a percepção por parte do público geral, e mesmo de alguns autores, de que não há inovação na indústria mineral é equivocada e pode estar ligada a particularidades do setor.

A indústria mineral é responsável pelo fornecimento de insumos para praticamente todas as cadeias produtivas, e a obtenção destes produtos está associada a desafios técnicos, ambientais, humanos, dentre muitos outros, que requerem aperfeiçoamento contínuo e desenvolvimento de novas práticas, cuja ação conjunta de todos os atores que participam do processo é definida por Luz *et al.* (2010) como fundamental para o crescimento sustentável da mineração. Esses insumos fornecidos pelo setor mineral, geralmente, necessitam de processos para adequá-los a etapas subsequentes, uma vez que, devido às suas características, dificilmente são comercializados diretamente.

Um dos maiores desafios da indústria mineral é a quantidade de dados geocientíficos que possuem. Além das informações geradas diariamente, há bancos de dados com séries históricas importantes que necessitam do gerenciamento adequado. Dessa forma, segundo Ouanan e Abdelwahed (2019), é necessário aplicar a transformação digital, e a inteligência artificial (IA) tem se mostrado extremamente útil nesse caso, uma vez que dados anteriormente considerados inutilizáveis podem levar à melhoria na eficiência e no desempenho, auxiliando na tomada de decisão de forma mais segura e acertada.

A mineração 4.0 pode ser considerada como um produto das tecnologias da internet e uma melhoria dos meios físicos de processamento de dados (ou seja, desenvolvimento da inteligência artificial, visão e aprendizagem de máquinas, redes neurais, internet das coisas, sensores inteligentes etc.) (Zhironkin *et al.*, 2022).

A Mineração 4.0 é a estrutura para a integração de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), drones automatizados, impressão 3D, robótica, sensores, análise de dados para monitoramento e avaliação de desempenho na indústria de mineração (Skenderas; Politi, 2023).

Zhironkin e Ezdina (2023) consideram que, atualmente, a indústria de mineração passa simultaneamente por duas etapas de transformação tecnológica – a transição para a plataforma Mineração 4.0 com a formação da plataforma do futuro (Mineração 5.0), uma vez que há a tendência de transição de tecnologias da indústria 4.0, tais como a inteligência artificial, big



data, sensores inteligentes e robôs, visão de máquina etc.; e a Mineração 5.0, com o uso de robôs colaborativos, bioextração de minerais úteis, pós-mineração e revitalização de áreas exauridas. Alguns pesquisadores esperam a substituição da Mineração 4.0 para a 5.0 a partir de 2050.

4.3.1 Inovações na Lavra e Planejamento

Embora sejam cada vez mais raros, os acidentes com minas ainda ocorrem, podendo levar à perda de vidas. Além disso, pode ocorrer perda dos recursos minerais valiosos contidos, impactando a viabilidade financeira dos projetos mineiros.

A automação é uma das tendências tecnológicas mais proeminentes na mineração. Esses avanços foram inspirados pela necessidade de aumento de produtividade, saúde e segurança.

Diferentes tecnologias inovadoras podem ser aplicadas na mineração levando não somente à redução de custos, mas também aumentando a segurança, uma vez que muitos equipamentos podem ser operados e controlados remotamente, retirando os operadores da frente das tarefas perigosas. Algumas dessas tecnologias são: reconhecimento de localização, aprendizado de máquina, manufatura aditiva, robótica, internet das coisas (IoT), veículos e robôs autônomos. Já existem, por exemplo, tecnologias que fornecem modelagem 3D avançada do interior de minas subterrâneas. Ao conectar veículos e equipamentos com sensores, as empresas podem monitorar máquinas e equipamentos em tempo real e pará-los automaticamente se necessário para evitar acidentes, por exemplo.

As soluções de inteligência artificial (IA) na mineração usam dados inteligentes e aprendizado de máquina para melhorar a produção, eficiência e segurança da mineração, permitindo que as empresas gerem dados na metade do tempo do que se obtinha anteriormente em campo, permitindo que as empresas melhorem a tomada de decisões com insights baseados em dados mais rápidos e precisos.

A questão da pegada de carbono é um tópico extremamente pertinente e as empresas minerais têm buscado soluções a fim de reduzir as emissões de CO₂, visando garantir a sustentabilidade contínua do negócio. Nessa lógica, a tendência tem sido a utilização de equipamentos elétricos, inclusive caminhões que fazem o transporte do minério dentro das minas. Muitos veículos possuem diferentes sensores incorporados, como sensores de

temperatura, vibração, pressão e deformação, os quais são frequentemente usados para identificar parâmetros operacionais, como: velocidade do motor, velocidade de movimento, localização, pressão de escape, pressão do óleo do motor, taxa de consumo de combustível, temperaturas de exaustão e impulso e pressão.

Sensores de temperatura, cheiro e umidade podem detectar incêndios iminentes em minas. Existem, ainda, os sensores que podem detectar mudanças na temperatura da mina subterrânea a fim de indicar incêndios. Tecnologias digitais oportunizaram aos operadores das minas a redução dos custos com equipamentos e mão-de-obra, minimizando o tempo de inatividade e melhorando a saúde e a segurança dos trabalhadores.

4.3.2 Inovações no Processamento Mineral

É necessário realizar operações a fim de adequar o minério às especificações de mercado. Alguns bens minerais demandam mais operações que outros. Isso ocorre em virtude de suas associações minerais e à aplicação subsequente, tornando o beneficiamento mais ou menos complexo. Dentro das etapas realizadas, tem-se a cominuição (britagem e moagem) que fragmenta o minério a fim de promover sua liberação, ou seja, fazer com que os grãos minerais fiquem livres e na granulometria adequada (tamanho) para a próxima etapa. Em seguida, o minério é encaminhado às etapas de classificação, visando separar em faixas granulométricas adequadas. Tais etapas podem ser realizadas a seco ou a úmido e envolvem, principalmente, peneiramento e hidrociclonagem. Então, o minério é encaminhado às etapas de concentração, almejando aumentar o teor do elemento de interesse. A escolha dessa etapa depende das propriedades diferenciadoras dos minerais do minério e podem ser físicas e/ou químicas. Ao final, realiza-se etapas de desaguamento para remover a maior parte da água contida na polpa. Essa água, insumo fundamental, retorna ao processo.

Percebe-se a complexidade de processos aos quais os minérios são submetidos a fim de atingir as especificações dos clientes. A tendência natural dos depósitos minerais é que, ao longo dos anos, ocorra seu empobrecimento, levando a teores menores e de maior complexidade para realização do beneficiamento. Nesse sentido, desenvolveu-se a técnica de concentração chamada flotação, a qual compreende uma separação baseada na diferença de propriedades superficiais das partículas minerais de terem (hidrofilicas) ou não (hidrofóbicas) afinidade com a água.



Uma vez que a maioria dos minerais tendem a molhar sua superfície, utilizam-se reagentes químicos a fim de prover a propriedade diferenciadora necessária à obtenção do concentrado dentro da especificação. A maioria dos reagentes químicos atualmente empregados nas empresas é sintética, importada e não-biodegradável, algumas vezes podendo ser potencialmente tóxico aos operadores e ao meio ambiente. Assim, tem-se buscado desenvolver novos reagentes que sejam tecnicamente tão ou mais eficientes que os sintéticos, que possam ser produzidos regionalmente em locais próximos às empresas mineradoras (diminuindo os custos com transporte) e que sejam biodegradáveis. Vários estudos têm sido desenvolvidos no Laboratório de Modelamento e Pesquisa em Processamento Mineral (LaMPPMin), da Universidade Federal de Catalão (UFCAT) visando a aplicação de derivados do Cerrado ou cultivares produzidos em Goiás buscando substituir os reagentes convencionalmente empregados na flotação no Brasil, especialmente os aplicados à rocha fosfática (fonte de fósforo para os fertilizantes) e minério de ferro, entre outros (Silva, 2014; Silva *et al.*, 2014; Rocha, 2014; Pachêco, 2016; Moraes *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018; Amorim *et al.*, 2019).

Dentre os reagentes analisados no LaMPPMin, pode-se citar os óleos vegetais extraídos do pequi e da macaúba (polpa e castanha), além do pinhão-mansão, um fruto cultivado no Brasil, mas trazido da Índia para ser empregado na produção de biodiesel. Desses, o que apresenta um enorme potencial de aplicação industrial é o óleo da polpa de macaúba, tanto pelo seu perfil lipídico, produção e preço, quanto pela eficiência técnica que apresenta, comprovada por diversos estudos realizados (alguns em andamento).

A macaúba, fruto nativo do Cerrado brasileiro, obtido de uma palmeira, tem sido objeto de estudos agrônômicos de um grupo vinculado à Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde realizou-se a quebra da dormência da semente, possibilitando produzir em menor tempo, aumentando a quantidade de óleo produzida. Dessa forma, passou-se de um fruto obtido através de extrativismo para um cultivo agrícola, atualmente com vários hectares plantados no norte de Minas Gerais. O LaMPPMin desenvolve um projeto de Doutorado Acadêmico em Inovação (DAI/CNPq) em parceria com a empresa Soleá Óleos Vegetais S.A., a qual cultiva e já extrai o óleo de macaúba em MG. Tal óleo tem sido testado para uso na flotação de rocha fosfática, demonstrando seu potencial de aplicação industrial.

Outro reagente amplamente utilizado em processos de flotação com função de depressor são os amidos. No Brasil, devido à grande produtividade e baixo custo, emprega-se

o amido de milho. Contudo, o milho é um dos cereais mais consumidos no setor alimentício, tanto humano quanto animal. Além disso, possui aplicação ampla em outras indústrias, como a produção de etanol, e é um dos grãos mais exportados pelo Brasil. Assim, as minerações acabam utilizando derivados do milho de baixa pureza, como o gritz e o fubá. Diante disso, o grupo de pesquisa do LaMPPMin testou derivados do sorgo como um substituto ao milho na mineração. Além do estado de Goiás ser o maior produtor nacional, esse cereal possui menor demanda de água e nutrientes, podendo ser cultivado em condições de solos mais pobres e em regiões mais áridas. Outra vantagem é que, apesar da boa produtividade, o sorgo não é exportado no Brasil e nem empregado na alimentação humana, assim como seu custo é cerca de 30% inferior ao do milho. Os estudos realizados demonstraram que tanto o amido quanto a farinha de sorgo apresentam desempenho similar ou superior ao do milho para todos os minérios testados (Silva, 2018; Silva *et al.*, 2019a; Silva *et al.*, 2019b; Sousa, 2019; Silva, 2021; Rasmussem *et al.*, 2022; França Neto, 2023).

Devido à granulometria extremamente fina que os concentrados finais dos minérios apresentam, resultado da necessidade de se promover maior liberação dos grãos em função dos teores mais baixos, é necessário realizar processos de aglomeração a fim de adequar os tamanhos dos produtos a serem empregados nos processos metalúrgicos. Essas etapas são a briquetagem e a pelotização. Em ambos se utiliza ligantes com o objetivo de promover a união das partículas minerais e conferir as propriedades mecânicas necessárias à manipulação, ao transporte e ao armazenamento e até ao uso. Esses ligantes podem ser orgânicos ou inorgânicos. Dentre os orgânicos, um dos mais usados é o melaço da cana de açúcar, um subproduto da produção de açúcar. A maior desvantagem do uso desse insumo é o alto custo. Logo, a equipe do LaMPPMin realizou estudos visando o uso do melaço de soja para fins de calcário a fim de gerar briquetes que degradariam lentamente no solo, melhorando e otimizando a correção do pH de solos (Barros, 2016). Os resultados foram muito bons, gerando briquetes com as características necessárias, todavia, ainda não se implementou na agricultura.

Após passarem pelos processos de concentração, são gerados dois produtos: um concentrado e um rejeito. Um dos grandes desafios da indústria mineral é a destinação dos rejeitos, que, embora tenham essa nomenclatura, são minerais sem valor econômico agregado no momento. Dessa forma, é fundamental que sejam realizadas pesquisas com fito de desenvolver aplicações e mercado para tais resíduos, agregando valor, gerando lucros para as



empresas através da venda de coprodutos e diminuindo os impactos ambientais. O investimento feito ao se construir um empreendimento mineiro é elevado, devendo-se otimizar ao máximo o uso dos recursos naturais, que são finitos, aumentando a vida útil da(s) mina(s) e diminuindo os impactos financeiros e sociais do fechamento de uma mineração ao final de seu tempo de vida. Nessa ótica, outro trabalho realizado pela equipe do LaMPPMin foi o aproveitamento dos finos de magnetita gerados no processamento de rocha fosfática no concreto (Mendes, 2014; 2016). Os resultados levaram à obtenção do primeiro concreto magnético do mundo. Tal inovação não possui, ainda, aplicação industrial devido à falta de investimentos para se continuar a pesquisa no sentido de analisar possíveis aplicações práticas de tal concreto.

Percebe-se que há um potencial grande de pesquisa a ser realizada no processamento mineral. Essas pesquisas podem ser: no desenvolvimento de reagentes a serem utilizados em diferentes etapas, possibilitando também o crescimento do agroindustrial dedicado ao cultivo e extração/obtenção dos materiais na forma em que serão empregados no beneficiamento mineral; novas tecnologias que promovam maior seletividade do processo em tempo real, como sensores e analisadores de teores online; equipamentos mais eficientes para minério ultrafino (abaixo de 10 m) e soluções para energia, uma vez que o gasto energético de uma planta de processamento mineral é enorme, principalmente na etapa de moagem.

4.3.3 Inovações no Descarte de Rejeitos

Segundo Cacciuttolo e Valenzuela (2022), rejeitos minerais são, geralmente, formados por uma lama ou um pó muito fino, que sobra após a trituração do minério e a extração de minerais valiosos. A produção de rejeitos é imensa, já que poucos quilos de metal são extraídos para cada tonelada de minério processado. Os rejeitos também podem conter produtos químicos utilizados em processos metalúrgicos, bem como outros metais e sulfetos contidos no minério, os quais precisam ser considerados para uma gestão segura dos rejeitos. Por esse motivo, a maior parte dos rejeitos não são inertes do ponto de vista geoquímico e devem ser descartados com controle para preservar o meio ambiente.

Muitas empresas mineradoras trabalham com taxas de produção diárias elevadas, gerando grandes quantidades desses rejeitos, os quais precisam ser transportados e dispostos em local seguro. Até poucos anos atrás, o sistema de disposição de rejeitos, no Brasil, era basicamente em barragens. Entretanto, após os dois rompimentos que ocorreram em Mariana

e Brumadinho, ambas em Minas Gerais, os órgãos ambientais modificaram a legislação e a disposição de rejeitos desaguados em pilhas tem sido a estratégia adotada pela maioria das grandes empresas.

A água é um insumo fundamental ao processamento mineral, sendo pouquíssimos empreendimentos mineiros que processam o minério a seco. Isso se deve à ineficiência dos processos de concentração a seco para granulometrias mais finas (faixa de liberação dos grãos minerais). Dessa forma, trabalha-se com uma polpa (mistura de sólidos + água), sendo necessário remover a água ao final do processo, gerando-se dois produtos: o sólido que será empilhado e a chamada “água de processo”, a qual retorna ao circuito de beneficiamento.

As fontes de água doce para as atividades mineiras devem ser cuidadosamente estudadas devido aos impactos ambientais que podem ocasionar e custo para sua utilização. Além disso, o abastecimento de água durante a operação deve ser capaz de aumentar conforme a demanda durante toda a vida útil do projeto.

Tem se observado, cada vez mais, fenômenos climáticos que alteram o regime de distribuição de chuvas, ora ocorrendo enchentes, ora secas severas. Por conseguinte, há uma preocupação crescente em relação à disponibilidade de água para se realizar o processamento dos minérios, uma vez que existem também a exigência da comunidade e as restrições ambientais. Por esta razão, o abastecimento de água é reconhecido como um dos fatores limitantes para o desenvolvimento de novos projetos minerais e para a expansão dos existentes em determinadas regiões. De acordo com Cacciuttolo e Valenzuela (2022), muitos depósitos de minério estão localizados na América Latina, onde países com climas secos (Chile, Peru, México, Argentina e Bolívia) apresentam características de baixa precipitação e elevadas taxas de evaporação, levando à necessidade de um plano de gestão eficiente da água para transportar e gerir os rejeitos durante a vida útil da mina. Outros locais na América Latina, como certas regiões do Brasil, também possuem operações de mineração que enfrentam escassez de água e seca.

Embora alguns países tenham conseguido implementar alternativas para o abastecimento de água para a mineração, como a dessalinização da água do mar ou o uso direto dessa água, para o estado de Goiás, essa alternativa não seria viável economicamente. Ainda que o Brasil possua um extenso litoral, a distância que se teria que transportar essa água até as minerações goianas tornaria o processo economicamente insustentável. Desse modo, deve-se focar em alternativas de recuperação e reuso da água, além de redução das



necessidades de água doce de reposição através de modificações e/ou melhorias no processo empregado.

Atualmente, ainda é pequeno o número de empresas que investem em estudos a fim de caracterizar a água de processo e a forma como ela pode influenciar (positiva ou negativamente) na recuperação do mineral de interesse. Porém, percebe-se que as indagações têm crescido, e isso é um fator positivo, visto que pode levar à implementação de estratégias de gestão da água que considerem questões ambientais, questões técnicas, quadros regulatórios rigorosos, solicitações da comunidade e estratégias custo-efetivas, que resultem em uma maior economia no uso dos recursos hídricos e melhoria de processo através do tratamento da água de processos.

Uma das operações mais amplamente empregadas em processamento mineral para realizar as etapas de separação sólido-líquido é o espessamento, o qual consiste em um tanque cilíndrico cônico onde se realiza a sedimentação das partículas sólidas, removendo o líquido clarificado como *overflow*. Contudo, a umidade final do espessado (*underflow*) ainda é elevada, resultando em valores na faixa de 42 a 52%. O *underflow* era, então, enviado à barragem de rejeitos, de onde se bombeava água novamente para o processo. Todavia, o uso de barragens no Brasil está sendo descontinuado, em virtude do passivo ambiental que representam. Assim, os rejeitos espessados têm sido encaminhados para etapas de filtração, resultando em uma umidade final na ordem de 10 a 15%, dependendo do tipo de filtro utilizado. A forma de dispor os rejeitos desaguados tem sido em pilha ou retornando às galerias exauridas, no caso de mina subterrânea. É necessário, entretanto, analisar corretamente o local onde esses materiais serão dispostos, evitando impactos posteriores.

Um plano de gestão de água pode proporcionar uma melhoria na recuperação de água de rejeito para seu reaproveitamento em processo metalúrgico, transporte hidráulico de rejeito/concentrado e recuperação de minas. Assim, a elaboração desse plano deve levar em conta todos os fatores, incluindo aqueles difíceis de quantificar, como a água de processo que se perde por evaporação.

Por fim, de acordo com Skenderas e Politi (2023), a necessidade de fazer a transição da mineração para um setor mais favorável à inovação para que as empresas permaneçam competitivas é importante para garantir e melhorar eficiência e produtividade, segurança, responsabilidade ambiental e sustentabilidade, otimização de recursos, acesso a depósitos remotos, competitividade de custos, integração da cadeia de abastecimento e conformidade

regulatória. Ao introduzir a IA, as empresas minerais melhoram seu rendimento em torno de 10 a 20% e sua produtividade de compras em até 50%. A automação melhora a eficiência operacional e fornece o controle, de forma remota, de muitas operações, eliminando a exposição dos trabalhadores a ambientes perigosos. Drones conseguem gerar informações de locais de difícil acesso, fornecendo insights detalhados sobre as condições antes do início das operações e reduzindo os custos de manutenção de máquinas danificadas. Além disso, as redes IoT, baseadas na sinergia de tecnologias sem fio e sistemas microeletromecânicos, contribuem para a rastreabilidade e visibilidade das operações de mineração e podem automatizar a coleta de dados.

Em síntese, este capítulo ressalta que a energia renovável é um desenvolvimento fundamental que reduz a necessidade de extração de combustíveis fósseis e fornece às minas energia limpa, barata e isenta de emissões, reduzindo a pegada de carbono do setor mineral. Os veículos elétricos estão substituindo rapidamente aqueles movidos a diesel. Além disso, a colaboração entre empresas, universidades e governo tem impulsionado a inovação na mineração.

A tendência é de que novas soluções surjam rapidamente, aprimorando equipamentos e *softwares* existentes, ou promovendo o desenvolvimento de soluções conforme a demanda. No geral, tem se percebido uma maior atuação dos engenheiros em áreas de inteligência artificial, análise de dados, *big data*, *internet of things* etc. Tudo isso tem sido permitido através da automação das várias etapas de um empreendimento mineiro, com implantação de sensores, câmeras, tecnologias de drones, entre outras, o que permite a geração de dados que, após analisados, levam à tomada de decisões fundamentadas. Outro fator muito importante é a capacitação de mão-de-obra para atuar em P&D a fim de atender à demanda do estado, além de clientes de outros estados do Brasil ou até mesmo de outros países, tornando Goiás um importante *player* mundial no setor, contando com profissionais extremamente capacitados para tal.

Uma ação fundamental é **caracterizar a infraestrutura de pesquisa existente no estado** de Goiás, a fim de aprofundar a análise de demandas e possibilidades. A identificação das deficiências é fundamental para a formulação de políticas de inovação e para investimentos naquilo que seja capaz de alavancar o setor mineral do estado, aumentando sua produção atual e de materiais tecnológicos, trazendo oportunidades de desenvolvimento econômico regional bastante significativas. Além disso, a obtenção de certificações para os





laboratórios possibilitará alcançar novos clientes uma vez aumenta o nível de confiabilidade nos resultados

Nessa perspectiva de elaboração das políticas para o setor mineral goiano, é indispensável ter um quadro amplo dos impactos das possíveis medidas regulatórias na cadeia produtiva mineral, o que será abordado no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 5 - IMPACTOS DE POSSÍVEIS MEDIDAS POLÍTICAS E REGULATÓRIAS - ESTADUAL, NACIONAL E INTERNACIONAL - NA CADEIA PRODUTIVA MINERAL

5.1 Histórico e Evolução Recente dos Principais Marcos Legais da Mineração no Brasil

Este capítulo resgata a evolução recente dos principais marcos legais da mineração no Brasil, demonstrando com essas normativas definiram o arranjo institucional, ou as “regras do jogo”, a respeito do acesso às áreas para minerar, expresso no direito de prioridade, nos regimes de aproveitamento mineral, na essencialidade do bem mineral e na obrigatoriedade da recuperação das áreas degradadas, entre outros. O capítulo também apresenta as novas medidas e propostas de projetos de regulamentação para o setor, que estão em debate.

Em um breve histórico, o período do Brasil Imperial foi marcado pela propriedade dos bens minerais à Coroa Portuguesa. E a Constituição Imperial de 1824 garantiu a plenitude do **direito de propriedade**, ainda que as jazidas somente pudessem ser exploradas mediante autorização real.

Foi apenas durante a 1ª República que o Brasil passou a criar as condições para que a iniciativa privada passasse a investir na atividade mineral, implantando o **Regime de Acesso**. Ou seja, foi a partir da Constituição de 1891 que se atribuiu ao **proprietário do solo também a propriedade do subsolo**, deixando apenas à União a propriedade das minas indispensáveis à defesa nacional e à infraestrutura, bem como seriam dos respectivos estados as minas em terras devolutas. Nesse período, criou-se o Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB), com o propósito de realizar as primeiras pesquisas centralizadas no Estado sobre os bens minerais do país.

No início do século XX, a entrada em vigor da Lei n.º 2.210/1910 e dos Decretos n.º 8.019/1910 e n.º 2.406/1911 estimulou a maior participação do setor privado, especialmente a indústria siderúrgica, concedendo incentivos fiscais e investimentos em logística e infraestrutura para a mineração.

Na década de 1930, a política econômica brasileira se apresentava bem mais nacionalista. Quanto à mineração, a Constituição de 1934 voltou a exigir a **autorização ou concessão federal** para o aproveitamento industrial das minas e das jazidas minerais, ainda que de propriedade privada. E, para consagrar o fim do Regime de Acesso, a introdução de um novo Código de Minas, no mesmo ano, instituiu a separação das propriedades do solo e do subsolo.



Mais ainda, dispôs que a lei deveria regular a nacionalização progressiva das minas e jazidas essenciais à defesa econômica ou militar do país e que a exploração das minas só poderia ser feita por brasileiros ou empresas organizadas no Brasil. Com isso, também garantia ao proprietário do solo a prioridade na exploração da jazida, ou, caso concedida a terceiros, o proprietário teria direito à participação nos resultados obtidos com a lavra.

Foi também em 1934 que foi criado o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em substituição ao SGMB. A Constituição Federal de 1937, refletindo o nacionalismo e dirigismo estatal do Estado Novo, restringiu ainda mais a participação de empresas estrangeiras no setor. Apenas brasileiros ou empresas constituídas no Brasil eram autorizadas a explorar as minas. Um Novo Código de Minas de 1940 (Dec. Lei 1985/40) regulamentou essa tendência nacionalista, inovando quanto à exigência de comprovação de capacidade financeira para exploração (art. 14, II). Foi sob este regime que surgiu a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), integralmente estatal (Decreto-Lei 4.352/1942).

Em 1960, já sob a égide da Constituição de 1946, foi criado o Ministério de Minas e Energia, vinculando o Conselho Nacional de Minas e Metalurgia (CNMM), a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a CVRD e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Para Lobato Junior (2021), foi nesse período, compreendido entre 1930 e 1960, que se desenvolveu o lento processo de deslocamento de competências da Administração central em favor de núcleos regulatórios especializados.

Já sob a Constituição de 1967, entrou em vigor o atual **Código de Minas**, ainda vigente no Brasil (**Decreto nº 227/67**), o qual, pouco tempo depois, foi regulamentado pelo Decreto 62.934/1968. “Este novo conjunto regulatório estipulou conceitos jurídicos pertinentes, direitos de propriedade e direitos reais, direito de prioridade, classificações de jazidas e minas, regimes de exploração e aproveitamento, bem como se desenvolveria a fiscalização da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral, atribuindo competências regulatórias ao DNPM” (Lobato Junior, 2021).

Em 1988, a atual Carta Constitucional manteve o viés nacionalista (art. 20, IX e art. 176), considerando os bens minerais, inclusive os do subsolo, como de propriedade da União. E, em um primeiro momento – redação original –, dispôs que a exploração e o aproveitamento só poderiam ser efetuados mediante autorização da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa brasileira de capital nacional. Ademais, **regulou, em status constitucional, a atividade garimpeira** em organizações cooperativas (art. 174, §3º).

O aspecto ambiental foi constitucionalizado no art. 225 e, nesse contexto, expressamente dispôs a **responsabilidade daquele que explora recursos minerais em recuperar o meio ambiente degradado** (art. 225, § 2º). Do mesmo modo, a mineração em área indígena restou protegida no § 3º do art. 231, no que previu que a pesquisa e lavra de riquezas minerais nestes territórios só poderiam ocorrer com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas previamente.

Durante a década de 1990, sofrendo reflexo dos movimentos neoliberais internacionais, foi promulgada a Emenda Constitucional n. 6/1995 que, nos dizeres de Bercovici (2010, p. 248), “modificou a orientação nacionalista do texto original da Constituição de 1988”. Segundo o autor.

O artigo 171, que diferenciava a empresa brasileira da empresa brasileira de capital nacional, foi revogado. (...) O artigo 170, IX, foi modificado (...). Com isso, alterou-se também a redação do artigo 176, §1º, **eliminando-se a restrição da exploração dos recursos minerais brasileiros para as empresas multinacionais**, bastando que constituam uma filial sob as leis brasileiras, com sede e administração no país. A Lei n. 9.314/1997 regulamenta a participação do capital estrangeiro na mineração, permitida após a Emenda Constitucional n. 6/1995.

Este amplo conjunto de medidas levaram à privatização do setor siderúrgico nacional, além da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

5.1.1 Reformas importantes na regulação da atividade mineral pós Constituição de 1988

Publicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o documento “Governança Regulatória no setor de mineração no Brasil”⁵³ aponta importantes normas reguladoras da mineração identificados desde a promulgação da Constituição de 1988 até os dias atuais. Segundo este documento:

“A Portaria n. 237/2001 do antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) estabeleceu as **Normas Reguladoras da Mineração (NRM)**, com objetivo de alcançar o uso racional dos recursos minerais. Inclui condições técnicas, ambientais e de segurança que as operações de mineração devem cumprir. As NRMs são compostas por 22 capítulos que contemplam diferentes temas como transportes de minerais e pessoas, destinação de resíduos, proteção ao trabalhador, iluminação e ventilação das minas, entre outros (OCDE, 2022, p. 4).”

53 Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/df9252dc-pt/index.html?itemId=/content/publication/df9252dc-pt>



No início da década de 2010, foi anunciado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) a proposta do Novo Marco Regulatório da Mineração. Após longa tramitação de algumas propostas distintas no Congresso, em 2017. Ainda no mesmo ano, com o arquivamento e “esfriamento” do Projeto de Lei n. 5807/2013, que tratava do novo marco regulatório da mineração, especialmente após o setor sofrer várias pressões, no rescaldo das tragédias de Mariana (2015), o Governo de Michel Temer apresentou um pacote de Medidas Provisórias (MPs) denominado de "Programa de Revitalização da Mineração".

As Medidas Provisórias n^{os} 789, 790 e 791 (Quadro 2), de 2017, resumiram anos de debates sobre mudanças normativas para o setor. Contudo, das três Medidas Provisórias, apenas duas foram convertidas em lei. A MP 789/2017 foi convertida na Lei n. 13.540/2017 e a MP 791/2017, na Lei n. 13.575/2018.

Quadro 2 - Síntese das alterações promovidas pelas Medidas Provisórias (MPs) 789, 790 e 791

Destaques/MPs	MP 789	MP 790	MP 791
Principais alterações	Alíquotas da CFEM que antes era de no máximo 3% passaram a ser de no máximo 4%.	Novas regras para a “disponibilidade” de áreas e leilão como forma de acesso.	Criação e estruturação da nova Agência Nacional de Mineração.
	Alteração da base de cálculo da CFEM, de “faturamento líquido” para “receita bruta”.	Aumento do prazo para a pesquisa mineral, com possibilidade de prorrogação.	Instituiu a Taxa de Fiscalização de Atividades Minerárias – TFAM, porém, na conversão em lei, a taxa foi revogada.
	Ampliação das hipóteses de incidência da CFEM.	Fechamento de mina e possibilidade de aproveitamento de substâncias minerais de interesse econômico.	-
	Participação, inserindo municípios impactados.	Novas sanções – multa diária, suspensão das atividades e multas de até R\$ 30 milhões.	-

Fonte: Elaboração dos autores, a partir da legislação mencionada.

A MP 789/2017 tratou da reformulação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), alterando as Leis 7.990/1989 e 8.001/1990, com impactos nas hipóteses de incidência e fato gerador, base de cálculo, alíquotas, responsabilidade solidária, sanções, infrações administrativas, dentre outros aspectos da referida compensação.

A segunda, MP 790/2017, visou instituir um novo Código de Mineração, alterando drasticamente o antigo diploma e a Lei 6.567/1978 que, por sua vez, dispõe sobre o regime de Licenciamento, antigo Registro de Licença. Nesta MP, mais de 20 pontos foram alterados,

como, por exemplo, os regimes de Autorização, de Concessão e de Licenciamento, além do Sistema de Sanções.

Por fim, a terceira, MP 791/2017, tratou da criação e da estruturação da Agência Nacional de Mineração (ANM), uma agência reguladora aos moldes da Agência Nacional de Petróleo (ANP) e com distribuição de sucursais semelhante à da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). Esta nova agência reguladora atuaria em substituição ao antigo DNPM, agora extinto.

A MP 790/2017, a mais significativa em termos regulatórios, entretanto, não foi apreciada pelo Congresso Nacional no prazo constitucional. Operou-se a sua rejeição tácita e, por isso, perdeu sua eficácia em 28 de novembro de 2018, ainda que tenha gerado obrigações e direitos no intervalo de tempo de sua curta vigência. Assim, gerou-se um vácuo normativo que forçou os atores de governança a preencherem, com a edição do Decreto n. 9.406 de 2018.

Este Decreto complementa a disciplina do Código Minerário, da Lei n. 6.567/1978, da Lei n. 7.805/1989 e da Lei n. 13.575/2017, com evidente foco de preocupação com a questão da proteção ambiental e a segurança jurídica no desenvolvimento das atividades minerárias no Brasil.

Entre suas principais inovações, está a caracterização das etapas que compreendem a atividade minerária - pesquisa, lavra, desenvolvimento da mina, beneficiamento, comercialização dos minérios, aproveitamento de rejeitos e estéreis e fechamento da mina.

Em 2018, o **Decreto n. 9.406 sobreveio para regulamentar o Código de Mineração**. A OCDE (2022) assim resumiu o novo Regulamento:

Nos quatro capítulos constantes do Decreto, são descritos os programas de utilização dos recursos minerais, as condições e requisitos decorrentes de cada um e as sanções em caso de descumprimento. Além disso, o Regulamento estabelece a competência da nova Agência Nacional da Mineração (ANM) como responsável por observar e implementar as políticas e diretrizes estabelecidas pelo MME e fazer cumprir as disposições do Código de Mineração e regulamentos complementares. Da mesma forma, este Regulamento estipula duas fontes de receita que fazem parte do orçamento da agência: a Taxa Anual por Hectare (TAH) e os custos das inspeções aplicadas às empresas inspecionadas.

As principais alterações e atualizações introduzidas pelo novo Regulamento incluem a incorporação do encerramento de minas como etapa da atividade de mineração, a previsão expressa da responsabilidade dos titulares de direitos minerários na recuperação ambiental de áreas degradadas, cumprimento de normas para cálculo de recursos e rejeitos e a possibilidade de reaproveitamento e regularização de rejeitos e resíduos de mineração (OCDE, 2022).



Ainda, o Decreto n. 9.406/2018 prevê que os projetos de mineração devem especificar o seu Plano de Fechamento de Mina, como uma das ações de recuperação ambiental, além da desmobilização das instalações e dos equipamentos que compõem a infraestrutura do empreendimento, a definição do uso futuro da área e o monitoramento dos sistemas de disposição de rejeitos e estéréis, da estabilidade geotécnica das áreas mineradas e das áreas de servidão, do comportamento do aquífero e da drenagem das águas (art. 5º, §2º-A e §3º).

Por fim, em 2020, foi promulgada a Lei 14.066/2020, alterando a Política Nacional de Barragens (Lei n. 12.334), a lei do Fundo Nacional de Meio Ambiente (Lei n. 7.797), a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n. 9.433) e o Código de Mineração (Decreto 227). A lei, além de tornar mais rígido o Plano de Segurança de Barragens, obriga as mineradoras a elaborarem um Plano de Ação Emergencial para os responsáveis pelas barragens de mineração. Obviamente, sua proposição foi uma resposta direta às tragédias ambientais de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais.

Uma visão compactada dos principais marcos regulatórios da mineração brasileira está ilustrada na Figura 102 extraída do estudo da OCDE (2022).

Figura 102 - Desenvolvimento do marco regulatório da indústria de mineração brasileira



Fonte: OCDE (2022).

Apesar dos efeitos da pandemia de Covid-19 que assolou o mundo a partir de 2020, o setor mineral ainda foi alvo de novas mudanças regulatórias. A Lei 14.066/2020 promoveu alterações no Código Mineral e na Lei 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança e Barragens, aumentando as exigências e controles de barragens (pós-Brumadinho, 2019), bem como **Lei nº 14.514, de 29 de dezembro de 2022**, que prevê alterações no Código de Mineração, como a ampliação do prazo de vigência do alvará de pesquisa; além de ter trazido a possibilidade de os títulos minerários, independentemente de suas fases, serem

onerados e oferecidos em garantia pelos seus titulares, o que deve, ao fim, incentivar e facilitar a conquista de recursos pelos empreendedores do setor.

Além disso, as novas regras de disponibilidade de áreas foram implementadas com a realização da primeira rodada da oferta pública e leilão, que já chega a sua 7ª rodada atualmente.

Como se percebe desta análise, as regulamentações gerais da atividade minerária no Brasil são bastante concentradas no ente nacional, especialmente pelo Congresso Nacional e os órgãos federais. Aos demais entes federados (os estados e, na área ambiental, os municípios) também têm competências para estabelecer regulamentos secundários com relação a certos aspectos das atividades de mineração.

Além disso, os estados têm estrutura específica para acompanhar e fiscalizar as atividades minerárias em suas jurisdições, ou seja, a obediência dos empreendimentos aos regulamentos federais e estaduais.

Essa estrutura se dá por definição constitucional. Nos termos do art. 20, inciso IX, da Constituição Federal de 1988, os recursos minerais, inclusive do subsolo, pertencem à União, também competindo privativamente a ela, nos termos do art. 22, inciso XII, legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.

Aos estados, cabe a competência comum de proteger o meio ambiente (art. 23, VI, CF) e registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (art. 23, XI, CF), somado à competência para instituir sua política tributária, derivada da Constituição, que interfere diretamente no custo total de implantação de um projeto mineral na localidade.

A competência para cuidar e legislar sobre esses temas – não centrais à questão mineral – permite aos estados ter grande interferência sobre a atividade mineral nas suas regiões.

Um resumo dos principais marcos regulatórios da mineração no Brasil está ilustrado no Quadro 3:



Quadro 3 - Síntese dos principais regramentos federal e estadual para a mineração

Nível de Governo	Legislação	Possíveis implicações na mineração
Federal	Decreto-Lei nº 227/1967/Código de Mineração brasileiro. Decreto 62.934/1968.	Trata da administração, distribuição, comércio e consumo de bens minerais, seus regimes de aproveitamento e órgãos de atuação no setor. Assegura a manutenção das regras de acesso aos títulos minerários, como é o caso do direito de prioridade.
	Lei Federal nº 6.567/1978	Especifica as substâncias passíveis de aproveitamento pelos deferentes regimes.
	Decreto Federal nº 97.632/1989	Torna obrigatória a apresentação de plano de recuperação de área degradada e de Estudo de Impacto Ambiental.
	Decreto Federal nº 97.507/1989	Trata do uso de mercúrio e cianeto nas áreas de extração de ouro e do processo de licenciamento de atividades garimpeiras.
	Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Art. 4º, I)	Determina que a mineração é empreendimento de utilidade pública (art. 3º, VII), bem como mineração, exceto, neste último caso, a extração de areia, argila, saibro e cascalho.
	Lei Federal nº 13.575/2017	Extingue o DNPM e cria a ANM, estabelecendo as competências de gestão dos recursos minerais da união e a fiscalização da atividade mineral; direitos de prioridade de áreas livres, regimes de aproveitamento, infrações e sanções administrativas. Regulamenta o Código de Minas de 1967 E a Lei Federal nº 6.567/1978. Contribui para desburocratização dos processos, padronização dos recursos e reservas do país, aceleração de ofertas públicas de áreas em disponibilidade, além de imprimir mais eficiência e celeridade aos processos e requerimentos minerários.
	Decreto nº 9.406/2018	Apresenta regramentos gerais acerca da atividade mineral.
	Lei Kandir - LC 87/96 e PEC 42/2003.Revogação/ressarcimento (188/19, 42/2019)	Asseguram que as empresas deixem de recolher o ICMS, PIS e COFINS das exportações de produtos básicos e semielaborados e ainda prevê créditos dos impostos recolhidos na cadeia se suprimentos.
	Lei nº 13.540/2017 Lei da CFEM	Garante aos municípios mineradores participação na renda mineral. Além de compensar a perda do patrimônio mineral, a CFEM contribui para que gestores municipais não criem resistência à atividade.
	Lei nº13.975/2020	Simplifica os requisitos legais para acessar minerais de uso na construção civil, o que abre a possibilidade de exploração de rochas ornamentais e calcárias apenas com licenciamento.
	Plano Nacional de Fertilizantes	Gera estímulo à produção nacional de insumos para agricultura. A meta do Plano Nacional de Fertilização é produzir 50% internamente até 2050.
	Dispõe sobre a empresa Indústrias Nucleares do Brasil S.A. Lei n. 14.514/2022.	Cria a empresa Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB); amplia o prazo de vigência do alvará de pesquisa, que passa de 03 para 04 anos, podendo tal prazo ser prorrogado; e trouxe a possibilidade de os títulos minerários, independentemente de suas fases, serem onerados e oferecidos em garantia pelos seus titulares, o que deve, ao fim, incentivar e facilitar a conquista de recursos pelos empreendedores do setor.
	Decreto nº 11.964/2024, publicado em 27.03.2024	Mecanismo de financiamento que regulamenta os critérios e as condições para que projetos de investimento na área dos minerais estratégicos considerados como prioritários, para fins de emissão de valores mobiliários (debêntures incentivadas, de infraestrutura, cotas de emissão de fundo de investimento, entre outras).
Estadual	Constituição do Estado de Goiás (Art.141)	Determina que o Estado fomenta a atividade mineral, especialmente de pequenos e médios mineradores, por meio da assistência científica e tecnológica, bem como promova a integração vertical com a indústria de transformação.
	Lei 20.694/2019	Dispõe sobre normas gerais para o Licenciamento Ambiental do Estado de Goiás e dá outras providências.
	Lei 20.942/2020	Institui a Taxa de Controle sobre as Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais - TRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais - CERM no Estado de Goiás, e. dá outras providências.

Fonte: Elaboração dos autores com base na legislação citada e OCDE (2022).

No nível estadual destaca-se a Constituição do Estado de Goiás que estabelece:

Art. 141. O **Estado adotará política de fomento à mineração**, através de assistência científica e tecnológica aos pequenos e médios mineradores e programas especiais para o setor mineral, alocando recursos continuados, nas leis de diretrizes orçamentárias e nos orçamentos anuais e plurianuais, para seu desenvolvimento.

Parágrafo único. Os programas para o setor mineral contemplarão a definição de novas reservas minerais, seu aproveitamento econômico e o aumento gradativo da produção mineral, com ênfase para a integração vertical com a indústria de transformação de bens minerais (Lei nº 13.590/2000).

Em síntese, esse breve resgate revela as linhas gerais da política regulatória mineral brasileira:

c) No Brasil, os bens minerais pertencem à União, que é o poder concedente, cabendo à ANM a gestão e a fiscalização dos bens minerais. Assim, distintamente de países que adotam um modelo descentralizado, como Austrália e Canadá, em que cada estado ou província pode deliberar sobre o aproveitamento, ou não, de seus bens minerais, no Brasil o modelo é centralizado.

d) Todavia, os estados, assim como os municípios, podem também exercer as atividades de fiscalização sobre os bens minerais. Muito embora não tenham o poder da outorga do título minerário, eles podem deliberar quanto ao licenciamento ambiental que, por seu turno, é pré-condição para obtenção do título minerário. Isso abre uma margem importante sobre a capacidade decisória desses entes.

e) O Governo Federal, principalmente após os desastres ambientais provocados pela mineração em Mariana e Brumadinho (MG), tem criado novos regramentos no sentido de maior rigor quanto ao uso de barragens de rejeitos. Isso tem resultado em efeitos sobre a mineração e suas formas de extração e processamento e, por consequência, em toda a cadeia mineral.

f) O Governo Federal é também o responsável pela determinação das questões tributárias que afetam tanto a dinâmica mineral quanto a capacidade financeira dos Estados.

Feito esse breve histórico, o capítulo seguinte visa prospectar as novas tendências de políticas e regramentos nos níveis internacional, nacional e local, bem como ponderar sobre seus possíveis impactos nas diferentes fases da cadeia produtiva mineral do Estado de Goiás.



5.2 Tendências e Prováveis Medidas Políticas e Regulatórias e seus Possíveis Efeitos na Cadeia Produtiva Mineral

Esta seção aborda as novas tendências e prováveis políticas e medidas regulatórias nos níveis global, nacional e estadual que estão em debate, além de considerar as políticas do setor privado, com o objetivo de estimar seus possíveis efeitos sobre as etapas da cadeia produtiva mineral.

5.2.1 Novas Tendências Globais e a Mineração

A demanda por bens minerais passa por um processo de intensas mudanças, conforme verificado na sessão 2.4. Enquanto demanda derivada, isto é, que depende das tendências do consumo dos bens finais que usam minérios, a demanda por insumos minerais pressiona a oferta, exigindo tanto a expansão da produtividade como a eficiência socioambiental das empresas. Essa pressão é desencadeada pela concorrência dos mercados, por resistências dos grupos e por expectativas de segmentos industriais, além de respostas às ameaças da mudança climática global. Assim, tem se presenciado uma série de transformações com a incorporação de novas tendências globais que afetam diretamente o comportamento da indústria mineral⁵⁴

Essas novas tendências têm implicações diversas e, não raras vezes, de sentidos opostos, na relação entre a oferta de bens minerais e as perspectivas futuras da mineração em Goiás. Por um lado, a automação contribui para a redução dos custos de produção das empresas, ajuda a reduzir os impactos ambientais (menos emissão de CO², de consumo de água, de uso de recursos etc.), mas também diminui a demanda por mão de obra e a massa salarial e, portanto, o potencial de benefícios de geração de renda para a economia local e regional (Machado; Figueroa, 2020).

Além dos aspectos inerentes ao mercado de bens minerais, o cenário da crescente e contínua demanda por alimentos exige, por motivos de sustentabilidade, aumento de produtividade (maior produção por hectare), o que implica também no crescimento de consumo de fertilizantes e de produtos químicos, colocando em relevo os agrominerais.

Em síntese, os produtos da indústria de mineração e da transformação mineral apoiam e nutrem muitos setores da economia global, desde a infraestrutura, a construção civil, o transporte, a tecnologia até a agricultura, entre outros. À medida que os sistemas de

⁵⁴ Vide Quadro 1.

comunicação, de tecnologia da informação (que demandam cada vez mais supercondutores) e de transição energética se aceleram, a procura por minerais considerados críticos e estratégicos (Box 6) aumenta, porém, a extração desses minerais deve ocorrer dentro das normas ESG com respeito à sustentabilidade, à economia circular e com busca da eficiência energética. As medidas regulatórias e normativas já caminham e vão caminhar ainda mais nesta direção.

Box 6 - Minerais estratégicos e minerais críticos

De acordo com o Plano Nacional de Mineração 2030, a definição de **mineral estratégico** se associa aos objetivos políticos de países hegemônicos, que remete à Guerra Fria, período no qual a fabricação de materiais militares provocava elevada demanda por minerais importantes para estes fins e, consequentemente, sua escassez. Em uma definição mais atual, em Brasil (2011) são definidas três situações que enquadram a definição de um mineral como estratégico.

O primeiro deles é a **grande dependência de importações** de determinado bem mineral, de modo que uma ruptura na oferta internacional possa ocasionar distúrbios no funcionamento normal das cadeias produtivas que utilizam este bem. Exemplo no Brasil são os agrominerais (fertilizantes de azoto, potássio, fósforo ou uma combinação dos três), os quais, em 2022, segundo dados de comércio exterior do ComexStat/ MDIC, representaram 9% das importações brasileiras, chegando a representar até 80% da pauta de importação de estados produtores agrícolas, como o Mato Grosso, no mesmo ano. Além disso, o cenário geopolítico global de incertezas, agravado pela guerra entre Rússia e Ucrânia e as oscilações na taxa de câmbio brasileira, deixam vulnerável o suprimento externo destes bens, sobretudo, por ser a Rússia a principal fornecedora de potássio no mercado brasileiro.

A segunda definição de mineral estratégico está associada aos minerais que crescerão em **importância nas próximas décadas** pela aplicação em determinados produtos de alta tecnologia. Entre estes, as terras raras, minerais com aplicação em equipamentos de tecnologias de ponta, como celulares, televisores e fibras óticas, além de serem usadas em componentes de carros elétricos, lâmpadas de LED, ligas de aço, painéis solares⁵⁵, entre outros. Segundo a revista Brasil Mineral (2022), a exploração de terras raras em Minaçu (GO) está em estado inicial, com projetos que contam com eliminação de resíduos líquidos e maximização da reciclagem de água. A estimativa das reservas é de 911 milhões de toneladas, sendo a segunda maior reserva de terras raras do mundo e com extração com menor impacto ambiental do que a China, maior produtora atualmente.

Por fim, a terceira definição é aquela que considera as **vantagens comparativas** que o país tenha na produção de determinado minério. Exemplo disso é o nióbio, em que mais de 95% das reservas mundiais estão localizadas no Brasil, com ampla aplicação em ligas metálicas de alta resistência, em supercondutores e utilização em amplo rol de indústrias, como a automobilística, naval e petroquímica. Em Goiás, a produção de nióbio em Catalão e Ouidor pela CMOB Brasil confere ao estado vantagem a na produção e abastecimento deste bem.

Minerais críticos, segundo Castro *et al.* (2022), apresentam especificidades de risco ao suprimento, daí sua importância econômica variar entre os países e blocos econômicos. Esses minerais também são considerados “críticos” pelas incertezas em seus mercados, o que deixa os consumidores, em especial dos países que não os dispõem, mais vulneráveis.

Portanto, para o estado de Goiás, podem ser considerados estratégicos os agrominerais (fosfato, calcário), devido aos fertilizantes serem largamente importados. Níquel, nióbio e lítio são também considerados estratégicos devido à demanda em expansão, para atender ao mercado de carros elétricos e outras tecnologias ascendentes.

O nióbio, por seu turno, pode ser considerado também como crítico em âmbito mundial, pois somente o Brasil, tendo Goiás como um dos principais produtores, faz a extração desse minério, representando uma oportunidade para canalizar os benefícios de sua extração

Fonte: Nota dos autores.

55 Informações disponíveis em: <https://jornal.usp.br/ciencias/valiosas-e-versateis-pesquisas-com-terras-raras-mostram-caminho-para-criar-cadeia-produtiva-no-brasil/>.



Esse panorama leva a um quadro regulatório global que pressiona por padrões de qualidade ambiental e de respeito à sustentabilidade. Tais mudanças se fazem refletir, entre outras medidas, na adoção de regulações, tanto formais ou informais, que procuram ir além das medidas já estabelecidas, como a Licença Social para Operar (LSO) (Ayuk, 2021), por exemplo. Atualmente, sob a égide dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), bem como da relação existente entre a atividade mineral e a possibilidade de atendimento aos ODS (Monteiro, Silva; Moita Neto, 2019) as novas métricas de avaliação de atividade mineral tendem a se basear em três critérios básicos: fortalecimento das economias locais, gestão ambiental efetiva, respeito às culturas locais e valores sociais, além da aderência aos mais altos padrões de governança e transparência.

Logo, é possível perceber como a adoção de uma boa governança perpassa todas as áreas da extração mineral, desde a contratação de mão de obra até a utilização transparente dos *royalties* minerais. Extrapolando este escopo, o *International Council on Mining and Metals (ICMM)* lista os chamados Princípios de Mineração, que buscam conciliar os interesses corporativos, governamentais e sociais com base nos ODS e demais princípios do Acordo de Paris. São estes⁵⁶:

- III. Ética corporativa: promoção da transparência nas empresas.
- IV. Tomada de decisão: integração de princípios de sustentabilidade ambiental na tomada de decisão corporativa, tanto da empresa como dos demais parceiros comerciais.
- V. Respeito aos direitos humanos: consideração das necessidades dos habitantes locais, sobretudo quando se tratar de povos tradicionais e indígenas. Considera também o bem-estar dos trabalhadores das empresas mineradoras.
- VI. Gestão de riscos: efetiva ponderação de riscos sociais e ambientais nas áreas de mineração, prevenindo acidentes tanto nas minas como no entorno das minas por meio de avaliação dos riscos para as partes envolvidas.
- VII. Promoção da saúde e segurança dos trabalhadores.
- VIII. Desempenho ambiental elevado: promover o mínimo de impacto ambiental possível por meio de medidas como plano de fechamento de minas,

56 Mais informações sobre o órgão encontram-se disponíveis em: <https://www.icmm.com/en-gb/our-principles>.

práticas de gerenciamento da água, gestão de rejeitos de mineração e minimização de resíduos, além das novas tendências de descarbonização.

IX. Conservação da biodiversidade: respeito às áreas ambientalmente protegidas, sítios arqueológicos e repositórios de grande diversidade de fauna e flora de alto valor biológico.

X. Produção responsável: adoção de princípios de economia circular para fins de maximização na utilização dos insumos à produção, utilização de produtos de padrão internacionalmente assegurado.

XI. Performance social: contribuição ao desenvolvimento comunitário das áreas no entorno dos polos de produção mineral; promoção de oportunidades aos habitantes destas localidades, tanto por meio do emprego direto como também pelo suporte aos projetos capazes de elevar o bem-estar destes, como infraestrutura, serviços de saúde, promoção da educação; viabilização da participação social para prevenção e resolução de conflitos.

XII. Engajamento das partes envolvidas: ações voltadas à transparência das partes envolvidas, como publicação de relatórios econômicos, sociais e ambientais.

Tais tendências ilustram como, nos dias atuais, a atividade mineral é pautada por padrões regulatórios formais e informais que tendem a ser cada vez mais complexos, horizontais e com diversas partes envolvidas.

5.2.2 Tendências Nacionais

O presente e o futuro da mineração no Brasil estão intimamente ligados às tragédias de Brumadinho e Mariana (MG), acontecimentos que mudaram os rumos da atividade mineral nacional e mesmo em nível internacional. Aos olhos do grande público, a exploração mineral é uma moeda que tem dois lados: em um deles, uma atividade de extrema relevância para a economia (empreendimento de utilidade pública); de outro, uma atividade responsável por tragédias, provocadas pela má gestão de rejeitos e pelos impactos socioambientais resultantes, o que gera um clima de insegurança e de desconfiança.

Uma das alternativas para a superação de riscos quanto à contenção de rejeitos foi de natureza tecnológica, com a adoção de processo para **mineração a seco**. Esse novo processo



oferece vantagens de natureza técnico-econômica, entre as quais a economia de quase 95% de uso de água, que antes era destinada ao sistema úmido, o que dispensa a construção de barragens e outros custos associados.

Para especialistas, a transição do processamento a úmido para seco não implica em grandes mudanças no sistema de cominuição, pois requer apenas adaptações às plantas das usinas. No processamento a úmido, são necessárias as etapas de: britagem, peneiramento, flotação e concentração. No processamento a seco, há somente as etapas de britagem e peneiramento. Nesse sentido, seja pelas consequências dos desastres ambientais, por pressão da sociedade e do poder público, a tendência é de que cada vez mais se adotem as tecnologias da mineração a seco (Luz *et al.*, 2010).

Até mesmo os projetos de exploração de ouro já estão adotando o processo denominado *ecogold system*, como o caso do ouro em Mara Rosa⁵⁷. A tecnologia utilizada, inicialmente, desidrata a terra para depois moer e, posteriormente, separar o ouro dos demais materiais. Dispensa também a utilização de produtos químicos como mercúrio e cianeto, o que impede possíveis contaminações no solo.

No entanto, há a questão do equacionamento dos custos entre essas duas formas de processar o minério, pois o menor ainda se dá por meio de processamento hídrico, muito embora esse procedimento utilize um enorme volume de água, que também gera custo elevado. Na extração a seco, que utiliza equipamentos como o sistema de esteiras transportadoras no movimento dos grãos sólidos, o consumo de energia fica de 10 a 15 vezes maior que o processo hídrico. Portanto, merece um estudo por parte das entidades públicas, a adoção de incentivos para a utilização do processo a seco na mineração (Sayão, 2019).

A preocupação da mineração com a produtividade dos recursos naturais tem levado a criar não somente tecnologias para o reaproveitamento, mas alternativas para evitar o desperdício. Portanto, um dos maiores desafios atuais da mineração no Brasil diz respeito à gestão de rejeitos. Opção pelo menor custo já demonstrou que, ao final, pode ser pago com vidas e impactar negativamente nas empresas, como já ocorreu.

Soluções oriundas de parcerias com universidades, centros de pesquisa e com fornecedores, são cada vez mais comuns na mineração e na transformação mineral. O setor que tem figurado como o maior protagonista na reutilização dos rejeitos é o da construção civil. Alguns materiais que podem ser fabricados a partir de rejeitos de minérios são: telhas,

57 Ver site: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/hochschild-investira-r-900-milhoes-em-mara-rosa>

blocos e tijolos com rejeitos, remineralizadores de solo, pavimento etc. (Ibram, 2022⁵⁸). Um desses exemplos já se encontra em Goiás: é o caso da *Lundig Mining*, que produz concentrado de cobre em Alto Horizonte e gera cerca de 24 milhões de toneladas de rejeito por ano. A partir de acordos de cooperação com universidades e centros de pesquisa, criaram nova destinação para os rejeitos que agora são usados fonte de matéria prima para produção de remineralizador agrícola (Ibram, 2022).

5.2.3 Políticas do Setor Privado

A busca pela agregação de valor às matérias-primas de origem mineral é uma das principais diretrizes estratégicas do setor privado, particularmente da Federação das Indústrias do Estado de Goiás (FIEG), para o desenvolvimento da economia mineral goiana⁵⁹.

A mineração em Goiás, como em todos os estados onde está presente, gera empregos diretos, indiretos e induzidos e contribui para o crescimento dos municípios onde as minas estão instaladas, principalmente com a arrecadação da CFEM. Porém, sua transição para uma economia de transformação mineral que viabilize uma indústria local com base na agregação de valor aos minerais extraídos, com geração de empregos mais sofisticados e em maior quantidade e qualidade, não é uma decorrência natural da extração de minérios e não se dá de maneira automática; ao contrário, requer políticas estruturais e consistentes no tempo.

O potencial do setor mineral goiano tem sido apresentado pela FIEG, tanto em reuniões no Brasil como no exterior, sempre na perspectiva da atração de investidores para o Estado. A instituição tem divulgado que a mineração tem grande representatividade no PIB goiano, com destaque junto aos setores de alimentos, laticínios, bebidas e outros, reconhecendo os setores da mineração, moda e a industrialização da soja como essenciais para o desenvolvimento industrial do Estado de Goiás, representando pilares estratégicos e prioritários para o avanço da indústria.

A perspectiva do setor privado, portanto, é o fortalecimento da cadeia mineral tanto a jusante quanto a montante, ou seja, seus fornecedores de bens e serviços, como uma estratégia de internalizar riquezas no Estado. Esse objetivo ficou explícito na 1ª FFINEG (Feira dos Fornecedores das Indústrias do Estado de Goiás), ocorrida em 2022.

58 Publicação disponível em: <https://Ibram.org.br/publicacoes/page/2/#publication>.

59 Ver em: <https://fieg.com.br/noticia-mineracao-fieg-recebe-forum-permanente-e-discute-impacto-do-setor-no-desenvolvimento-macroeconomico-de-goias>



Nesse sentido, há um largo caminho a percorrer considerando-se o contexto e os minérios produzido no Estado. O níquel, por exemplo, afora suas propriedades de uso na obtenção dos aços inoxidáveis, é um componente muito importante para a produção de baterias para carros elétricos, uma tendência mundial na indústria de automóveis, que visa sair da dependência dos combustíveis fósseis e que se encontra em pleno desenvolvimento na Europa e Ásia. Em virtude disso, os projetos que antes estavam na gaveta ou parados, foram reativados no Brasil, e Goiás está com importante janela de oportunidade aberta⁶⁰. A utilização de ouro em ligas metálicas devido às suas propriedades de resistência a produtos químicos, assim como o nióbio na produção de supercondutores e os agrominerais na produção de fertilizantes, representam um potencial que pode, ao invés de gerar empregos em outros países, canalizar para Goiás os benefícios de suas riquezas minerais, desde que sejam criadas as necessárias condições para isso.

5.2.3.1 Políticas Promovidas pelo Instituto Brasileiro de Mineração – Ibram

O Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) elabora e divulga estratégias para o setor, principalmente por meio da ExposIbram⁶¹. No último evento de 2022, foram abordados temas como a **descarbonização do setor** como uma das maiores oportunidades de novos negócios e que faz parte das **metas ESG**. Igualmente, houve destaque para a **eletrificação das frotas de veículos** como uma grande tendência a ser usada nas operações de mina.

A perspectiva de o Brasil se situar entre os líderes no fornecimento de minérios estratégicos e críticos para o cumprimento dos compromissos de agendas globais - como a de mudanças climáticas, descarbonização e eletrificação, foi um dos alvos do Ibram no evento, com a entidade defendendo uma política mais agressiva para a produção dos minerais críticos. O Ibram também enfatizou a necessidade de o Brasil ampliar a produção de agrominerais (Box 7).

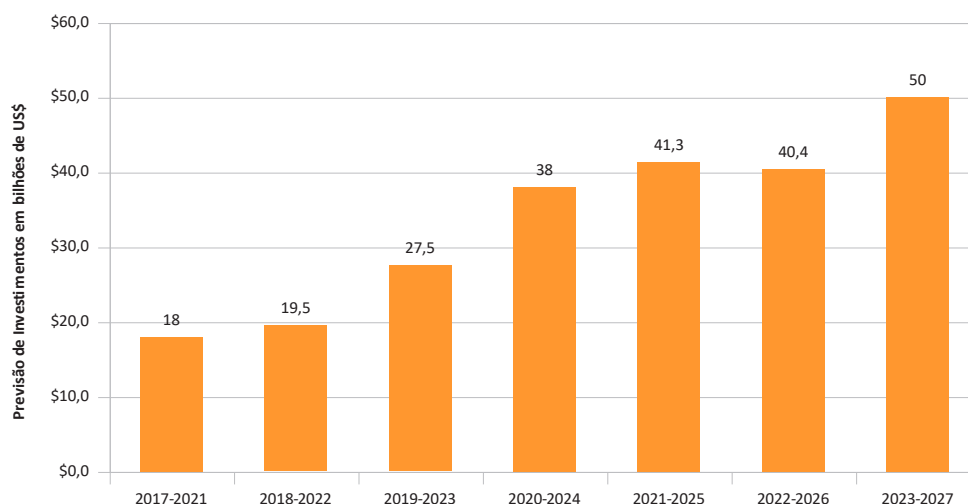
60 Fonte: <https://excelencianoticias.com.br/2023/04/14/wave-nickel-brasil-vai-investir-r-15-bilhao-ate-2029-para-modernizar-planta-de-antiga-mineradora-em-niquelandia/>

61 Pesquisa feita em: <https://exposIbram2022.Ibram.org.br/>

Box 7 - Expectativas de investimentos no setor mineral: como Goiás se posiciona no mercado nacional?

Segundo o Ibram, as estimativas de investimentos são crescentes para o setor mineral brasileiro nos próximos anos. Para o quadriênio 2023-2027, a perspectiva é de US\$ 50 bilhões, 177% superior ao quadriênio 2017-2021 (Figura A). Entre os minerais com maior perspectiva de investimento, estão o cobre (255%), passando de US\$ 1,2 bilhões para US\$ 4,5 bilhões, seguido pelo níquel (60%), de US\$ 1,5 bilhões para US\$ 2,3 bilhões, no mesmo período. Esses minerais foram os de maior destaque em Goiás em 2022.

Figura A: Estimativa de investimentos no setor mineral por quadriênio, Brasil



Fonte: IBRAM, relatório Setor Mineral 2022.

Contudo, ao analisar a localização dos investimentos previstos, os principais estados contemplados são Pará (32% do total), seguido por Minas Gerais (26%) e Bahia (23%). Estes três estados totalizam 82% do total dos investimentos previstos, enquanto Goiás responde por uma fração de somente 2,3% do total, atrás de Amazonas e Sergipe. Isso provavelmente ocorre pelo fato de o minério de ferro concentrar a maior parte dos investimentos, aproximadamente US\$ 17 bilhões, e a extração deste bem se dar primordialmente no Pará e em Minas Gerais, fazendo com que o total se concentre nestas duas unidades da federação. Com base nisso, merece uma reflexão dos principais atores da mineração no Estado sobre os determinantes que motivam a realização do presente planejamento. É necessário também verificar formas de viabilizar um maior montante de investimentos ao estado, tendo como base os minerais nos quais se tenha vantagem comparativa.

Fonte: Nota nos autores.

Como produtor de nióbio, o debate sobre esse metal afeta os rumos da produção goiana. O **mercado global de nióbio**, em 2021, registrou uma produção de mais de 110 mil toneladas. Destacam-se estudos sobre o uso de óxido de nióbio em baterias de veículos elétricos para a obtenção de carga ultrarrápida, que permite carregar uma bateria de um veículo de porte médio em menos de 10 minutos.

Dadas as grandes tendências percebidas pelos mercados global, nacional e a perspectiva do setor produtivo, é de se esperar que as políticas e medidas regulatórias que estão sendo postas em pauta guarde uma estreita conexão com elas.



5.3 Prováveis Medidas Políticas e Regulatórias e seus Possíveis Efeitos na Cadeia Produtiva Mineral

As políticas previstas e medidas regulatórias não surgem ao acaso, elas nascem de um ambiente institucional e buscam dar respostas a contextos e situações específicas. Assim, para fins deste estudo, elas foram classificadas em quatro categorias:

1. Medidas que aumentam a **segurança operacional** da atividade de mineração: são aquelas relacionadas à defesa da integridade do meio ambiente e de questões socioambientais, como as leis das barragens, por exemplo.
2. Medidas de **eficiência e desburocratização**: são as que contribuem para simplificação de processos, aumento de segurança jurídica e estabilidade de procedimentos para ter acesso às áreas para exercer a atividade de mineração.
3. Medidas **arrecadatórias**: são aquelas especialmente voltadas para o financiamento dos gastos públicos e que implicam no aumento de custo operacional das empresas.
4. Medidas **de estímulo**: são as direcionadas ao incentivo para que a atividade de mineração busque a sustentabilidade e a criação de ambiente propício a projetos inovadores que, por exemplo, possam premiar a agregação de valor aos bens minerais extraídos.

Dessa forma, as principais medidas regulatórias e ordenamentos legais que estão sendo debatidas foram elencadas de acordo com as quatro categorias descritas e estimados seus possíveis efeitos sobre a cadeia mineral, considerando as grandes tendências global, nacional e estadual e o contexto da mineração goiana.

A maior parte das medidas de políticas regulatórias adotadas e em discussão no Brasil estão voltadas para a segurança operacional das minas e, por decorrência, para aumentar a confiança na mineração ao criar as condições para deixar essa atividade mais segura. Isso fica bem explícito no Quadro 4.

Quadro 4 - Principais medidas regulatórias e legais voltados para o aumento da segurança operacional e seus possíveis efeitos sobre o setor mineral

Tema /Ordenamento legal federal	Descrição e possíveis efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Legislação sobre barragens e segurança da barragem de rejeitos	Lei nº 12.334/2010 - Política Nacional de Segurança de Barragens, o operador de uma barragem é legalmente responsável pela segurança da infraestrutura. Norma Técnica ABNT/NBR nº 13.028/2017 - regulamenta e especifica os requisitos mínimos. Resolução nº 143/2012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - define critérios gerais para classificação conforme a categoria de risco. Portaria nº 70.389/2017 - revisou critérios de classificação para barragens de rejeitos, requisitos do plano de ação emergencial e inspeções periódicas obrigatórias. SIGBM5 (Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração) - permite supervisão remota da segurança das barragens pela ANM. Resolução ANM nº 13/2019 - proibiu a construção de barragens a montante no Brasil, que se caracterizam por serem mais propensas a situações de instabilidade. Lei nº 14.066/2020 - impõe regras mais rigorosas e inspeção para barragens, responsabiliza as mineradoras pela elaboração de um Plano de Ação Emergencial; estabelece multas de até US\$ 200 milhões para mineradoras, caso descumpram as regras de segurança. Proíbe a construção de barragens de rejeitos perto de comunidades que estão dentro de um raio de 10 km (dentro da ZAS ou da “zona de autossalvamento”), 12 ou dentro de uma distância correspondente ao tempo de chegada da onda de inundação de trinta minutos. Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento de custos na mineração para atender aos novos critérios; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos voltados para mineração.
Legislação sobre o fechamento de mina	Lei nº 14.066/2020 Art. 43-A. O titular de concessão de lavra deverá cumprir as obrigações previstas neste Decreto-Lei (...) Parágrafo único. A recuperação do ambiente degradado prevista no <i>caput</i> deste artigo deverá abarcar, entre outros, o fechamento da mina e o descomissionamento de todas as instalações, incluídas barragens de rejeitos, de acordo com a legislação Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento de custos na mineração para atender aos novos critérios; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos voltados para mineração.
Legislação sobre gestão de rejeitos	Lei nº 14.066/2020 Art. 43-A. O titular de concessão de lavra deverá cumprir as obrigações previstas neste Decreto-Lei (...) Parágrafo único. A recuperação do ambiente degradado prevista no <i>caput</i> deste artigo deverá abarcar, entre outros, o fechamento da mina e o descomissionamento de todas as instalações, incluídas barragens de rejeitos, de acordo com a legislação Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento de custos na mineração para atender aos novos critérios; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos voltados para mineração.
Legislação sobre garimpos e pequena mineração	Lei nº 7.805/1989, Lei nº 6.567/1978 e Decreto nº 9.406/2018 São regramentos específicos para concessões e outorgas de títulos de mineração artesanal de pequena escala, porém, de acordo com a OCDE (2022), o país não tem regramentos específicos de segurança e meio ambiente para atividades de mineração artesanal e tampouco para a área de saúde ocupacional e segurança desses trabalhadores Lei nº 11.685/2008 - Estabelece os direitos e obrigações dos garimpeiros. Portaria SGM/MME nº 108, de 11 de julho de 2019 - Recomendações para dar maior apoio à formalização da atividade de garimpo. Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento da formalização da atividade (aumento do emprego?).
Garantias Financeiras sobre o fechamento de mina	Lei nº 14.066/2020 XXII - cumprir as determinações do órgão fiscalizador nos prazos por ele fixados § 2º (..) o órgão fiscalizador pode exigir, nos termos do regulamento, a apresentação não cumulativa de caução, seguro, fiança ou outras garantias financeiras ou reais para a reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público, pelo empreendedor Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento de custos na mineração para atender aos novos critérios; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos voltados para mineração.
Ordenamento legal estadual	Descrição e possíveis efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Lei Ambiental da Secretaria Estadual	Lei n. 20.694/2019 - Dispõe sobre normas gerais para o Licenciamento Ambiental do Estado de Goiás e dá outras providências. Possíveis impactos na cadeia mineral: Possibilidade aumento de custos na mineração para atender aos novos critérios; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos voltados para mineração.

Fonte: Elaboração dos autores com base na legislação citada e em OCDE (2022).



Importante ressaltar que, embora a lei exista, para que ela possa ser efetivamente implementada, é necessária a existência de regulamentação, mas ela inexistente em vários casos.

A maior parte da legislação federal voltada para o aumento da segurança operacional está associada à segurança das barragens, sua fiscalização e eliminação, nos casos de barramentos a montante. Isso tem particular interesse para a mineração goiana, pois, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), há 18 estruturas críticas no estado⁶², das quais três são para contenção dos rejeitos de mineração, uma em Crixas e duas em Ouvidor.

Outro tema relevante é a questão do fechamento de mina, muito embora a legislação não seja especialmente voltada para esse tema, ela o aborda e abre a possibilidade de exigência de garantias financeiras para isso, cuja regulamentação ainda não há.

De forma ampla e em uma perspectiva de curto prazo, pode-se estimar que essas medidas impactarão no custo da operação mineral, mas certamente esse custo se diluirá no tempo pela maior segurança que proporcionará por conta de acidentes evitados (Box 8).

Box 8 - Os custos econômico-financeiros das empresas de mineração causados por acidentes ambientais

Caso 1 – SAMARCO: efeitos do desastre ambiental em Mariana (MG)

O rompimento da barragem de rejeito da mina Fundão, de titularidade da Samarco, ocorrido em 2015, foi considerado o pior acidente ambiental da mineração brasileira. Sem abordar os efeitos socioambientais⁶³ e apenas enfocando os aspectos econômico-financeiro, percebe-se que o resultado tem sido bastante danoso para a empresa (Tabela A).

Tabela A – Indicadores financeiros Samarco

ANO	INDICADORES FINANCEIROS				
	Liquidez Geral	Liquidez Corrente	Endividamento total	Solvência geral	Giro do ativo
2014	0,28	0,93	77%	1,28	0,22
2015	0,20	1,16	106%	0,94	0,10
2016	0,09	0,03	134%	0,74	-0,04
2017	0,07	0,01	172%	0,58	-0,03

Obs: As demonstrações contábeis da Samarco S.A foram acessadas no próprio site da empresa.

Fonte: Elaboração dos autores com base no DRE da Samarco e estudo de equipe da Multivix; SAMARCO (2018) e Queiroz et al. (2022).

Os indicadores financeiros da empresa Samarco S.A revelam que, após o desastre, a mineradora apresentou queda acentuada em todos os indicadores econômico-financeiros. Merece destaque o indicador do **endividamento total**, pois demonstra que a empresa aumentou em mais de duas vezes as dívidas a curto e longo prazo. Portanto, é notório que a situação da empresa ficou bastante desfavorável, não só por causa dos custos das ações mitigadoras, mas também por sua imagem e reputação altamente comprometidas.

62 <https://opopular.com.br/cidades/goias-tem-18-barragens-criticas-diz-relatorio-da-ana-1.2501042>

63 Fonte: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/>

Caso 2 – VALE: efeitos do desastre ambiental em Brumadinho (MG)

O desastre provocado pelo rompimento da barragem da mina Córrego do Feijão, de propriedade da Vale S.A, em 2019⁶⁴, foi o mais trágico do ponto de vista de perdas de vidas humanas.

Com base nos dados do balanço da empresa e das demonstrações financeiras, foi feita uma simulação considerando-se as hipóteses da ocorrência e da não ocorrência do rompimento da barragem. Os indicadores revelam que, quando comparado aos custos do rompimento da barragem, houve intensa redução de liquidez, visto que os depósitos judiciais aumentaram 521%, entre 2017 a 2019, e com o predomínio de capitais de terceiros financiando os ativos da empresa (Tabela B).

Tabela B – Indicadores Vale S. A.

Ano	Rentabilidade	Sem brumadinho (%)	Com brumadinho (%)
2019	Retorno sobre o ativo	7,1	0,5
	Retorno sobre o capital	12,7	-4
	Retorno sobre o investimento	14	-1

Fonte: Elaboração dos autores com base no DRE da Vale e Costa e Pinto (2020).

Embora a receita não tenha sofrido alterações após o ocorrido, devido à variação positiva tanto dos preços do minério de ferro como do câmbio, o custo operacional, em 2019, foi 1.717% maior que o de 2017, o que ocasionou uma queda do lucro operacional de 97% em dois anos. O cenário sem a existência da tragédia de Brumadinho seria um aumento de 68% na lucratividade.

As despesas decorrentes do acidente também afetaram fortemente o retorno sobre os investimentos, acusados no balanço de 2019, quando a empresa apresentou um baixo resultado, visto que seus indicadores de rentabilidade se tornaram negativos, sem gerar nenhum retorno sobre os ativos da empresa, nenhum retorno sobre o Patrimônio Líquido e nenhum retorno para seus investidores.

Fonte: Nota dos autores.

No caso dos estados, seu papel na regulação minerária está limitado às suas competências constitucionais, que se associam às questões ambientais, fiscalizatórias e de políticas de incentivo. No âmbito ambiental, a definição de competências para fazer o licenciamento ambiental de projetos de mineração concedeu aos estados o protagonismo de avaliar e licenciar grande parte dos projetos minerais, especialmente por conta dos seus naturais impactos.

Da mesma forma que na esfera federal, os impactos das políticas estaduais sobre a cadeia mineral no sentido de ampliar a segurança operacional é percebido como um aumento de custo de produção.

No caso da pequena mineração e da mineração informal, segundo a OCDE (2022, p. 22), “A legislação brasileira não define a mineração informal, o que dificulta a implantação de políticas e recursos orçamentários para formalizar os garimpeiros que não atuam em conformidade com alguns regulamentos”. Todavia, a mineração informal pode ser definida como uma atividade de pesquisa e extração local e em pequena escala de metais preciosos,

64 Fonte: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2023/01/24/brumadinho-duas-empresas-e-16-pessoas-se-tornam-res-pelo-desastre-que-deixou-270-mortes.ghtml>



pedras preciosas e gemas, bem como agregados para construção civil, que não cumprem as exigências legais requeridas para uma atividade de mineração licenciada. Apenas no Norte Goiano, há mais de 600 frentes de lavra das quais a grande maioria de pequena e média mineração⁶⁵ e em grande parte informal. Nesse sentido, as medidas regulatórias para formalizar essas atividades podem ter um efeito positivo sobre o emprego.

5.3.1 Medidas de Eficiência e Desburocratização

No período recente, houve um grande avanço das medidas voltadas para a desburocratizar, principalmente, o acesso às áreas de mineração, assim como para aumentar a eficiência na tramitação dos processos minerários (Quadro 5).

65 Fonte: <https://www.brasildefato.com.br/2022/08/27/trabalhadores-da-mineracao-de-goias-se-levantam-contra-riscos-e-descasos-de-grandes-empresas>

Quadro 5 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para o aumento da eficiência e da desburocratização e seus efeitos sobre o setor mineral

Tema /Ordenamento legal federal	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Sistema de outorga de áreas	Áreas livres – art. 18 Código Mineração (direito de prioridade) Áreas por meio de transferência de títulos – art. 176, §3º CF88 + Portaria DNPM n. 155 de 2016) Áreas em disponibilidade – arts 26 / 32 / 65 Cod. Mineração + art. 45 Decreto 9.406/2018 e Resol. ANM 24/2020 (Leilão SOLPLE) Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Redução da incerteza na pesquisa mineral; Possibilidade de redução do custo; Aumento do emprego na pesquisa mineral.</i>
Simplificação de atos processuais para outorga	Resolução nº 20, de 3 de dezembro de 2019 da ANM Simplificação e sistematização da outorga de títulos minerários Decreto nº 10.965, de 11 de fevereiro de 2022 Parágrafo único. A ANM estabelecerá critérios simplificados para análise de atos processuais e procedimentos de outorga, principalmente no caso de empreendimentos de pequeno porte ou de aproveitamento das substâncias minerais de que trata o art. 1º da Lei nº 6.567, de 1978. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Aumento da segurança nos processos e possibilidade de redução do custo e aumento do emprego na pesquisa mineral; Avanço nas tecnologias e nos serviços tecnológicos.</i>
Direitos minerários como garantia para captação de recursos	Lei nº 14.514/2022 publicada no Diário Oficial da União ("DOU") em 30 de dezembro de 2022 "Art. 92-A. Os títulos e direitos minerários, inclusive o alvará de autorização de pesquisa, a concessão de lavra, o licenciamento, a permissão de lavra garimpeira, bem como o direito persistente após a vigência da autorização de pesquisa e antes da outorga da concessão de lavra, reconhecido com base neste Código, podem ser onerados e oferecidos em garantia." Resolução ANM nº 90/2021 Define as hipóteses de oneração e oferecimento de direitos minerários como garantia em operações de captação de recursos para o financiamento da mineração. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Estímulo à expansão da pesquisa mineral, consequente aumento do emprego nesta etapa.</i>
Regulação e autorização da pesquisa e da lavra de minérios nucleares (1)	MP nº 1.133/2022 convertido na Lei nº 14.514/2022 Autoriza a participação da iniciativa privada na exploração de minérios cuja atribuição era exclusiva das Indústrias Nucleares do Brasil – INB. Essa MP altera Lei nº 6.189, de 1974, que trata do monopólio da União sobre essas atividades. Decreto nº 11.235/2022 Autorizou o aumento de capital social da Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear e Binacional S.A. (ENBPar) por meio do aporte das ações da União no capital INB. Dessa forma, a INB se torna uma estatal não dependente da União, passando a ter maior flexibilidade para estabelecer parcerias com a iniciativa privada. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Estímulo ao avanço da exploração de minerais nucleares.</i>
Ordenamento legal estadual	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Lei Ambiental da Secretaria Estadual	Lei n. 11.414/1991 Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos e Minerais e dá outras Providências. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Redução da incerteza na pesquisa mineral e possibilidade de redução do custo e aumento do emprego na pesquisa mineral</i>

Fonte: Elaboração dos autores com base em OCDE (2022); Heider e Siqueira (2022).

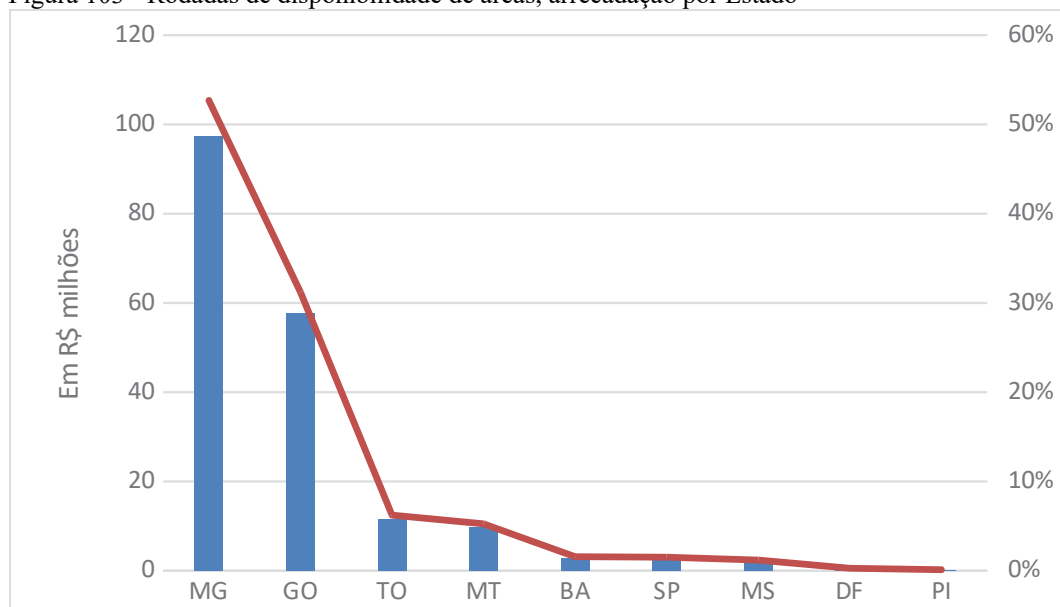


A desburocratização do setor mineral foi um dos principais objetivos das novas regulamentações da atividade, a partir de 2017. Desde a edição da MP 790/2017, normas que alteraram a dinâmica de aquisição de áreas para projetos de mineração foram adotadas. Com a perda de vigência da MPV 790/2017, ficou a cargo do Decreto Federal nº 9.406/2018 regulamentar o processo de desburocratização. Um dos principais instrumentos foi a criação dos leilões das áreas em disponibilidade.

Antes desse novo modelo, a aquisição de novas áreas por prioridade representava um verdadeiro entrave, devido à sua morosidade e subjetividade, levando a um enorme passivo processual na ANM e a infindáveis disputas judiciais.

Já com o novo modelo de oferta pública e leilão, implantado a partir de 2020, desburocratizou-se o acesso por intermédio das sete rodadas que já colocaram no mercado mais de 6.000 títulos. Segundo informações do Sistema de Oferta Pública de Leilões de área (SOPLE), das 16.869 áreas passíveis de serem leiloadas, Goiás responde por 2.023, o equivalente a 12%. No entanto, em termos de efetiva arrecadação de áreas já leiloadas, Goiás já ocupa o segundo lugar, respondendo por 31% (Figura 103), o que potencializa a possibilidade de atração de investimento para pesquisa e lavra e, por conseguinte, geração de emprego, renda e novos projetos para o Estado.

Figura 103 - Rodadas de disponibilidade de áreas, arrecadação por Estado



Fonte: Elaboração dos autores a partir de informações da ANM.

Assim, mesmo que a área exija reestudo ou continuidade da pesquisa pelo novo adquirente, a análise prévia do processo minerário já pode, inclusive, indicar recursos e

reservas - casos em que há relatório final de pesquisa (RFP) apresentado ou mesmo aprovado e estudo de pré-viabilidade.

A regulação e a autorização da pesquisa e da lavra de minérios nucleares pode ter um efeito positivo na exploração dessa categoria de bens minerais em Goiás, haja vista a existência comprovada de depósitos desses minérios (Figura 104).

Figura 104 - Recursos minerais de Urânio identificados no Brasil



Fonte: INB.

De acordo com Heider e Siqueira (2022), os fatores impulsionadores para uso do Urânio são:

- Crise global de energia/Crescimento mundial da demanda energética/Forte impacto sazonal (inverno);
- Elevado custo atual da energia (inflação da energia/impactos recessivos);
- Guerra Rússia – Ucrânia (corte do fornecimento de gás);
- Risco geopolítico (Cazaquistão) e econômico;
- Matriz limpa de produção de energia (redução da emissão de carbono) à pressão mundial;



- Melhoria dos projetos de reatores – confiabilidade/segurança e porte (modulares com 300/400 MW, com menor custo e maior eficiência);
- Demanda crescente de energia (Segurança Nacional e econômica);
- Redução da vulnerabilidade interna e segurança de abastecimento (falta de energia/apagões);
- Novas projetos de reatores em nível mundial à China: 150 novos reatores até 2035;
- Melhoria da imagem da população frente ao uso de energia nuclear.

Esses fatores geram uma perspectiva positiva para o estado de Goiás também.

Outra importante medida de desburocratização, e também de estímulo, foi a edição da Resolução ANM nº 90/2021, sobre a adoção dos direitos minerários como garantia para captação de recursos, um antigo pleito do setor, contribuindo para conferir maior segurança jurídica a essas operações.

Da mesma forma, a criação da *Invest Mining*, uma rede de pontos focais, formada por representantes de órgãos e instituições públicas e entidades privadas, visa promover condições que favoreçam o financiamento da mineração no Brasil.

5.3.2 Medidas Arrecadatórias

Nos últimos anos, tem se assistido ao crescimento de propostas visando ao aumento da arrecadação tributária sobre a atividade mineral (Quadro 6).

Quadro 6 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para a arrecadação tributária e seus efeitos sobre o setor mineral

Tema /Ordenamento legal federal	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Reforma Tributária	Projeto de Lei 2337/2021 A proposta prevê mudanças na tributação da renda de famílias e empresas, visando diminuir a cobrança de imposto de renda dos trabalhadores e estimula o investimento nas empresas. PEC 45/2019 (Câmara dos Deputados) A proposta visa consolidar, em um único imposto, o IBS (imposto sobre Operações de Bens e Serviços), cinco tributos: três federais (PIS/COFINS e IPI), um estadual (ICMS) e um municipal (ISS). A proposta prevê ainda regra de transição e a plena operacionalidade em 10 anos. PEC 110/2019 (Senado Federal) Prevê a substituição de nove tributos já existentes (IPI, IOF, PIS, Pasep, Cofins, CIDE-Combustíveis, Salário-Educação, ICMS e ISS) pelo Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), nos moldes dos impostos sobre valor agregado (IVA). Emenda Constitucional (EC 132/2023) Trata da reforma tributária, promulgada pelo Congresso Nacional em 2023. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de aumento dos custos de produção das empresas.</i> <i>Impacto na cadeia produtiva do minério de ferro (taxa de 10%).</i> <i>Possibilidade de estímulo à agregação de valor ao longo da cadeia por causa da simplificação.</i>
PLs que propõem aumento das alíquotas da CFEM	Projeto de Lei 840/22 Aumenta as alíquotas da CFEM sobre sete itens destinados à exportação: alumínio, bauxita, cobre, ferro, nióbio, níquel e ouro. As receitas extras serão destinadas aos serviços de saúde dos municípios (15%), dos estados (30%) e da União (55%). Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade aumento de custos de produção.</i>
Ordenamento legal estadual	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Criação da TRM	Lei nº 20.942, de 29 de dezembro de 2020 Institui a Taxa de Controle sobre as Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais — TRM e o Cadastro Estadual de Controle, Acompanhamento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais — CERM no Estado de Goiás, e dá outras providências. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade aumento de custos de produção e expansão do espaço fiscal do governo.</i>
FUNDEINFRA	Lei nº 21.670, de 6 de dezembro de 2022 Dispõe sobre a criação do Fundo Estadual de Infraestrutura - FUNDEINFRA Melhoria no sistema de logística para o escoamento mineral Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade redução de custos de produção, pela melhoria na infraestrutura.</i>

Fonte: Elaboração própria a partir das leis citadas e da Agência Câmara de Notícias.

Além do imposto de renda pessoa jurídica (IRPJ), que é uma obrigação comum a todas as atividades produtivas, a tributação sobre a mineração no Brasil é composta por:

- CFEM, que decorre diretamente da extração mineral e é de competência federal;
- Taxa Anual por Hectare (TAH), também de competência federal;



- ICMS incidente sobre a extração mineral ou fósfil⁶⁶ direcionado para o mercado doméstico⁶⁷;
- Taxa de Controle sobre as Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerais (TRM) (instituída pela Lei nº 20.942/2020⁶⁸) de iniciativa do estado;
- Imposto Seletivo (IS), criado na PEC 45/2019, na chamada Reforma Tributária, o imposto Seletivo terá uma alíquota de 1% sobre o valor de mercado do produto resultante da extração de recursos naturais. Também chamado de “Imposto do pecado”;
- Por fim, a PEC 45/2019 traz a possibilidade de criação da Contribuição Estadual sobre Bens Semielaborados – em que os Estados e o Distrito Federal poderão instituir contribuição sobre produtos primários e semielaborados, produzidos nos respectivos territórios, para investimento em obras de infraestrutura e habitação, em substituição a contribuição a fundos estaduais.

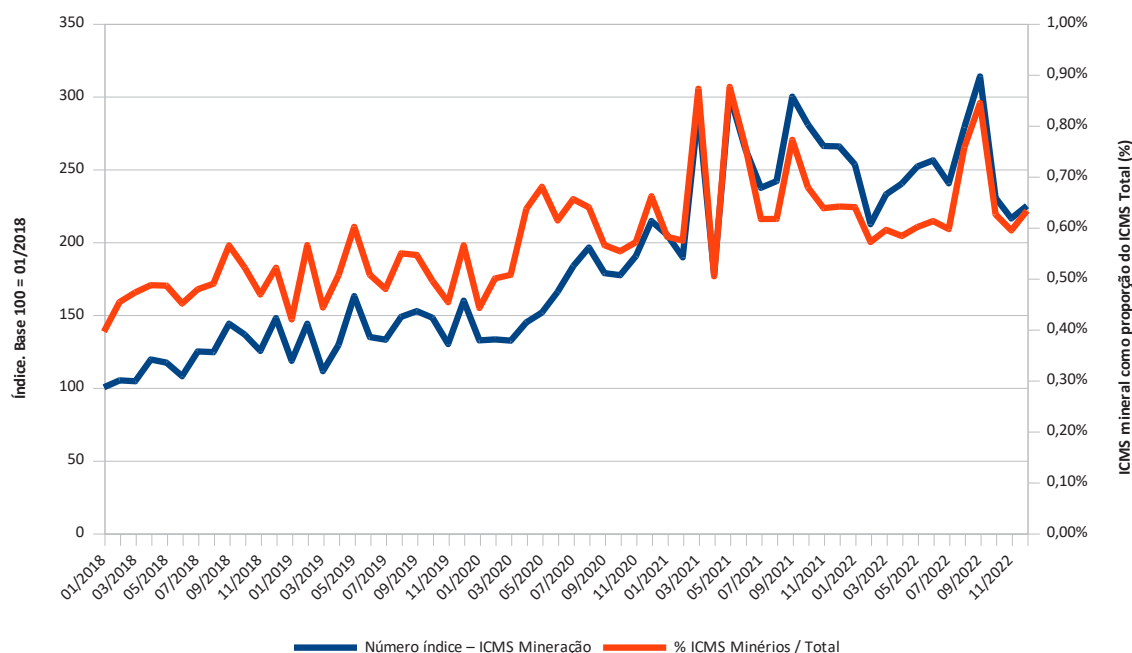
Segundo dados da Secretaria de Estado de Economia de Goiás, entre 2018 a 2022, o estado de Goiás apresentou um crescimento aproximado de 40% do ICMS arrecadado sobre a mineração, totalizando um valor de R\$ 678 milhões, nesse período. Contudo, quando se considera o ICMS mineral como proporção do total arrecadado de ICMS, a proporção é de 0,4% em 2018 e 0,6% em 2022 (Figura 105).

66 Informações disponibilizadas pela Secretaria de Estado de Economia de Goiás. Acesso em: <https://www.economia.go.gov.br/receita-estadual/arrecadacao-estadual.html>.

67 O ICMS – Imposto sobre circulação de bens e serviços, com a aprovação da PEC 45/2019, que instituiu a Reforma Tributária, será progressivamente extinta, dando lugar ao IBS – Imposto sobre Bens e Consumo, abrangendo a mineração.

68 Texto da Lei disponível em: <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/103686/pdf>.

Figura 105 - ICMS mineral em números índices (2018 = 100) e ICMS mineral como proporção do ICMS total



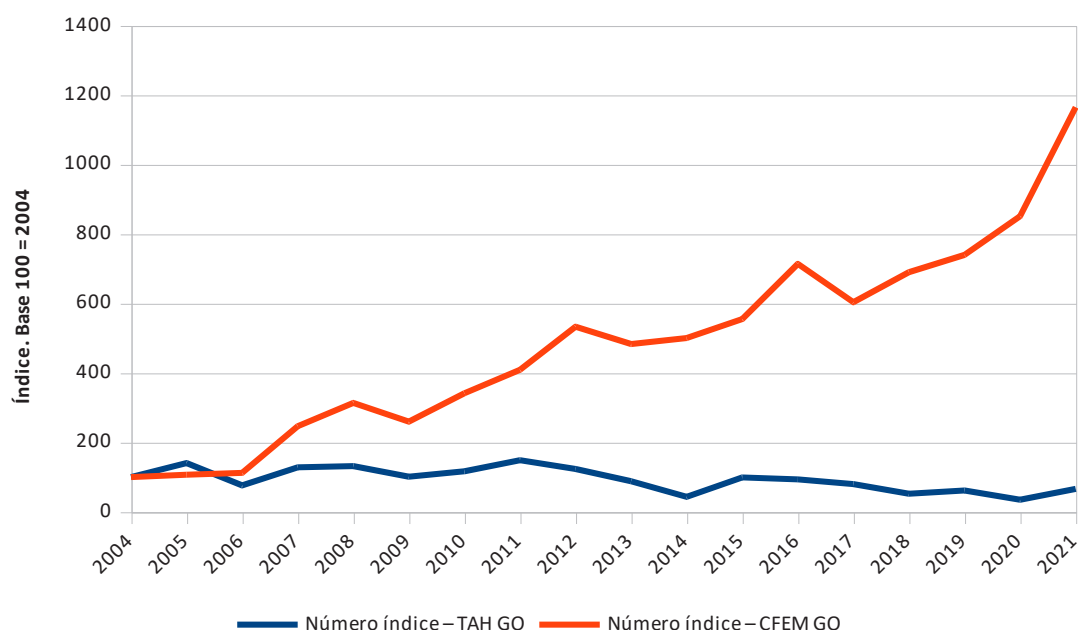
Fonte: Secretaria de Estado de Economia de Goiás – Demonstrativos da arrecadação Estadual.

Logo, apesar do crescimento da arrecadação nominal de ICMS mineral ao longo da série, o vínculo tributário da mineração é fraco. Assim, para que a arrecadação estadual seja potencializada e, por conseguinte, haja a capacidade de realizar políticas públicas, é fundamental que se adensem as cadeias produtivas dos principais bens minerais produzidos, de forma a promover sua agregação de valor em território goiano, ampliando os efeitos multiplicadores entre os setores e a geração de valor aos bens minerais.

Já nos casos da TAH e da CFEM, sua arrecadação comparativa, de 2004 até 2022, mensurada em números índice com base em 2004, revela um crescimento expressivo desta última enquanto a arrecadação de TAH se mantém em estabilidade (Figura 106). Isso mostra expressiva aumento de receita para os municípios, que são os principais beneficiários.



Figura 106 - Crescimento na arrecadação de TAH e CFEM em números índice, base = 2004



Fonte: Dados Abertos Gov/ANM.

No âmbito tributário, vários estados instituíram suas Taxas de Fiscalização e Controle das Atividades Minerárias em seus territórios⁶⁹, especialmente após a decisão do STF sobre a constitucionalidade delas. Goiás instituiu a TRM, em 2020, e desde então tem havido forte resistência por parte do setor produtivo. Todavia, ainda persistem questionamentos jurídicos sobre a validade da TRM em Goiás.

5.3.3 Medidas de Estímulo

Além das medidas voltadas para o aumento da eficiência no processo de concessão de títulos minerários que, entre outros, destravaram principalmente o fluxo para áreas em disponibilidade, nos últimos anos, houve também um conjunto de medidas especialmente voltadas para o incentivo à atividade de mineração no Brasil (Quadro 7).

⁶⁹ Entre eles, destacam-se MG, PA, AP e MT.

Quadro 7 - Principais medidas regulatórias e ordenamentos legais previstos que estão voltados para o incentivo a atividade minerárias

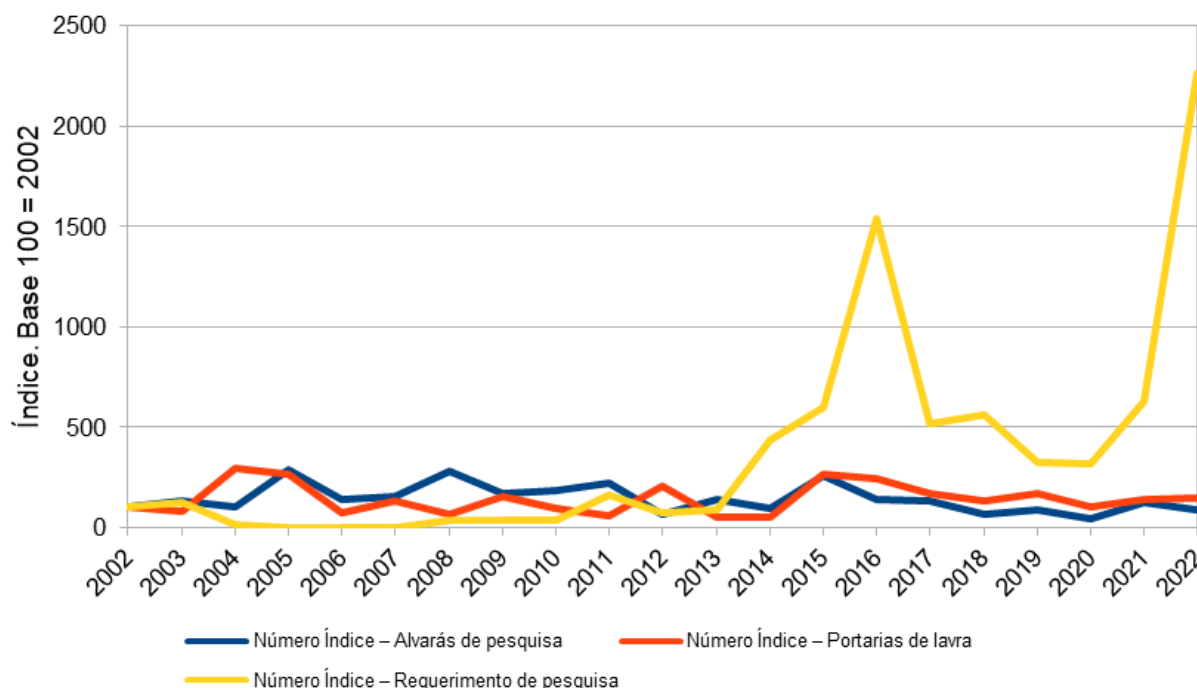
Tema /Ordenamento legal federal	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Programa Mineração e Desenvolvimento - PMD	Portaria nº 354, de 28 de setembro de 2020 É o Plano de Metas e ações para o triênio 2020/2023, denominado Programa Mineração e Desenvolvimento (PMD), com o lema: “Desenvolver a mineração para desenvolver o Brasil. Brasil: uma mina de oportunidades”. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de redução dos custos na mineração.</i>
Mineração considerada uma atividade essencial	Portaria nº 135/20/MME Atesta que os minérios são matérias-primas para quase todas as indústrias e para o agronegócio. Sem o suprimento de minérios, muitos setores podem correr o risco de desabastecimento, o que pode afetar o consumidor brasileiro. Seu Objetivo era assegurar o abastecimento de insumos indispensáveis à sobrevivência, à saúde e à segurança da população enquanto perdurar a pandemia da Covid-19 Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Processos para obtenção de títulos minerários e licenças tendem a ser mais ágeis, resultando em redução dos custos de transação.</i>
PPI para minerais estratégicos (1)	Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021 Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) da Presidência da República. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos - Pró-Minerais Estratégicos. Aos aprovados, o programa oferece apoio ao licenciamento ambiental e outras medidas necessárias à sua viabilização. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Processos para obtenção de títulos minerários e licenças tendem a ser mais ágeis, resultando em redução dos custos de transação; Possibilidade de atração de maior investimento na mineração; Possibilidade de estímulo à agregação de valor ao longo da cadeia por causa da simplificação.</i>
Pró-Mape	Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Mineração Artesanal e em Pequena Escala (Pró-Mape) Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de formalização da pequena lavra, resultando em aumento do emprego nesse segmento.</i>
Decreto do lítio	Decreto 11.120 Autoriza que empresas multinacionais gozem de liberdade total para explorar e comercializar o lítio e todos os derivados da substância. Para o MME, o Decreto representa um passo fundamental para ampliar o olhar da indústria automotiva e atrair investimentos para a produção de veículos elétricos no Brasil. Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de atração de maior investimento na mineração.</i>
Iniciativa Mercado Minas e Energia (IMME)	Conjunto de medidas lançadas em dezembro de 2022 para assegurar investimentos, fortalecer o mercado e melhorar serviços e preços, destacam-se na mineração: • A proposta instituição da Letra de Risco Minerário , da Cédula de Produto Minerário e do Patrimônio de Afetação Minerária e do Fundo Garantidor Solidário. Além de criação de fundos de investimentos voltados para as cadeias de mineração e títulos de direitos minerários como instrumentos de captação de recursos no mercado de capitais. • Proposta de instrumentos de lavra, da exploração mineral em faixa de fronteira e para o compartilhamento de dados geofísicos de aerolevantamento . • Portaria nº 695/2022/GM/ MME, que estabelece diretrizes para o procedimento de disponibilidade de áreas desoneradas . Portaria Normativa nº 51/2022/GM/MME, que estabelece diretrizes para a estruturação e a disponibilização ao público de base de dados gerados em levantamento geológico Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de atração de maior investimento na mineração e, por decorrência, mais oportunidade de emprego e renda; Possibilidade de incremento na eficiência alocativa, dada pela transparência, previsibilidade e segurança jurídica e o conhecimento geológico; Incremento da produtividade de pesquisa minerária, obrigação de investimento mínimo – na fase de prorrogação da pesquisa minerária – e do aumento do valor da taxa anual por hectare, diante do não cumprimento da obrigação de investimento mínimo.</i>
Ordenamento legal estadual	Descrição e Efeitos sobre a cadeia produtiva mineral
Elaboração do Plano Estadual de Mineração	Possíveis impactos na cadeia mineral: <i>Possibilidade de redução dos custos de transação na mineração por causa da transparência, previsibilidade e segurança jurídica; Possibilidade de estímulo à agregação de valor ao longo da cadeia em virtude das diretrizes governamentais.</i>

Fonte: Elaboração dos autores com base nas fontes citadas (1) https://www.sinaldefumaca.com/wp-content/uploads/2023/03/sdf-DINAMITE_PURA_VFINAL.pdf; (2) <https://www.goias.gov.br/index.php/servico/85587-setor-mineral-atrai-novos-investimentos-para-goias>; (3) Iniciativa Mercado Minas e Energia (IMME) e (<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-propostas-para-melhorar-marcos-legais-e-atrair-investimentos>)



Em Goiás, há fortes indícios de que essas medidas estejam se refletindo no aumento da procura por áreas para minerar (Figura 107).

Figura 107 - Alvarás de Pesquisa, requerimento de pesquisa e portarias de lavra em números índice, base = 2002



Fonte: Elaboração dos autores com base em informações obtidas na ANM.

Essa procura é ilustrada pelo forte aumento de pedidos de pesquisa no período recente. Entre 2002 e 2022, considerando-se os indicadores de alvarás de pesquisa mineral, portaria de lavra e requerimento de pesquisa, tendo por base o ano de 2002, é possível perceber um salto expressivo destes últimos. A pesquisa, de fato, expressa pelos Alvarás de Pesquisa também tem apresentado discreto crescimento desde 2018, comportamento semelhante aos das Portarias de Lavras.

O estado de Goiás passa por uma transição na gestão de seus recursos minerais. De uma fase caracterizada pela forte presença estatal - por meio da Metago, do FunMineral e do Conselho de Fomento à Mineração, entre outros, que deixaram um importante legado em termos fomento à atividade mineral e de qualificação de mão de obra especialmente voltada para pequena mineração⁷⁰ - o Estado está em pleno processo de ressignificação de sua política minerária, a partir de uma ampla discussão com a sociedade, com assessorias técnicas,

⁷⁰ O Conselho de Fomento à Mineração aprovou muitos projetos de financiamento com recursos do Fundo de Fomento à Mineração (FunMineral), além de oferecer capacitação como o caso do Curso de Joalheria ministrado no Centro de Gemologia de Anápolis, entre outros.

com forte cooperação com a academia e com os demais *stakeholders* do setor. Essas ações irão definir as novas estratégias para o setor mineral goiano que estarão dispostas no Plano Estadual de Recursos Minerais (PERM).

Segundo Wolff (2022), em matéria veiculada pelo Jornal Opção sobre o PERM/GO:

“Fórum Permanente de Mineração, na Comissão de Minas e Energia da Assembleia Legislativa do Estado de Goiás (Alego). Ali, se reúnem a Secretaria de Indústria e Comércio (SIC) de Goiás, a própria Alego, as universidades federais de Catalão, Goiás, Brasília, Pará e a Universidade Estadual de Goiás; além de empresários do setor e agências de regulação. As instituições do Serviço Geológico do Brasil, Instituto Mauro Borges e Agência Nacional de Mineração validam os relatórios. Livia Parreira, superintendente de Gestão Estratégica do Setor Produtivo, afirma que o plano é um pontapé para a reestruturação do setor”.

5.4 Simulação dos Prováveis Impactos das Medidas Políticas e Regulatórias nos Balanços das Empresas da Cadeia Produtiva Mineral

A partir das novas tendências e dos debates sobre as mudanças regulatórias, este estudo buscou identificar quais as possibilidades de que algumas dessas medidas impactem a cadeia produtiva mineral. Esta seção usará como base de análise os indicadores reais dos balanços das empresas mineradoras que atuam no estado de Goiás, como os casos das empresas Mineração Maracá⁷¹, SAMA S.A, cujos demonstrativos de resultado de exercício (DRE), para os anos de 2013 e 2018-2017, respectivamente, estavam disponíveis (obtidos a partir da Agência Brasil Central⁷²); além do DRE da Mineração Serra Grande, para os anos de 2018 e 2019. Para essa simulação, foram consideradas as medidas regulatórias voltadas para arrecadação e para o meio ambiente.

5.4.1 Impacto das Políticas Tributárias

Entre as principais medidas regulatórias para a mineração voltadas para arrecadação tributária, destacam-se: a Lei da Taxa Mineral (TRM) e a proposta de majoração das alíquotas da CFEM.

71 Demonstrativo de resultados (DRE), retirado do Balanços Patrimoniais em 31 de dezembro de 2013 e de 2012 (Em milhares de reais - R\$). Publicado no Diário Oficial do Estado de Goiás, nº 21.989, publicado em 29/12/2014.

72 O endereço online da agência encontra-se em: <https://diariooficial.abc.go.gov.br/>.



5.4.1.1 Metodologia

A partir das informações disponíveis nos DRE, foram feitas análises de sensibilidade, isto é, simulações a partir de variações nas alíquotas, nas novas taxas e nos novos tributos, entre outros. Assim, pode-se verificar, por exemplo, como essas variações afetam os lucros e os custos das empresas mineradoras.

Em razão da pouca disponibilidade pública dos balanços, não foi possível realizar uma comparação intertemporal mais extensa. Porém, não obstante esses limitantes, as simulações realizadas são capazes de gerar informações relevantes para se estimar o impacto da adoção de medidas tributárias sobre a operação de importantes empresas mineradoras de Goiás.

5.4.1.2 TRM – Taxa Mineral

Foi visto que a cobrança da TRM em Goiás foi instituída pela Lei Ordinária nº 20.942/20201, que estabelece os valores em seu artigo 5º:

- I. R\$ 3,21 (três reais e vinte e um centavos) por tonelada de mineral ou minério não metálico extraído;
- II. R\$ 10,38 (dez reais e trinta e oito centavos) por tonelada de mineral ou minério metálico extraído.

Com base nessas informações, para se estimar o valor da TRM devido por empresa, foram consideradas a quantidade produzida de cada bem mineral e a arrecadação de CFEM, por substância, disponibilizadas a nível estadual no site da ANM. Utilizou-se, ainda, informações sobre os maiores arrecadadores de CFEM, por empresa e substância, o que tornou possível uma comparação entre as bases para estimar a quantidade produzida em cada município (tomando a arrecadação de CFEM do município sobre determinada substância como uma fração do total pago sobre uma determinada substância) e, após isso, por cada empresa (tomando a arrecadação de cada empresa como uma fração da arrecadação do município em questão). Realizou-se, ainda, uma simulação a partir do valor cobrado por tonelada, visando estimar a sensibilidade do lucro líquido das empresas em relação ao valor da TRM.

No caso dos bens minerais não-metálicos, considerou-se três cenários de valores TRM: R\$ 3,00 (abaixo do valor efetivamente cobrado), R\$ 4,00 e R\$ 5,00. E para o caso dos minerais metálicos, os valores estimados foram de R\$ 10,00 (abaixo do valor efetivamente cobrado), R\$ 12,00 e R\$ 14,00. De forma resumida, os impactos sobre o lucro líquido variaram entre 4,9% e 8,1%, para o caso da SAMA S.A; e de 1% a 1,4% no caso da Mineração Maracá, em 2013, e de 3,2% a 4,5% para a mesma empresa em 2012.

a) Impacto sobre o lucro

A empresa SAMA S.A., produtora de amianto na cidade de Minaçu, produziu aproximadamente 111 mil toneladas, em 2018. Considerando-se os valores descritos, isso geraria um valor total de TRM de aproximadamente R\$ 358 mil nesse mesmo ano, o que representa por volta de 5,5% do lucro líquido da companhia. Com a oscilação do valor cobrado por tonelada, esse percentual variou de 4,9% até 8,1%, demonstrando que a cobrança da TRM, caso entrasse vigor nesse ano, impactaria moderadamente o lucro líquido da operação da SAMA S.A (Tabela 46).

Tabela 46 - DRE SAMA S.A. Minerações Associadas, 2018, com simulação de taxa mineral

Demonstrações dos Resultados Exercícios Findos em 31 de dezembro de 2018 e 2017 (R\$ milhares, exceto o lucro líquido por ação)	
	2018
RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA	162.567
Custo dos Produtos vendidos	-88.645
Lucro Bruto	73.922
Receitas e despesas operacionais	
Despesas com vendas	-27.146
Gerais e administrativas	-26.795
Outras despesas/receitas operacionais, líquidas	-2.670
Perda por redução do valor dos ativos	
Total das receitas operacionais	-56.611
Despesas financeiras	-28.863
Receitas financeiras	28.813
Resultado financeiro líquido	-50
Lucro/(Prejuízo) antes do IRPJ e da CSLL	17.261
Imposto de renda e contribuição social	
a) Correntes	-9.490
b) Diferidos	-939
c) Taxa Mineral	-358
Lucro/(Prejuízo) líquido do exercício:	6.474



Lucro/(Prejuízo) líquido do exercício (sem a taxa mineral):

6.832

Fonte: Agência Brasil de Notícias, Diário Oficial/GO - nº 23.027, 2019

(*) a estimativa da TRM foi feita pelos autores.

Já o valor absoluto da TRM a ser arrecadado sob esta operação seria de R\$ 334 mil, com cobrança de R\$ 3 por tonelada; R\$ 445,7 mil a R\$ 4 por tonelada e R\$ 557,2 mil a R\$ 5 por tonelada. Com isso, tem-se uma variação de aproximadamente R\$ 111 mil por real a mais cobrado sobre a tonelada para o ano de 2018 exclusivamente. Estas informações se encontram sistematizadas na Tabela 47.

Tabela 47 - Valor arrecadado TRM e TRM como proporção (%) do lucro líquido da SAMA S.A em 2018, em R\$ 1,00

Valor Por Tonelada TRM	Total TRM Recolhido SAMA S.A. 2018	TRM como proporção do Lucro Líquido (2018)
R\$ 3,00	R\$ 334.315,50	4,89%
R\$ 4,00	R\$ 445.754,00	6,52%
R\$ 5,00	R\$ 557.192,50	8,16%

Fonte: Elaboração própria com base em Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2019.

A Mineração Maracá, com operações de extração de cobre no município de Alto Horizonte, é outra mineradora que publicou seu DRE para os anos de 2013 e 2012 (Tabela 48). Realizando-se o mesmo método de estimação, verificou-se que a TRM representa um peso bem mais reduzido em relação ao seu lucro líquido, sendo de 1%, em 2013, e de 3,3%, em 2012. Os valores totais que seriam arrecadados, considerando o valor de R\$ 10,31 por tonelada de mineral metálico, seria de R\$ 2,5 milhões, em 2013, e de R\$ 2,8 milhões, em 2012, com base na quantidade extraída estimada de 243,5 mil toneladas e 273,6 mil toneladas nos dois anos, respectivamente.

Tabela 48 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação de taxa mineral (continua)

Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012 (R\$ milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
RECEITA LÍQUIDA	1.090.681	1.325.537
Custo dos Produtos vendidos	-589.241	-529.773
Lucro Bruto	501.440	795.764
Despesas Operacionais		
a) Comerciais	-60.127	-55.745
b) Gerais e administrativas	-30.539	-24.579
c) Outras despesas operacionais líquidas	-23.211	-30.305

Lucro operacional antes do resultado financeiro **387.563** **685.135**

Tabela 48 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação de taxa mineral (conclusão)

Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012 (R\$ milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
Resultado financeiro		
a) Receita financeira	1.008	3.109
b) Despesas financeiras	-21.557	-25.402
c) Ganhos (perdas na convenção)	42.398	-2.643
Lucro antes das Participações Societárias	409.412	660.199
Participação das debêntures no lucro	*	-497.132
Lucro antes do Imposto de Renda e da Contrib. Social	409.412	163.067
Imposto de Renda e Contribuição Social		
a) Correntes	-124.194	-44.942
b) Diferidos	-31.278	-29.622
c) Taxa Mineral	-2.528	-2.840
Lucro Líquido do exercício	251.412	85.663
Lucro Líquido do Exercício (sem taxa mineral)	253.940	88.503

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2019.

De um lado, a criação de um novo tributo impacta os custos operacionais das empresas, mas, por outro lado, representa uma nova fonte de arrecadação para fazer face aos crescentes custos que as regiões mineradoras enfrentam. Assim, pela ótica da arrecadação, a extração de minerais metálicos gera maior valor (Tabela 49), já no caso da Mineração Maracá, verificou-se menor impacto sobre o lucro líquido do que no caso da SAMA S.A, provavelmente em decorrência das dificuldades decorrentes da recuperação judicial desta última companhia.

Tabela 49 - Valor arrecadado TRM e TRM como proporção (%) do lucro líquido da Mineração Maracá S.A em 2013 e 2012, em R\$ 1,00

Valor Por Tonelada	Total TRM Mineração Maracá S.A. 2013	TRM como proporção do Lucro Líquido (2013)	Total TRM Mineração Maracá S.A. 2012	TRM como proporção do Lucro Líquido (2012)
R\$ 10,00	R\$ 2.435.375,90	0,96%	R\$ 2.735.667,30	3,19%
R\$ 12,00	R\$ 2.922.451,08	1,15%	R\$ 3.282.800,76	3,83%
R\$ 14,00	R\$ 3.409.526,26	1,34%	R\$ 3.829.934,22	4,47%

Fonte: Elaboração própria com base em Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2019.



Em 2013, a TRM como proporção do lucro líquido oscilou entre aproximadamente 1%, no caso de R\$ 10,00 por tonelada de mineral, até 1,3%, no caso de R\$ 14,00. Logo, neste caso, é possível perceber uma menor elasticidade com relação à cobrança por tonelada, com variação de aproximadamente R\$ 243,5 mil por R\$ 1,00 a mais cobrado por tonelada e aproximadamente 0,1% de impacto no lucro líquido por R\$ 1,00 a mais cobrado por tonelada para o ano de 2013.

Em 2012, a oscilação da TRM como proporção do lucro líquido seria de 3,2% a 4,5%, configurando uma sensibilidade razoavelmente maior em relação ao ano de 2013, sendo de R\$ 273,6 mil a mais de arrecadação de TRM para cada R\$ 1,00 a mais cobrado por tonelada e impacto de 0,32% sobre o lucro líquido, mantido tudo o mais constante.

5.4.1.3 Impactos da variação nas alíquotas da CFEM

Considerando que o custo da CFEM já é computado no balanço patrimonial das empresas, a variação deste encargo tem um comportamento similar à simulação feita para a TRM. Para essa simulação, foram considerados os valores disponíveis no banco de dados da ANM e os valores pagos pelas duas mineradoras no ano de suas operações.

Com o filtro “empresa”, foi possível verificar o valor da operação por empresa mineradora, o valor do recolhimento da CFEM, com base nessa operação, e o percentual do recolhimento de CFEM, como proporção do valor da operação. A partir desse procedimento, bem como dos DREs encontrados para as mesmas empresas, foi possível fazer uma estimativa de como uma variação nas alíquotas da CFEM podem afetar o lucro líquido e a lucratividade das empresas

A simulação tomou por base o PL 840/22, ora em tramitação no Congresso Nacional, que propõe, entre outros, o aumento das alíquotas da CFEM de 2% para 5,5%, no caso da extração do cobre, e de 1,5% para 5% para o ouro.

Com isso, os valores de operação e arrecadação de CFEM para a Mineração Maracá, em 2013 e 2012, e da Serra Grande, em 2019 e 2018, as diferentes alíquotas estimadas, os novos valores arrecadados e a diferença em relação aos valores correntes encontram-se descritos na Tabela 50:

Tabela 50 - Operação e arrecadação de CFEM, Mineração Maracá (2013 e 2012) e Serra Grande (2019, 2018), em R\$1,00

Mineração Maracá						
Ano	Operação	Alíquota Corrente CFEM	Valor Arrecadado Corrente	Alíquota Nova	Valor Novo	Diferença (Valor Novo – Valor Corrente)
2013	R\$ 1.224.426.987	1,79%	R\$ 21.917.243	5,50%	R\$ 67.343.484	R\$ 45.426.241
2012	R\$ 1.569.658.088	1,84%	R\$ 28.881.709	5,50%	R\$ 86.331.195	R\$ 57.449.486
Serra Grande						
Ano	Operação	Alíquota Corrente CFEM	Valor Arrecadado Corrente	Alíquota Nova	Valor Novo	Diferença (Valor Novo – Valor Corrente)
2019	R\$ 659.256.415	1,50%	R\$ 9.888.846	3,50%	R\$ 23.073.975	R\$ 13.185.128
2018	R\$ 591.176.712	1,50%	R\$ 8.867.651	3,50%	R\$ 20.691.185	R\$ 11.823.534

Fonte: ANM.

Percebe-se como aumentos na alíquota de CFEM ocasionam também um aumento da arrecadação em relação ao valor corrente. Esta diferença, então, é devidamente computada nos DREs das companhias como custo de produção adicional, o que acaba impactando negativamente na lucratividade. A Tabela 51 ilustra com o DRE da Mineração Maracá para os anos de 2013 e 2012. É importante destacar que a Mineração Maracá (*Lunding Mining*), em Alto Horizonte, extrai cobre + ouro, motivo pelo qual a CFEM cobrada recai sobre os dois produtos.

Tabela 51 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Maracá em 2013 e 2012 (continua)

Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A.		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012 (RS milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
RECEITA LÍQUIDA	1.090.681	1.325.537
Custo dos Produtos vendidos	-589.241	-529.773
CFEM (+ 5,5%, já era cobrado algo em torno de 1,8%)	-45426	-57449
Lucro Bruto	456.014	738.315
Despesas Operacionais		
a) Comerciais	-60.127	-55.745
b) Gerais e administrativas	-30.539	-24.579
c) Outras despesas operacionais líquidas	-23.211	-30.305
Lucro operacional antes do resultado financeiro	342.137	627.686



Tabela 52 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Maracá em 2013 e 2012 (conclusão)

Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A.		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012		
(R\$ milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
Resultado financeiro		
a) Receita financeira	1.008	3.109
b) Despesas financeiras	-21.557	-25.402
c) Ganhos (perdas na convenção)	42.398	-2.643
Lucro antes das Participações Societárias	363.986	602.750
Participação das debêntures no lucro	*	-497.132
Lucro antes do Imposto de Renda e da Contrib. Social	363.986	105.618
Imposto de Renda e Contribuição Social		
a) Correntes	-124.194	-44.942
b) Diferidos	-31.278	-29.622
Lucro Líquido do exercício	253.940	88.503
Lucro Líquido com CEFEM de 5,5%	208.514	31.054
Lucratividade Prévia	0,23	0,07
Lucratividade Nova Alíquota CFEM	0,19	0,02

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2019.

As simulações foram feitas considerando-se tudo o mais constante, ou seja, os impactos no lucro líquido e na lucratividade (lucro líquido dividido pela receita líquida dos produtos vendidos) são avaliados sob a hipótese de que o aumento da arrecadação de CFEM é o único fator que eleva o custo da empresa na simulação em questão. Na realidade, este aumento pode levar a alterações indiretas e induzidas em outros componentes do DRE, seja de custo como de receitas, o que pode alterar o resultado final. Contudo, a avaliação de tais efeitos indiretos estão além do escopo desta análise.

Feita esta consideração, é possível notar que a elevação na alíquota de aproximadamente 1,8% para aproximadamente 5,5% resultaria em um aumento de custos de cerca de R\$ 45 milhões em 2013 e R\$ 57 milhões em 2012. Computados nos custos, estes valores reduziriam em cerca de 18% o lucro líquido da empresa, em 2013, de aproximadamente R\$ 254 milhões para R\$ 208 milhões, o que reduz a lucratividade do valor prévio de 0,23 para 0,19 aproximadamente. Além disso, no ano de 2012, sob as mesmas condições descritas anteriormente, há uma redução de 65% no lucro líquido da empresa, passando de R\$ 88 milhões para R\$ 31 milhões, culminando em uma redução de lucratividade

de 0,07 para 0,02. Neste ano, em específico, a participação das debêntures reduz o lucro líquido de forma expressiva.

O que se percebe é que a elevação da alíquota da CFEM em aproximadamente 4 pontos percentuais sobre o valor bruto da operação reduz de forma expressiva o lucro líquido (considerando os percentuais de redução do lucro líquido), consequentemente, a lucratividade e, portanto, a atratividade da atividade mineral. Tais informações são devidamente consideradas pelos investidores na hora de realizar os investimentos. Contudo, outros fatores devem ser considerados, sobretudo o preço internacional do minério de cobre e as condições de mercado externo.

Analisando, por sua vez, o caso da empresa Serra Grande, que extrai ouro em Crixás, o impacto é menos pronunciado. Com base na Tabela 52, é possível perceber que, em 2019 e 2018, a alíquota praticada para o ouro foi de 1,5%. Considerando o aumento para 3,5%, os diferenciais entre valores serão de, aproximadamente, R\$ 13 milhões e R\$ 12 milhões respectivamente. Após o cômputo dos custos, os valores registrados de lucro líquido após a nova CFEM são de aproximadamente R\$ 125,4 milhões e R\$ 74,5 milhões para 2019 e 2018.

Tabela 53 - Simulação dos impactos de um aumento da alíquota média da CFEM no lucro da empresa Mineração Serra Grande em 2019 e 2018

Mineração Serra Grande S/A CNPJ 42.445.403/0001-94		
Demonstrações dos resultados exercícios findos em 31 de dezembro de 2019 e 2018		
(R\$ milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2019	2018
RECEITA LÍQUIDA DE VENDAS	698.845	622.700
Custo dos Produtos vendidos	-357.102	-352.339
CFEM (+ 3,5%, já era cobrado 1,5%)	-13.185	-11.823
Lucro Bruto	328.558	258.538
Despesas Gerais e administrativas	-143.670	-123.084
Equivalência patrimonial	x	x
Outras despesas/receitas operacionais, líquidas	-10.181	-4.811
Resultado financeiro	-2.366	2.493
Lucro antes dos impostos sobre os lucros	172.341	133.136
Impostos sobre os lucros	-46.886	-58.576
Lucro Líquido do exercício	138.640	86.383
Lucro Líquido CEM 3,5%	125.455	74.560
Lucratividade Original	0,20	0,14
Lucratividade CFEM 3,5%	0,18	0,12

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2019.



Tais valores representam uma redução de 10% em relação ao lucro sob alíquota antiga em 2019 e de 14% em 2018. Como resultado, há redução na lucratividade de 0,20 e 0,14 em 2019 e 2018 para 0,18 e 0,12 respectivamente. Com isso, pode-se verificar que, no caso da Serra Grande, a redução do lucro líquido em termos percentuais em relação aos valores antigos e da lucratividade são menores do que no caso da mineração Maracá. Embora existam diferenças na estrutura de custos das duas empresas, que extraem produtos distintos e com diferentes particularidades, deve-se ressaltar o fato do aumento da alíquota, no caso da empresa Serra Grande, ter sido de somente dois pontos percentuais.

5.4.2 Impacto das Políticas Ambientais

Após os desastres ambientais, principalmente os de Mariana e Brumadinho, as exigências com relação a segurança das barragens têm crescido Brasil. Não obstante os novos regramentos, uma das soluções tecnológicas proposta é a introdução do processamento a seco que, além de eliminar a necessidade de barragens, reduz drasticamente o uso de água no processo mineral, assim como de equipamentos de operação de mina.

5.4.2.1 Substituição para processo a seco

A substituição da mineração convencional requer a mudança em equipamentos e na operação da mina. Para a realização do investimento, que futuramente representarão redução de custos, maior segurança ambiental e outros benefícios, foi considerado um aumento médio de 10% ao ano, cujos impactos iniciais na lucratividade das empresas podem ser percebidos na simulação feita com os seus DREs. No exemplo da Mineração Maracá (Tabela 53), que extrai cobre e ouro, a redução na lucratividade seria em torno de 6 a 4 pontos percentuais, os quais podem ser recuperados no futuro.

Tabela 54 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação do aumento de custos

Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A.		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012 (RS milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
RECEITA LÍQUIDA	1.090.681	1.325.537
Custo dos Produtos vendidos	-589.241	-529.773
Custos de Produção aumentados (em 10%)	-58.924	-52.977
Lucro Bruto	442.516	742.787
Despesas Operacionais		
a) Comerciais	-60.127	-55.745
b) Gerais e administrativas	-30.539	-24.579
c) Outras despesas operacionais líquidas	-23.211	-30.305
Lucro operacional antes do resultado financeiro	328.639	632.158
Resultado financeiro		
a) Receita financeira	1.008	3.109
b) Despesas financeiras	-21.557	-25.402
c) Ganhos (perdas na convenção)	42.398	-2.643
Lucro antes das Participações Societárias	350.488	607.222
Participação das debêntures no lucro	*	-497.132
Lucro antes do Imposto de Renda e da Contrib. Social	350.488	110.090
Imposto de Renda e Contribuição Social		
a) Correntes	-124.194	-44.942
b) Diferidos	-31.278	-29.622
Lucro Líquido do exercício	195.016	35.526
Lucro líquido por ação - R\$	2.497	870
Lucratividade Anterior	0,23	0,07
Lucratividade Após aumento de custos	0,18	0,03

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2014.

Usando o mesmo procedimento para a Mineração Serra Grande, obtém-se (Tabela 54):



Tabela 55 - DRE Mineração Serra Grande S.A., 2013 e 2012, simulação do aumento de custos

Mineração Serra Grande S/A CNPJ 42.445.403/0001-94		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2019 e de 2018 (RS milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2019	2018
RECEITA LÍQUIDA DE VENDAS	698.845	622.700
Custo dos Produtos vendidos	-357.102	-352.339
Custos de Produção aumentados (em 10%)	-35.710	-35.234
Lucro Bruto	306.033	235.127
Despesas Gerais e administrativas	-143.670	-123.084
Equivalência patrimonial	x	x
Outras despesas/receitas operacionais, líquidas	-10.181	-4.811
Resultado financeiro	-2.366	2.493
Lucro antes dos impostos sobre os lucros	149.816	109.725
Impostos sobre os lucros	-46.886	-58.576
Lucro Líquido do exercício	102.930	51.149
Lucratividade Anterior	0,20	0,14
Lucratividade após o aumento de custos	0,15	0,08

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.305, 2019.

No caso da Mineração Serra Grande, que possui uma barragem a montante, a redução na lucratividade seria de 5 a 6 pontos percentuais.

5.4.2.2 Regramentos quanto às garantias Financeiras – com cálculo 15% dos resultados da mineradora

Para fazer frente à obrigatoriedade de mitigação dos efeitos ambientais e sociais da mineração nas regiões onde é explorada também foi identificada a necessidade de se prever recursos para este fim, o que levou a considerar o percentual de 15% para este fim.

Para estimar os efeitos nos ganhos da mineradora, foram adotados os mesmos procedimentos de simulação usando o DRE (Tabela 55).

Tabela 56 - DRE Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A., 2013 e 2012, com simulação do aumento de custos em 15% para garantias financeiras

Mineração Maracá Indústria e Comércio S.A.		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2013 e de 2012		
(RS milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2013	2012
RECEITA LÍQUIDA	1.090.681	1.325.537
Custo dos Produtos vendidos	-589.241	-529.773
Custo extra (15%) para Garantias Financeiras	-88.386	-79.466
Lucro Bruto	413.054	716.298
Despesas Operacionais		
a) Comerciais	-60.127	-55.745
b) Gerais e administrativas	-30.539	-24.579
c) Outras despesas operacionais líquidas	-23.211	-30.305
Lucro operacional antes do resultado financeiro	299.177	605.669
Resultado financeiro		
a) Receita financeira	1.008	3.109
b) Despesas financeiras	-21.557	-25.402
c) Ganhos (perdas na convenção)	42.398	-2.643
Lucro antes das Participações Societárias	321.026	580.733
Participação das debêntures no lucro	*	-497.132
Lucro antes do Imposto de Renda e da Contrib. Social	321.026	83.601
Imposto de Renda e Contribuição Social		
a) Correntes	-124.194	-44.942
b) Diferidos	-31.278	-29.622
Lucro Líquido do exercício	165.554	9.037
Lucratividade Anterior	0,23	0,07
Lucratividade Após Garantias Financeiras	0,15	0,01

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.027, 2014.

A simulação mostrou que, para o aumento de 15% nos custos destinado às garantias financeiras, haveria uma queda de 6 a 8 pontos percentuais na lucratividade.

No caso da Mineração Serra Grande, fez-se a simulação também baseada nos DRE (Tabela 56).



Tabela 57 - DRE Mineração Serra Grande S.A., 2019 e 2018, com simulação do aumento de custos em 15% para garantias financeiras

Mineração Serra Grande S/A		
Demonstrações do Resultado para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2019 e de 2018 (RS milhares, exceto o lucro líquido por ação)		
	2019	2018
RECEITA LÍQUIDA DE VENDAS	698.845	622.700
Custo dos Produtos vendidos	-357.102	-352.339
Custo extra (15%) para Garantias Financeiras	-53.565	-52.851
Lucro Bruto	288.178	217.510
Despesas Gerais e administrativas	-143.670	-123.084
Equivalência patrimonial	x	x
Outras despesas/receitas operacionais, líquidas	-10.181	-4.811
Resultado financeiro	-2.366	2.493
Lucro antes dos impostos sobre os lucros	131.961	92.108
Impostos sobre os lucros	-46.886	-58.576
Lucro Líquido do exercício	85.075	33.532
Lucratividade Anterior	0,20	0,14
Lucratividade Após Garantias Financeiras	0,12	0,05

Fonte: Agência Brasil de Notícias, DIÁRIO OFICIAL/GO - Nº 23.305, 2019.

Números similares foram encontrados a partir da simulação com o DRE da Mineração Serra Grande, apresentando uma redução de 8 a 9 pontos nos valores da lucratividade.

Por fim, essas simulações são muito úteis para se estimar os possíveis impactos de medidas regulatórias sobre a vida financeira das empresas e, por conseguinte, para o estímulo ao investimento. Lamentavelmente, nem todas as empresas disponibilizam publicamente seus DREs, mas da amostragem realizada foi possível constatar que quanto maior a lucratividade, menor o impacto nos resultados finais da mineradora. E vice-versa. É possível considerar também a perspectiva de curto e de longo prazos, no caso da introdução de medidas regulatórias que visem a maior segurança operacional – o aumento de custo no curto prazo pode significar importantes ganhos no futuro.

5.5 Prováveis Efeitos das Medidas Políticas e Regulatórias nas Cadeias Produtivas Minerais de Goiás

Esta seção sintetiza, de forma agrupada, os possíveis efeitos das distintas medidas regulatórias ao longo da cadeia produtiva mineral. Esta síntese foi feita a partir das tendências identificadas no mercado de bens minerais nos níveis global, nacional e estadual,

considerando o quadro regulatório vigente e em perspectiva de ser implementado. Esse quadro é composto por medidas voltadas para o aumento da segurança operacional da mineração, o aumento da arrecadação tributária, da eficiência e desburocratização ou ainda para o incentivo ao desenvolvimento da atividade mineral.

O **panorama global** que afeta a mineração tem resultado em propostas de sentido duplo: uma expansiva que responde às questões ligadas à transição energética para o enfrentamento das mudanças climáticas globais (Acordos de Paris, *Task Force*) e que requer maior oferta de minerais críticos (cobre, níquel, lítio, alumínio, terras raras); e outra voltada para maior regulação, com foco na segurança operacional e ambiental como as medidas voltadas para a sustentabilidade (Princípios do Equador, Agenda 2030). Essas medidas podem contribuir positivamente com a mineração em Goiás, desde que o ambiente institucional favoreça o florescimento dessas oportunidades.

Além disso, a adoção dos conceitos ESG e o consequente cuidado com questões de sustentabilidade contribuem para melhorar a reputação do setor, embora, em um primeiro momento, possam elevar os custos para obter as conformidades (economia circular, substituição de estrutura a úmido para contenção de rejeitos etc.).

Das **medidas regulatórias nacionais** que estão em curso, ou em discussão na ANM, no Congresso Nacional e nos Estados, encontram-se as que estão voltadas para segurança operacional da mineração e que têm rebatimento sobre o custo de produção das empresas no curto prazo, mas que trazem ganhos importantes no longo prazo ao contribuir, por exemplo, para prevenção de desastres e acidentes e para melhorar a reputação das empresas. Há também as medidas voltadas ao aumento da eficiência, simplificação processos e de desburocratização, principalmente, para obtenção de títulos minerários, como os leilões de áreas em disponibilidade e outras normativas nessa direção; essas medidas favorecem efeitos expansivos nas etapas da pesquisa mineral e, por decorrência, na mineração também.

Ainda no **âmbito nacional**, as propostas de simplificação do processo de licenciamento ambiental podem resultar em incentivo ao setor da mineração, a exemplo das várias normativas criadas na gestão do último governo que tem contribuído para o estímulo das etapas de pesquisa e da extração mineral. Todavia, poucas foram as medidas voltadas para avanço no processo de agregação de valor aos bens minerais e para o adensamento da cadeia produtiva mineral⁷³. Isso é preocupante porque foi verificado que apenas o estímulo da fase

73 Vide em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cxr0v1vqdggo>.



extrativa é limitado em termos de geração de emprego e renda⁷⁴, daí ser estratégica a existência de políticas que promovam um ambiente institucional favorável à expansão da indústria da transformação mineral em Goiás, com fator para canalizar os benefícios dos recursos naturais do Estado.

Há também as medidas regulatórias voltadas para a arrecadação, tanto as medidas de abrangência nacional, como as propostas de PLs para o aumento das alíquotas da CFEM, como as de área de competência do estado de Goiás, como o caso da implantação da TRM. Foi verificado, por meio da simulação dos balanços das empresas, que essas medidas afetam negativamente o custo de produção, podendo ser um fator de desestímulo à mineração, porém a magnitude varia muito de acordo com a categoria de bem mineral e do porte da empresa, com impactos de leve a moderado.

Os efeitos dessas distintas medidas estão sintetizados no Quadro 8.

Quadro 8 - Síntese dos efeitos das medidas regulatórias sobre as distintas etapas da cadeia produtiva mineral em Goiás

Escala das medidas regulatórias	Cadeia Produtiva Mineral de Goiás				
	Geologia	Pesquisa mineral	Metálicos, não metálicos, agrominerais, preciosos, agregados para construção civil, minerais críticos e estratégicos		
			Mineração	Transformação	Bens Finais
Global	↑	↑	↑	↔	↔
Nacional	↑	↑	↓ ↑	↔	↓
Estadual	↓	↓	↓	↓	↓
Setor Privado	↔	↔	↑	↔	↔

Fonte: Elaboração dos autores.

Legenda: - Indiferente ↔ - Aumenta ↑ - Diminui ↓

A partir das dinâmicas do cenário global, a perspectiva é de indiferença para as etapas de transformação mineral e de produtos acabados, pois as cadeias de valor não estão distantes do Brasil, localizadas na Europa, EUA e China, que são os que modernamente dominam as

⁷⁴ A busca de agregação de valor aos bens minerais e de diversificação produtiva deve ser uma meta no PERM-GO e o setor mineral pode ser o grande impulsionador desse movimento.

tecnologias de ponta. No caso brasileiro e do estado de Goiás, o cenário é de expansão para as etapas da exploração mineral e da mineração, considerando as demandas crescentes.

As políticas nacionais caminham para diferentes direções. As medidas de simplificação, de desburocratização e de estímulo têm contribuído para expandir a atividade de pesquisa, mas as políticas para o aumento da arrecadação possuem sentido inverso. Não se percebem medidas de incentivo à agregação de valor aos bens minerais. Pelo contrário, os produtos da indústria de transformação deixaram de gozar da vantagem da tributação diferenciada para fins de exportação, desde 1996, com a desoneração dos produtos básicos e semielaborados para fins de exportação.

No âmbito estadual, as políticas regulatórias existentes são para o aumento da arrecadação com impactos adversos sobre o custo de produção, todavia, convém destacar que a TRM está vinculada a melhorias na infraestrutura das estradas, o que contribui para redução do custo-Brasil e, por conseguinte, do custo das empresas.

Embora não se trate de medida regulatória, mas as políticas propostas pelo setor privado em Goiás têm apontado muito mais para o avanço da mineração do que para a transformação em produtos finais, o que impõe desafios adicionais para a busca de geração de emprego e de renda.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Capítulo 1, o estudo demonstrou que a mineração goiana apresenta boas expectativas de expansão, dado as projeções de crescimento de setores demandantes, como o agronegócio e a construção civil, o mercado doméstico, além da demanda internacional impulsionada pela produção de carros elétricos e energia renovável no rastro das novas tecnologias trazidas pela transição energética. Situação que favorece um olhar diferenciado para produtos novos no cenário mineral estadual.

Ficou evidente que a mineração em Goiás tem crescido, tanto em valor da produção mineral como em escala de produção e diversificação de produtos. Quando se considera o item volume de produção, destacam-se os minerais não metálicos; por outro lado, quando se considera o valor da produção, são os minerais metálicos que se sobressaem.

O fosfato goiano tem participação expressiva da produção nacional e já se integra às cadeias internas motivada pela forte presença do agronegócio no Estado, o que tem sido reforçado pela presença de indústrias especializadas em Goiás.

Os minerais metálicos são exportados majoritariamente para a Europa (66%) e para a Ásia (25%). O mercado europeu é relevante para o consumo de cobre, produto que atualmente quase que totalmente é exportado para a Europa, com destaque para a Espanha. No entanto, a importância do mercado Asiático é crescente, especialmente a China, o principal consumidor do ferronióbio e com tendência ascendente para outras categorias de bens minerais.

Nos últimos dez anos, o destino das exportações goianas foi predominantemente voltado aos países centrais que dominam tecnologias e, nestes últimos tempos, que se voltam para a transição energética. São, em sua maioria, os minerais metálicos em seus primeiros estágios da cadeia produtiva, sendo urgente e estratégico, portanto, que as políticas públicas, as empresas, juntamente às instituições de ensino e pesquisa, debruçam-se na busca de alternativas e soluções inovadoras para possibilitar que a indústria goiana avance na agregação valor até a etapa dos produtos finais.

Os minerais não metálicos, por seu turno, são aqueles que mais se integram às cadeias industriais locais, como a construção civil e o agronegócio. A bauxita industrial é uma exceção entre os minerais metálicos, dando suporte à produção de refratários e abrasivos aproveitados localmente e, principalmente, em outros estados brasileiros como insumo da cadeia nacional do alumínio.

A perspectiva de crescimento se mostra consistente também diante das pretensões de investimentos em novas plantas, bem como para expansão das plantas já existentes. Projeta-se até 2028 ampliação de pelo menos um terço no número atual de vagas de empregos, além da evolução da CFEM e, por seguinte, da renda local, que influenciará diretamente as contas públicas dos municípios menores, criando condições para melhoria da qualidade de vida nestes.

Nessa perspectiva expansiva, é necessário promover maior ligação entre a política mineral goiana e a Nova Política Industrial do Governo Federal, a fim de melhor canalizar internamente os benefícios da extração mineral. A política lançada em janeiro de 2024 vai também ao encontro da proposta de governança sugerida para a gestão do Plano Mineral, no sentido de unir os atores visando integrar mais a exploração mineral com a indústria local e nacional. Assim, é importante reforçar o papel estratégico da Governança para gerir o Plano Mineral de Goiás, como meio de captar os benefícios da Nova Política Industrial do Governo Federal, em função de geração de renda e emprego com a exploração dos bens minerais

Nos Capítulos 2 e 3, o estudo enfocou as cadeias minerais do estado de Goiás de forma ampla, com destaque para aquelas com perspectiva ou potencial de melhor contribuição na geração de emprego e renda. Em 2022, o estado extraiu de seu território cerca de 36 substâncias minerais – oito metálicas e 28 não metálicas - cuja atividade gerou por volta de 50 mil empregos formais – 11.200 na etapa extrativa e 38.100 na etapa da metalurgia, o que equivale a 2% dos empregos formais de Goiás. Isoladamente, esse percentual é pouco relevante, todavia, quando se observa essa participação no contexto do município minerador, as dimensões são outras. Além disso, o estudo estima que um emprego formal pode gerar três novos empregos entre indiretos e induzidos, o que daria um total de 200.000 mil postos de trabalho no estado em função da atividade mineral. Somando-se a esse montante as atividades e os empregos informais da cadeia, principalmente das gemas e dos não metálicos, é possível que o total alcance número maior. Os empregos formais geram uma massa salarial de R\$ 39,3 milhões na etapa extrativa e de R\$ 65 milhões na etapa de fabricação de produtos do metal e de minerais não metálicos, o que deixa claro o poder de geração de renda quando se agrega valor ao bem mineral.

Para os principais municípios mineradores, o emprego na mineração tem peso elevado, chegando até a 40% da etapa e extrativa e mais de 30% na etapa de transformação que, por



sua vez, potencializa a geração de riqueza à medida em que a cadeia produtiva se adensa, como o caso do ferronióbio, em Catalão, ou do ferroníquel, em Barro Alto.

O estudo também revelou que a geração de empregos em função da atividade minerária vai além da própria localidade, uma vez que, para que a atividade ocorra, é necessária a existência de toda uma rede de fornecedores e de produção de itens, como estruturas metálicas, equipamentos e pré-moldados, entre outros. Isso ficou explícito com os dados da PIA/IBGE para o ano de 2020, os quais estimaram que, para gerar R\$ 1 milhão em valor da produção industrial (VBPI) nas atividades de apoio à extração de minerais, é necessário quase nove empregos, muito acima da produção de minerais metálicos e não metálicos, que ficou em torno de quatro.

Dessa forma, para impulsionar a geração de empregos, uma alternativa interessante é planejar a gestão da atividade em torno de um arranjo produtivo, ou *cluster* mineral, com o envolvimento de indústrias âncoras, indústrias correlatas, fornecedores, clientes, instituições de classe, de ensino e pesquisa, agências dos governos municipal, estadual e federal, as quais podem trabalhar juntas promovendo a competitividade do ambiente de negócios com a redução dos custos de transação. Esse arranjo é o pressuposto para a implementação de políticas que visem a potencialização dos empregos a partir das cadeias minerais existentes e em vias de implantação em Goiás.

Esse arranjo deve ter a capacidade de se desdobrar em novas agendas para a criação de um ambiente de inovação com a possibilidade da integração com outras indústrias, a exemplo dos minerais metálicos e estratégicos com a indústria de automóveis em Goiás, ou a otimização para a produção nacional de fertilizantes e consequente redução das importações, considerando a oferta do fosfato em Goiás.

Para que isso se concretize, é indispensável aglutinar parcerias estratégicas, tanto com empresas de tecnologias industriais quanto com instituições de pesquisa, como as universidades, possibilitando acesso às novas tecnologia, abrindo novos desafios para a inovação e consequente multiplicação das oportunidades de renda e emprego a partir da cadeia mineral.

Quanto às principais medidas regulatórias que incidem sobre a cadeia produtiva da mineração no Brasil, enquanto reflexo da dinâmica institucional do país, foram destacados os principais marcos antes e após a Constituição Federal de 1988 que delinearão a atual configuração do modelo mineral brasileiro em geral e goiano, em particular: direito de

prioridade, separação do solo do subsolo, essencialidade dos bens minerais, responsabilidade de recomposição da área degradada, desoneração das exportações de minerais, leilões de áreas em disponibilidade, títulos minerários etc.

No período recente, as medidas regulatórias também estão condicionadas pelo contexto global e pela dinâmica nacional. O contexto global está bastante influenciado pela transição energética para fazer face às mudanças climáticas. Isso, por um lado, conduz ao estímulo para expansão da oferta de algumas categorias de bens minerais, mas, por outro, impõe padrões mais restritivos voltados para descarbonização da indústria, o que, em um primeiro momento, pode resultar em algum aumento de custo operacional, porém, em um segundo momento, terá sua carga diluída no tempo, resultando em futuros ganhos pelo aumento da segurança que esses novos processos geram.

O contexto nacional também resulta em uma perspectiva dicotômica. De um lado, com várias medidas voltadas para o aumento da segurança da atividade, em função dos grandes desastres ambientais vivenciados que, de certa forma, tornam mais rigoroso o controle da atividade; de outro lado, com muitas medidas voltadas ao estímulo da expansão da atividade. É provável que novas medidas que visem maior agregação de valor à cadeia mineral possam surgir, juntamente a medidas voltadas aos incrementos fiscais para os entes federativos, cujas propostas, em grande parte, já se encontram na pauta de discussão da União e dos Estados há algum tempo.

Importante ressaltar que, por ser uma demanda derivada, a demanda por bens minerais depende dos desdobramentos que ocorrem nos mercados consumidores de produtos finais. A intensa dinâmica desses mercados gera inovações tecnológicas para essa transformação. Nesse sentido, a passagem da mineração da “via úmida” para “via a seco” demonstra ser uma forte tendência que pautará o setor mineral, uma vez que essa rota evita uma série de problemas futuros, além de posicionar a empresa nos conceitos ESG. Nesse sentido, seria importante refletir sobre a possibilidade de propor apoio dos Estados para um incentivo no caso da transformação para mineração “a seco”.

Para Goiás, também se abrem importantes janelas de oportunidades em função dos tipos e das características de seus minérios. Vale destacar o nióbio como um mineral crítico, cujos produtos derivados têm alto valor agregado devido ao uso nos supercondutores e nas novas baterias para os carros elétricos, com a propriedade de carregamento rápido. Goiás pode elaborar políticas para usar esse bem com o objetivo de canalizar para o Estado os benefícios



da sua exploração, com a produção de itens que possam ser impactantes na geração de emprego e no conhecimento científico e tecnológico. O mesmo raciocínio se aplica para os casos dos elementos de terras raras, do cobre e do ouro.

Por fim, é interessante enfatizar que, em geral, as mineradoras, principalmente as de ouro, apresentam alta lucratividade, de mais de 20%, cuja simulação de custos com a cobrança da TRM, da CFEM, assim como com a transformação de úmido para seca, demonstrou, por meio dos DRE, não gerar impactos significativos nos resultados da empresa. Nestes casos, para que ocorra uma discussão acerca da cobrança da TRM e do aumento das alíquotas de CFEM, assim como o aumento de custos da transformação para modernização tecnológica das empresas a fim de atender as metas de ESG, é necessário que se avaliem cuidadosamente os componentes de custos das empresas. O principal objetivo deve ser a maximização dos ganhos sociais decorrentes das atividades, visando conciliar maior arrecadação, necessária para a concretização dos investimentos sociais, com maior segurança ambiental das operações e menor impacto sobre as localidades.

Finalmente, considera-se que é estratégica a qualificação de mão obra local, assim como a maior integração com os centros de pesquisa, principalmente para os minerais considerados críticos em outros países. Considerando o mercado laboral, o aumento da geração de emprego e renda a partir da mineração se dará de forma mais sustentável e consolidada a partir do alongamento da cadeia produtiva mineral do estado, com crescimento dos setores de beneficiamento mineral e elaboração de produtos manufaturados a partir das matérias-primas extraídas, dada a capacidade reduzida de aumento de emprego somente a partir das etapas de extração mineral. Contudo, um panorama mais detalhado desta situação será apresentado em relatórios posteriores.

REFERÊNCIAS

ABCOBRE. Associação Brasileira do Cobre. **Anuário Brasileiro do Cobre**. ABCOBRE, 2023. Disponível em: <https://abcobre.org.br/anuario-brasileiro-do-cobre/>.

ACEMOGLU, D.; ROBINSON, J. **Por que as nações fracassam**: as origens do poder, da prosperidade e da pobreza. São Paulo: Campus, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Anuário Mineral Brasileiro interativo**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWIyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eac1c0e9e21725a> . Acesso em: 22 abr. 2023.

ALI, S. H. *et al.* Mineral supply for sustainable development requires resource governance. **Nature**, v. 543, n. 7645, p. 367-372, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature21359>.

ALVES, H. G.; PITASSE, J. G. **A evolução da abordagem da triple helix no Brasil**: uma análise bibliométrica. Trabalho de Conclusão do Curso (TCC). Graduação em Administração, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda/RJ, 2019.

AMORIM, A. L. S. *et al.* Desempenho de uma mistura de óleos de macaúba e pinhão manso atuando como coletores na microflotação de apatita. **XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa (ENTMME)**, Belo Horizonte/MG, 2019.

ANGLO AMERICAN. **Projeto Boa Vista Fresh Rock**. 2014. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-PT/imprensa/noticias/year2014/23-10-2014>. Acesso em: novembro de 2022.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Desempenho do Setor Mineral – GO/DF - 2018** (Ano Base 2017). Goiânia - GO: ANM, 2018. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/publicacoes-economia-mineral/arquivos/desempenho-2018-ano-base-2017/view> >. Acesso em: nov. 2022.

ANM. **Agência Nacional de Mineração**. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=c92683edf03e46148454150021c4eeeb>. Acesso em: 27 out. 2023.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Extra – Sistema de Arrecadação**. Brasília – DF, 2022. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacaocfem.aspx> . Acesso em: nov. 2022.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas**. **Agência Nacional de Mineração**. Brasília: ANM, 2023. Disponível em:



<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro>.

ANORO. Associação Nacional do Ouro. **Anuário 2020/2021/Gold Brasil 2020/2021**. Associação nacional do Ouro, 2022. Disponível em:
<https://www.anoro.com.br/post/navrh%C4%9Bte-si-%C3%Bachvatn%C3%BD-blog>. Acesso em 12/2023.

ARANHA, J. A. S.; ROCHA, L. T. M. D.; ZARDO, J.; MALAMUT, A. Micro-cluster de desenvolvimento socioeconômico local. **Revista Inteligência Empresarial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 14-20, 2005. Disponível em:
<https://inteligenciaempresarial.emnuvens.com.br/rie/issue/view/27/11>. Acesso em: 09 out. 2023.

ARAÚJO, F. D. S. D. D. *et al.* Série histórica de pedidos de patentes de flotação mineral no Brasil. In: **Inovação e desenvolvimento tecnológico em gestão organizacional** [E-book]. Organizadores: André Carlos Silva, Elenice Maria Schons Silva, Vagner Rosalem, Goiânia: Cegraf UFG, p. 100-114, 2023.

AYUK, E. *et al.* Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries towards sustainable development. **International Resource Panel**, United Nations Envio, Nairobi, Kenya, 2020.

BARROS, M. R. D. **Caracterização e avaliação da utilização de aglomerantes orgânicos e inorgânicos na aglomeração de finos de calcário**. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Dissertação. Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2016.

BOUCKLEY, Katya. Global copper demand to rise 20% by 2035 to 30 million mt/year: Nornickel. **S&P Global Commodity insights**, 2023. Disponível em:
<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/101023-global-copper-demand-to-rise-20-by-2035-to-30-million-mtyear-nornickel#:~:text=Copper%20demand%20in%202023%20could,%25%20and%203%25%2C%20respectively>. Acesso em: dez. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm#art219a. Acesso em: 25 out. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.401, de 23 de janeiro de 2023**. Dispõe sobre a vinculação das entidades da administração pública federal indireta. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11401.htm#art2. Acesso em: 09 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990**. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8001.htm. Acesso em: 27 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004.** Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Diário Oficial da União.

BRASIL. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm#art2. Acesso em: 25 out. 2023.

BRASIL MINERAL. **A Diversidade da Mineração Goiana**, nº 430, 2023. ISSN: 0102-4728. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/revista/430/>.

BRASIL MINERAL. **Mineração nos estados: o avanço de Goiás**, nº 420, 2022. ISSN: 0102-4728. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/revista/420/>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional da Mineração 2030:** Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável:** Plano de Ação para a neointustrialização 2024-2026 / Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI). Brasília: CNDI, MDIC, 2024. Disponível em <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/sc/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>.

CACCIUTTOLO, C.; VALENZUELA, F. Efficient use of water in tailings management: new technologies and environmental strategies for the future of mining. **Water** **2022**, v. 14, n. 11, p. 1741, 2022.

CALIGARIS, B. S. A. *et al.* A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 3, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1142530/a-importancia-do-plano-nacional-de-fertilizantes-para-o-futuro-do-agronegocio-e-do-brasil>.

CARDOSO JÚNIOR, H. M. **O capital minerador e as mudanças socioespaciais e econômicas no Vale do Rio Criás - Goiás.** 2017. 232 f. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Territórios e Expressões Culturais no Cerrado da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis – GO, 2017.

CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**, n. 32, p. 267-310, set. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1764>.

CASTRO, F. F.; PEITER, C. C.; GÓES, G. S. Minerais estratégicos e críticos: uma visão internacional e da política mineral brasileira. 2022. **Revista IPEA.** Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11197/1/td_2768.pdf

CBMM. Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração. **Relatório de Sustentabilidade 2020/2021.** Araxá/MG: CBMM, 2021. Disponível em: <<https://>



cbmm.com/assets/sustainability-report-2020/pdf/CBMM-Relatorio-deSustentabilidade-2020.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. **APL de Quartzito em Pirenópolis (GO) busca mineração sustentável**. 2013. Disponível em:

<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=61>.

CHURCH, C.; CRAWFORD, A. Minerals and the metals for the energy transition: Exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states. **The geopolitics of the global energy transition**, p. 279-304, 2020.

COSTA, R. A.; PINTO, A. P. E. F. Análise econômico-financeira da Vale SA após o acidente em Brumadinho. **Gestão-Revista Científica**, v. 1, n. 1, 2020.

COTEC. Colégio Tecnológico de Goiás. **Panorama do Arranjo Produtivo Local de Gemas, Jóias, Artesanato Mineral e Turismo de Cristalina**. Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2022. Disponível em:

https://cotec.org.br/images/arquivos/boletim_cristal_pesquisanovembro2022.pdf.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Estudos para o Plano Nacional de Mineração 2050 PNM 2050** - Caderno 2. Pesquisa e Produção Mineral Volume I. Brasília: DF, 2022a. Disponível em: < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-2-pesquisa-e-producao-mineral/EstudosMSWordPNM2050Caderno220221116_Vol.I.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Estudos para o Plano Nacional de Mineração 2050 PNM 2050** - Caderno 2. Pesquisa e Produção Mineral Volume II. Brasília: DF, 2022b. Disponível em: < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-2-pesquisa-e-producao-mineral/EstudosMSWordPNM2050Caderno220221116_Vol.II.pdf>. Acessado em: nov. de 2022.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Estudos para o Plano Nacional de Mineração 2050 PNM 2050** - Caderno 2. Pesquisa e Produção Mineral Volume III. Brasília: DF, 2022c. Disponível em: < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-2-pesquisa-e-producao-mineral/copy_of_EstudosMSWordPNM2050Caderno220221116_Vol.III.pdf>. Acessado em: novembro de 2022c.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Estudos para o Plano Nacional de Mineração 2050 PNM 2050** - Caderno 2. Pesquisa e Produção Mineral Volume III. Brasília: DF, 2022c. Disponível em: < https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-2-pesquisa-e-producao-mineral/copy_of_EstudosMSWordPNM2050Caderno220221116_Vol.III.pdf>. Acessado em: novembro de 2022c.

CRU INTERNATIONAL. Veículos elétricos, renováveis e Covid-19: o que vem a seguir para a demanda por metais básicos? **CRU**, 2021. Disponível em:

<<https://www.crugroup.com/analysis/copper/>>. Acessado em: novembro de 2022.

DEMPSEY, H.; HEALY, E. Copper producers warn of lack of mines to meet demand for metal: Warning comes as falling prices hit commodity vital for green transition. **Financial**

Times, 2023. Disponível em: <https://www.ft.com/content/b3ad2631-f8b9-41df-8e2e-b4493738ded8>. Acesso em: dez. 2023.

ENERGY INDUSTRY REVIEW. Copper Contribution to the Global Circular Economy and a Sustainable Future. **Energy Industry Review**, 2021. Disponível em: <https://energyindustryreview.com/metals-mining/copper-contribution-to-the-global-circular-economy-and-a-sustainable-future/>.

ENGEL, V.; AREND, S. C. **A inovação tecnológica no contexto do desenvolvimento regional endógeno**. Crises do Capitalismo, Estado e Desenvolvimento Regional, Santa Cruz do Sul/RS, 2013.

ENRIQUEZ, M. A.; VEIGA, M.; LOUREIRO, J. G. G. Mining cities and sustainable development. In: Routledge Handbook of the Extractive Industries and Sustainable Development. **Routledge**, p. 460-479, 2022.

ENRÍQUEZ, M. A. R. S. **Mineração: Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 1. ed. São Paulo: Signus Editora, v. 01. 396p, 2008.

ETZKOWITZ, H. Reconstrução criativa: hélice tripla e inovação regional. **Revista Inteligência Empresarial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 2-13, 2005. Disponível em: <https://inteligenciaempresarial.emnuvens.com.br/rie/issue/view/27/11>. Acesso em: 9 out. 2023.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, 2017.

FISCHER, Ulrich. **Manual De Tecnologia Metal Mecânica**. Blücher, Editora. 2ª Edição; 2011. São Paulo/SP.

FRANÇA NETO, P. P. D. *et al.* Influência da dosagem e do tempo de condicionamento de amina na flotação de minério de ferro utilizando a farinha de sorgo como depressor. **Tecnol. Metal. Mater. Min.**, v. 20, p. 2807, 2023.

FREEMAN, C. The ‘national system of innovation’ in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, v. 19, p. 15-24, 1995.

GIELEN, D. Critical minerals for the energy transition. **International Renewable Energy Agency**: Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2021. Disponível em: https://hydrogen-portal.com/wp-content/uploads/2021/12/IRENA_Critical_Materials_2021.pdf.

GLOBE METALS And Mining. *Niobium*, Disponível em: <https://www.globemm.com/niobium-markets>. Acesso em: dez. 2023.

GOIÁS (Estado). **Lei nº 16.922, de 08 de fevereiro de 2010**. Dispõe sobre o incentivo à inovação tecnológica no âmbito do Estado de Goiás e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Goiás.



GOIÁS PELA INOVAÇÃO. Disponível em: <https://www.goiaspelainovacao.org.br/>. Acesso em: 25 out. 2023.

GOIÁS. Lei Estadual nº 20.514, de 16 de julho de 2019. Autoriza, para fins exclusivos de exportação, a extração e o beneficiamento do amianto da variedade crisotila no Estado de Goiás. Diário Oficial do Estado (DOE). Goiânia, 16 de jul. de 2019. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=379726>>. Acesso em: nov. 2022.

GUOHUA, Y.; ELSHKAKI, A.; XIAO, X. Dynamic analysis of future nickel demand, supply, and associated materials, energy, water, and carbon emissions in China. **Resources Policy**, v. 74, p. 102432, 2021.

HEIDER, M.; SIQUEIRA, D. F. Urânio: Retrospectiva Histórica e Regulatória do Brasil. **In The Mining (ITM)**, dez. 2022. Disponível em <https://www.inthemine.com.br/site/uranio-retrospectiva-historica-e-regulatoria-do-brasil/>

HIRSCHMAN, A. O. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura Econômica, 1961.

HOME, Andy. Copper Study Group expects big supply surplus in 2024. **Reuters**, 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/markets/commodities/copper-study-group-expects-big-supply-surplus-2024-2023-10-06/>. Acesso em: dez. 2023.

HOME, Andy. INSG forecasts a third consecutive year of nickel surplus. **Reuters**, 2023b. Disponível em: <https://www.reuters.com/markets/commodities/insg-forecasts-third-consecutive-year-nickel-surplus-andy-home-2023-10-05/>. Acesso em: dez. 2023.

HORIZONTE MINERALS. **The Nickel Market**. Disponível em: <https://horizonteminerals.com/uk/en/nickel/>. Acesso em: dez. 2023.

IBRAM. Instituto Brasileiro da Mineração. **Cobre, lítio e níquel: transição energética eleva demanda do setor mineral**. IBRAM Notícias, 2021. Disponível em: <https://Ibram.org.br/noticia/cobre-litio-e-niquel-transicao-energetica-eleva-demanda-do-setor-mineral/>.

IBRAM. Instituto Brasileiro da Mineração. **Políticas Públicas para a Indústria Mineral**. Instituto Brasileiro de Mineração. Organizador: IBRAM. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2022. 186 p. Disponível em: https://Ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/08/Livro_Políticas_Publicas-Digital.pdf.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Anglo amplia participação no país**. Brasília: IBRAM, 2011. Disponível em: <<https://Ibram.org.br/noticia/anglo-amplia-participacao-no-pais/>>. Acesso em: nov. 2022.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Ayamana investe R\$ 287 milhões**. Brasília: IBRAM, 2009. Disponível em: <<https://Ibram.org.br/noticia/yamana-investe-r-287-milhoes/>>. Acesso em: nov. 2022.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Desempenho da mineração tem queda em 2022, mas setor cria mais empregos e aumentará investimentos para US\$ 50 bi até 2027.**

Disponível em: <https://Ibram.org.br/noticia/desempenho-da-mineracao-tem-queda-em-2022-mas-setor-cria-mais-empregos-e-aumentara-investimentos-para-us-50-bi-ate-2027/#:~:text=Investimentos%20por%20estados%20%E2%80%93%20A%20maior,4%25%3B%20GO%20%3D%20US%24%20993>. Acesso em: 15 jul. 2023.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Empresas de olho no novo ciclo do ouro.**

Brasília: IBRAM, 2014. Disponível em: <<https://Ibram.org.br/noticia/empresas-de-olho-no-novo-ciclo-do-ouro/>>. Acesso em: nov. 2022.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração em números – 2022.** Disponível em: file:///D:/Documentos/Downloads/Infografico_Mineracao_em_Numeros-2022_Atualizado_Somente-o-Ano-1.pdf. Acesso em: 3 jul. 2023.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Práticas em Circularidade no Setor Mineral** [E-Book]. Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. Brasília: IBRAM, 2022. Org.: Cinthia de Paiva Rodrigues, Cláudia Franco de Salles Dias, Christiane Malheiros. ISBN: 978-85-61993-14-6. Disponível em file:///C:/Users/cooperacao/Downloads/IBRAM_Praticas-em-Circularidade-no-Setor-Mineral_WEB.pdf

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Setor Mineral 2022.** 2022. Disponível em: <https://Ibram.org.br/publicacoes/#publication>.

IEA. International Energy Agency. **Critical Minerals Market Review 2023.** Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/afc35261-41b2-47d4-86d6-d5d77fc259be/CriticalMineralsMarketReview2023.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

IMB. Instituto Mauro Borges. **Banco de dados estatísticos.** Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/bde/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

IMB. Instituto Mauro Borges. **Produto Interno Bruto do Estado de Goiás – 2019.** Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/pib-goias/pibgo2019.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2023.

IMB. Instituto Mauro Borges. **Produto Interno Bruto do Estado de Goiás – 2020.** Disponível em: https://www.imb.go.gov.br/files/docs/publicacoes/pib-goias/PIB_Regional_2020.pdf. Acesso em: 4 abr. 2023.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Indicadores de propriedade industrial 2018:** o uso do sistema de propriedade industrial no Brasil. Rio de Janeiro: INPI, 2018.

ISLAM, M. M.; SOHAG, K.; ALAM, M. M. Mineral import demand and clean energy transitions in the top mineral-importing countries. **Resources Policy**, v. 78, p. 102893, 2022.

JORNAL ESTADÃO. **Agronegócio: veja os 10 principais estados produtores do Brasil.** Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/comercio-exterior/agronegocio-veja-os-10-principais-estados-produtores-do-brasil/>. Acesso em: 23/06/2023.



KESLER, S. E. Mineral supply and demand into the 21st century. In: proceedings for a workshop on deposit modeling, mineral resource assessment, and their role in sustainable development. **US Geological Survey circular**, p. 55-62, 2007.

KINNUNEN, P. H. M.; KAKSONEN, A. H. Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 153-160, 2019.

LEAL, C. I. S; FIGUEIREDO, P. N. Inovação tecnológica no Brasil: desafios e insumos para políticas públicas. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 3, p. 512-537, 2021.

LITEFINANCE. “A Previsão de Preços do Ouro.” Disponível em: <https://www.litefinance.org/pt/blog/analysts-opinions/a-previsao-de-precos-do-ouro/>. Acesso em: 30 jan. 2024.

LONGO, W. P. E. **Conceitos básicos sobre ciência, tecnologia e inovação**. 2007.

LOPES, A. P.; KISSIMOTO, K. O.; SALERNO, M. S., LAURINDO, F. J. B.; CARVALHO, M. C. Gestão da inovação: uma revisão da literatura sobre a evolução e os diferentes modelos de inovação. **XVIII ICIEOM**, Braga, Portugal, 2012.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de Minérios 2010**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 932p. 2010.

MACHADO, I. F.; FIGUEIRÔA, S. **História da mineração brasileira**. Curitiba: CRV, 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Projeções do agronegócio**. Brasil – 2022/23 a 2023/33. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf/#:~:text=A%20%C3%A1rea%20de%20gr%C3%A3os%20deve,crescimento%20com%20ganhos%20de%20produtividade>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio** – projeções de longo prazo Brasil 2020-21 a 2030-31. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-crescera-27-nos-proximos-dez-anos-chegando-333-milhoes-de-toneladas/NotadasProjeesdoAgronegocio20202021a20302031.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

MARQUES, A. F.; MORAIS, M. J. P.; CARNEIRO, V. A. Apontamentos Geográficos sobre o calcário agrícola no estado de Goiás em 2017. **Revista Percurso**, v. 13, n. 2, p. 3-22, 2021.

MARQUES, A. F.; MORAIS, M. J. P.; CARNEIRO, V. A. Apontamentos geográficos sobre o calcário agrícola no Estado de Goiás em 2017. **Revista Percurso**, v. 13, n. 2, p. 3-22, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/view/58307>.

MARTINI, A. M. M. G.; ANTUNES, A. M. D. S. Mapeamento de competências nacionais no segmento de E&P da indústria petrolífera. **Revista Inteligência Empresarial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 24-39, 2005. Disponível em:

<https://inteligenciaempresarial.emnuvens.com.br/rie/issue/view/27/11>. Acesso em: 9 out. 2023.

MCMAHON, G. The World Bank's Evolutionary Approach to Mining Sector Reform. **World Bank, Extractive industries for development series**, v. 19, 2010. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18288>.

MCTI. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Disponível em

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-do-bem/paginas/o-que-e-a-lei-do-bem>. Acesso em: 25 out. 2023.

MENDES, M. V. A. **Análise técnica da substituição parcial do agregado miúdo por rejeito magnético na produção de concreto**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2016.

MENDES, M. V. A. **Aproveitamento dos finos de magnetita gerados no processamento de rocha fosfática**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia de Minas. Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2014.

MME. Ministério das Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração - 2030**. Brasília: MME, 2011. Disponível em: <

http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/469987/PNM_2030.pdf/c1c58bf5-d32b-00be-5b70-8bf73e4923ad>. Acesso em: nov. 2022.

MME. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). “**Série Estatísticas e Economia Mineral: Outras Publicações - Ouro**.” Disponível em:

<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/5-1-ouro>. Acesso em: 28 jan. 2024.

MONTEIRO, N. B. R.; SILVA, E. A.; MOITA NETO, J. M. Sustainable development goals in mining. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 509-520, 2019.

MORAES, I. L. A. D.; SILVA, A. C.; SILVA, E. M. S. Flotação de apatita utilizando óleo de pinhão-mansão. **Estudos Interdisciplinares em Ciências Biológicas, Saúde, Engenharias e Gestão**, cap. 15, p. 239-247, 2016.

MORAIS, J. M. Uma avaliação dos programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos fundos setoriais e na Lei de Inovação. In: Negri, J. A.; Kubota, L. C. (Orgs.). **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008.

NEGRI, F.; CAVALCANTE, L.R. **Sistemas de inovação e infraestrutura de pesquisa: considerações sobre o caso brasileiro**. Radar - Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Brasília, n. 24, 2013. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/radar/temas/infraestrutura/236-radar-n-24-sistemas-de-inovacao-e-infraestrutura-de-pesquisa>. Acesso em: 9 out. 2023.



NORTH, D. **Instituições, mudança institucional e desempenho econômico**. São Paulo: Três Estrelas, 2018.

NRGI. Natural Resources Governance Institute. The Resource Remix: Ana Carolina González ESPINOSA and Daniel KAUFMANN. **Discuss New Resource Governance Paradigms**. Junho de 2022, disponível em: <https://resourcegovernance.org/blog/resource-remix-ana-carolina-gonzalez-daniel-kaufmann-discuss-new-resource-governance-paradigms>

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Governança regulatória no setor de mineração no Brasil**. OECD Publishing, Paris, 2022. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/governance/governanca-regulatoria-no-setor-de-mineracao-no-brasil_df9252dc-pt.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. 2ª edição. Paris: OCDE, 1997.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo**. Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Departamento Estatístico da Comunidade Europeia, FINEP, 1997.

OUANAN, H.; ABDELWAHED, E. H. **Image processing and machine learning applications in mining industry**: Mine 4.0. IEEE 2019 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Computing Sciences (ISACS) and International Conference on Intelligent Systems and Advanced Computing Sciences (ISACS), Taza, Morocco, 2019.

PACHÊCO, C. A. T. **Análise técnica e econômica do uso do óleo da polpa de macaúba (Acrocomia Aculeata) como coletor na flotação**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2016.

PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica**: Compostos Orgânicos e Biofertilizantes. UFV, 2010, 160p.

PORTER, M. E. **A vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PORTER, M. E. **Competição**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2009. 546 p.

QUEIROZ, R; ABREU, R.; PEREIRA JÚNIOR, J. C. **Análise dos Indicadores Financeiros da empresa SAMARCO S.A após o rompimento da barragem de Mariana**. 2022. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2022/05/analise-dos-indicadores-financeiros-da-empresa-samarco-sa-apos-o-rompimento-da-barragem-de-mariana.pdf>.

QUICKDEV (site). **O que é tríplice hélice**: empresas, governo e universidade. Disponível em: <https://quikdev.com.br/triplice-helice/>. Acesso em: 30 out. 2023.

RASSMUSSEN, L. G.; SILVA, E. M. S.; SILVA, A. C. **Flotação de rocha fosfática utilizando amido de sorgo como depressor**. 2º CEPEX-UFCAT Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Catalão e III Seminário Interno de Iniciação à Pesquisa Científica, Tecnológica e em Inovação: Iniciação Científica, Universidade Federal de Catalão (UFCAT), Catalão/GO, 2022.

RAUEN, C. V. **O novo marco legal da inovação no Brasil**: o que muda na relação ICT-empresa. Radar, 43, p. 21-35, 2016.

ROCHA, T. W. P. **Utilização do óleo da castanha de macaúba como coletor na microflotação da apatita**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2014.

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. The curse of natural resources. **European economic review**, v. 45, n. 4-6, p. 827-838, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014292101001258>.

SAE. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes (PNF 2050)**. Brasília, DF: SAE, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>.

SAMARCO. **Demonstrações Financeiras de acordo com as práticas contábeis adotadas no Brasil em 31 de dezembro de 2017**. 2018. Disponível em: <https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2020/12/Demonstracoes-Financeiras.pdf>.

SANTOS, M. M. D. **Veículos Elétricos e Híbridos**. 1ª ed. Ética. Salvador, BA, 2020, 288 p.

SANTOS, O. H. G. **Panorama mundial das principais commodities minerais**. 2018. 49 f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia de Minas. Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2018.

SAYÃO, A. As principais técnicas para lidar com 'lixo da mineração'. In: **M&T – Revista Mercado e Tecnologia**, 2019. Disponível em <https://revistamt.com.br/Noticias/Exibir/as-principais-tecnicas-para-lidar-com-lixo-da-mineracao>

SEAE. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050 - Uma Estratégia para os Fertilizantes no Brasil**. 2021. Acesso Online. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>.

SECOM. Secretaria de Comunicação. Universidade Federal de Goiás. **Goiás na frente: empresas de mineração anunciam investimento de R\$ 2,3 bilhões no Estado**. 2017. Disponível em: <https://secom.ufg.br/n/97385-goias-na-frente-empresas-de-mineracao-anunciam-investimento-de-r-2-3-bilhoes-no-estado> . Acesso em: 23 mar. 2023.

SILVA, A. C. *et al.* Influência do método de saponificação na microflotação de apatita utilizando óleo da castanha da macaúba. **Tecnol. Metal. Mater. Min.**, v. 14, n. 1, p. 30-38, 2017.



- SILVA, A. C. C. *et al.* Seletividade do óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) na microflotação de apatita, calcita e quartzo. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 341-349, 2018.
- SILVA, E. M. S. Utilização de amido de sorgo como depressor na flotação de minérios. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas (PPGEM). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte/MG, 2018.
- SILVA, E. M. S. *et al.* Sorghum starch as depressant in mineral flotation: part 1 – Extraction and characterization. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 1, p. 396-402, 2019a.
- SILVA, E. M. S. *et al.* Sorghum starch as depressant in mineral flotation: part 2 – Flotation tests. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n.1, p. 403-410, 2019b.
- SILVA, L. A. **Análise técnico-econômica da mistura das farinhas milho, milheto e sorgo como depressor de nióbio da flotação de carbonatos.** Dissertação. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2021.
- SILVA, T. C. **Utilização do óleo de pequi como coletor na microflotação de apatita.** Dissertação. Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional (PPGO). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2014.
- SILVA, T. C. *et al.* Aplicação do óleo de pequi como reagente coletor na microflotação de apatita. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 19; p. 99-107, 2014.
- SKENDERAS, D.; POLITI, C. Industry 4.0 Roadmap for the Mining Sector. **Mater. Proc.**, v. 15, n.16, 2023.
- SOUSA, D. N. **Avaliação do uso da farinha e amido de milheto como depressores na flotação de minerais.** Programa de Pós-Graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas (PPGCET). Universidade Federal de Goiás (UFG), Catalão/GO, 2019.
- SOUZA, T. S. *et al.* Gestão estratégica da inovação nas universidades de Goiás. In: **Inovação e desenvolvimento tecnológico em gestão organizacional** [E-book]. Organizadores: André Carlos Silva, Elenice Maria Schons Silva, Vagner Rosalem, Goiânia: Cegraf UFG, p. 63-76, 2023.
- SRIVASTAVA, N.; KUMAR, A. Minerals and energy interface in energy transition pathways: A systematic and comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, p. 134354, 2022.
- TAURUS, V.; MADZIVANYIKA, E. Do Resource-Rich Countries Get a Fair Share of Mineral Exports? Insights from their governments. **Intergovernmental Forum on Mining Minerals, Metals and Sustainable Development**, 2022. Disponível em: <https://www.igfmining.org/resource-rich-countries-fair-share-mineral-exports/>.

TIBIRIÇÁ, L. G. A cadeia produtiva mineral da areia em Goiás. **Ateliê Geográfico**, v. 12, n. 1, p. 118-131, 2018.

U.S.G.S. United States Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2023**: U.S. Geological Survey, 2023, 210 p. Disponível em: <https://doi.org/10.3133/mcs2023>.

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. Cap.32, p.677-698.

UOL. **Reuters**. Vale vê aumento de 44% na demanda global de níquel até 2030 e divulga projeções. Uol Notícias, 2022. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2022/09/07/vale-ve-aumento-de-44-na-demanda-global-de-niquel-ate-2030-e-divulga-projecoes.htm?cmpid=copiaecola>>. Acesso em: nov. 2022.

USGS. U.S. Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2022**: U.S. Geological Survey. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>>. Acesso em: nov. 2022.

VARGAS, K. F. S. *et al.* A cadeia de valores e as cinco forças competitivas como metodologia de planejamento estratégico. **Revista Brasileira de Estratégia**, v. 6, n. 1, p. 11, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gilnei-Moura/publication/314431481_A_cadeia_de_valores_e_as_cinco_forcas_competitivas_como_Metodologia_de_planejamento_estrategico/links/59d103d74585150177f3cb99/A-cadeia-de-valores-e-as-cinco-forcas-competitivas-como-Metodologia-de-planejamento-estrategico.pdf.

VAKULCHUK, R.; OVERLAND, I. Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition. **One Earth**, v. 4, n. 12, p. 1678-1692, 2021.

WIIG, A.; KOLSTAD, I. If diversification is good, why don't countries diversify more? The political economy of diversification in resource-rich countries. **Energy Policy**, v. 40, p. 196-203, 2012.

WOLFF, I. Goiás reestrutura setor da mineração e promete crescimento com sustentabilidade. **Jornal Opção**, 22 dez. 2022. Disponível em: <https://www.jornalopcao.com.br/reportagens/goias-reestrutura-setor-da-mineracao-e-promete-crescimento-com-sustentabilidade-451788/>.

WORLDBANK. **Minerals for Climate Action**: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Washington: 2020. Disponível em: <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>. Acesso em: 12/05/2023.

ZHIRONKIN, S.; GASANOV, M.; SUSLOVA, Y. **Orderliness in Mining 4.0**. *Energies* 2022, 15(21), 8153, 2022.



Sites Consultados

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COBRE (ABCobre). Anuário Brasileiro do Cobre. Vários anos. Disponível em: <http://abcobre.org.br/anuario-brasileiro-do-cobre/>.

Brasil Mineral. Notícias sobre mineração no Brasil. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias>.

Comex Stat. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

Dados abertos da Agência Nacional de Mineração. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/anuario-mineral-brasileiro-amb>.

Data Bank. Banco Mundial. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/>.

Investing.com. Disponível em: <https://www.investing.com/commodities/real-time-futures>.

METALARY. Metal Prices. Disponível em: <https://www.metalary.com/>.

Observatório da CFEM. Agência Nacional de Mineração. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWFhOTQtNmU5NjEyMTI3ZDMxIiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzM Tg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection7a43f884dc43352e5953>.

World Development Report, 2023. Investing in Sustainable Energy for all. United Nations Publications. New York, New York 10017. United States of America. Disponível em: <https://shop.un.org>

World Integrated Trade Solution (WITS). Banco Mundial. Disponível em: <https://wits.worldbank.org/>.

ANEXOS

ANEXO 1 – 50 MAIORES MINERADORAS DE GOIÁS

50 maiores mineradoras de Goiás					
	EMPRESA	O QUE PRODUZ	OPERAÇÕES	VALOR DA PRODUÇÃO 2021 (R\$)	VALOR CFEM 2021
1	Mineração Maracá Indústria e Comércio S/A	Cobre e ouro	3	3.055.019.575,11	61.100.391,50
2	Mineração Serra Grande S/A	Ouro	4	886.717.230,17	13.289.548,46
3	Anglo American Níquel Brasil Ltda	Níquel	2	861.665.614,39	17.233.312,28
4	Niobras Mineração Ltda	Nióbio	2	652.934.400,64	17.487.970,71
5	Sama S/A Minerações Associadas	Amianto	1	428.963.901,83	8.579.278,05
6	Mosaic Fertilizantes P&K Ltda.	Fosfato	2	325.238.782,83	6.619.062,41
7	Pilar de Goiás Desenvolvimento Mineral Ltda	Ouro	2	282.103.026,16	4.233.116,00
8	CMOC Brasil Mineração, Ind. e Participações Ltda.	Fosfato	5	171.607.391,51	4.416.153,69
9	Mineração de Calcário Montividiu Ltda.	Calcário	6	109.172.523,91	2.180.911,13
10	Brasil Minérios S/A	Vermiculita	2	85.221.563,18	1.705.550,48
11	Pirecal Pirenópolis Calcário Ltda	Calcário	4	77.513.797,43	1.710.420,12
12	Britacal Ind. e Com. de Brita e Calcário Brasília	Calcário	13	77.052.040,45	1.712.678,98
13	Goiascal Mineração e Calcário Ltda	Calcário	1	74.126.244,20	1.495.957,95
14	Jandaia Calcário Agrícola Ltda	Calcário	5	63.047.241,74	1.222.297,73



15	Calcário Ouro Branco Ltda	Calcário	3	62.003.051,54	1.230.532,13
16	Mibasa Mineradora Barro Alto Ltda	Calcário	1	61.907.406,13	707.332,22
17	Copebras Indústria Ltda	Fosfato	2	59.451.801,71	1.277.362,27
18	LafargeHolcim (Brasil) S/A	Calcário	4	54.200.963,61	1.083.529,08
19	Terra Goyana Mineradora Ltda	Bauxita	2	51.521.840,03	1.430.188,98
20	Jofege Mineração Ltda	Calcário	3	45.098.099,32	900.541,67
21	Calcilândia Mineração Ltda	Calcário	1	36.586.040,33	717.314,76
22	Ciplan Cimento Planalto S/A	Calcário	2	35.327.398,38	334.410,23
23	Votorantim Cimentos S/A	Calcário	3	34.069.680,83	687.075,53
24	Pedreira Rio Verde Fortaleza Ltda	Agregados	1	30.575.087,88	288.995,78
25	Goyaz Britas Ltda	Agregados	2	26.191.007,96	242.660,33
26	Mineração Belocal Ltda	Calcário	1	25.828.316,24	513.939,33
27	Intercement Brasil S/A	Calcário	2	24.889.473,64	498.196,53
28	Pedreira Izaira Indústria e Comércio Ltda	Agregados	1	24.606.443,72	231.701,05
29	Britago Mineração Indústria e Comércio Ltda	Agregados	1	24.314.494,22	226.528,69

30	Dantas Minérios Ltda	Agregados	1	24.005.668,12	215.103,79
31	Loguiminas Serviços e Mineração Ltda	Calcário	1	23.734.649,62	461.133,32
32	Companhia Brasileira de Alumínio	Bauxita	2	23.728.651,37	734.178,38
33	Brasil Manganês Ltda	Manganês	2	22.654.713,52	640.645,99
34	Mineração Corcovado de Minas Ltda	Granito	1	20.669.389,33	205.560,38
35	Sarkis Mineração Ltda	Areia	1	20.295.175,66	186.191,98
36	Briteng Britagem e Construções Ltda	Agregados	1	19.864.179,89	185.065,53
37	Mineradora Santo Expedito Ltda	Bauxita	1	19.676.210,62	541.724,82
38	Mineradora Americal Ltda - Epp	Calcário	3	19.582.188,63	373.998,34
39	Mineradora Afrânio Roberto de Souza Ltda	Agregados	1	18.568.487,73	206.784,57
40	Pedreira Britaminas Fortaleza Ltda	Agregados	1	17.990.384,15	164.553,50
41	Monte São Mineração Eireli	Quartzito	1	17.516.229,51	171.069,44
42	Mineração Rio do Sal Ltda	Agregados	2	17.179.088,61	189.383,15
43	Pedreira Santa Helena Ltda	Agregados	1	16.467.139,50	154.033,45
44	Benunes e Benunes Ltda	Calcário	1	15.768.426,26	315.178,98
45	Stracta Mineração Ltda	Calcário	1	14.822.311,17	296.429,25
46	Levantina Natural Stone Brasil Ltda	Granito	2	14.160.107,19	139.802,21
47	Pedreira Goiás Ltda Epp	Agregados	1	13.930.282,45	126.973,98
48	Pedra Britada Indústria e Comércio Ltda	Agregados	1	13.391.454,88	125.037,78
49	Elba Calcário Ltda.	Calcário	2	13.113.049,62	262.089,11
50	GF Gold Mineração Eireli	Ouro	1	11.683.777,92	176.036,83

Fonte: Brasil Mineral (Ed. 420, 2023).



ANEXO 2 – PL 840/2022

302 Sexta-feira 8

DIÁRIO DA CÂMARA DOS DEPUTADOS

Abril de 2022



CÂMARA DOS DEPUTADOS

PROJETO DE LEI Nº , DE 2022.
(Do Sr. DIEGO ANDRADE)

Altera a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e a Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que disciplinam a compensação financeira pela exploração de recursos minerais.

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º. O art. 8º da Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 8º

§ 1º

III - ao custeio de despesas com ações e serviços de saúde prestados por órgãos e instituições públicas federais, estaduais e municipais, da Administração direta e indireta e das fundações mantidas pelo Poder Público, inclusive as relativas a pagamento de salários e outras verbas de natureza remuneratória a profissionais de saúde em efetivo exercício na rede pública.

.....” (NR)

Art. 2º. O art. 2º e o Anexo da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, passam a vigorar com a seguinte redação:



Assinado eletronicamente pelo(a) Dep. Diego Andrade

Apresentação: 05/04/2022 21:34 - Mesa

PL n.840/2022



“Art. 2º As alíquotas da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) serão aquelas constantes do Anexo desta Lei, e incidirão:

.....” (NR)

“Art. 2º-G. As receitas adicionais advindas da majoração de 3,5% (três inteiros e cinco décimos por cento) da alíquota incidente sobre ferro, ouro, cobre, bauxita, níquel, alumínio e nióbio, conforme o Anexo desta Lei, serão distribuídas observando os seguintes percentuais incidentes sobre o volume adicional arrecadado:

I - 15% (quinze por cento) para ações e serviços de saúde dos municípios;

II - 30% (trinta por cento) para ações e serviços de saúde dos estados; e

III - 55% (cinquenta e cinco por cento) para ações e serviços de saúde da União.” (NR)

“ANEXO

ALÍQUOTAS PARA FINS DE INCIDÊNCIA DA COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM)

a) Alíquotas das substâncias minerais:

ALÍQUOTA	SUBSTÂNCIA MINERAL
1% (um por cento)	Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais
5% (cinco por cento)	Ouro
2% (dois por cento)	Diamante



Apresentação: 05/04/2022 21:34 - Mesa

PL n.840/2022



5,5% (cinco inteiros e cinco décimos por cento)	Cobre, minério de níquel e minério de alumínio
2% (dois por cento)	Demais substâncias minerais
3% (três por cento)	Manganês e sal-gema
6,5% (seis inteiros e cinco décimos por cento)	Bauxita e nióbio
7% (sete por cento)	Ferro, observadas as letras b e c deste Anexo

Apresentação: 05/04/2022 21:34 - Mesa

PL n.840/2022

Art. 3º Esta Lei entra em vigor na data da sua publicação.

JUSTIFICAÇÃO

Segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), no ano de 2021 o **setor de mineração faturou R\$ 339 bilhões de reais**, o que representa crescimento de 62% em relação ao ano anterior. As exportações cresceram 58,6% em valor monetário, chegando a US\$ 58 bilhões em 2021. O saldo da balança comercial mineral chegou a US\$ 48,9 bilhões, com aumento de 50,7% em relação a 2020.¹

O recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), considerada o *royalty* do setor, teve **crescimento de 69,2%**, passando de R\$ 6,08 bilhões em 2020 para R\$ 10,29 bilhões em 2021.

Minas Gerais, estado pelo qual tive a honra de ser eleito como deputado federal, apresentou o maior crescimento no faturamento em 2021, passando de R\$ 76,4 bilhões em 2020 para R\$ 143 bilhões (aumento de 87%). Com este resultado, **MG respondeu por 42% do faturamento global da indústria da mineração brasileira em 2021** – esta participação era de 37% em 2020.²

Do volume supramencionado, vale destacar ainda que, em 2021,

¹ <https://ibram.org.br/noticia/exportacao-minerios-saldo-balancacomercial-positivo-2021/>

² <https://ibram.org.br/noticia/exportacao-minerios-saldo-balancacomercial-positivo-2021/>



Coordenação Geral

Ms. Livia Marques de Almeida Parreira



PERM-GO

Plano Estadual de
Recursos Minerais

Coordenação Técnica

André Luiz Pereira

Apoio Técnico

Benedito Lopes da Silva
Ivanilson Dantas da Fonseca
Jeovah Quintino da Silva
José Adalberto de Macedo
José Leonardo Neves de Souza
Juarez Rodrigues dos Santos
Julianny Lima de Oliveira
Prof. Dr. Rafael Henrique Dias Manzi
Teodoro Trindade Costa Póvoa
Vitor José Lima Franco
Wemerson Gonçalves de Lima

Coordenação Caderno 1 - Contexto do Setor Mineral

Prof. Dr. Mario Cesar Gomes de Castro (UEG)

Coordenação Caderno 2 - Integração das cadeias Produtivas

Profa Dra. Estela Leal Chagas do Nascimento (UFG)

Coordenação Caderno 3 - Desafios para a Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Prof Dr. André Carlos Silva (UFCAT)

Coordenação Caderno 4 - Cenários Prováveis e Visão de Futuro

Profa. Dra. Maria Amélia Rodrigues da Silva Enriquez (UFPA)

Coordenação Caderno 5 - Previsão de Demanda, Investimentos e Recursos Humanos

Prof Dr. André Carlos Silva (UFCAT)

Coordenação Caderno 6 - Objetivos Estratégicos e Ações

Profa Dra. Daiana Stasiak (UFG)

Projeto Gráfico e Diagramação

Ms. Eurípedes Ferreira de Carvalho Júnior

Instituições Parceiras do PERM

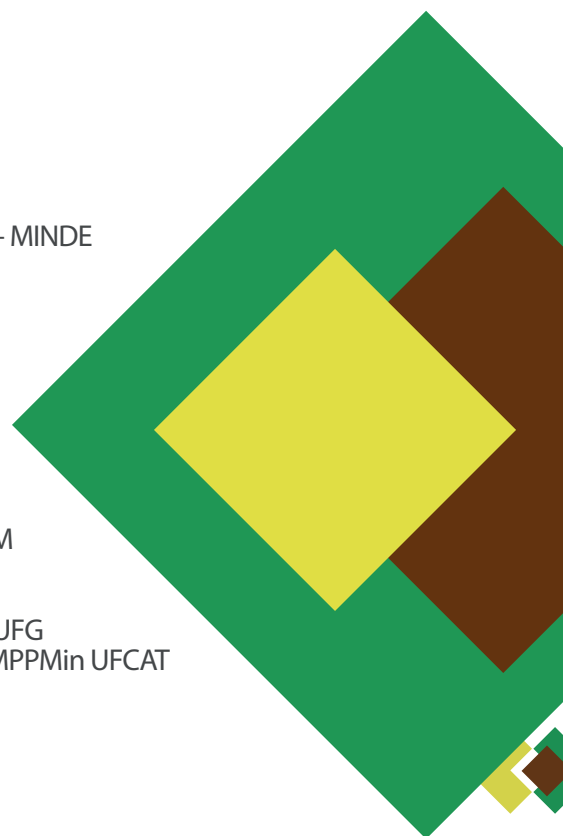
Sindicato da Indústria da Mineração do Estado de Goiás e Distrito Federal - MINDE
Agência Nacional de Mineração - ANM
Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM
Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae
Universidade Federal de Goiás - UFG
Universidade Federal de Catalão - UFCAT
Universidade Federal do Pará - UFPA
Universidade Estadual de Goiás - UEG
Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM
Câmara Setorial da Mineração - Casmin/FIEG
Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral e Mineração - ABPM

Laboratórios

Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - CRTI - UFG
Laboratório de Modelamento e Pesquisa em Processamento Mineral - LaMPPMin UFCAT

Mineradoras

AngloGold Ashanti
Anglo American
Brasil Minérios
Empresa de Desenvolvimento em Mineração e Participações Ltda - EDEM
Hochschild Mining
Mineração Curimbaba
Mineração Serra Verde





PERM-GO

Plano Estadual de
Recursos Minerais

SIC
Secretaria de
Estado
de Indústria,
Comércio
e Serviços

