

PLANO ESTADUAL DE MINERAÇÃO DE MINAS GERAIS 2040

Secretaria de Estado de
Desenvolvimento Econômico



DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

#NUNCAESQUECEREMOSBRUMADINHO

ADAIL DOS SANTOS JUNIOR • ADAIR CUSTÓDIO RODRIGUES • ADEMÁRIO BISPO • ADILSON SATURNINO DE SOUZA • ADNILSON DA SILVA DO NASCIMENTO • ADRIANO AGUIAR LAMOUNIER • ADRIANO CALDEIRA DO AMARAL • ADRIANO GONÇALVES DOS ANJOS • ADRIANO JUNIO BRAGA • ADRIANO RIBEIRO DA SILVA • ADRIANO WAGNER DA CRUZ DE OLIVEIRA • ALAÉRCIO LÚCIO FERREIRA • ALANO REIS TEIXEIRA • ALEX MÁRIO MORAES BISPO • ALEX RAFAEL PIEDADE • ALEXIS ADRIANO DA SILVA • ALEXIS CÉSAR JESUS COSTA • ALISSON MARTINS DE SOUZA • ALISSON PESSOA DAMASCENO • AMANDA DE ARAÚJO SILVA • AMARINA DE LOURDES FERREIRA • AMAURI GERALDO DA CRUZ • ANAILDE SILVA • ANDERSON LUIZ DA SILVA • ANDRÉ LUIZ ALMEIDA SANTOS • ANDREA FERREIRA LIMA • ANGÉLICA APARECIDA ÁVILA • ANGELITA CRISTIANE FREITAS DE ASSIS • ÂNGELO GABRIEL DA SILVA LEMOS • ANIZIO COELHO DOS SANTOS • ANTÔNIO FERNANDES RIBAS • ARMANDO DA SILVA RAGGI GROSSI • AROLDI FERREIRA DE OLIVEIRA • BRUNA LELIS DE CAMPOS • BRUNO EDUARDO GOMES • BRUNO ROCHA RODRIGUES • CAMILA APARECIDA DA FONSECA SILVA • CAMILA SANTOS DE FARIA • CAMILA TALIBERTI RIBEIRO DA SILVA • CAMILO DE LELIS DO AMARAL • CARLA BORGES PEREIRA • CARLOS AUGUSTO DOS SANTOS PEREIRA • CARLOS EDUARDO DE SOUZA • CARLOS EDUARDO FARIA • CARLOS HENRIQUE DE FARIA • CARLOS ROBERTO DA SILVA • CARLOS ROBERTO DA SILVEIRA • CARLOS ROBERTO DEUSDEEDIT • CARLOS ROBERTO PEREIRA • CASSIA REGINA SANTOS SOUZA • CASSIO CRUZ SILVA PEREIRA • CLÁUDIO JOSÉ DIAS REZENDE • CLAUDIO LEANDRO RODRIGUES MARTINS • CLÁUDIO MÁRCIO DOS SANTOS • CLAUDIO PEREIRA SILVA • CLEIDSON APARECIDO MOREIRA • CLEITON LUIZ MOREIRA SILVA • CLEOSANE COELHO MASCARENHAS • CRISTIANE ANTUNES CAMPOS • CRISTIANO BRAZ DIAS • CRISTIANO JORGE DIAS • CRISTIANO SERAFIM FERREIRA • CRISTIANO VINÍCIUS OLIVEIRA DE ALMEIDA • CRISTINA PAULA DA CRUZ ARAÚJO • DAIANE CAROLINE SILVA SANTOS • DANIEL GUIMARÃES ALMEIDA ABDALLA • DANIEL MUNIZ VELOSO • DAVID MARLON GOMES SANTANA • DAVYSON CHRISTIAN NEVES • DENILSON RODRIGUES • DENNIS AUGUSTO DA SILVA • DIEGO ANTONIO DE OLIVEIRA • DIOMAR CUSTÓDIA DOS SANTOS SILVA • DIRCE DIAS BARBOSA • DJENER PAULO LAS-CASAS MELO • DUANE MOREIRA DE SOUZA • EDENI DO NASCIMENTO • EDGAR CARVALHO SANTOS • EDIMAR DA CONCEIÇÃO DE MELO SALES • EDIONIO JOSÉ DOS REIS • EDIRLEY ANTONIO CAMPOS • EDNILSON DOS SANTOS CRUZ • EDSON RODRIGUES DOS SANTOS • EDDY MAYRA SAMARA RODRIGUES COELHO • EGILSON PEREIRA DE ALMEIDA • ELIANDRO BATISTA DE PASSOS • ELIANE DE OLIVEIRA MELO • ELIANE NUNES PASSOS • ELIS MARINA COSTA • ELIVELTOM MENDES SANTOS • ELIZABETE DE OLIVEIRA ESPINDOLA REIS • ELIZEU CARANJO DE FREITAS • EMERSON JOSE DA SILVA AUGUSTO • ERIDIO DIAS • EUEDES JOSÉ DE SOUZA CARDOSO • EVA MARIA DE MATOS • EVANDRO LUIZ DOS SANTOS • EVERTON GUILHERME FERREIRA • EVERTON LOPES FERREIRA • FABRÍCIO HENRIQUES DA SILVA • FABRÍCIO LÚCIO FARIA • FAULLER DOUGLAS DA SILVA MIRANDA • FELIPE JOSÉ DE OLIVEIRA ALMEIDA • FERNANDA BATISTA DO NASCIMENTO • FERNANDA CRISTIANE DA SILVA • FERNANDA DAMIAN DE ALMEIDA • FLAVIANO FIALHO • FRANCIS ERICK SOARES DA SILVA • FRANCIS MARQUES DA SILVA • GEORGE CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA • GERALDO DE MEDEIROS FILHO • GILMAR JOSÉ DA SILVA • GIOVANI PAULO DA COSTA • GISELE MOREIRA DA CUNHA • GISELENE CONCEIÇÃO AMARAL • GLAYSON LEANDRO • GUSTAVO ANDRIÉ XAVIER • GUSTAVO SOUSA JUNIOR • HEITOR PRATES MÁXIMO DA CUNHA • HELBERT VILHENA SANTOS • HERMÍNIO RIBEIRO LIMA FILHO • HERNANE JÚNIOR MORAIS ELIAS • HUGO MAXS BARBOSA • ICARO DOUGLAS ALVES • IZABELA BARROSO CÂMARA PINTO • JANICE HELENA DO NASCIMENTO • JHOBERT DONANNE GONÇALVES MENDES • JOÃO MARCOS FERREIRA DA SILVA • JOÃO PAULO ALTINO • JOÃO PAULO DE ALMEIDA BORGES • JOÃO PAULO FERREIRA DE AMORIM VALADÃO • JOÃO PAULO PIZZANI VALADARES MATTAR • JOÃO TOMAZ DE OLIVEIRA • JOICIANE DE FÁTIMA DOS SANTOS • JONATAS LIMA NASCIMENTO • JONIS ANDRÉ NUNES • JORGE LUIZ FERREIRA • JOSÉ CARLOS DOMENEGUETE • JOSIANE DE SOUZA SANTOS • JOSUÉ OLIVEIRA DA SILVA • JULIANA CREIZIMAR DE RESENDE SILVA • JULIANA ESTEVES DA CRUZ AGUIAR • JULIANA PARREIRAS LOPES • JULIO CESAR TEIXEIRA SANTIAGO • JUSSARA FERREIRA DOS PASSOS • KÁTIA APARECIDA DA SILVA • KÁTIA GISELE MENDES • LAYS GABRIELLE DE SOUZA SOARES • LEANDRO ANTÔNIO SILVA • LEANDRO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO • LECILDA DE OLIVEIRA • LENILDA CAVALCANTE ANDRADE • LENILDA MARTINS CARDOSO DINIZ • LEONARDO ALVES DINIZ • LEONARDO DA SILVA GODOY • LEONARDO PIRES DE SOUZA • LETÍCIA MARA ANIZIO DE ALMEIDA • LETÍCIA ROSA FERREIRA ARRUDAS • LEVI GONÇALVES DA SILVA • LORENZO TALIBERTI • LOURIVAL DIAS DA ROCHA • LUCIANA FERREIRA ALVES • LUCIANO DE ALMEIDA ROCHA • LÚCIO MENDANHA • LUIS FELIPE ALVES • LUIS PAULO CAETANO • LUIZ CARLOS SILVA REIS • LUIZ CORDEIRO PEREIRA • LUIZ DE OLIVEIRA SILVA • LUIZ TALIBERTI RIBEIRO DA SILVA • MANOEL MESSIAS SOUSA ARAÚJO • MARCELLE PORTO CANGUSSU • MARCELO ALVES DE OLIVEIRA • MARCIANO DE ARAÚJO SEVERINO • MARCIEL DE OLIVEIRA ARANTES • MARCILEIA DA SILVA PRADO • MARCIO COELHO BARBOSA MASCARENHAS • MÁRCIO DE FREITAS GRILLO • MÁRCIO FLÁVIO DA SILVA • MÁRCIO FLÁVIO DA SILVEIRA FILHO • MARCIO PAULO BARBOSA PENA MASCARENHAS • MARCO AURÉLIO SANTOS BARCELOS • MARCUS TADEU VENTURA DO CARMO • MARIA DE LURDES DA COSTA BUENO • MARIA ELISA MELO • MARLON RODRIGUES GONÇALVES • MARTINHO RIBAS • MAURÍCIO LAURO DE LEMOS • MAX ELIAS DE MEDEIROS • MILTON XISTO DE JESUS • MIRACEIBEL ROSA • MIRAMAR ANTÔNIO SOBRINHO • MOISES MOREIRA SALES • NATÁLIA FERNANDA DA SILVA ANDRADE • NATHALIA DE OLIVEIRA PORTO ARAÚJO • NILSON DILERMANDO PINTO • NINRODE DE BRITO NASCIMENTO • NOÉ SANÇÃO RODRIGUES • NOEL BORGES DE OLIVEIRA • OLAVO HENRIQUE COELHO • OLÍMPIO GOMES PINTO • PÂMELA PRATES DA CUNHA • PAULO GEOVANE DOS SANTOS • PAULO NATANAEL DE OLIVEIRA • PEDRO BERNARDINO DE SENA • PETERSON FIRMINO NUNES RIBEIRO • PRISCILA ELEN SILVA • RAFAEL MATEUS DE OLIVEIRA • RAMON JUNIOR PINTO • RANGEL DO CARMO JUNUÁRIO • REGINALDO DA SILVA • REINALDO FERNANDES GUIMARÃES • REINALDO GONÇALVES • REINALDO SIMÃO DE OLIVEIRA • RENATO EUSTÁQUIO DE SOUZA • RENATO RODRIGUES DA SILVA • RENATO RODRIGUES MAIA • RENATO VIEIRA CALDEIRA • RENILDO APARECIDO DO NASCIMENTO • RICARDO EDUARDO DA SILVA • RICARDO HENRIQUE VEPPO LARA • ROBERT RUAN OLIVEIRA TEODORO • ROBSON MÁXIMO GONÇALVES • RODNEY SANDER PAULINO OLIVEIRA • RODRIGO HENRIQUE DE OLIVEIRA • RODRIGO MIRANDA DOS SANTOS • RODRIGO MONTEIRO COSTA • ROGERIO ANTONIO DOS SANTOS • ROLISTON TEDS PEREIRA • RONNIE VON OLAIR DA COSTA • ROSARIA DIAS DA CUNHA • ROSELIA ALVES RODRIGUES SILVA • ROSIANE SALES SOUZA FERREIRA • ROSILENE OZORIO PIZZANI MATTAR • RUBERLAN ANTÔNIO SOBRINHO • SAMARA CRISTINA SANTOS • SAMUEL DA SILVA BARBOSA • SANDRO ANDRADE GONÇALVES • SEBASTIÃO DIVINO SANTANA • SÉRGIO CARLOS RODRIGUES • SIRLEI DE BRITO RIBEIRO • SUELI DE FÁTIMA MARCOS • THIAGO LEANDRO VALENTIM • THIAGO MATEUS COSTA • TIAGO AUGUSTO FAVARINI • TIAGO BARBOSA DA SILVA • TIAGO COUTINHO DO CARMO • TIAGO TADEU MENDES DA SILVA • UBERLANDIO ANTÔNIO DA SILVA • VAGNER NASCIMENTO DA SILVA • VALDECI DE SOUZA MEDEIROS • VINÍCIUS HENRIQUE LEITE FERREIRA • WAGNER VALMIR MIRANDA • WALACI JUNIOR CANDIDO DA SILVA • WALISSON EDUARDO DA PAIXÃO • WANDERSON CARLOS PEREIRA • WANDERSON DE OLIVEIRA VALERIANO • WANDERSON PAULO DA SILVA • WANDERSON SOARES MOTA • WARLEY GOMES MARQUES • WARLEY LOPES MOREIRA • WEBERTH FERREIRA SABINO • WELLINGTON ALVARENGA BENIGNO • WELLINGTON CAMPOS RODRIGUES • WENDERSON FERREIRA PASSOS • WESLEI ANTÔNIO BELO • WESLEY ANTONIO CHAGAS • WESLEY EDUARDO DE ASSIS • WILLIAN JORGE FELIZARDO ALVES • WILSON JOSÉ DA SILVA • WIRYSLAN VINICIUS ANDRADE DE SOUZA • ZILBER LAGE DE OLIVEIRA

PLANO ESTADUAL DE MINERAÇÃO DE MINAS GERAIS

INICIATIVA REALIZADA COM RECURSOS DO TERMO DE REPARAÇÃO DE BRUMADINHO FIRMADO PELOS MINISTÉRIOS PÚBLICOS ESTADUAL E FEDERAL, DEFENSORIA PÚBLICA DE MG E GOVERNO DE MINAS.

LEIS 23.830 – JULHO/2021 E 23.591 – MARÇO/2020

Compromitentes do Termo de Reparação



Governador

Romeu Zema

Vice-Governador

Mateus Simões de Almeida

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Secretário de Estado de Desenvolvimento Econômico

Fernando Passalio de Avelar

Secretária Adjunta de Desenvolvimento Econômico

Kathleen Garcia Nascimento

Secretário Executivo de Desenvolvimento Econômico

Bruno Araújo Oliveira

Subsecretário de Atração de Investimentos e Cadeias Produtivas

Frederico Amaral e Silva

Superintendente de Política Minerária, Energética e Logística

Pedro Oliveira de Sena Batista

Diretora de Mineração

Maria Eugênia Monteiro de Castro e Silva

Assessores da Diretoria de Mineração

Cristina Campolina de Medeiros

Hernandez Souza Soares

Lucas Augusto Norberto e Silva

Vivian Marjorie Braga Bandeira

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO

Presidência

Luciana Lopes Nominato Braga

Vice-Presidência

Mônica Moreira Esteves Bernardi

Diretoria de Políticas Públicas

Mauro César da Silva

Diretoria de Estatística e Informações

Claudio Djissey Shikida

Pesquisadores

Carla Cristina Aguilar de Souza

Iêda de Oliveira Ferreira

Lucio Otávio Seixas Barbosa

Marcelo de Ávila Chaves

Marcus Manoel Fernandes

Marta Ribeiro dos Santos Gomes

William Ricardo de Carvalho



COORDENAÇÃO GERAL

João Augusto Hilário de Souza

ESPECIALISTAS

Alexandre Moreira Galvão

Economia Mineral

Cristiane Delage Henriques Galvão

Comunicação

Felipe Ribeiro Souza

Mineral

Géssica Cardoso Pereira de Souza

Economia

Maria Cláudia Paley Braga

Ambiental

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Alexandre Moreira Galvão

ESPECIALISTAS CONVIDADOS

Gilberto Dias Calaes

Economia e Política Mineral (Dr.) e especialista em Planejamento Estratégico e Desenvolvimento de Negócios na Indústria Mineral

Maria José Gazzi Salum

Engenharia de Minas e Tecnologia Mineral (Dr.)

Vânia Lucia Lima Andrade

Bach. em Química, Msc. em Tecnologia Mineral

EQUIPE TÉCNICA

Annamaria Rizzo da Fonseca

Caio Christofolletti

Caio Reis Brasil

Camila Schuchter Soares

Carolina Basseto Dias

Fabiola Bernardes de Souza

Fernanda de Oliveira Costa Aleixo

Fernanda Fernandes Monteiro

Fernando Machado Alves

Fernando Viana do Amaral

Hernani Mota de Lima

Isaura Pinho

Josemar Vieira

Júlia Silva Salles

Leonardo Cezari Gurgel Costa

Leonardo Mitre Alvim de Castro

Lídia Biazzi Lu

Luis Enrique Sanchez

Marcone Dutra Mesquita

Maria Carmen Aleixo

Maria Madalena Los

Murilo Melo Vale

Patrick Martins

Rodrigo Zichelle

Viviane da Silva Borges Barbosa

EQUIPE DE APOIO

Joana Fiuza Campos Freitas

Lucas Tavares Brito



É com grande satisfação que apresentamos o primeiro Plano Estadual de Mineração (PEM) de Minas Gerais, um marco histórico para o nosso estado, que sempre foi reconhecido por sua rica diversidade mineral e pela relevância do setor minerário na economia brasileira. O PEM-MG reflete o compromisso do nosso governo em promover o desenvolvimento econômico com sustentabilidade, gerando empregos e renda de qualidade. Este plano é um grande passo para Minas Gerais, que reafirma sua defesa por uma economia mais verde, capaz de conciliar atração de investimentos e responsabilidade socioambiental, garantindo, assim, um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

**Governador
Romeu Zema**



Minas Gerais, berço da mineração no Brasil, enfrenta desafios que exigem uma abordagem integrada e planejada. É importante que todos percebam o papel crucial que a mineração desempenha não apenas na história deste estado, mas também em seu futuro, como elemento-chave na transição energética. Sem os minerais, não seria possível pensar no desenvolvimento de tecnologias que nos ajudassem a responder aos desafios do presente e do futuro do planeta. Neste contexto, o plano tem como objetivo orientar e contribuir para a formulação de políticas públicas, pesquisas e outros projetos, no médio e longo prazos, visando ao desenvolvimento de um setor mineral mais sustentável, produtivo e competitivo. A divulgação de informações e a participação ativa são fundamentais para planejar a realidade e trazer resultados e impactos positivos para a vida dos mineiros.

**Vice-Governador
Mateus Simões de Almeida**



Baseado em quatro metas que vão desde a contextualização do setor mineral até a definição de ações estratégicas, o Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG) é um alicerce do desenvolvimento econômico sustentável do estado, que vem para desmistificar a atividade mineral junto a toda nossa população. Conhecendo melhor as ações estratégicas que fortalecem as cadeias produtivas, de maneira social e ambientalmente responsável, esperamos integrar ainda mais todos os atores envolvidos e beneficiados por esse setor, que sempre foi protagonista na redução das desigualdades em Minas, como é evidente na região que hoje abriga o nosso Vale do Lítio. Essa iniciativa do Governo de Minas mostra que é possível articular novas necessidades e desafios, atualizando às demandas contemporâneas uma atividade tão relevante, que se confunde com a própria história de Minas Gerais. O PEM-MG é o resultado de uma gestão comprometida com a transição energética, a economia de baixo carbono e, principalmente, com a geração de empregos, renda e oportunidades para sua população.

**Secretário de Estado de Desenvolvimento Econômico
Fernando Passalio de Avelar**

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	14
INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DO PEM-MG	27
1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR MINERAL EM MINAS GERAIS	36
1.1 Síntese do Setor Mineral	37
1.1.1 Contextualização Histórica	37
1.1.2 Geologia Econômica	38
1.1.3 Características da Produção Mineral no Estado	40
1.1.4 Comércio Exterior	41
1.1.5 Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM)	42
1.1.6 Empregos	44
1.2 Cadeias Produtivas de Substâncias Minerais	52
1.2.1 Substâncias Minerais Metálicas	52
1.2.2 Substâncias Minerais Não Metálicas	80
1.2.3 Destaques Minerais por RGInt	104
1.3 Análise da Integração das Cadeias Produtivas Minerais	106
1.3.1 Mineração na Estrutura Produtiva – análise a partir da TRU	106
1.3.2 Mineração na Estrutura Produtiva das RGInts – análise a partir da MIP	109
1.3.3 Integração das Cadeias Produtivas em Diferentes Cenários de Produção de Minério de Ferro	114
2 DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL	119
2.1 Questões Socioambientais	120
2.1.1 Principais Questões Socioambientais	120
2.1.2 Áreas de Restrição do Uso e Ocupação do Solo e Atributos Socioambientais Legalmente Protegidos	138
2.1.3 Levantamento de Planos, Programas e Políticas Desenvolvidos pelo Poder Público	152
2.1.4 Fechamento de Minas, Minas e Garimpos Paralisados e/ou Abandonados	156
2.1.5 Principais Impactos Socioambientais e Medidas Mitigadoras Relacionadas ao Setor Mineral	162
2.1.6 Articulação entre os Órgãos Federais, Estaduais e Municipais que atuam na Regulação Mineral e no Licenciamento Ambiental	168
2.2 Produção Mineral e seus Impactos na Economia	172
2.2.1 Análise de Impacto da Proposta de Novo Código de Mineração na Produção Mineral	173
2.2.2 Bens Minerais Estratégicos e Críticos	176
2.2.3 Infraestrutura e Logística	188
2.3 Diversificação Econômica	194
2.3.1 Dependência Econômica de Municípios Mineradores	195
2.3.2 Destinação da CFEM e Orientações aos Municípios	196
2.3.3 Caracterização Econômica e Vocação Mineral das RGInts	202
2.3.4 Atividades Promissoras e Conexões primárias	217
2.4 Pequenos e Micromineradores	227
2.4.1 Perfil dos Pequenos e Micromineradores	227
2.4.2 Identificação dos Principais Desafios	231



ÍNDICE

2.5 Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)	232
2.5.1 Transformação Digital	232
2.5.2 Hubs de Inovação	233
2.5.3 Linhas Disponíveis	234

3 CENÁRIOS E CONDICIONANTES FUTUROS 237

3.1 Impactos de Possíveis Medidas Políticas e Regulatórias	238
3.1.1 Âmbito Nacional	238
3.1.2 Âmbito Internacional	245

3.2 Projeções de Demanda, Investimentos e Empregos	246
3.2.1 Ouro	247
3.2.2 Lítio	248
3.2.3 Minério de Ferro	250
3.2.4 Grafita	251
3.2.5 Nióbio	253
3.2.6 Agrominerais	254
3.2.7 Agregados para a construção civil	256
3.2.8 Rochas ornamentais e de revestimento	257
3.2.9 Águas Minerais	259
3.2.10 Gemas e diamantes	260

3.3 Avaliação do Futuro dos Recursos Humanos no Setor Mineral	261
3.3.1 ESG e Recursos Humanos	261
3.3.2 Mão de obra na Mineração 4.0	262
3.3.3 O Cenário em Minas Gerais	262

3.4 Panorama das Novas Tecnologias	263

3.5 Avaliação das Principais Questões Socioambientais	264
3.5.1 Perspectivas de Comportamento das Condições Sociais e Culturais	264
3.5.2 Tendências de Pressões sobre a Biodiversidade	267
3.5.3 Tendências de Pressões sobre os Recursos Hídricos	268
3.5.4 Eventos Extremos: preocupações para o futuro	268

4 AÇÕES ESTRATÉGICAS 270

4.1 Ações Estratégicas Prioritárias	272
4.2 Programas Estratégicos	282
4.3 Governança do PEM-MG	284

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 287

REFERÊNCIAS	291

ANEXO I – IMPACTO DO MINÉRIO DE FERRO NA ECONOMIA MINEIRA	306

ANEXO II – ESTUDOS INTERMEDIÁRIOS DO PEM-MG	318

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das cadeias produtivas das substâncias metálicas de Minas Gerais (% do Brasil)	16
Tabela 2 – Síntese das cadeias produtivas das substâncias não-metálicas de Minas Gerais (%do Brasil)	17
Tabela 3 – Projeções da produção beneficiada de Minas Gerais por substância	21
Tabela 4 – Projeções de empregos diretos em Minas Gerais por substância (número de trabalhadores)	22
Tabela 5 – Projeções de investimento em Minas Gerais por substância (R\$ milhões)	22
Tabela 6 – Concentração dos empregos formais (2021)	45
Tabela 7 – Concentração de mão de obra do setor mineral por RGInt (2021)	46
Tabela 8 – Principais coeficientes locacionais da indústria extrativa mineral	47
Tabela 9 – Principais coeficientes locacionais da indústria de transformação	47
Tabela 10 – Pelotização em Minas Gerais	55
Tabela 11 – Consumo intermediário de produtos extrativos minerais por atividade produtiva em 2019 (participação em %)	108
Tabela 12 – Síntese das condições sociais e presença minerária nas RGInts	124
Tabela 13 – Previsão de produção de lítio em Minas Gerais por empresa	180
Tabela 14 – Panorama dos projetos em andamento e/ou planejados para a produção de Terras Raras e produtos de Terras Raras em MG	182
Tabela 15 – Produção mineral beneficiada de Minas Gerais (2021)	189
Tabela 16 – Distribuição percentual da produção transportada por ferrovias em Minas Gerais, pelo subgrupo mercadoria, em 2021	190
Tabela 17 – Quantidades transportadas de minério de ferro via mineroduto em 2022	191
Tabela 18 – Portos do Corredor Sudeste de escoamento do minério de ferro	191
Tabela 19 – Consumo energético setorial no Brasil (2022)	193
Tabela 20 – Municípios com participação acima de 10% da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL)(2021)	198
Tabela 21 – Principais municípios em arrecadação da CFEM e resultados dos indicadores IFGF Autonomia e IFGF Investimentos (2020)	199
Tabela 22 – ISDEL e suas dimensões (principais municípios em arrecadação da CFEM)	200
Tabela 23 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Barbacena	202
Tabela 24 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Belo Horizonte	204
Tabela 25 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Divinópolis	207
Tabela 26 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Governador Valadares	208
Tabela 27 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Ipatinga	209
Tabela 28 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Juiz de Fora	210
Tabela 29 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Montes Claros	211
Tabela 30 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Patos de Minas	212
Tabela 31 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Pouso Alegre	213
Tabela 32 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Teófilo Otoni	214
Tabela 33 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Uberaba	215
Tabela 34 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Uberlândia	216
Tabela 35 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Varginha	217
Tabela 36 – Ranking de complexidade econômica das RGInts	219
Tabela 37 – Ranking de complexidade econômica (2021) dos municípios com os maiores ICE	220
Tabela 38 – Complexidade econômica dos 10 municípios com maior arrecadação de CFEM em Minas Gerais (2021)	221
Tabela 39 – Projeções de investimento – Extração de ouro, Minas Gerais (R\$ milhão)	248
Tabela 40 – Projeções de investimento – Lítio, Minas Gerais (R\$ milhão)	250
Tabela 41 – Projeções de investimento – Minério de ferro, Minas Gerais (R\$ milhão)	251
Tabela 42 – Projeções de investimento – Grafita, Minas Gerais (R\$ milhão)	253
Tabela 43 – Projeções de investimento – Nióbio, Minas Gerais (R\$ milhão)	254
Tabela 44 – Projeções de investimento – Agrominerais, Minas Gerais (R\$ milhões)	256
Tabela 45 – Projeções de investimento – Agregados para a construção civil, Minas Gerais (R\$ milhão)	257
Tabela 46 – Projeções de investimento – Rochas ornamentais e de revestimento, Minas Gerais (R\$ milhões)	258
Tabela 47 – Projeções de investimento – Águas minerais, Minas Gerais (R\$ milhões)	260
Tabela 48 – Projeções de investimento – Gemas e diamantes, Minas Gerais (R\$ milhão)	261
Tabela 49 – RGInts onde ocorre a exploração das substâncias minerais em análise	286
Tabela 50 – Distribuição de ações entre programas e macroestratégias do PEM-MG	283

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos processos minerários para as principais substâncias exploradas em Minas Gerais, sintetizados por classe (%)	40
Gráfico 2 – Distribuição do valor da produção mineral em Minas Gerais (2022)	41
Gráfico 3 – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais (2010-2023)	43
Gráfico 4 – Participação na arrecadação da CFEM por tipo de mineral em MG (2022)	43
Gráfico 5 – Percentual dos empregos formais por gênero nas treze RGInts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)	48
Gráfico 6 – Percentual dos empregos formais por faixa etária nas RGInts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)	49
Gráfico 7 – Percentual dos empregos formais por faixa etária nas RGInts de Minas Gerais na atividade de indústria de transformação (2021)	49
Gráfico 8 – Percentual dos empregos formais por escolaridade nas RGInts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)	50

Gráfico 9 – Percentual dos empregos formais por escolaridade nas RGInts de Minas Gerais na atividade de indústria de transformação (2021)	50
Gráfico 10 – Série histórica da produção beneficiada e do valor total comercializado de minério de ferro em Minas Gerais	57
Gráfico 11 – Produção e destinação do aço bruto (Brasil)	57
Gráfico 12 – Valor da demanda total dos produtos da cadeia mineral em 2019	107
Gráfico 13 – Participação das RGInts na produção setorial nacional – 2015	113
Gráfico 14 – Resultados das variações do PIB regional nos cenários simulados (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	115
Gráfico 15 – Número de minas paralisadas por SUPRAM nos anos de 2016 e 2022	159
Gráfico 16 – Número de minas abandonadas por SUPRAM nos anos de 2016 e 2022	159
Gráfico 17 – Matriz energética da cadeia produtiva mineral	193
Gráfico 18 – Evolução do esforço orçamentário com desenvolvimento econômico nos municípios de Minas Gerais agregados por RGInt para 2000, 2010 e 2020 (%)	199
Gráfico 19 – Histórico e projeções da produção de ouro em Minas Gerais (kt)	247
Gráfico 20 – Projeções de emprego – Ouro, Minas Gerais	248
Gráfico 21 – Projeção da produção de lítio em Minas Gerais (t)	249
Gráfico 22 – Projeções de emprego – Lítio, Minas Gerais	249
Gráfico 23 – Histórico e projeções da produção beneficiada de minério de ferro em MG (kt)	250
Gráfico 24 – Projeções de emprego – Minério de ferro, Minas Gerais	251
Gráfico 25 – Projeção da produção de grafita em Minas Gerais (t)	252
Gráfico 26 – Projeções de emprego – Grafita, Minas Gerais	252
Gráfico 27 – Projeção da produção de nióbio em Minas Gerais (t)	253
Gráfico 28 – Projeções de emprego – Nióbio, Minas Gerais	254
Gráfico 29 – Projeção da produção de fosfato em Minas Gerais (kt)	255
Gráfico 30 – Projeção da produção de potássio em Minas Gerais (kt)	255
Gráfico 31 – Projeções de emprego – Agrominerais, Minas Gerais	255
Gráfico 32 – Projeção da produção de agregados para a construção civil em Minas Gerais (Mt)	256
Gráfico 33 – Projeções de emprego – Agregados para a construção civil, Minas Gerais	257
Gráfico 34 – Projeção da produção de rochas ornamentais e de revestimento em MG (kt)	257
Gráfico 35 – Projeções de emprego – Rochas ornamentais e de revestimento, Minas Gerais	258
Gráfico 36 – Projeção da produção de águas minerais – Minas Gerais (kL)	259
Gráfico 37 – Projeções de emprego – Águas minerais, Minas Gerais	259
Gráfico 38 – Projeção da produção de gemas e diamantes, Minas Gerais (kt)	260
Gráfico 39 – Projeções de emprego – Gemas e diamantes, Minas Gerais	260
Gráfico 40 – Variação da atividade setorial por região – setor extração de minerais não metálicos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	306
Gráfico 41 – Variação da atividade setorial por região – setor extração de minerais metálicos não ferrosos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	306
Gráfico 42 – Variação da atividade setorial por região – setor construção (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	307
Gráfico 43 – Variação da atividade setorial por região – setor semiacabados e laminados planos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	307
Gráfico 44 – Variação da atividade setorial por região – setor produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	308
Gráfico 45 – Variação da atividade setorial por região – setor automóveis, camionetas e utilitários (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	308
Gráfico 46 – Variação do emprego setorial por região – setor de extração de minerais não metálicos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	309
Gráfico 47 – Variação do emprego setorial por região – setor de extração de minerais metálicos não ferrosos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	309
Gráfico 48 – Variação do emprego setorial por região – setor construção (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	310
Gráfico 49 – Variação do emprego setorial por região – setor semiacabados e laminados planos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	310
Gráfico 50 – Variação do emprego setorial por região – setor produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	311
Gráfico 51 – Variação do emprego setorial por região – setor automóveis, camionetas e utilitários (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	311

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões Geográficas Intermediárias (RGInts) de Minas Gerais	29
Figura 2 – Metodologias e técnicas empregadas ao longo da construção do PEM-MG	30
Figura 3 – Associação do PEM-MG ao Plano de Governo de Minas Gerais	33
Figura 4 – Principais fatos históricos e econômicos relevantes ao setor mineral	37
Figura 5 – Compartimentação geológica de Minas Gerais	38
Figura 6 – Distribuição dos processos minerários, outorgados pela ANM, por subclasses de substâncias minerais em Minas Gerais (2024)	39

Figura 7 – Balança comercial de Minas Gerais em 2022	41
Figura 8 – Principais parceiros comerciais de Minas Gerais (2022)	42
Figura 9 – Distribuição da participação da CFEM por RGIInt (2023)	44
Figura 10 – Distribuição dos empregos diretos ligados à indústria mineral por RGIInt (2021)	44
Figura 11 – Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais	52
Figura 12 – Municípios que englobam os distritos ferríferos de Minas Gerais	53
Figura 13 – Distribuição das poligonais nas RGIInts de processos minerários de ferro em fases finais	53
Figura 14 – Etapas da cadeia produtiva do ferro	54
Figura 15 – Principais informações do minério de ferro	56
Figura 16 – Balança comercial da cadeia produtiva do ferro em Minas Gerais (2022)	58
Figura 17 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de ouro em fases finais	59
Figura 18 – Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro	60
Figura 19 – Principais informações do ouro	60
Figura 20 – Balança comercial da cadeia produtiva do ouro em Minas Gerais (2022)	62
Figura 21 – Etapas da cadeia produtiva do alumínio	63
Figura 22 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de alumínio em fases finais	63
Figura 23 – Principais informações da bauxita	64
Figura 24 – Balança comercial da cadeia produtiva do alumínio em Minas Gerais (2022)	66
Figura 25 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de manganês em fases finais	67
Figura 26 – Cadeia siderúrgica do manganês a partir de minérios de baixo e alto teor	67
Figura 27 – Infográfico com as principais informações do manganês	68
Figura 28 – Balança comercial dos produtos transformados de manganês em Minas Gerais (2022)	70
Figura 29 – Etapas da cadeia produtiva do lítio	70
Figura 30 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de lítio em fases finais	71
Figura 31 – Principais informações econômicas do lítio	72
Figura 32 – Balança comercial dos produtos transformados de lítio em Minas Gerais (2022)	74
Figura 33 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de nióbio em fases finais	74
Figura 34 – Etapas produtivas do ferronióbio	75
Figura 35 – Principais informações do nióbio	75
Figura 36 – Balança comercial da cadeia produtiva de nióbio em Minas Gerais (2022)	77
Figura 37 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de zinco em fases finais	77
Figura 38 – Etapas da cadeia produtiva do zinco	78
Figura 39 – Principais informações do zinco	78
Figura 40 – Balança comercial da cadeia produtiva de zinco em Minas Gerais (2022)	80
Figura 41 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de agrominerais em fases finais	81
Figura 42 – Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos	82
Figura 43 – Principais informações dos fosfatos	83
Figura 44 – Principais informações das rochas potássicas e sais de potássio	84
Figura 45 – Balança comercial da cadeia produtiva de fosfatos em Minas Gerais (2022)	86
Figura 46 – Balança comercial da cadeia produtiva de potássio em Minas Gerais (2022)	87
Figura 47 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de agregados para a construção civil em fases finais	87
Figura 48 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de minerais industriais em fases finais	89
Figura 49 – Etapas da cadeia produtiva da grafita	89
Figura 50 – Balança comercial da cadeia produtiva da grafita em Minas Gerais (2022)	91
Figura 51 – Fluxograma da cadeia produtiva de águas minerais	92
Figura 52 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de águas minerais em fase final	92
Figura 53 – Principais informações das águas minerais	93
Figura 54 – Balança comercial da cadeia produtiva de águas minerais em Minas Gerais (2022)	94
Figura 55 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de rochas ornamentais e de revestimento em fases finais	95
Figura 56 – Fluxograma da cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento	95
Figura 57 – Principais informações das rochas ornamentais e de revestimento	96
Figura 58 – Balança comercial da cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais (2022)	97
Figura 59 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de gemas em fases finais	98
Figura 60 – Fluxograma da cadeia produtiva de gemas	99
Figura 61 – Principais informações de gemas	99
Figura 62 – Balança comercial da cadeia produtiva de gemas em Minas Gerais (2022)	101
Figura 63 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de diamantes em fases finais	102
Figura 64 – Principais informações do diamante	102
Figura 65 – Balança comercial da cadeia produtiva de diamantes em Minas Gerais (2022)	103
Figura 66 – Principais reservas de substâncias minerais metálicas por RGIInt	104
Figura 67 – Principais reservas de substâncias minerais não metálicas por RGIInt	105
Figura 68 – Setores-chave e relevantes por RGIInt	110
Figura 69 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGIInt de Belo Horizonte	116
Figura 70 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGIInt de Barbacena	117

Figura 71 – Indicadores utilizados na análise das condições sociais	121
Figura 72 – Municípios carentes e afluentes do estado de Minas Gerais e a distribuição de processos minerários em fase final por RGInt	122
Figura 73 – Classificação do grau de cobertura vegetal por município no Estado de Minas Gerais	128
Figura 74 – Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável presentes no estado de Minas Gerais	129
Figura 75 – Reservas da biosfera e corredores ecológicos	129
Figura 76 – Municípios de Minas Gerais quanto a classes de estruturação institucional relativa ao meio ambiente	130
Figura 77 – Poligonais de processos minerários por UEG	133
Figura 78 – Outorgas de direito de uso de recursos hídricos por UEG	134
Figura 79 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários na RGInt de Barbacena	139
Figura 80 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Belo Horizonte	140
Figura 81 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Divinópolis	141
Figura 82 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Governador Valadares	142
Figura 83 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Ipatinga	143
Figura 84 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Juiz de Fora	144
Figura 85 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Montes Claros	145
Figura 86 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Patos de Minas	146
Figura 87 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Pouso Alegre	147
Figura 88 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Teófilo Otoni	148
Figura 89 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Uberaba	149
Figura 90 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Uberlândia	150
Figura 91 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Varginha	151
Figura 92 – Pressões da atividade de mineração nas diferentes UEGs	165
Figura 93 – O método PEIR aplicado à atividade de mineração	168
Figura 94 – Matriz de transportes de Minas Gerais	188
Figura 95 – Rotas de escoamento do minério de ferro	189
Figura 96 – Participação do VAB industrial, PIB per capita e IDH dos municípios de Minas Gerais	197
Figura 97 – Complexidade econômica dos municípios de Minas Gerais (2021)	218
Figura 98 – Consolidação do perfil dos pequenos e micromineradores	230
Figura 99 – Quadro de Governança – elaboração e implementação do PEM-MG	284
Figura 100 – Vivência com a mineração	285
Figura 101 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Divinópolis	312
Figura 102 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Governador Valadares	312
Figura 103 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Ipatinga	313
Figura 104 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Juiz de Fora	313
Figura 105 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Montes Claros	314
Figura 106 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Patos de Minas	314
Figura 107 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Pouso Alegre	315
Figura 108 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Teófilo Otoni	315
Figura 109 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Uberaba	316
Figura 110 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Uberlândia	316
Figura 111 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Varginha	317

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Macroestratégias e áreas do PEM-MG	24
Quadro 2 – Ações estratégicas do PEM-MG	25
Quadro 3 – Eixos estruturantes do PEM-MG	31
Quadro 4 – Macroestratégias e seus objetivos gerais	31
Quadro 5 – Objetivos específicos do PEM-MG	32
Quadro 6 – Regimes, fases e situação dos processos minerários	120
Quadro 7 – Força cultural do Estado de Minas Gerais por Região Geográfica Intermediária	127
Quadro 8 – Síntese da biodiversidade no estado de Minas Gerais por RGInt	131
Quadro 9 – Síntese das principais conclusões e desafios por UEG e RGInt	134
Quadro 10 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Barbacena	139
Quadro 11 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Belo Horizonte	140
Quadro 12 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Divinópolis	141
Quadro 13 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Governador Valadares	142
Quadro 14 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Ipatinga	143
Quadro 15 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Juiz de Fora	144
Quadro 16 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Montes Claros	145
Quadro 17 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Patos de Minas	146
Quadro 18 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Pouso Alegre	147
Quadro 19 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Teófilo Otoni	148

Quadro 20 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Uberaba	149
Quadro 21 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Uberlândia	150
Quadro 22 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Varginha	151
Quadro 23 – Planos, Programas e Políticas de interesse do PEM-MG	153
Quadro 24 – Principais pontos da legislação federal e legislação estadual	158
Quadro 25 – Característica dos indicadores PEIR	163
Quadro 26 – Impactos associados ao planejamento e à implantação de atividades minerárias	166
Quadro 27 – Impactos associados à operação de atividades minerárias	167
Quadro 28 – Articulação entre os órgãos federais, estaduais e municipais que atuam na regulação mineral e no licenciamento ambiental	169
Quadro 29 – Pontos de vantagem identificados entre as propostas de alteração do Código de Mineração	173
Quadro 30 – Pontos de atenção identificados entre as propostas de alteração ao Código de Mineração	175
Quadro 31 – Grupos de bens minerais estratégicos (MME, 2021)	177
Quadro 32 – Gargalos logísticos por modal	192
Quadro 33 – Iniciativas de diversificação econômica dos municípios dependentes da mineração	201
Quadro 34 – Principal atividade promissora por RGInt de Minas Gerais	222
Quadro 35 – Atividade promissora por município com participação da CFEM superior a 10% na RCL	223
Quadro 36 – Macroestratégias e áreas definidos para o PEM-MG	271
Quadro 37 – Ações da macroestratégia Estímulo Econômico	272
Quadro 38 – Ações da macroestratégia Inovação	276
Quadro 39 – Ações da macroestratégia Sustentabilidade e Responsabilidade	278
Quadro 40 – Ações da macroestratégia Regulação	281
Quadro 41 – Programas de implementação, objetivos e ações	282
Quadro 42 – Estudos intermediários do PEM-MG	318

LISTA DE SIGLAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
ABAL	Associação Brasileira do Alumínio
ABIROCHAS	Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais
ANM	Agência Nacional de Mineração
APL	Arranjo Produtivo Local
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
Bi	Bilhão
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAGR	Taxa de Crescimento Anual Composta
CAPEX	Capital Expenditure
CBA	Companhia Brasileira de Alumínio
CBL	Companhia Brasileira de Lítio
CBMM	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CL	Coeficiente Locacional
CODEMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
DAP	Fosfato Diamônico
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ESG	Environmental, Social and Governance
ETR	Elementos Terras Raras
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FJP	Fundação João Pinheiro
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ICE	Índice de Complexidade Econômica
ICMM	International Council on Mining and Metals
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDA	Índice de Densidade da Atividade
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano

IEA	International Energy Agency
IFGF	Índice Firjan de Gestão Fiscal
IGF	Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development
IMRS	Índice Mineiro de Responsabilidade Social
IoT	Internet of Things
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISDEL	Índice Sebrae de Desenvolvimento Econômico Local
ISSQN	Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza
JRC	Joint Research Centre
kt	Mil toneladas
LSO	Licença Social para Operar
LT	Linha de Transmissão
M	Milhão
MAP	Fosfato Monoamônico
Mct	Milhão de quilates
MIP	Matriz Insumo-Produto
Mt	Milhão de toneladas
OPEX	Operational Expenditure
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PAE	Plano de Ação de Emergência
PAFEM	Plano Ambiental de Fechamento de Mina
PARNA	Parque Nacional
PCI	Product Complexity Index
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PE	Parque Estadual
PEI	Planos Estratégicos de Inovação
PFC	Perfluorcarbonetos
PIB	Produto Interno Bruto
PNM	Plano Nacional de Mineração
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPAG	Plano Plurianual de Ação Governamental
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RCL	Receita Corrente Líquida
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RGInt	Região Geográfica Intermediária
ROM	Run-of-mine
ROR	Rochas Ornamentais e de Revestimento
RVSE	Refúgio Estadual da Vida Silvestre
S3	Smart Specialization Strategies
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEDE	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração
STN	Secretaria do Tesouro Nacional
TI	Terra Indígena
TRU	Tabela de Recursos e Usos
UCs	Unidades de Conservação
UCs pi	Unidades de Conservação de proteção integral
USGS	United States Geological Survey
VAB	Valor Agregado Bruto
VCR	Índice de Vantagem Comparativa Revelada
VE	Veículo Elétrico
ZA	Zona de Amortecimento
ZEE	Zoneamento Econômico-Ecológico



Sumário

Executivo

O estado de Minas Gerais é detentor de uma diversidade geológica que potencializa a sua vocação produtiva na indústria mineral. Apesar do crescimento da atividade em outras unidades da federação nas últimas décadas, historicamente, o estado é o principal polo minerador nacional, responsável por 39,0% do valor da produção mineral do Brasil, em 2022 (ANM, 2023c). O setor mineral foi responsável por 16,0% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual, em 2021 (ANM, 2023c) e, em 2023, por 51,9% das exportações do estado (COMEX STAT, 2023). Além disso, as indústrias extrativa e de transformação geraram cerca de 360 mil postos formais de trabalho (RAIS, 2022), que se multiplicam ao longo da cadeia produtiva minerometalúrgica.

Nesse contexto, o Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG) tem como objetivo geral servir de instrumento de planejamento para a gestão dos recursos minerais no horizonte de 20 anos, em consonância com o Plano Nacional de Mineração (PNM 2030), apresentando as diretrizes gerais e ações estratégicas, a fim de potencializar o desenvolvimento econômico e os benefícios para a sociedade, com responsabilidade ambiental.

O PEM-MG é também um instrumento de apoio às políticas públicas relacionadas ao setor e de articulação entre os diversos atores envolvidos, sendo uma iniciativa do poder público realizada com recursos do Termo de Reparação de Brumadinho, firmado entre os Ministérios Públicos estadual e federal, Defensoria Pública de Minas Gerais e Governo do Estado após o desastre de Brumadinho, em 2019, considerando a importância de um planejamento para o setor mineral em Minas Gerais.

Os principais objetivos específicos que orientaram a sua elaboração foram: consolidar as informações sobre a atividade minerária, disseminar conhecimento e promover ações interinstitucionais visando a integração, o fortalecimento da indústria minerometalúrgica e a competitividade do setor.

O PEM-MG foi coordenado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (SEDE), com os serviços técnicos de consultoria para sua elaboração executados pelo Consórcio Ceres-Tetra+, com participação de especialistas do setor mineral e apoio da Fundação João Pinheiro (FJP). Todo o trabalho teve como

referência as diretrizes institucionais, econômicas, sociais e ambientais dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), aplicáveis ao setor mineral.

A elaboração do Plano seguiu uma metodologia delineada, de forma geral, pelo Termo de Referência. Realizou-se, inicialmente, uma análise e complementação do Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais (SEDE, 2022) para as 13 Regiões Geográficas Intermediárias (RGInts) do estado de Minas Gerais, definidas pelo IBGE em 2017. Em seguida, adotando a mesma compartimentação geográfica, foi realizado um levantamento das principais questões sociais, ambientais e econômicas do setor, posteriormente discutidas em workshops e seminários. As questões levantadas foram avaliadas e priorizadas por especialistas do setor e do Governo. A partir daí, foram delineadas 32 Ações Prioritárias, agrupadas em sete Programas Estratégicos, a serem conduzidos pelo Governo de Minas Gerais.

O Plano foi estruturado em quatro capítulos: 1. Contextualização do Setor Mineral em Minas Gerais; 2. Desafios para a Indústria Extrativa Mineral; 3. Cenários e Condicionantes Futuros; e 4. Ações Estratégicas.

Neste Sumário Executivo são apresentadas as questões mais importantes de cada capítulo, de forma a dar uma visão geral do PEM-MG ao público. Os itens do Sumário Executivo correspondem à divisão dos capítulos do PEM-MG, facilitando ao leitor a busca de informações mais detalhadas em cada tópico do Plano. Ainda, no decorrer da elaboração do PEM-MG foram produzidos relatórios intermediários, cuja relação com os capítulos deste Plano encontra-se no Anexo II.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR MINERAL EM MINAS GERAIS

1.1 Síntese do Setor Mineral em Minas Gerais

O estado se destaca pelo volume, valor e diversidade da sua produção mineral, sendo um dos principais polos mineradores do Brasil. Sua participação é notória não somente na indústria extrativa mineral, mas também em setores mais maduros como minerometalurgia e agrominerais. Minas Gerais, juntamente com o estado do Pará, representou em 2022 aproximadamente 74,5% do valor da produção mineral do país (ANM, 2023c). A maior parte da produção do estado é constituída por minerais metálicos (92,3% do valor da produção comercializada), notadamente o minério de ferro (80,7% do valor da produção comercializada), segundo ANM (2023c). O setor mineral também se destaca na balança comercial estadual, correspondendo a 51,9% dos valores exportados. O principal destino das exportações é a China (46,6%), seguida dos Estados Unidos (7,9%) e do Barein (6,4%) (COMEX STAT, 2023).

A produção mineral está sujeita à cobrança da Compensação Financeira pela

Exploração Mineral (CFEM), distribuída entre a União (10%), estados (15%) e municípios (75%). Da arrecadação municipal, 60% são destinados aos municípios onde ocorre a produção mineral e 15% aos municípios afetados. Em 2023, a CFEM injetou nos cofres públicos de Minas Gerais R\$ 3,18 bilhões, sendo uma importante fonte de recursos para os municípios mineradores (ANM, 2024b).

Além disso, a indústria mineral é importante na criação de empregos no estado, sendo responsável por cerca de 360 mil postos de trabalho em 2021, distribuídos entre indústria extrativa (20%) e de transformação (80%). Essa mão de obra se caracteriza por ser majoritariamente masculina, entre 30 e 49 anos, com ensino médio completo (RAIS, 2022). Destaca-se a importância de incorporar ao setor práticas eficazes em saúde e segurança ocupacional, para prevenção de acidentes e melhoria nas condições de trabalho.

1.2. Cadeias Produtivas de Substâncias Minerai

O item aborda as cadeias produtivas das principais substâncias minerais – metálicas e não metálicas – de relevância socioeconômica para o estado. Apresenta dados, informações e análises estaduais, regionais e municipais sobre os recursos, reservas e produção mineral, além dos aspectos relacionados ao comércio exterior, tributos e geração de empregos na mineração. Também são apresentados elementos da estrutura logística, processos de transformação mineral e expectativas de investimentos para cada cadeia produtiva analisada. Ao comparar a dinâmica produtiva de Minas Gerais com outras regiões do Brasil, são identificados os principais diferenciais competitivos e os desafios enfrentados pelo setor mineral no estado.

Para a análise da cadeia produtiva dos bens minerais, para substâncias metálicas (Tabela 1) e não-metálicas (Tabela 2), as

informações referentes à produção nacional e estadual foram extraídas do Anuário Mineral Brasileiro: Ano Base 2021, divulgado pela Agência Nacional de Mineração – ANM (2022a). Os dados de reservas lavráveis têm como fonte os Dados Anuais Consolidados ANM – 2010 a 2020, disponibilizado pela ANM (2021), relativo ao ano de 2020. As informações da CFEM arrecadada foram extraídas dos dados abertos da ANM (2024a), considerando a data-base de 2023 e as alíquotas de Brasil (2017). Os registros de emprego são oriundos da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (2022), relativos ao ano de 2021. Além disso, as análises da balança comercial foram feitas a partir de informações do Comex Stat (2024), com base nos dados de 2023.

Tabela 1 – Síntese das cadeias produtivas das substâncias metálicas de Minas Gerais (% do Brasil)

Substância	Reservas Lavráveis (2020)	Produção Beneficiada (2021)	Emprego (2021)	CFEM (2023)	Exportações (2022)	Importações (2022)	RGInt de Destaque
Ferro	33,9 Bt (77,2%)	225,0 Mt (52,2%)	101.976	R\$ 2,8 Bi (54,9%)	US\$ 17,64 Bi (37,3%)	US\$ 0,56 Bi (6,9%)	Belo Horizonte
Ouro	534 t (30,3%)	34,1 t (41,9%)	7.515	R\$ 140,2 M (44,3%)	US\$ 1,78 Bi (36,2%)	US\$ 9,3 mil (0,2%)	Patos de Minas
Alumínio	359,9 Mt (36,9%)	1,0 Mt (3,0%)	2.557	R\$ 4,3 M (2,6%)	US\$ 160,8 M (3,3%)	US\$ 193,8 M (7,5%)	Juiz de Fora
Manganês	10,9 Mt (20,2%)	274,8 kt (19,1%)	191	R\$ 1,8 M (21,0%)	US\$ 32,6 M (33,5%)	US\$ 110,8 M (24,7%)	Barbacena
Lítio	329,5 kt (100%)	102,2 kt (100%)	1085	R\$ 55,5 M (100%)	US\$ 331,7 M (100%)	US\$ 32,2 M (6,1%)	Barbacena
Nióbio	7,8 Mt (89,1%)	172,3 kt (82,2%)	176	R\$ 14,7 M (40,8%)	US\$ 1,6 Bi (78,5%)	-	Uberaba
Zinco	2,4 Mt (70,9%)	404,6 kt (95,0%)	3.599	R\$ 11,6 M (63,7%)	US\$ 234,6 M (97,3%)	US\$ 60,2 M (10,5%)	Patos de Minas

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da ANM (2021; 2022a; 2024); RAIS (2022) e Comex Stat (2023)

Tabela 2 – Síntese das cadeias produtivas das substâncias não-metálicas de Minas Gerais (% do Brasil)

Substância		Reservas Lavráveis (2020)	Produção Beneficiada (2021)	Emprego (2021)	CFEM (2023)	Exportações (2022)	Importações (2022)	RGInt de Destaque
Agrominerais	Fosfatos	2,0 Bt (71,6%)	3,4 Mt (38,7%)	7.336	R\$ 40,3 M (68,1%)	US\$ 1,1 M (0,5%)	US\$ 630,1 M (6,5%)	Patos de Minas
	Rochas Potássicas	291,9 Mt (69,2%)	-		R\$ 226,6 mil (60,2%)	US\$ 2,0 M (6,4%)	US\$ 855,9 M (9,5%)	
Agregados para a Construção Civil	Areia	2,3 Bt (12,4%)	1,2 Mt (5,5%)	-	R\$ 5,7 M (7,0%)	-	-	Belo Horizonte
	Cascalho	13,2 Bt (6,6%)	29,3 Mt (11,3%)	-		-	-	Belo Horizonte
	Saibro	7,7 Mt (0,3%)	-	-		-	-	-
	Argilas	2,2 Bt (10,2%)	4,0Mt (7,6%)	-	R\$ 2,3 M (14,7%)	-	-	Varginha
Minerais Industriais	Areia industrial	570,9 Mt (30,9%)	0,75 Mt (8,7%)	-	R\$ 31,3 mil (0,9%)	-	-	Teófilo Otoni
	Calcário e Dolomito	14,2 Bt (14,2%)	42,5 Mt (27,1%)	-	R\$ 3,7 M (18,3%)	-	-	Divinópolis
	Feldspato	642 Mt (70,8%)	155,3 kt (31,6%)	-	R\$ 1 M (36,6%)	-	-	Pouso Alegre
	Grafita	56 Mt (77,7%)	78 kt (100%)	-	R\$ 7,3 M (99,14%)	US\$ 28,5 M (25,4%)	US\$ 4,9 M	Teófilo Otoni
Águas Minerais		24.651 pontos de água	673,8 ML (4,7%)	2.840	R\$ 2,7 M (4,5%)	US\$ 110,3 mil (0,6%)	US\$ 228,7 mil (7,8%)	-
Rochas Ornamentais e de Revestimento		6,8 Bt (22,2%)	1,1 Mt (14,4%)	7.769	R\$ 25,4 M (16,3%)	US\$ 116,1 M (13,9%)	US\$ 917 mil (3,3%)	Belo Horizonte
Gemas		45 t (76,8%)	366,8 kg (86,1%)	18.231	R\$ 1,5 M (68,1%)	US\$ 87,2 M (36,8%)	US\$ 7,7 M (0,%)	Belo Horizonte
Diamantes		156,1 Mct (87,0%)	2,1 mil ct (1,5%)	-	R\$ 309,0 mil (13,4%)	US\$ 6,3 M (13,0%)	US\$ 4,0 M (2,1%)	Patos de Minas

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da ANM (2021; 2022a; 2024); RAIS (2022); Comex Stat (2023) e SIAGAS (2023)

1.3. Análise da Integração das Cadeias Produtivas Minerais

Em 2019, a cadeia mineral no Brasil movimentou R\$ 183,3 bilhões, sendo 43% provenientes de produtos minerais extrativos e 57% de produtos da transformação mineral. O minério de ferro liderou a demanda, representando 28% do total, impulsionado principalmente pelas exportações, sendo seguido dos produtos semiacabados, laminados e tubos de aço, com 24% da demanda. A indústria de ferro-gusa/ferroligas foi a maior consumidora de insumos intermediários (R\$ 10,99 bilhões, isto é, 92,6%), principalmente minério de ferro (FJP, 2022b).

Adicionalmente, analisou-se as relações e integrações das cadeias produtivas da mineração, o que possibilitou a compreensão da relevância dos setores que compõem a economia do estado. Identificou-se, ainda, as forças regionais, as conexões entre os setores e o nível de maturidade, desenvolvimento e dependência setorial. A Matriz Insumo-Produto mostrou que a construção civil e a indústria extrativa são setores-chave de várias regiões do estado (Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora, Montes Claros, Patos de Minas e Teófilo Otoni), com destaque para a produção de ferro-gusa e siderurgia em regiões específicas, como Barbacena, Divinópolis, Ipatinga, Juiz de Fora, Montes Claros e Uberaba. Essa avaliação facilitou a compreensão das perspectivas futuras, identificação das vantagens comparativas entre as regiões e os incentivos necessários para impulsionar a economia e o desenvolvimento da cadeia mineral.

2. DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL

2.1 Questões Socioambientais

Diante da importância da atividade extrativista mineral, seu papel na economia brasileira e mineira e sua crescente expansão em Minas Gerais, é primordial que a atividade se desenvolva em bases sustentáveis e com segurança.

Um projeto minerário transforma um território, podendo gerar benefícios, como o desenvolvimento econômico local, aumento da produtividade, movimentação no mercado de trabalho, elevação da capacitação profissional e dos salários médios, além de um incremento na receita orçamentária, que possibilita uma maior oferta de bens e serviços públicos. Esses fatores podem, por sua vez, contribuir para a melhoria da qualidade de vida, refletindo-se em indicadores sociais positivos.

Por outro lado, alterações nos meios físico, biótico e socioeconômico podem ocorrer, como a pressão sobre os recursos

hídricos, alterações na biota, no uso e ocupação do solo, na qualidade do ar local e questões sociais relacionadas às comunidades envolvidas. Entretanto, a atividade deve ser executada em conformidade com a legislação ambiental e os princípios da mineração sustentável, de modo a mitigar e controlar os impactos adversos.

Assim, a análise das questões socioambientais relacionadas à mineração, abrangendo tanto os aspectos positivos quanto os negativos, foi enriquecida por uma contextualização biogeográfica, social e cultural, visando compreender as transformações ocorridas nos territórios. Essa abordagem foi fundamental para embasar as avaliações e desenvolver as ações estratégicas propostas no PEM-MG para subsidiar políticas públicas do Governo do Estado relacionadas à atividade mineral em Minas Gerais, contemplando as dimensões social e ambiental.

2.2 Produção Mineral e seus Impactos na Economia

2.2.1 Análise da Proposta de Alteração do Código de Mineração sob o aspecto regulatório

Em 26 de junho de 2022, foi instituído Grupo de Trabalho (GT) - "REL 2/2022 GTMINE22" - para debater e elaborar alterações no Decreto-Lei nº 227 de 1967, o Código de Mineração. Nesse sentido, o GT de 2022 obteve sucesso em aprovar um anteprojeto definitivo no dia 07/12/2022. A proposta apresenta avanços regulatórios significativos, como o fortalecimento da segurança jurídica, a padronização de processos e a melhoria na fiscalização, visando aumentar a produção e reduzir fraudes, além de promover maior alinhamento com pautas ambientais e contribuir para a segurança das barragens (BRASIL, 2022).



2.2.2 Bens Minerais Estratégicos e Críticos

Os bens minerais estratégicos e críticos são essenciais para a segurança nacional e indispensáveis para a cadeia produtiva, uma vez que apresentam risco de escassez e implicações geopolíticas. São vitais para setores como defesa, agropecuária e energia, além de serem fundamentais na fabricação de produtos tecnológicos, como smartphones e baterias. Interrupções no seu fornecimento podem gerar impactos econômicos significativos.

- Enxofre: usado principalmente na produção de fertilizantes agrícolas fosfatados, com destaque para São Tiago (MG).
- Fosfato e Potássio: alta dependência externa para uso como fertilizantes. Patrocínio (fosfato) e São Gotardo (potássio) lideram a produção em Minas Gerais.
- Lítio: essencial para baterias e eletrônicos, com destaque para o Projeto Vale do Lítio na região do Jequitinhonha (MG).
- Grafita: utilizada em refratários, eletrodos, baterias e grafeno. Minas Gerais possui grandes reservas e investe no desenvolvimento do grafeno.
- Elementos Terras Raras (ETRs): usados principalmente na fabricação de ímãs. Araxá (MG) possui uma das maiores reservas mundiais.
- Alumínio: Minas Gerais possui a segunda maior reserva lavrável de alumínio e a terceira maior produção do Brasil.
- Ferro: fundamental para a siderurgia. Minas Gerais abriga três dos principais distritos ferríferos do Brasil, além de grandes complexos siderúrgicos.
- Ouro: Minas Gerais detém 58,4% das reservas nacionais, com uso predominante em joias e como reserva de valor.
- Manganês: essencial na siderurgia, concentrando as maiores reservas nacionais em Conselheiro Lafaiete (MG).

- Nióbio: Brasil é líder global, com produção concentrada em Araxá (MG), principalmente para siderurgia.

2.2.3 Infraestrutura e Logística

Minas Gerais apresenta todos os cinco principais modais de transporte que são proporcionalmente distribuídos em: rodoviário (61,1%, a maior malha rodoviária do Brasil), ferroviário (20,7%, cerca de 5 mil km), hidroviário (13,6%), dutoviário (4,2%) e aeroviário (0,4%). Entretanto, nem todos esses modais são utilizados para o transporte de produtos de origem mineral, sendo o ferroviário o mais relevante. O minério de ferro é transportado principalmente por ferrovias e minerodutos, com o modal rodoviário sendo utilizado para acesso às mineradoras que não dispõem de outros meios de transporte. Como exemplo, cita-se a BR-040, no trecho entre Nova Lima e Conselheiro Lafaiete, que apresenta grande fluxo de transporte de minério. Quanto às ferrovias usadas, são a Malha Regional Sul (MRS), a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e a Ferrovia Centro Atlântica (FCA), e o mineroduto mais importante é o Sistema Minas-Rio. Portos relevantes utilizados em outros estados incluem Tubarão, Itaguaí, Terminal da Ilha Guaíba (TIG) e Porto do Açu.



2.3 Diversificação Econômica

Há um contraste que permeia as interações entre a indústria mineral e as políticas de desenvolvimento regional. Apesar do aproveitamento de recursos minerais contribuir significativamente para o desenvolvimento socioeconômico em diversas regiões, a mineração também pode trazer desafios, como deslocamento de comunidades locais, conflitos socioambientais e, principalmente, dependência econômica excessiva da atividade mineral. Desse modo, o equilíbrio entre a mineração, o desenvolvimento econômico e o bem-estar das comunidades locais envolve uma combinação de fatores como implementação de políticas públicas eficazes, transparência na governança, envolvimento comunitário, adaptação às particularidades locais e diversificação econômica dos municípios dependentes da atividade mineral.

No âmbito regional, a diversificação produtiva tem o potencial de atrair novas indústrias, especialmente de alta tecnologia, sendo ainda mais vantajosa para o crescimento econômico local quando envolve setores complementares. Indústrias tecnologicamente relacionadas favorecem o intercâmbio de conhecimento e a geração de externalidades positivas, o que impulsiona a criação de empregos e o desenvolvimento sustentável da região.

Assim, os aspectos relacionados à diversificação econômica foram analisados sob quatro óticas:

- Dependência Econômica de Municípios Mineradores e as principais consequências socioeconômicas do encerramento das atividades minerárias, como perda de arrecadação tributária, decrescimento da oferta de emprego e renda e redução da qualidade dos serviços públicos prestados e da qualidade de vida da população.
- Destinação da CFEM e Orientações aos Municípios quanto ao impacto da CFEM na receita total municipal. Há 22 municípios mineiros que possuem mais de 10% da receita total provenientes da mineração. Em 48% deles não foram encontradas medidas de promoção da diversificação econômica local por parte das prefeituras.
- Caracterização Econômica e Vocação Mineral das RGInts, em que foi analisada a composição do PIB, os municípios de destaque e os setores-chave de cada região. A indústria extrativa foi mapeada como setor-chave em três RGInts.
- Atividades promissoras e conexões primárias, que integram os Índices de Complexidade Econômica (ICE) para os municípios de Minas Gerais. As RGInts de Belo Horizonte, Divinópolis e Ipatinga apresentam o maior número de municípios com alta complexidade econômica. As áreas de saúde, serviços financeiros, tecnologia, metalurgia e atividades regionais configuram atividades promissoras para os municípios com participação superior a 10% da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL).

2.4 Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)

O setor mineral brasileiro tem enfrentado transformações expressivas, impulsionadas pela necessidade de aumentar a competitividade, promover a sustentabilidade e acompanhar a transformação digital. As principais empresas do setor têm ampliado seus esforços em inovação, sobretudo após os rompimentos de barragens de rejeitos, posicionando a inovação como um objetivo estratégico central. Além de explorar diferentes abordagens, essas empresas têm buscado financiamentos para implementar tanto pesquisas fechadas quanto abertas, além de estabelecer parcerias com *hubs* de inovação. Entre as principais iniciativas adotadas está o *Smart Mining*, uma metodologia que integra IoT, inteligência artificial e análise de dados para aprimorar a eficiência, segurança e sustentabilidade na mineração.

3. CENÁRIOS E CONDICIONANTES FUTUROS

3.1 Impactos de Possíveis Medidas Políticas e Regulatórias

As políticas e medidas regulatórias têm grande relevância na atividade produtiva minerioindustrial, ao formalizarem as regras e procedimentos que orientarão a atuação dos empreendimentos. Portanto, é fundamental avaliar os impactos potenciais de eventuais medidas regulatórias a serem adotadas em âmbito estadual, nacional e internacional.

O incentivo à atividade minerária, um dos princípios da Política Mineral Brasileira, deve ser guiado por diretrizes estratégicas claras. A promoção do setor mineral pode ser realizada por meio de incentivos fiscais, apoio à exploração de minerais estratégicos e simplificação dos processos burocráticos, visando impulsionar o desenvolvimento sustentável da mineração. Foram avaliados fatores como a CFEM, redução da minerodependência, promoção do desenvolvimento econômico e medidas

regulatórias relacionadas à prevenção de danos ambientais, à segurança na atividade de mineração e às políticas de inovação tecnológica.

No cenário internacional da mineração, foi percebido o enrijecimento regulatório (PNUMA; PRI, 2020), com ênfase nos princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*), Licença Social para Operar, proteção ambiental, boa relação com comunidades locais, transparência e gestão responsável de resíduos (estéreis e rejeitos) e água, visando maior segurança e responsabilidade no setor. Tais percepções foram trabalhadas ao longo da elaboração do PEM-MG, de forma que o cenário estadual reflita as principais tendências relevantes globalmente.

3.2 Projeções de Demanda, Investimentos e Empregos

Foram abordados os principais fatores que impulsionam a demanda na indústria mineral, com projeções de produção, emprego e investimento para Minas Gerais no período de 2023 a 2050, em consonância com o Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050). No respectivo capítulo são analisadas as perspectivas qualitativas e quantitativas para substâncias consideradas estratégicas para o desenvolvimento econômico do estado, como ouro, lítio, ferro, grafita, nióbio, agrominerais, agregados para construção civil, rochas ornamentais e de revestimento (ROR), água mineral, gemas e diamantes. Minério de ferro e ouro, que entre 2010 e 2022 representaram 84,2% e 8,8%, respectivamente, do valor de mercado das substâncias minerais em Minas Gerais, seguem como protagonistas, enquanto lítio, nióbio e grafita ganham espaço com novos depósitos e expansão de projetos.

A síntese das projeções é evidenciada a seguir (Tabela 3 à Tabela 5).

Tabela 3 – Projeções da produção beneficiada de Minas Gerais por substância

Ano	Ouro (t)	Lítio (kt)	Minério de Ferro (Mt)	Grafita (kt)	Nióbio (kt)	Agrominerais (Mt)	Agregados para Construção Civil (Mt)	ROR (kt)	Água Mineral (milhões de L)	Gemas e Diamantes (t)
2022	32,0	7,9	221,4	79,4	75,6	0,9	29,6	7,7	700,4	0,5
2050 - Pessimista	31,0	-	215,2	119,9	126,6	3,0	47,2	15,7	1415,2	2,4
2050 - Otimista	49,4	76,1	257,2	301,4	307,8	3,8	49,0	15,7	1415,2	2,4

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2024) baseado em ANM (2023b); CMO (2023); DISR (2023) e MME (2022d)

Tabela 4 – Projeções de empregos diretos em Minas Gerais por substância (número de trabalhadores)

Ano	Ouro	Lítio	Minério de Ferro	Grafita	Nióbio	Agrominerais	Agregados para Construção Civil	ROR	Água Mineral	Gemas e Diamantes
2021	7.498	1.085	41.636	882	1.004	1.726	11.470	10.109	882	466
2050 - Pessimista	7.369	308	40.445	1.351	1.713	5.644	18.020	16.077	1.825	2.142
2050 - Otimista	12.472	11.967	52.914	3.512	4.295	6.873	18.808	16.077	1.825	2.142

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2024) baseado em CMO (2023); DISR (2023); MME (2022d) e RAIS (2021)

Tabela 5 – Projeções de investimento em Minas Gerais por substância (R\$ milhões)

Ano	Ouro	Lítio	Minério de Ferro	Grafita	Nióbio	Agrominerais	Agregados para Construção Civil	ROR	Água Mineral	Gemas e Diamantes
2023	1.141	3.642	7.814	73	1.000	2.295	335	125	13	23
2050 - Pessimista	1.137	672,4	7.669	110	1.615	6.963	508	183	18	91
2050 - Otimista	1.790	18.242	9.668	242	3.681	8.247	520	183	18	91

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2024) baseado em CMO (2023); DISR (2023); IBRAM (2023a) e MME (2022d)

3.3 Avaliação do futuro dos recursos humanos no setor mineral

O perfil dos profissionais tende a mudar conforme as inovações, que são esperadas no futuro pela Indústria 4.0, que se manifestará no setor mineral como a chamada Mineração 4.0. Ela demandará profissionais com competências gerais, criatividade, habilidades analíticas, empreendedorismo e trabalho em equipe, em combinação com conhecimentos técnicos especializados e domínio de tecnologia, especialmente nas áreas de matemática, tecnologia da informação e ciência da computação. Estima-se que boa parte do tempo do trabalhador na mineração será automatizado,

mudando o perfil dos profissionais para uma mão de obra altamente qualificada e com integração tecnológica. Para se preparar para essa mudança, é importante que as empresas busquem qualificar sua mão de obra. Além disso, ressalta-se a importância de encontrar alternativas de financiamento para as iniciativas. A colaboração entre mineradores de pequena escala, investidores, fundos e universidades pode contribuir para essa modernização do setor, promovendo benefícios que podem se estender a toda a indústria mineral.

3.4 Panorama das Novas Tecnologias

A análise de riscos e oportunidades na Mineração levantada pela Ernst Young (2023a) aponta para o ESG, a capacidade de financiamento, a implementação da Licença Social para Operar, as mudanças climáticas e a digitalização e inovação como tendências principais a serem levadas em consideração pelo setor. Além disso, destaca-se a importância da gestão eficiente de recursos hídricos e resíduos (estéreis e rejeitos), com atenção aos procedimentos de disposição responsável e incentivo ao reaproveitamento, seguindo princípios da economia circular. A obrigatoriedade da descaracterização de barragens construídas pelo método a montante, em Minas Gerais, prevista na Lei nº 23.291, de 25/02/2019, foi estabelecida para aumentar a segurança e evitar novos rompimentos. Tecnologias que vêm ganhando espaço incluem o beneficiamento a seco de minérios,

o empilhamento de rejeitos e a adoção de medidas para o uso de tecnologias que empregam energia limpa, com foco na transição energética, tendência no âmbito nacional e internacional. Ademais, o hidrogênio verde e os briquetes verdes estão sendo explorados para reduzir as emissões de carbono no setor, no curto prazo. Por fim, vale destacar que os minerais para a transição energética são alvo de iniciativas importantes, como o Projeto Vale do Lítio, do Governo de Minas, evidenciando esforços em direção ao desenvolvimento sustentável.

3.5 Avaliação das Principais Questões Socioambientais

As perspectivas de comportamento das questões socioculturais e ambientais até 2040 são complexas e envolvem interações entre a dinâmica de mercado da produção minerária e as especificidades territoriais e ambientais.

De maneira geral, nos municípios mineradores, pode-se anteciper melhorias no mercado de trabalho, com desdobramentos positivos nos níveis de emprego do setor de extração mineral e de renda das famílias envolvidas e no aumento da receita orçamentária municipal com maior participação da CFEM, favorecendo, assim, a provisão de bens e serviços públicos.

Nos principais municípios responsáveis pela extração de minério de ferro, pertencentes às RGInts de Belo Horizonte e Barbacena, há riscos de intensificação do fenômeno da minerodependência, por se tratar de atividade produtiva dominante. Na dimensão ambiental, a rigidez locacional das jazidas e o interesse conservacionista pelos campos rupestres podem gerar potenciais divergências nessas regiões.

Nas RGInts de Montes Claros e Teófilo Otoni, ao norte e nordeste de Minas Gerais, projeta-se um cenário de crescimento no emprego, na renda e nas receitas orçamentárias, à medida que a população local seja integrada à expansão da extração de minérios estratégicos.

Para substâncias como lítio e grafita nas RGInts de Teófilo Otoni e Barbacena, e nióbio na RGInt de Uberaba, considera-se importante promover a diversificação econômica, para evitar os efeitos negativos da concentração produtiva. Além disso, é fundamental considerar a preservação das formações vegetais remanescentes e respeitar as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs) e as áreas de prote-

ção legal como bases para o desenvolvimento desses territórios, favorecendo a preservação e a conectividade dos ecossistemas.

Na dimensão cultural, os territórios onde a mineração coexiste com elementos culturais diversos, como comunidades tradicionais e patrimônios tombados, podem surgir divergências e falta de consenso entre os grupos envolvidos. Nesse contexto, é importante compatibilizar a atividade de turismo com a mineração.

No que se refere aos recursos hídricos, as análises realizadas no PEM-MG indicam que o uso de água na mineração já está consolidado nas bacias hidrográficas do estado. No entanto, muitos processos de beneficiamento mineral precisam ser continuamente otimizados e modernizados visando promover maior reutilização da água e reduzir os volumes de captação, o que contribuirá para o equilíbrio hídrico das bacias.

Com relação aos eventos extremos provocados pelas mudanças climáticas, antevê-se o incremento da pluviometria, nas porções centro e sul do estado. Como consequência, poderão ocorrer movimentos de massa, inundações, alagamentos e outros eventos, podendo afetar a segurança dos sistemas de armazenamento e disposição de rejeitos e estéreis, a estabilidade de taludes e a integridade de sistemas de captação de água. Outras previsões são o aumento da temperatura média e estresse hídrico, nas porções norte e extremo oeste, podendo interferir nos empreendimentos minerários localizados, em especial, no norte do estado, considerando a baixa disponibilidade de água na região (FEAM, 2011).

4. AÇÕES ESTRATÉGICAS

O Plano estabeleceu um conjunto de 32 ações estratégicas (Quadro 2) para serem implementadas em horizontes de curto, médio e longo prazos, a partir das sugestões apresentadas nos três Workshops Temáticos realizados com a participação de representantes de entidades públicas, privadas, universidades, institutos de pesquisa e demais organizações da sociedade civil. A seleção dessas ações, os meios e instrumentos foram conduzidos pelo Consórcio Ceres-Tetra+, especialistas do setor mineral e pela SEDE, de forma a viabilizar os objetivos do Plano. Essas ações estão distribuídas em quatro Macroestratégias e 14 Áreas (Quadro 1).

Quadro 1 – Macroestratégias e áreas do PEM-MG

Macroestratégia	Área
Estímulo Econômico	Diversificação Econômica
	Minerais Estratégicos
	Funding
	Micro e Pequenos Mineradores
	Infraestrutura e Logística
Inovação	Inovação e Tecnologia
Sustentabilidade e Responsabilidade	Desenvolvimento Sustentável
	Responsabilidade Social
	Gestão de Riscos
	Recursos Hídricos
	Biodiversidade
	Patrimônio e Cultura
	Reprocessamento e Destinação de Resíduos
Regulação	Jurídico-Institucional

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

As ações foram distribuídas em sete Programas Estratégicos, com a finalidade de facilitar a gestão organizacional por parte do governo. Os programas são: “Comunicação e Capacitação”, “Novos Estudos”, “Estímulo Econômico”, “PD&I”, “Articulação Institucional”, “Infraestrutura e Logística” e “Sustentabilidade”.

A relação completa das Ações Estratégicas é apresentada na seção 4.1 do PEM-MG e a relação dos Programas na seção 4.2.

Por fim, para implementação das ações, a Governança Institucional e Regulatória do PEM-MG deve integrar aspectos ambientais, sociais e econômicos, assegurando a execução das ações estratégicas com participação do governo, setor privado e sociedade civil, conciliando a mineração com outros usos do território para promover desenvolvimento regional.

Quadro 2 - Ações estratégicas do PEM-MG

Macroestratégia	Área	Ações
Estímulo Econômico	Diversificação Econômica	1 - Consolidar a implementação de políticas e programas de estímulo a redes de cooperação voltadas à inovação tecnológica, organizacional e de gestão.
		2 - Estimular estudos de identificação e seleção de atividades promissoras e conexões primárias, por RGIInt e municípios mineradores.
		3 - Estimular a criação de um fórum de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral.
		4 - Promover o apoio a estudos que analisem a estrutura econômica dos municípios (ou consórcio de municípios) para organização de seu próprio plano municipal/regional de desenvolvimento para a mineração.
		5 - Promover a capacitação institucional de boa governança junto aos municípios mineradores.
	Minerais Estratégicos e Críticos	6 - Estimular a verticalização das cadeias produtivas da grafita, do lítio, das terras raras e dos agrominerais, dentre outros.
		7 - Expandir e divulgar as pesquisas relacionadas aos insumos agrícolas, abrangendo os fertilizantes convencionais e alternativos.
		8 - Estimular o compartilhamento de informações geoeconômicas e de produção mineral, especialmente no âmbito municipal.
		9 - Incentivar estudos visando alternativas para a descarbonização da cadeia de insumos e produtos siderúrgicos.
	Funding	10 - Analisar alternativas e promover soluções visando o apoio financeiro à verticalização e adensamento das cadeias de produção mineroindustriais do estado.
		11- Reavaliar e consolidar as linhas de financiamento do BDMG e outras agências de fomento e programas governamentais, priorizando o crédito simplificado, condições especiais e processos agilizados.
		12 - Estimular as ações do Invest Minas relacionadas ao setor mineral.
	Micro e Pequenos Mineradores	13 - Mapear necessidades e apoiar programas de formalização e capacitação (técnica, gerencial e financeira) direcionados para micro e pequenos mineradores.
		14 - Estimular a implementação de redes cooperativas de instituições relacionadas à geração e disseminação de conhecimento, especialmente aos médios, pequenos e micro mineradores.
	Infraestrutura e Logística	15 - Realizar estudos e estimular o desenvolvimento e compartilhamento dos modais de logística e de infraestrutura.
		16 - Promover estímulos à geração de energia renovável no setor mineral.

Macroestratégia	Área	Ações
Inovação	Inovação e Tecnologia	17 - Estimular PD&I visando o aproveitamento dos recursos minerais de destaque, ao longo de sua cadeia produtiva, visando à obtenção de produtos com alto valor agregado.
		18 - Fomentar parcerias intergovernamentais voltadas a práticas em economia circular e transição energética.
		19 - Incentivar linhas de PD&I em tecnologias de mineração sustentável, em especial redução e/ou aproveitamento de resíduos de mineração.
		20 - Estimular a colaboração entre empresas mineradoras (micro, pequenas e médias) mediante programas e projetos cooperativos e participativos, constituição de redes e consórcios de pesquisa em temas de interesse comum, tendo por diretriz prioritária a inovação aberta.
Sustentabilidade e Responsabilidade	Desenvolvimento Sustentável	21 - Incentivar o desenvolvimento das operações dos empreendimentos de minerais estratégicos relacionados à transição energética, contemplando os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).
	Responsabilidade Social	22 - Incentivar, consolidar e disseminar boas práticas para o planejamento e gestão de empreendimentos mineroindustriais.
	Gestão de Riscos	23 - Aprimorar os mecanismos de gestão dos sistemas de disposição de rejeitos da mineração.
		24 - Apoiar as ações do Plano Estadual de Ação Climática – PLAC MG (2023).
	Recursos Hídricos	25 - Incentivar a conservação dos recursos hídricos do estado, com foco nas bacias em que se localizam empreendimentos minerários.
		26 - Integrar dados de monitoramento dos empreendimentos de mineração junto às bases de dados da rede de monitoramento do MIRA - Sistema de Monitoramento Remoto Integrado das Águas.
	Biodiversidade	27 - Considerar as informações referentes às Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (APCBs) nos instrumentos de planejamento da atividade da mineração e de implantação de áreas de compensação e reservas legais.
	Patrimônio e Cultura	28 - Incentivar políticas públicas de desenvolvimento do turismo e salvaguarda do patrimônio cultural compatíveis com a atividade minerária.
Regulação	Jurídico-Institucional	Reprocessamento e Destinação de Resíduos
		29 - Incentivar estudos e pesquisas visando o aproveitamento de resíduos.
		30 - Estimular a melhoria/revisão da regulamentação referente aos planos de fechamento progressivo de mina e de recuperação ambiental.
		31 - Promover estudos para subsidiar a revisão e otimização da aplicação dos recursos da CFEM.
		32 - Revisão da legislação ambiental relacionada ao setor mineral, especialmente no que diz respeito ao licenciamento de empreendimentos de pequeno e médio porte e de mineradores artesanais.

Fonte: Elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

INTRODUÇÃO

E OBJETIVOS DO PEM-MG



A elaboração do Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG) acontece em um momento de reflexão e revisão da atuação do Estado no processo de desenvolvimento mineral e no reconhecimento da importância das ocorrências minerais frente aos cenários tecnológicos que se projetam diante dos riscos globais, incluindo os fenômenos climáticos extremos; dos fatores ligados ao ESG; e, simultaneamente, das discussões sobre a reputação do setor mineral e seu legado à sociedade e ao próprio Estado. Nesse contexto, é importante a participação social, o estreitamento e transparência da comunicação com as partes interessadas e o monitoramento da gestão de riscos da mineração junto às comunidades afetadas, especialmente em relação às barragens.

Cabe à União o domínio e o controle sobre os recursos minerais, consentindo sua exploração ao particular, visto haver o interesse público na transformação do bem mineral em produto de valor agregado. Ao mesmo tempo, compete ao Estado desempenhar papel estruturante no desencadeamento de ciclo virtuoso e ascendente de crescimento em todas as regiões de seu território e na alavancagem contínua de resultados socioambientais sustentáveis.

O PEM-MG foi concebido em sintonia com o Plano Nacional de Mineração - PNM (2030), em termos de seus objetivos e diretrizes, de forma que o planejamento das atividades minerárias do estado de Minas Gerais cumpra seu papel no contexto do País. Igualmente, no que se refere especificamente ao minério de ferro, o PEM-MG tem suas decisões públicas também amparadas pelo instrumento de política ambiental - Avaliação Ambiental Estratégica - AAE aplicada à extração de minério de ferro.

Dada a diversidade geológica, Minas Gerais abriga uma grande variedade de recursos minerais de natureza diversa (metálicos ferrosos, metálicos não ferrosos e os não metálicos), com ampla distribuição por todo o seu território. As diferentes tipologias estão associadas a características mineralógicas específicas de suas reservas, o que impõe métodos diferenciados de lavra (a céu aberto ou subterrânea) e de processamento

do minério, resultando em empreendimentos com diferentes portes e potencial de aproveitamento do recurso mineral. Assim, o parque minerário envolve desde empresas globais, com atuação internacional, até micro estabelecimentos, viabilizando a presença de diferentes empreendedores, sendo importante o estímulo aos encadeamentos produtivos decorrentes.

Em Minas Gerais, as ocorrências minerais se distribuem em regiões geográficas dotadas de características ambientais particulares e diferenciadas, tanto no que se refere aos fatores ambientais naturais ou àqueles alterados pelo uso e ocupação do solo, quanto aos instrumentos legais disciplinadores que refletem suas aptidões e vocações ambientais.

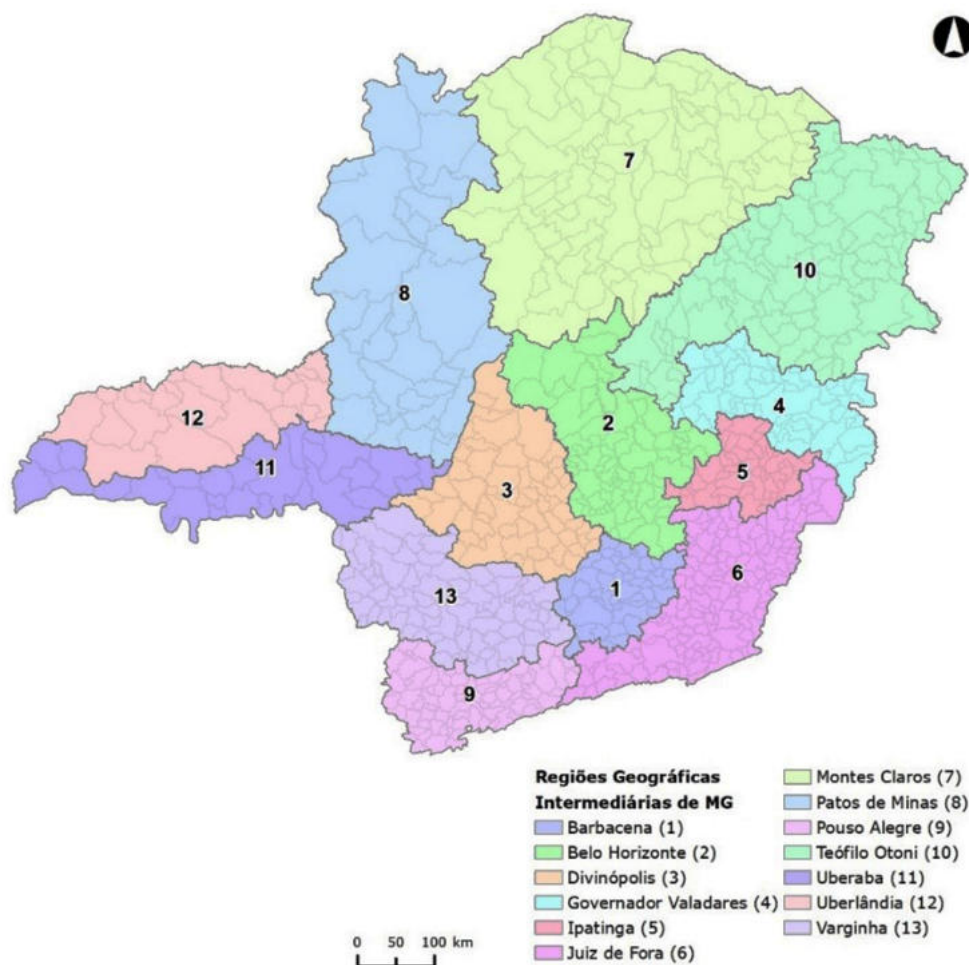
Essa situação, numa visão de longo prazo, com marco temporal de 20 anos, condiciona o PEM-MG a múltiplos desafios, considerando variados cortes analíticos/dimensões de análise, exigindo escolhas e decisões públicas complexas, em relação a: i) decisões setoriais, em termos de direcionamento aos mercados interno e externo; ii) decisões espaciais, no bojo de diferentes regiões do estado com disparidade de crescimento e desenvolvimento econômico e social, com reservas minerais dispersas no território; e iii) decisões ambientais, considerando que a exploração minerária está sujeita à rigidez locacional, podendo gerar conflitos quanto aos recursos naturais e serviços ecossistêmicos. Essas decisões são interdependentes e compõem um processo institucional complexo, que exige escolhas, em termos de custo-benefício, contemplando as dimensões econômicas (locais e regionais), setoriais e socioambientais, a serem equacionadas no bojo do protagonismo e da governança institucional do PEM-MG.

É essencial que o PEM-MG seja um instrumento de planejamento da gestão dos recursos minerais, norteando as políticas de médio e longo prazos a serem adotadas em Minas Gerais, de forma que as atividades das cadeias produtivas da indústria mineral alcancem maior eficiência, produtividade, competitividade e sustentabilidade.

Com isso, o PEM-MG é endereçado a todos os agentes envolvidos, direta ou indiretamente, com as cadeias produtivas da indústria mineral, incluindo gestores públicos de todas as esferas de governo; gestores empresariais; investidores; comunidades de municípios mineradores; organizações não governamentais; pesquisadores; profissionais das áreas ambiental, social, mineral ou correlatas; formadores de opinião e veículos jornalísticos; entusiastas e interessados pelo setor mineral, entre outros.

Para possibilitar melhor compreensão geoespacial da atividade mineral, os estudos tiveram como base as treze Regiões Geográficas Intermediárias (RGInts) do estado de Minas Gerais, buscando identificar especificidades e similaridades entre elas (Figura 1).

Figura 1 – Regiões Geográficas Intermediárias (RGInts) de Minas Gerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base nos dados do IBGE (2018)

A adoção da divisão em RGInts atende à necessidade de se analisar a mineração em Minas Gerais a partir de uma perspectiva do desenvolvimento regional, tendo em vista as disparidades e potencialidades heterogêneas entre as regiões. Essas diferenças se refletem tanto em características intrínsecas, como em ocorrência de recursos minerais, quanto em aspectos particulares do desenvolvimento socioeconômico.

Para elaborar o Plano de Mineração para o estado de Minas Gerais, atuou-se em diferentes frentes para uma construção conjunta entre o Governo do Estado, o Consórcio Ceres-Tetra+, o setor privado e a sociedade civil. Foram aplicadas diversas metodologias e técnicas de pesquisa e análise (Figura 2), de forma a compreender o setor mineral e o seu papel no estado, bem como dar dimensão, robustez e respaldo para as proposições do Plano.

Figura 2 – Metodologias e técnicas empregadas ao longo da construção do PEM-MG



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

A pesquisa bibliográfica foi aplicada em todas as fases do Plano, para obtenção de referências conceituais e metodológicas. Também foi levantado benchmark nacional e internacional junto aos órgãos associados à indústria mineral, que reuniu estudos e relatórios dos mais diversos temas, de maneira a garantir aderência do Plano às principais práticas adotadas no setor. A Avaliação Ambiental Estratégica do Minério de Ferro (AAE), elaborada simultaneamente a este Plano, serviu de base para as principais questões socioambientais e da cadeia produtiva deste minério. Os modelos econômicos e análise regional e setorial adotados englobaram o que há de mais consolidado na literatura econômica, como Modelos de Equilíbrio Geral Computável, Análises Insumo-Produto, Tabela de Recursos e Usos, indicadores de desenvolvimento regional como Quociente Locacional e Complexidade Econômica, entre outros. Por fim, a Pesquisa Primária, as Entrevistas Dirigidas, os Workshops e Seminários Temáticos e os Grupos Focais tiveram como finalidade coletar as percepções diretas dos agentes envolvidos na economia mineral – empresas envolvidas na cadeia produtiva, especialistas do setor, comunidades afetadas pela mineração, entre outros – a fim de incorporá-las à construção do PEM-MG e dar subsídios à definição das ações estratégicas.

A concepção do Plano considerou quatro eixos estruturantes capazes de contemplar as diferentes dimensões de impacto do PEM-MG: Mercado, Meio Ambiente, Sociedade e Governança (Quadro 3).

Quadro 3 - Eixos estruturantes do PEM-MG

Eixo Estruturante	Definição
Mercado	Melhoria no ambiente de negócios e no desempenho econômico do estado.
Meio Ambiente	Melhoria na preservação dos recursos naturais e promoção da sustentabilidade.
Sociedade	Melhoria no equilíbrio social e na qualidade de vida da população.
Governança	Melhoria no arcabouço institucional do estado, no âmbito público e privado, por meio da transparência e participação da sociedade.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Associando-se esses eixos estruturantes aos resultados observados ao longo das etapas de elaboração do Plano, criou-se uma estrutura para as ações estratégicas do PEM-MG, que consiste em quatro macroestratégias: Estímulo Econômico; Inovação; Sustentabilidade e Responsabilidade; e Regulação (Quadro 4).

Quadro 4 - Macroestratégias e seus objetivos gerais

Macroestratégia	Objetivo Geral
Estímulo Econômico	Promover o desenvolvimento da indústria mineral de forma sustentável e competitiva.
Inovação	Promover o desenvolvimento da indústria mineral com práticas inovadoras, mediante a utilização de tecnologias adequadas e sustentáveis.
Sustentabilidade e Responsabilidade	Promover um ambiente harmonioso, integrativo e cooperativo entre a mineração, o meio ambiente e a sociedade.
Regulação	Promover a contínua avaliação e aperfeiçoamento dos aspectos regulatórios relacionados à indústria mineral, visando a assegurar as necessárias condições i) de estabilidade jurídica; ii) de segurança para as partes envolvidas; e iii) de compatibilização com os sistemas regulatórios adotados em países e regiões líderes na atração de investimentos e na produção mineral mundial, segundo elevados padrões de competitividade e sustentabilidade.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

A escolha de cada macroestratégia atende a um objetivo geral, e cada uma delas, por sua vez, se subdivide em áreas e objetivos específicos (Quadro 5), baseadas nas prioridades levantadas nos Workshops do PEM-MG, bem como a partir de referências nacionais, como o Plano Nacional de Mineração (2030, 2050) e o Plano de Mineração do Estado do Pará (2030), além de referências internacionais das Nações Unidas, Austrália e Canadá.

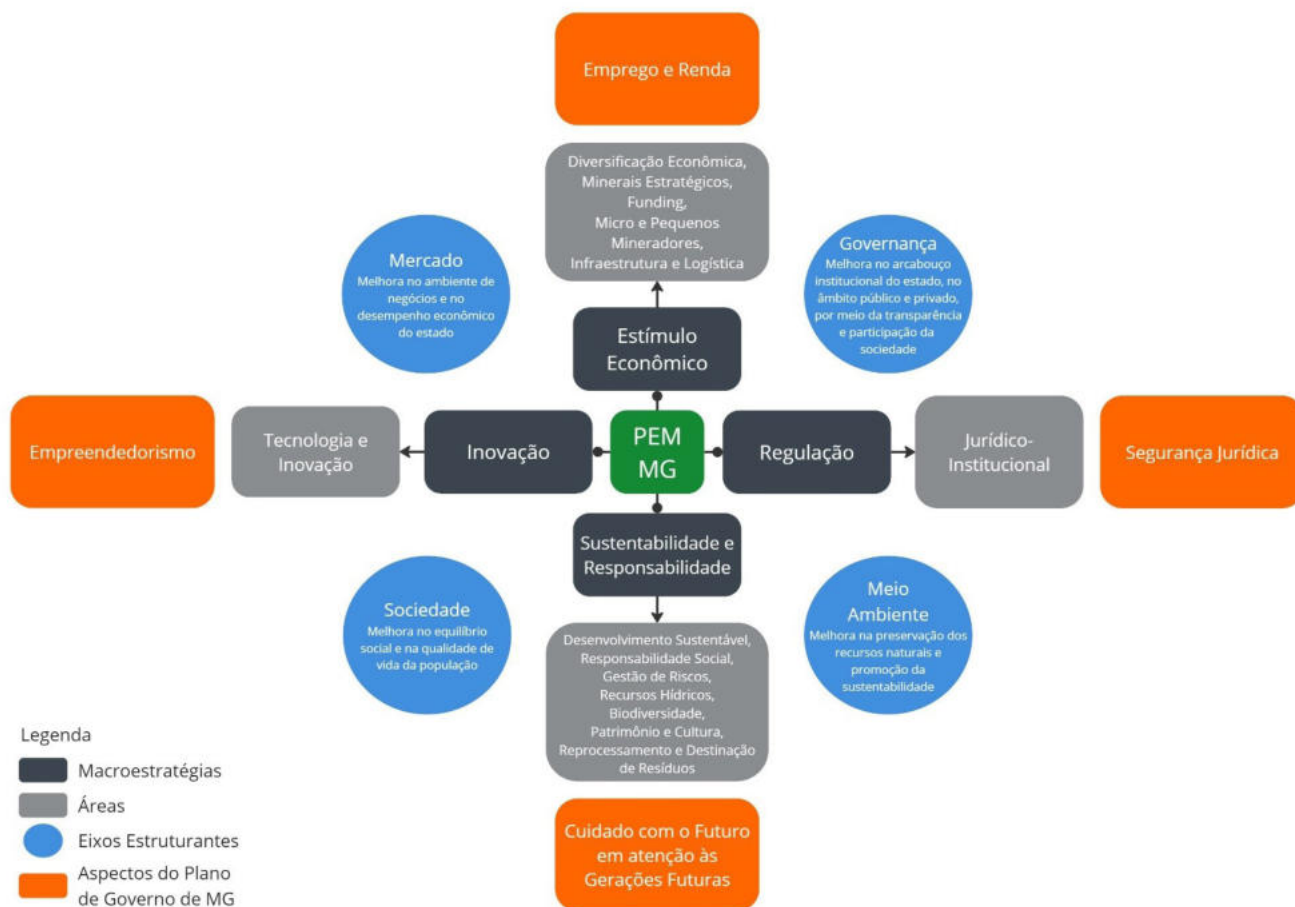
Quadro 5 - Objetivos específicos do PEM-MG

Macroestratégia	Área	Objetivo Específico
Estímulo Econômico	Diversificação Econômica	Estímulo à diversificação econômica e ao desenvolvimento socioeconômico dos municípios mineradores.
		Estímulo ao Ordenamento Territorial Geomineiro (OTGM) dos municípios e de consórcios de municípios mineradores organizados em torno de uma mesma província geoeconômica e/ou distrito mineiro.
		Promoção da adoção de boas práticas em termos de planejamento e gestão do orçamento fiscal/financeiro dos municípios mineradores.
	Minerais Estratégicos	Promoção do desenvolvimento das cadeias produtivas dos bens minerais de grande dependência de importações ou de grande potencial para a transição energética.
		Promoção de melhorias de eficiência, produtividade, competitividade e sustentabilidade nos polos de produção da indústria mineral.
	Funding	Minimização de gargalos de financiamento, especialmente em áreas com potencial produtivo e restrição de capital.
Inovação	Micro e Pequenos Mineradores	Formalização de micro e pequenos mineradores.
		Infraestrutura e Logística
		Minimização dos problemas logísticos da cadeia produtiva do setor mineral.
		Fomento a programas de PD&I em minerais considerados prioritários (estratégicos e críticos).
Sustentabilidade e Responsabilidade	Inovação e Tecnologia	Promoção da inovação nas atividades de mapeamento geológico básico, de prospecção regional e de pesquisa mineral.
		Fomento à aplicação de tecnologias para otimização do processo produtivo e do aproveitamento dos recursos minerais.
		Estímulo à adesão aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).
	Desenvolvimento Sustentável	Promoção de aprimoramentos de estruturas de governança estadual e locais, relativas a APLs e polos geomineiros do estado, com simultâneas melhorias de sistemas e processos de planejamento e gestão.
	Responsabilidade Social	Aprimoramento dos sistemas de gestão de resíduos de mineração.
		Promoção da resiliência a eventos climáticos extremos no setor de mineração.
	Gestão de Riscos	Incentivo a usos eficientes e sustentáveis dos recursos hídricos em seus aspectos quantitativos e qualitativos.
	Recursos Hídricos	Conciliar a manutenção do capital natural e dos serviços ecossistêmicos no setor mineral.
Regulação	Biodiversidade	Estímulo à preservação e valorização do patrimônio histórico, cultural e artístico e ao desenvolvimento da atividade turística local e regional.
		Estímulo ao desenvolvimento da economia circular.
		Incentivo à otimização da aplicação de recursos da CFEM.
		Atualização da legislação a padrões ambientais de respaldo internacional e de expectativas sociais crescentes, considerando os planos de fechamento progressivo de minas.
Regulação	Jurídico-Institucional	Estímulo e disseminação de uma regulação ambiental mais dinâmica com adequação de critérios e procedimentos para a emissão de licenças ambientais, em consonância com as características e especificidades relacionadas ao bem mineral, tipo de depósito mineral, porte do empreendimento e intensidade dos impactos previsíveis.
		Incentivo à otimização da aplicação de recursos da CFEM.
		Estímulo ao desenvolvimento da economia circular.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Ademais, o PEM-MG se relaciona e se adere ao Plano de Governo do Estado (PG), no que se refere às diretrizes de: Geração de Emprego e Renda, com base no estímulo à economia do estado; Segurança Jurídica para as decisões, por meio da regulação; Cuidado com o Futuro, em atenção às gerações futuras, com práticas sustentáveis e de responsabilidade e que estimulem a transição energética. Busca, também, o pilar do empreendedorismo, que se sustenta na inovação (Figura 3).

Figura 3 – Associação do PEM-MG ao Plano de Governo de Minas Gerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Pelo estímulo econômico, a diversificação se faz presente no melhor planejamento do desenvolvimento das cadeias produtivas nos municípios e regiões mineradoras e numa menor dependência do setor, apoiando ações que tornam mais variados os arranjos presentes no território mineiro. Também é enfatizado o apoio ao desenvolvimento das cadeias produtivas dos bens minerais estratégicos e de grande dependência de importações (ex.: agrominerais), de expressivos superávits de exportação (minério de ferro, nióbio e ouro) ou de grande potencial para a transição energética (ex.: grafita, lítio e terras raras), alinhando-se com a tendência da demanda mineral mundial e dos produtos gerados. A integração dos micro e pequenos mineradores, por meio da formalização e de necessários esforços de capacitação, possui contribuição social relevante, sendo importante no contexto de atuação do Plano.

A Inovação é fronteira a ser trilhada por qualquer setor produtivo, por meio de programas de PD&I. As práticas e a adesão aos ODS devem ser seguidas, de modo a conciliar a manutenção do capital natural e dos serviços ecossistêmicos com as atividades minerárias, promover o desenvolvimento e aplicar os conceitos da economia circular no processamento e destinação de resíduos. Ademais, a Regulação pode ser mais dinâmica, com adequações e tratamentos diferenciados para os diversos tipos de empreendimentos, notadamente quanto ao seu porte e ao bem mineral envolvido.

Cabe ressaltar que a construção do Plano foi também fundamentada em estudos e análises do setor mineral, trabalhados em detalhes ao longo de sua elaboração, passando por diversos temas de importância no setor e no estado, com abrangência econômica, social e ambiental.

Neste contexto, o PEM-MG foi elaborado no sentido de apoiar as políticas públicas relacionadas ao setor mineral e direcionar a articulação entre os diversos atores envolvidos, tendo como principais objetivos:

- Consolidar informações sobre a atividade mineral de forma a obter uma visão estratégica, de médio e longo prazo, para o setor, bem como subsidiar a formulação de políticas públicas que visem a promoção da competitividade, produtividade e sustentabilidade do setor mineral no estado de Minas Gerais.
- Servir de instrumento de planejamento para a boa gestão, promoção do conhecimento e aproveitamento dos recursos minerais, buscando otimizar a agregação de valor e o adensamento das cadeias produtivas, segundo os princípios do desenvolvimento sustentável e do fortalecimento da competitividade dos setores mineroindustriais do estado.
- Promover o desenvolvimento e a implementação de ações interinstitucionais e projetos estruturantes que estimulem a integração e o encadeamento da indústria mineral com os demais setores da economia e em consonância com regulamentações vigentes.
- Contribuir para o fortalecimento da indústria mineral, estratégica para o desenvolvimento econômico e social do estado de Minas Gerais, impulsionando a melhoria da qualidade de vida da sociedade, em bases alinhadas com a política ambiental em vigor. Em conjunto, esses objetivos têm como referência as soluções de compromisso ambiental, social, econômico e institucional dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente para mineração.

Este documento foi estruturado em quatro capítulos, sintetizados a partir da análise dos dados e informações apresentadas nos dez relatórios intermediários, elaborados entre 2022 e 2024 (Anexo II).

O Capítulo 1, **Contextualização do Setor Mineral em Minas Gerais**, apresenta uma síntese do setor mineral para as treze Regiões Geográficas Intermediárias (RGInts), caracterizando sua produção, inserção no comércio exterior e participação nos empregos. Contempla, ainda, a descrição das cadeias produtivas das principais substâncias minerais e a análise da integração e fortalecimento dessas cadeias.

O Capítulo 2, **Desafios para a Indústria Extrativa Mineral em Minas Gerais**, apresenta a discussão dos principais desafios enfrentados pela indústria mineral. Abordou-se as Questões Socioambientais e a Atividade Minerária, do ponto de vista interno ao setor e das comunidades por ele impactadas, com destaque para as áreas de conflito de ocupação do território, perspectivas de fechamento de minas e condições de saúde e segurança ocupacional.

Adicionalmente, tratou-se da Produção Mineral e seus Impactos na Economia, contemplando a proposta do Novo Código de Mineração na Produção Mineral e seus impactos sobre o setor. São discutidos os minerais estratégicos, sob a ótica do seu mercado consumidor e sob o ponto de vista da sustentabilidade e do seu potencial de desenvolvimento, haja vista as movimentações do mercado internacional, perspectivas de implantação e de atração de novos investimentos e as posições ocupadas por Minas Gerais e pelo Brasil nesse mercado. São também discutidos temas relacionados à Infraestrutura e Logística.

Na sequência, analisou-se a Diversificação Econômica nos Municípios Mineradores, tendo em vista a importância da mineração e as possibilidades de desenvolvimento futuro. Foram ainda discutidas as possibilidades de diversificação e orientações aos municípios mineradores. Por meio de métodos de análise de desenvolvimento regional, buscou-se compreender atividades

promissoras e conexões primárias, além de possibilidades de financiamento do desenvolvimento de determinadas ações específicas, a partir dos recursos da CFEM.

Ainda no Capítulo 2, realizou-se uma análise dos Pequenos e Micromineradores do estado, demonstrando os principais desafios enfrentados por essa categoria e ressaltando a necessidade de adoção de estímulos à formalização de tais empreendimentos. Por fim, abordou-se as Linhas de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação no Setor Mineral, a partir de um *benchmark* com referências nacionais e internacionais e tecnologias disponíveis no mercado.

Os **Cenários e Condicionantes Futuros** compõem o Capítulo 3, onde destacam-se os aspectos regulatórios que têm impacto na indústria mineral, enfatizando-se as repercussões previstas de recentes medidas regulatórias adotadas, além de outras que se encontram em análise e tramitação. São apresentadas estimativas de produção e preço para substâncias relevantes. São também discutidas tendências internacionais e perspectivas para a Mineração 4.0, o futuro da mão de obra e um panorama de novas tecnologias na era da ESG, tendo como referência iniciativas que se encontram em curso em países com experiência e desempenho consagrados. O capítulo engloba também as principais questões socioambientais, como pressões sobre sustentabilidade, recursos hídricos e eventos climáticos extremos. Essa análise teve como importante referência a Avaliação Ambiental Estratégica do Minério de Ferro.

O Capítulo 4, **Ações Estratégicas**, apresenta as **32 ações prioritárias**, definidas a partir dos workshops, da contribuição de especialistas do setor e do diálogo com a SEDE. Essas ações foram agrupadas em sete Programas Estratégicos, de forma a facilitar a gestão e implementação institucional. Por fim, foram elaboradas recomendações para a governança da implementação do Plano, em um horizonte de 20 anos.

As **Considerações Finais** trazem uma reflexão acerca dos principais desafios e oportunidades da mineração em Minas Gerais, no sentido de ampliar e potencializar os benefícios econômicos, sociais e ambientais, além de apresentar quais as perspectivas da mineração no estado.



1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR MINERAL

EM MINAS GERAIS



1.1 Síntese do Setor Mineral

Historicamente reconhecido pelo seu potencial geológico e vocação produtiva na indústria mineral, o estado de Minas Gerais se destaca nacionalmente pelo volume, valor e diversidade da sua produção mineral, notadamente nos segmentos de minerais metálicos (minério de ferro, ouro, nióbio, etc.), agregados para construção civil, agrominerais, águas minerais, rochas ornamentais e de revestimento, gemas e diamantes.

Recentemente, estimulada por novas tendências tecnológicas, especialmente no caso dos minerais requeridos para a transição energética, Minas Gerais também se destaca

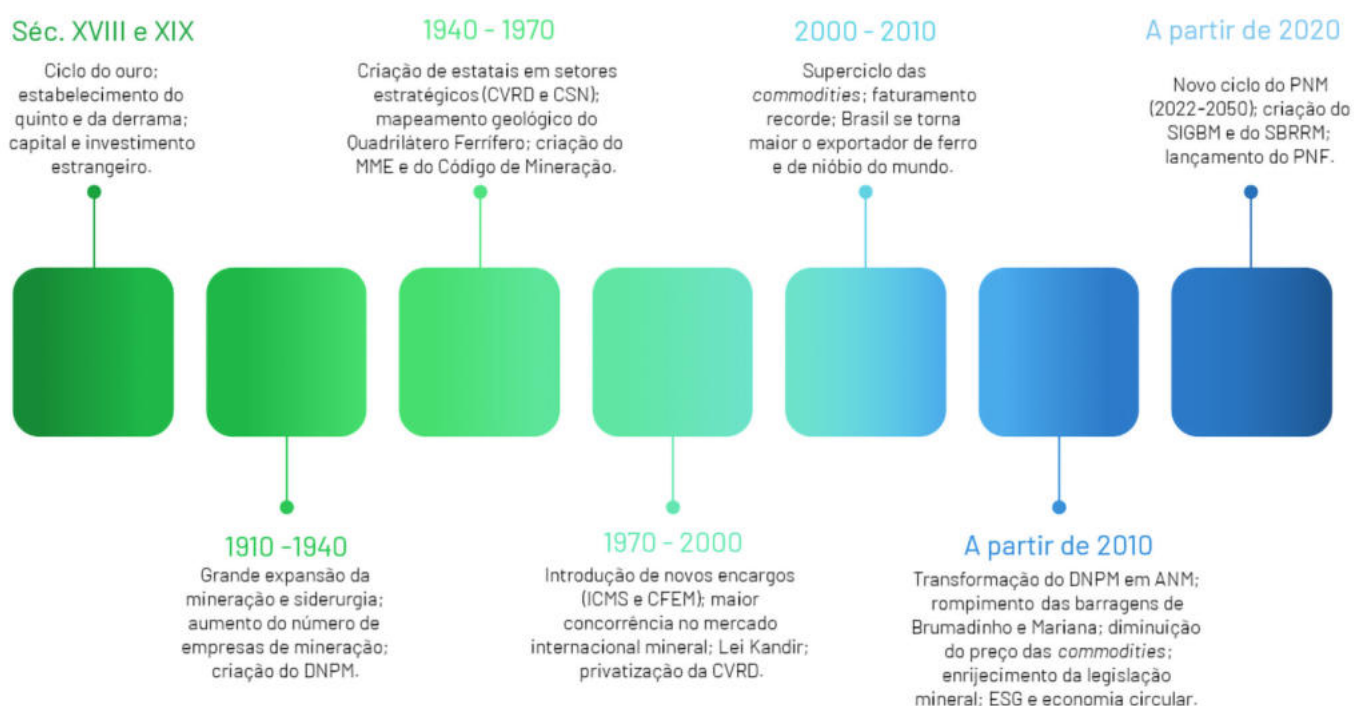
pela sua crescente produção de grafita e lítio, e pelo seu potencial para descoberta de novos depósitos de substâncias minerais, como terras raras.

As atividades da indústria mineral constituem um importante pilar para a economia estadual, devido à sua magnitude econômica e também à sua expressão em termos de geração de emprego e renda e de arrecadação de tributos. Por outro lado, a localização estratégica de Minas Gerais constitui um fator complementar que notabiliza o estado como um dos principais polos mineradores do país.

1.1.1 Contextualização Histórica

Minas Gerais tem uma história profundamente ligada à atividade minerária no Brasil, a partir do Ciclo do Ouro, iniciado no final do século XVII com a descoberta de jazidas de ouro de aluvião nos rios do estado, dando origem ao município de Vila Rica (atual Ouro Preto), com o auge em meados do século XVIII (CETEM, 2021). Após a decadência da atividade minerária, esforços foram feitos para consolidá-la, resultando no surgimento das primeiras empresas mineradoras e na criação de importantes instituições. No século XIX, empresas estrangeiras, especialmente inglesas, desempenharam um papel significativo na economia mineral do estado (ALVES, 2008). A Figura 4 apresenta a cronologia dos principais fatos históricos e econômicos relevantes ao setor mineral desde o início do Ciclo do Ouro até os dias atuais.

Figura 4 – Principais fatos históricos e econômicos relevantes ao setor mineral

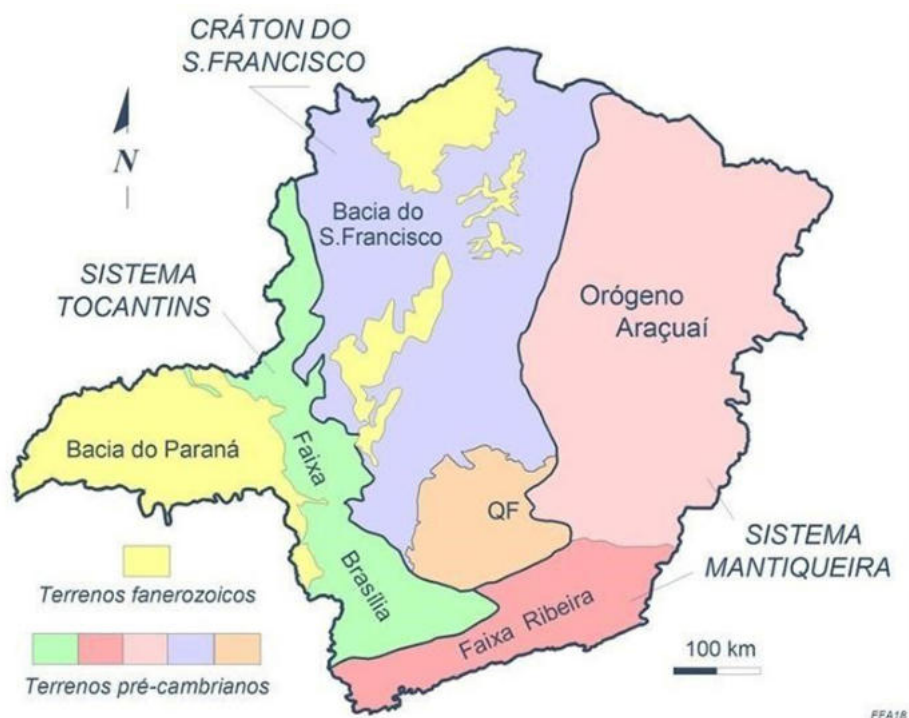


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da SEDE (2022)

1.1.2 Geologia Econômica

A diversidade geológica de Minas Gerais propicia a atração de investimentos em atividades de pesquisa e produção de bens minerais de elevado potencial econômico. Em sua maior parte, o território mineiro abarca terrenos pré-cambrianos do Escudo Atlântico (Cráton do São Francisco, Sistema Orogênicos Brasileiros Mantiqueira e Tocantins) e subordinadamente coberturas fanerozoicas (Figura 5), restritas à região do Triângulo Mineiro e parte do vale do São Francisco (ALKMIM, 2018).

Figura 5 – Compartimentação geológica de Minas Gerais



Fonte: Alkmim (2018)

Destaca-se, de maneira notável do ponto de vista geológico, a província mineral do Quadrilátero Ferrífero, porção extremo sul do Cráton São Francisco, especialmente devido às suas jazidas auríferas e ferríferas (ALKMIM, 2018).

O Sistema Orogênico Mantiqueira está presente no território mineiro pela sua terminação setentrional, representadas por partes do Orógeno Araçuaí, notório pelas jazidas e ocorrências de gemas (esmeraldas, águas marinhas e turmalinas), diamantes e metaconglomerados (ALKMIM, 2018), além de hospedar importantes jazidas de grafita, ocorrência de ferro e urânio (DARDENNE; SCHOBENHAUS, 2003 *apud* ALKMIM, 2018), e pela Faixa Ribeira, no extremo sul do estado (Figura 5), área com ocorrências de minerais metálicos, minerais industriais, águas minerais, agregados para uso na construção civil e rochas ornamentais e de revestimento (SIGMINE/ANM, 2022).

O Sistema Orogênico Tocantins é representado em Minas Gerais pela Faixa de Dobramentos Brasília (ALMEIDA, 1977), que margeia o Cráton do São Francisco a oeste. A parte da Faixa Brasília presente no território mineiro é o seu segmento meridional que, a oeste, é coberto pelas camadas sedimentares da Bacia do Paraná, e a sul, é obliterado pela Faixa Ribeira (VALERIANO, 2017 *apud* ALKMIM, 2018). A Faixa Brasília em Minas Gerais destaca-se pela presença da jazida aurífera do Morro do Ouro em Paracatu (ALKMIM, 2018), que constitui a maior mina de ouro em operação no país, pelos depósitos plumbo-zincíferos de Vazante e Morro Agudo (DIAS *et al.*, 2015; DIAS *et al.*, 2018), além de depósitos de fosfato sedimentar de Rocinha e Lagamar (DARDENNE; SCHOBENHAUS, 2003 *apud* ALKMIM, 2018).

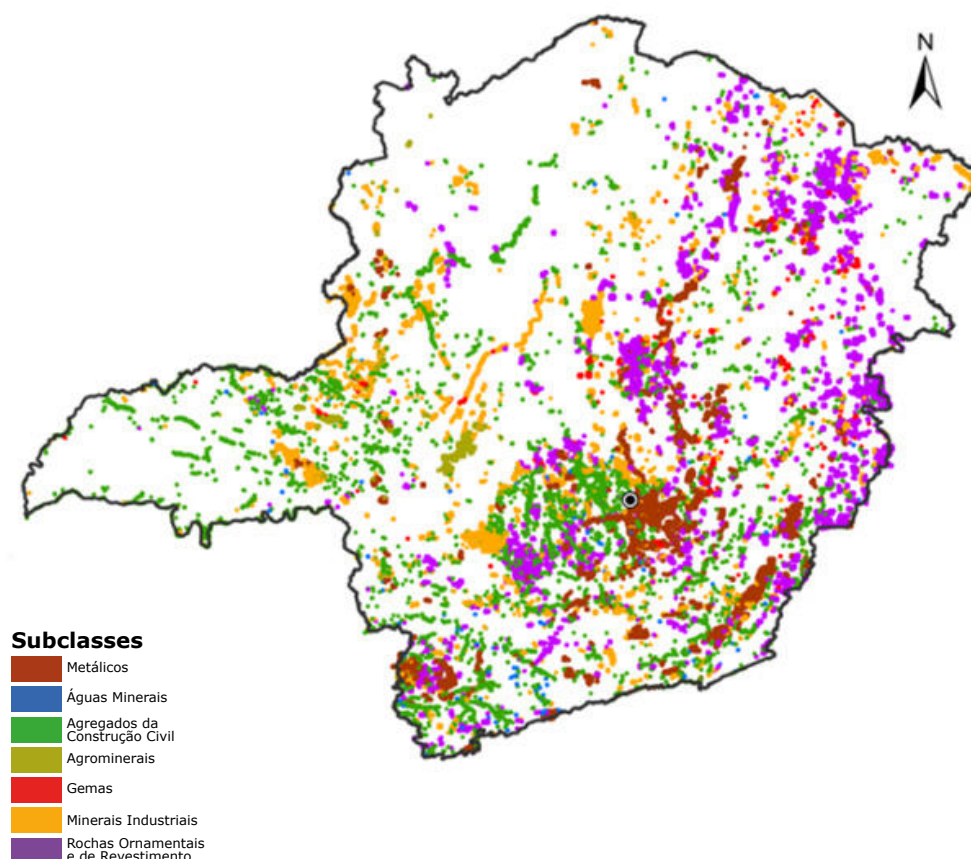
Em Minas Gerais, as rochas fanerozoicas ocorrem nas bacias sedimentares do São Francisco, Paraná e ao longo do Arco do Alto Paranaíba, que as separa. Esta grande estrutura, também de idade fanerozoica (ALKMIM, 2018), é *locus* principal de intrusões ígneas alcalinas, carbonatíticas e kimberlíticas (BROAD *et al.*, 2000 *apud* ALKMIM, 2018).

Na Bacia do São Francisco há importantes fontes de rochas ornamentais e de minerais industriais utilizados na produção de cimento e cal (ALKMIN, 2018), enquanto a Bacia do Paraná, que abrange quase integralmente o Triângulo Mineiro, apresenta depósitos e minas de calcário e basalto para brita, além de saibro, argilas e cascalheiras (LOBATO; COSTA, 2018).

Por fim, o Arco do Alto Paranaíba abriga depósitos minerais de urânio, bauxita, zircônio, molibdênio, nióbio, Elementos Terras Raras (ETRs) e argilas, presentes no Complexo Alcalino de Poços de Caldas, nióbio e fosfato no Complexo do Barreiro, e, ainda, nióbio, fosfato e ETR nos Maciços de Tapira, Salitre e Serra Negra (ALKMIM, 2018).

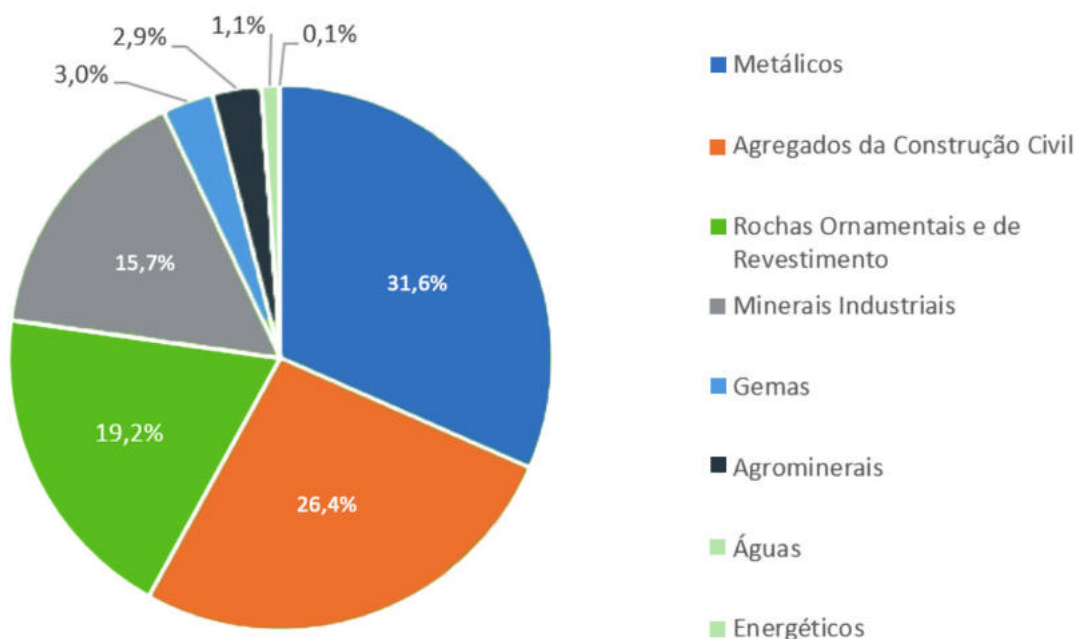
A análise da base de dados de processos ativos do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE/ANM, 2024) da Agência Nacional de Mineração (ANM), permitiu a identificação das substâncias requeridas para pesquisa e/ou extração em Minas Gerais, agrupadas em classes e subclasses (Figura 6), segundo uso e representatividade de processos minerários. Dessa forma, foram registrados 48.259 processos minerários para um total de 50.172 áreas (Gráfico 1).

Figura 6 – Distribuição dos processos minerários, outorgados pela ANM, por subclasses de substâncias minerais em Minas Gerais (2024)



Fonte: elaboração SEDE com base de dados do SIGMINE/ANM (2024)
Consulta realizada em 20/02/2024

Gráfico 1 – Distribuição dos processos minerários para as principais substâncias exploradas em Minas Gerais, sintetizados por classe (%)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de SIGMINE/ANM (fevereiro, 2024)

Na classe dos minerais metálicos, com cerca de 32% dos processos minerários, foram identificados 26 bens minerais, com destaque para ouro, ferro, lítio, alumínio, manganês e nióbio. Essas substâncias são requeridas pelos regimes de Concessão de lavra e Permissão de Lavra Garimpeira (PLG).

Em relação aos agregados para a construção civil, foram identificadas 27 substâncias minerais, requeridas principalmente pelos regimes de Licenciamento e Registro de Extração, destacando areia comum, cascalho, saibro, argilas, além de vários tipos de rochas que servem como brita.

Das 51 substâncias identificadas na classe dos minerais industriais, predominam a grafita, feldspatos, calcários, talco, diamante industrial, entre outros.

A extração de rochas ornamentais e de revestimento, principalmente na porção leste do estado, faz dessa atividade a quarta mais requerida junto à ANM, em termos de processos minerários. As rochas que sobressaem são os granitos e afins, ardósia, quartzitos, esteatitos e calcários.

Na classe de gemas e artefatos minerais, requeridos por meio dos regimes de Permissão de Lavra Garimpeira e Concessão

de Lavra, evidenciam-se diamante, água-marinha, alexandrita, ametista, citrino, berilo, crisoberilo, esmeralda, kunzita, turmalina, topázio e topázio imperial.

No tocante aos agrominerais, ressaltam-se os processos minerários para exploração de fosfatos, localizados principalmente na região de Patos de Minas. Entretanto, citam-se outros bens minerais relevantes, como rochas potássicas, calcários e dolomitos, pesquisados ou explotados no estado.

Por fim, constam, ainda, registros de processos minerários para águas minerais, águas termais e minerais energéticos.

1.1.3 Características da Produção Mineral no Estado

A Indústria Extrativa Mineral de Minas Gerais abrange desde empresas privadas de médio e grande porte até garimpos, sendo fortemente voltada para a exportação. Essa atividade é uma importante fonte de ingresso de divisas para o estado. Segundo a ANM (2023c), aproximadamente 74,5% do valor da produção mineral do país (Indicador de Produção Mineral – IPM) estavam concentrados em Minas Gerais e no Pará. Conforme o IBRAM (2023a), a produção de minérios no Brasil, em

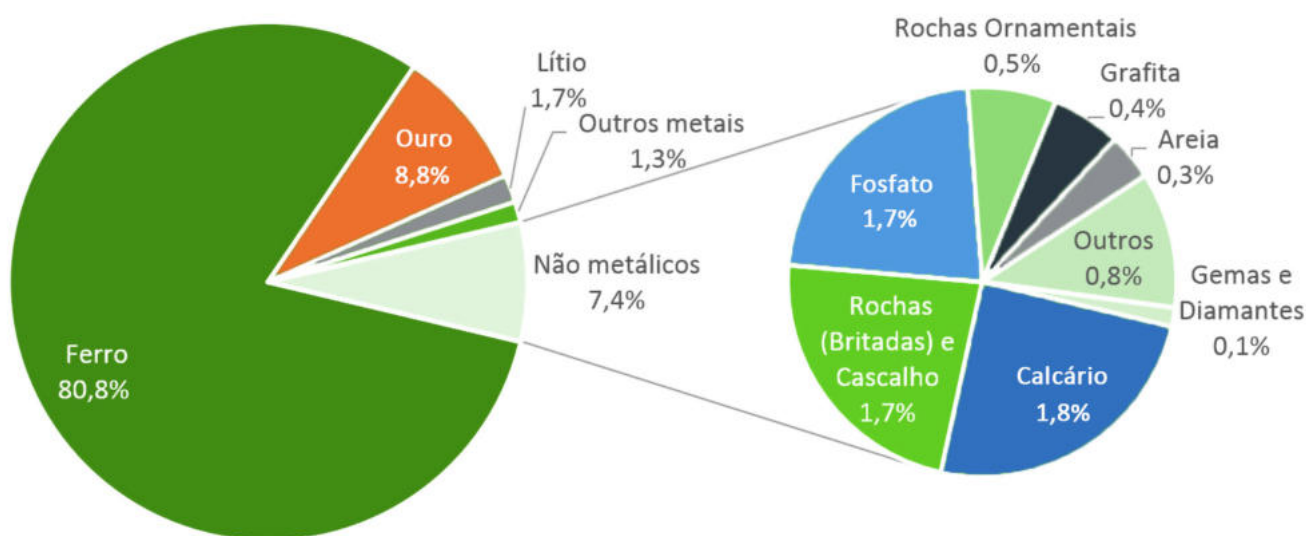
2022, foi estimada em 1,05 bilhão de toneladas, com um faturamento de R\$ 250 bilhões.

Parte majoritária da produção mineral de Minas Gerais é constituída por substâncias minerais metálicas, representando significativos 92,3% do valor da produção comercializada, equivalentes, em 2022, a R\$ 95,7 bilhões. Nesse contexto, naquele ano destacaram-se o minério de ferro, com expressiva parcela de 80,7%, equivalente a R\$ 83,8 bilhões, e o ouro, que contribuiu com 8,6%, totalizando

R\$ 8,9 bilhões. Na sequência, observou-se o lítio, com 1,7% (R\$ 1,7 bilhão), e o zinco, com 0,7% (R\$ 685,1 milhões)(ANM, 2023c).

Entre as substâncias minerais não metálicas, destacou-se no mesmo ano o calcário, responsável por 1,8% do valor da produção mineral (R\$ 1,9 bilhão), seguindo-se as rochas britadas e o cascalho, que representaram 1,7% (R\$ 1,7 bilhão). Adicionalmente, o fosfato apresentou uma participação significativa de 1,6% (R\$ 1,7 bilhão)(Gráfico 2).

Gráfico 2 – Distribuição do valor da produção mineral em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da ANM (2023c)

1.1.4 Comércio Exterior

A balança comercial de Minas Gerais tem sido superavitária e, em 2022, apresentou saldo de US\$ 22,6 bilhões, resultante do total de US\$ 40,2 bilhões de exportações e de US\$ 17,6 bilhões de importações. Os bens de origem mineral contribuíram com uma parcela de 51,9% (R\$ 20,8 bilhões) do total estadual, com destaque para minério de ferro, responsável por US\$ 12,1 bilhões; ferronióbio, com US\$ 1,6 bilhão, e ferro fundido bruto, que contribuiu com US\$ 1,6 bilhão (Figura 7).

Figura 7 – Balança comercial de Minas Gerais em 2022



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da ANM (2023c)

Apesar do seu potencial geológico, da disponibilidade e relativa abundância de recursos e reservas minerais, Minas Gerais importou, em 2022, US\$ 4,9 bilhões de bens minerais, sendo majoritariamente agrominerais (41,3%) e minerais energéticos (26,2%). Embora o estado disponha de produção mineral destinada à indústria de fertilizantes e adubos, tem sido necessária a importação de sais de potássio e de compostos químicos transformados, devido à grande demanda interna (COMEX STAT, 2023).

Dentre os principais parceiros comerciais de bens de origem mineral do estado de Minas Gerais, em 2022, destacaram-se, nas exportações: China (US\$ 9,7 bilhões), Estados Unidos (US\$ 1,7 bilhão), Barein (US\$ 1,3 bilhão), Países Baixos (US\$ 944,6 milhões) e Canadá (US\$ 782,1 milhões). Para China e Barein, o bem mineral com maior valor de exportação foi o minério de ferro. Destacou-se a venda de semimanufaturados de ferro e aço, para os Estados Unidos e Países Baixos, e de ouro, para o Canadá (Figura 8).

Figura 8 – Principais parceiros comerciais de Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

Em relação às importações, os principais fornecedores de produtos de origem mineral para Minas Gerais, em 2022, foram Rússia (US\$ 873,2 milhões), Estados Unidos (US\$ 834,2 milhões), Canadá (US\$ 413,8 milhões), China (US\$ 380,3 milhões) e Peru (US\$ 377,0 milhões). Os Estados Unidos

exportaram majoritariamente combustíveis de origem mineral, enquanto Rússia, China e Canadá se destacaram pela venda de agrominerais para o estado. Por fim, a maior parte das importações vindas do Peru são referentes ao minério de zinco (COMEX STAT, 2023).

1.1.5 Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM)

A produção mineral está sujeita à cobrança da CFEM e sua arrecadação é distribuída entre a União (10%), estados (15%) e municípios (75%), sendo 60% destinada aos municípios onde ocorre a produção e 15% para municípios afetados pela mineração. Na série histórica (2010 a 2023), com valores nominais, observou-se o valor máximo em 2021 (R\$ 4,6 bilhões) e, o mínimo, em 2010 (R\$ 468,5 milhões) (Gráfico 3).

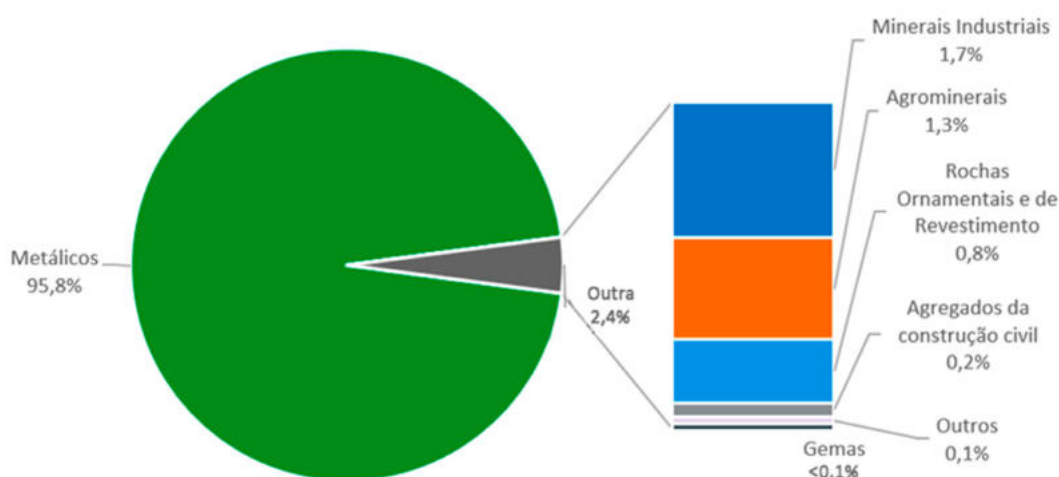
Gráfico 3 – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais (2010-2023)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2024a)

Em 2023, a CFEM arrecadada por Minas Gerais foi de R\$ 3,2 bilhões, sendo 95,8% (R\$ 3,0 bilhões) do total provenientes da lavra de substâncias metálicas, e 88,7% do total (R\$ 2,8 bilhões) referentes à produção do minério de ferro, além de 4,4% (R\$ 140,2 milhões) ao ouro. Dentre os não metálicos, destacaram-se as arrecadações oriundas dos metais industriais (R\$ 54,7 milhões) e dos agrominerais (R\$ 41,5 milhões) (Gráfico 4).

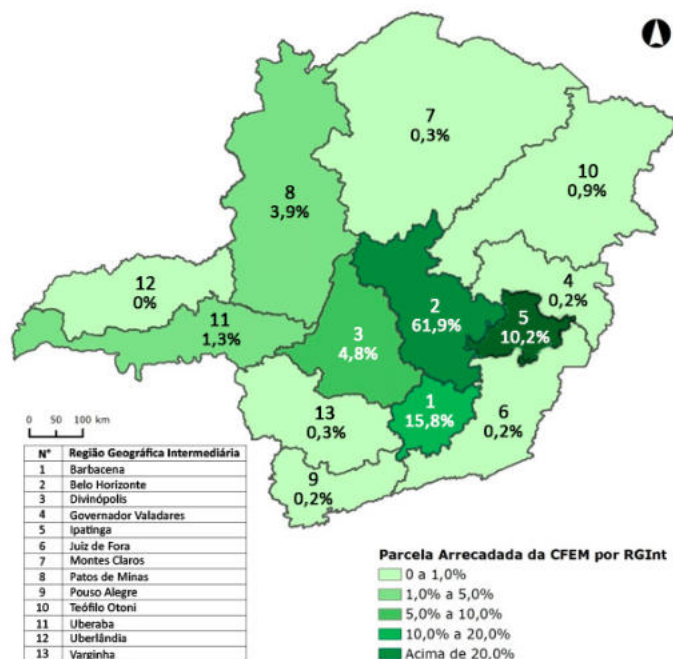
Gráfico 4 – Participação na arrecadação da CFEM por tipo de mineral em MG (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023c)

Das 13 RGIInts do estado de Minas Gerais, a de Belo Horizonte se destacou com o maior montante arrecadado da CFEM (R\$ 2,0 bilhões, 61,9% do total) em 2023. O protagonismo dessa RGIInt está associado majoritariamente à lavra de minério de ferro em seu território, que engloba maior parte dos municípios do Quadrilátero Ferrífero, além de outros importantes municípios mineradores, como Conceição do Mato Dentro. As RGIInts de Barbacena (R\$ 510,1 milhões), Ipatinga (R\$ 327,9 milhões) e Divinópolis (R\$ 155,6 milhões) também apresentaram arrecadações significativas de CFEM, que corresponderam a 15,8%, 10,2% e 4,8% do total do estado, respectivamente (Figura 9).

Figura 9 – Distribuição da participação da CFEM por RGInt (2023)



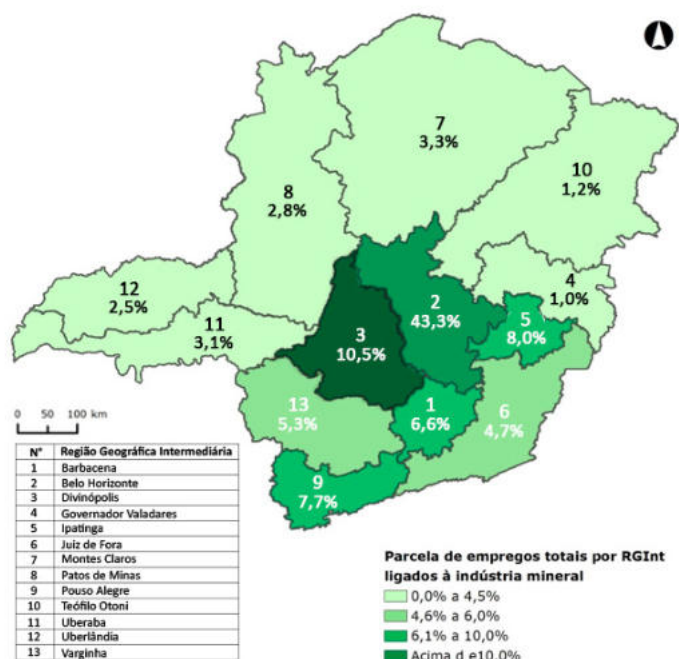
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023c)

Observa-se que, embora a maior parte da arrecadação da CFEM se concentre na RGInt de Belo Horizonte, outras regiões também dependem, substancialmente, da atividade minerária.

1.1.6 Empregos

Em Minas Gerais, a indústria mineral possui grande importância na geração de empregos. Em 2021, segundo dados da RAIS (2022), a indústria extrativa foi responsável por 69.927 empregos diretos no estado, concentrados principalmente na RGInt de Belo Horizonte (35.799 empregos), Barbacena (8.977 empregos) e Divinópolis (5.686 empregos). Já a indústria de transformação concentrou 286.551 empregos, com destaque para a RGInt de Belo Horizonte (119.280 empregos), seguida de Divinópolis (31.812 empregos) e Pouso Alegre (26.902 empregos). A Figura 10 apresenta a distribuição percentual dos empregos diretos relacionados aos dois setores da indústria mineral por RGInt.

Figura 10 – Distribuição dos empregos diretos ligados à indústria mineral por RGInt (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Uma característica marcante da mão de obra do setor mineral é o predomínio da participação masculina (84,6%, 301.670 postos de trabalho), de idade entre 30 a 39 anos (32,2%) e com ensino médio completo (57,7%).

1.1.6.1 Caracterização da Mão de Obra na Indústria Minerária

Em 2021, Minas Gerais registrou cerca de 5 milhões de empregos formais, sendo 18% gerados pela indústria, dos quais 7,2% correspondem ao setor mineral (358.478 postos de trabalho), sendo 20% referentes à extração mineral e 80% à transformação mineral.

A Tabela 6 apresenta a concentração dos empregos formais no setor mineral. Observa-se que a RGInt de Belo Horizonte foi responsável por 51% dos vínculos empregatícios, seguida pela RGInt de Barbacena, com 13% na atividade extrativa. Por sua vez, quanto à Indústria de Transformação, as RGInts de Belo Horizonte e Divinópolis apresentaram as maiores concentrações, com 41% e 11%, respectivamente.

Tabela 6 – Concentração dos empregos formais (2021)

RGInts	Extrativa Mineral	Indústria de Transformação
Belo Horizonte	51%	41%
Barbacena	13%	5%
Divinópolis	8%	11%
Patos de Minas	7%	2%
Ipatinga	6%	8%
Varginha	3%	6%
Teófilo Otoni	3%	1%
Juiz de Fora	2%	5%
Montes Claros	2%	4%
Uberaba	2%	3%
Governador Valadares	2%	1%
Pouso Alegre	1%	9%
Uberlândia	0%	3%

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Em relação à distribuição da mão de obra por setor de atividade (Tabela 7), na RGInt de Belo Horizonte observou-se que 77% dos vínculos empregatícios estavam concentrados na extração de ferro e 13% na extração de metais preciosos. As RGInts de Divinópolis, Barbacena e Ipatinga, similarmente, apresentaram alta concentração da mão de obra na extração do ferro. Além disso, a RGInt de Belo Horizonte apresentou destaque no setor de fabricação de automóveis, camionetas e utilitários, com 11,6% da mão de obra, e no setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores, com 9,1%. A RGInt de Divinópolis, segunda mais importante em relação à atividade da indústria de transformação, apresentou concentração de empregos no setor de fundição de ferro e aço, correspondendo a 20,2% da mão de obra.

Tabela 7 – Concentração de mão de obra do setor mineral por RGInt (2021)

RGInts	Extrativa Mineral	Indústria de Transformação diretamente relacionada à mineração
Barbacena	• 13% dos empregos formais de MG. • 87% no setor de extração de minério de ferro.	• 5% dos empregos formais de MG. • 49,7% no setor de produção de laminados longos de aço.
Belo Horizonte	• 51% dos empregos formais de MG (RGInt com maior concentração). • 77% no setor de extração de minério de ferro.	• 41% dos empregos formais de MG (RGInt com maior concentração). • 11,6% no setor de fabricação de automóveis, camionetas e utilitários. • 9,1% no setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não especificados anteriormente.
Divinópolis	• 8% dos empregos formais de MG. • 46% no setor de extração de minério de ferro.	• 11% dos empregos formais de MG. • 20,2% no setor de fundição de ferro e aço.
Governador Valadares	• 2% dos empregos formais de MG. • 70% no setor de extração de pedra, areia e argila.	• 1% dos empregos formais de MG. • 20,8% no setor de fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso estrutural na construção.
Ipatinga	• 6% dos empregos formais de MG. • 89% no setor de extração de minério de ferro.	• 8% dos empregos formais de MG. • 38,4% no setor de produção de laminados planos de aço.
Juiz de Fora	• 2% dos empregos formais de MG. • 71% no setor de extração de pedra, areia e argila. • 19% no setor de extração de alumínio.	• 5% dos empregos formais de MG. • 11% no setor de fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e materiais semelhantes.
Montes Claros	• 2% dos empregos formais de MG. • 38% no setor de pedra, areia e argila. • 32% no setor de extração de metais preciosos.	• 4% dos empregos formais de MG. • 46,9% no setor de produção de ferroligas.
Patos de Minas	• 7% dos empregos formais de MG. • 40% no setor de metais preciosos. • 35% no setor de não ferrosos não especificados anteriormente.	• 2% dos empregos formais de MG. • 17,8% no setor de fabricação de adubos e fertilizantes.
Pouso Alegre	• 1% dos empregos formais de MG. • 59% no setor de extração de pedra, areia e argila. • 21% no setor de extração de alumínio.	• 9% dos empregos formais de MG. • 33,3% no setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não especificados anteriormente.
Teófilo Otoni	• 3% dos empregos formais de MG. • 51% no setor de não metálicos não especificados anteriormente. • 46% no setor de pedra, areia e argila.	• 1% dos empregos formais de MG. • 30,2% no setor de fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso estrutural na construção.
Uberaba	• 2% dos empregos formais de MG. • 59% no setor de extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos.	• 3% dos empregos formais de MG. • 23% no setor de fabricação de adubos e fertilizantes.
Uberlândia	• 0% dos empregos formais de MG. • 100% no setor de extração de pedra, areia e argila.	• 3% dos empregos formais de MG. • 19,7% no setor de fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso estrutural na construção.
Varginha	• 3% dos empregos formais de MG. • 71% no setor de extração de pedra, areia e argila.	• 6% dos empregos formais de MG. • 21% no setor de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não especificados anteriormente.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Ao analisar a concentração de mão de obra por meio do Coeficiente Locacional (CL)¹, apresentado na Tabela 8, observou-se que o setor extrativo mineral com a maior concentração de mão de obra foi o de extração de minerais radioativos. Portanto, esse é um setor que possui o padrão de concentração regional mais intenso quando comparado aos demais. Isso ocorre devido à aglomeração de mão de obra na RGIInt de Pouso Alegre. O setor de extração de minério de manganês também apresentou concentração, localizado, principalmente, na RGIInt de Barbacena. Já o setor de extração de minério de alumínio, o terceiro com o maior coeficiente locacional (CL), possui um padrão de aglomeração de mão de obra nas regiões de Juiz de Fora e Pouso Alegre.

Os demais setores extrativos apresentam uma concentração de mão de obra considerada de média a baixa (< 0,50), com destaque para o setor de extração de minério de ferro, que apesar de ser um dos mais importantes na matriz produtiva do estado, possui um médio valor do indicador de CL, de 0,45. Isso significa que a concentração da mão de obra do setor é menos acentuada, se comparada aos demais

Tabela 8 – Principais coeficientes locacionais da indústria extrativa mineral

Setores da Atividade Extrativa Mineral	CL
Extração de minerais radioativos	0,92
Extração de minério de manganês	0,86
Extração de minério de alumínio	0,85
Extração de minerais metálicos não ferrosos não especificados anteriormente	0,84
Extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos	0,74

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Em relação aos setores da indústria de transformação mineral (Tabela 9) observou-se que o setor de metalurgia de cobre é o que possui o maior valor (0,93). Essa aglomeração ocorre principalmente na RGIInt de Varginha. O setor de fabricação de produtos de metal não especificados anteriormente apresentou o mais baixo padrão de concentração de mão de obra, com CL de 0,16. Esse setor é a soma de diversas classes relacionadas à fabricação de produtos de metal, portanto, considera-se que não exista concentração espacial ou que tenha valor muito baixo, quando comparado aos demais setores.

Tabela 9 – Principais coeficientes locacionais da indústria de transformação

Setores da Atividade Indústria de Transformação	CL
Metalurgia do cobre	0,93
Produção de laminados planos de aço	0,86
Fabricação de equipamento bélico pesado, armas de fogo e munições	0,85
Fabricação de máquinas e equipamentos para a indústria do plástico	0,85
Manutenção e reparação de veículos ferroviários	0,84

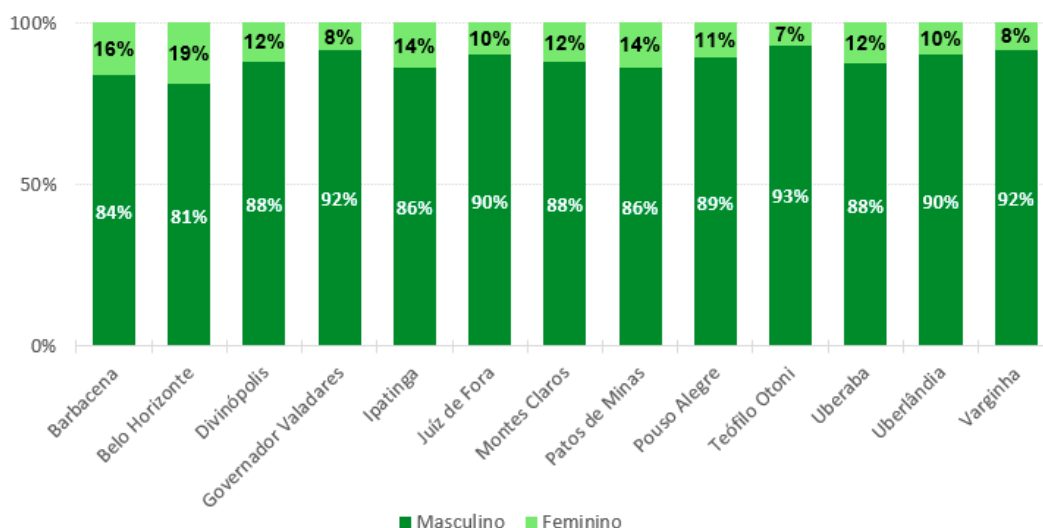
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

¹O Coeficiente Locacional (CL) é um indicador de concentração que permite identificar o grau de dispersão relativa das atividades econômicas no espaço, relacionando a distribuição percentual de emprego do setor.

1.1.6.2 Identificação do Perfil e Nível de Capacitação da Mão de Obra no Setor Mineral

A atividade extrativa mineral é predominantemente incorporada por uma mão de obra masculina, que varia de 81% a 93% entre as RGIInts (Gráfico 5). Apesar de ainda muito dispar, a RGIInt de Belo Horizonte foi a que apresentou maior inserção feminina, com 19% dos empregos formais. Por outro lado, a RGIInt de Teófilo Otoni foi a que apresentou menor participação feminina, com apenas 7%. Esse cenário é similar na atividade de indústria de transformação, em que a contratação masculina varia entre 82% e 92%. As RGIInts de Uberlândia e Pouso Alegre são as que apresentaram maiores percentuais de empregos formais de mulheres, com 18% e 17%, respectivamente.

Gráfico 5 – Percentual dos empregos formais por gênero nas treze RGIInts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)

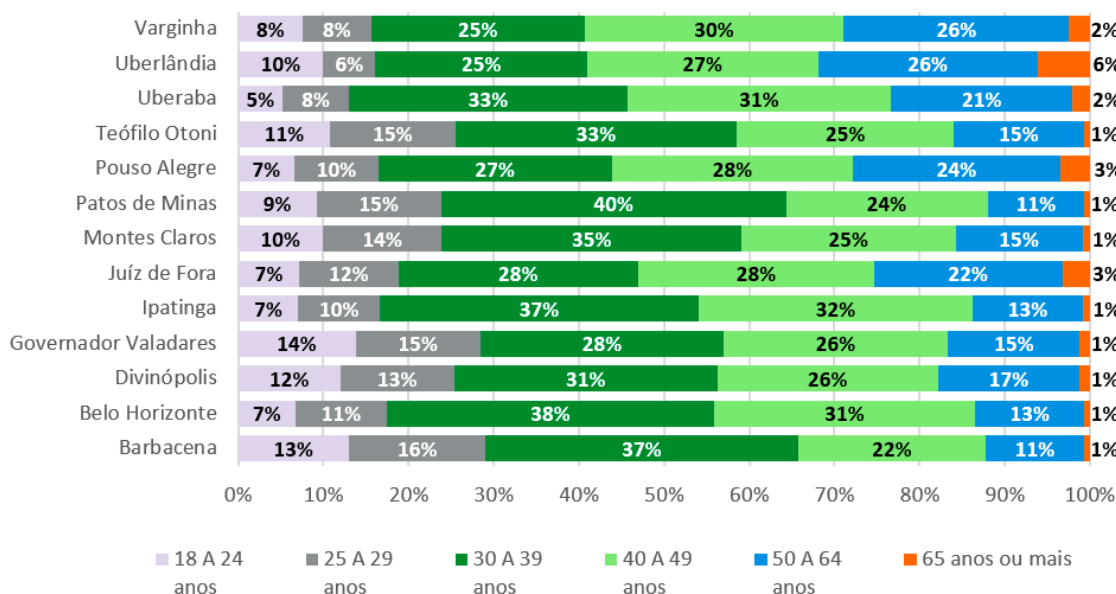


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Com relação à faixa etária, aquelas que concentram maior quantitativo de mão de obra na atividade extrativa mineral estão entre 30 a 39 anos e 40 a 49 anos (Gráfico 6). Na maioria das RGIInts, a faixa etária de 30 a 39 anos é a que apresenta maior número de postos de trabalho em relação ao total de empregos formais, com exceção de Pouso Alegre, Uberlândia e Varginha, em que a maioria dos empregados se encontra na faixa etária de 40 a 49 anos. Nestas duas últimas RGIInts, observa-se também um percentual expressivo na penúltima faixa etária, de 50 a 64 anos, que representa 26% do total dos empregos nas duas regiões.



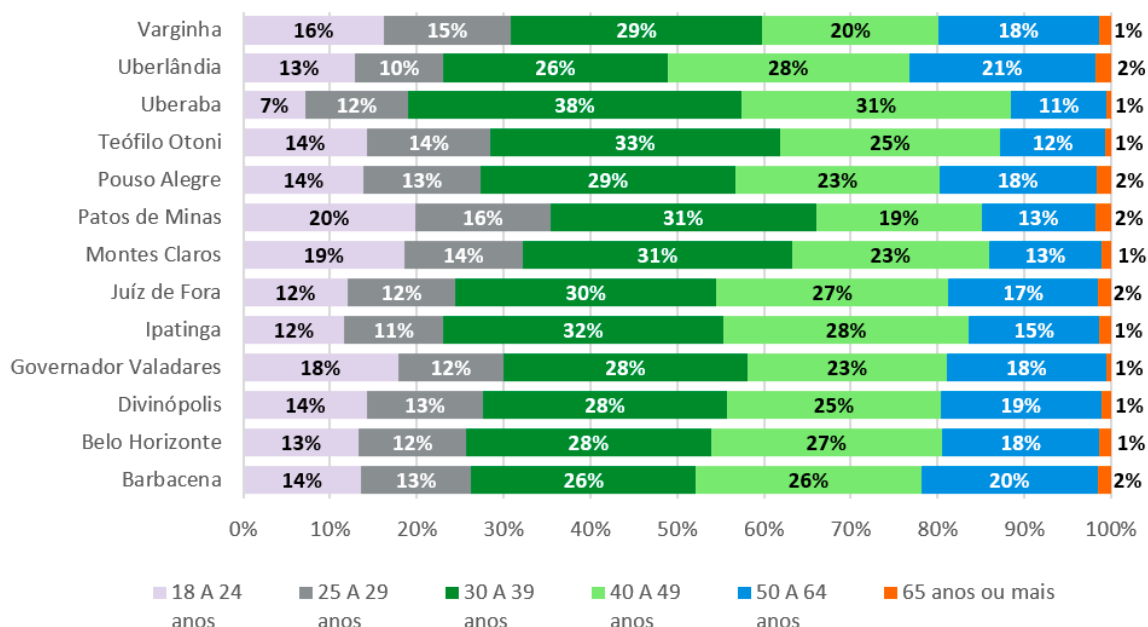
Gráfico 6 – Percentual dos empregos formais por faixa etária nas RGLnts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Para a indústria de transformação, em linhas gerais, a atividade apresenta similaridades à da extrativa mineral, com um perfil dos empregos formais concentrando-se, também, nas faixas etárias de 30 a 49 anos (Gráfico 7). Com relação à faixa etária de 65 ou mais, a atividade de indústria de transformação, assim como a extrativa mineral, apresentou valores com máximo de 2% de participação no total dos empregos. Além disso, percebe-se que a inserção de trabalhadores da faixa etária de 18 a 24 anos atingiu 20% na RGLnt Patos de Minas e 19% em Montes Claros, frente ao máximo de 14% observado na atividade extrativa mineral

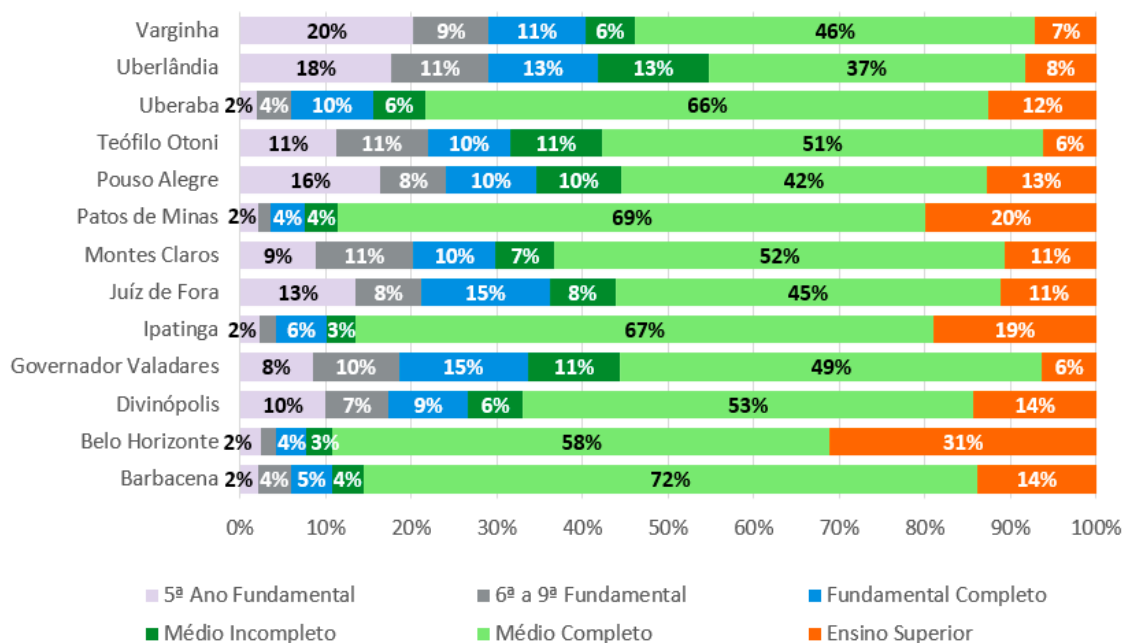
Gráfico 7 – Percentual dos empregos formais por faixa etária nas RGLnts de Minas Gerais na atividade de indústria de transformação (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Com relação à escolaridade, em linhas gerais, o mais exigido na atividade extrativa mineral foi o ensino médio completo, destacando-se a RGInt de Barbacena, com mais de 70% dos postos de trabalho com esse perfil (Gráfico 8). A RGInt de Belo Horizonte também apresentou mais da metade dos postos de trabalho com esse mesmo grau de instrução, seguido do ensino superior, com 31%. As RGInts de Varginha e Uberlândia destacaram-se pela menor concentração nesse nível de escolaridade, e maior contratação de pessoas com até o 5º ano do ensino fundamental, 20% e 18%, respectivamente.

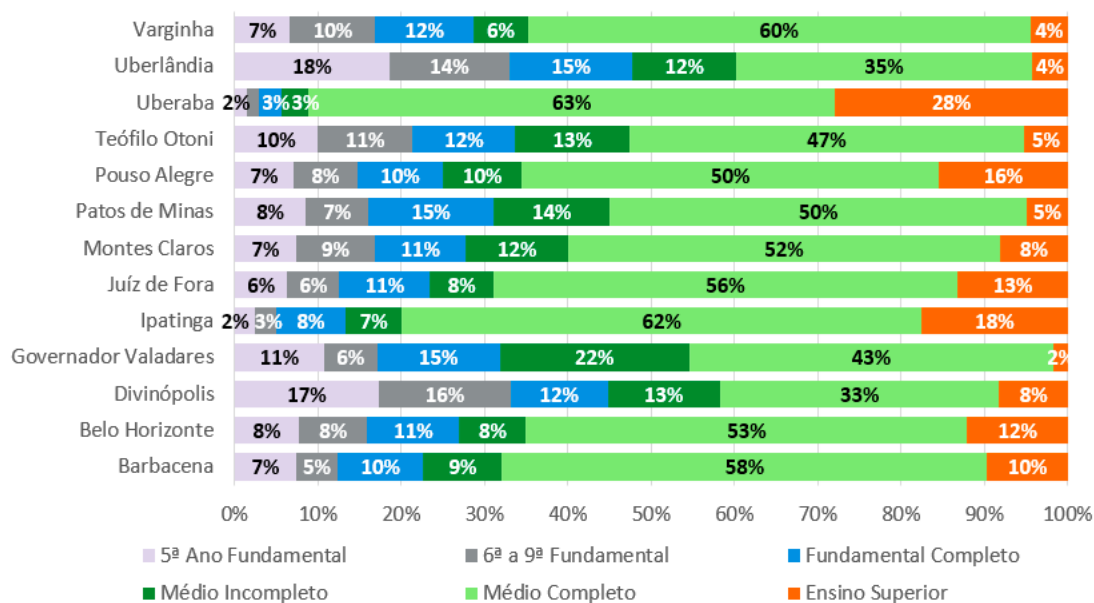
Gráfico 8 – Percentual dos empregos formais por escolaridade nas RGInts de Minas Gerais na atividade extrativa mineral (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

Já para a atividade de indústria de transformação, a RGInt de Uberaba apresentou a maior concentração de postos de trabalho com nível de instrução superior completo e incompleto, com 28% (Gráfico 9). Uberaba apresentou, ainda, o maior percentual dos postos de trabalho com o ensino médio completo, com 63%, seguida pela RGInt de Ipatinga, com 62%. A RGInt de Governador Valadares apresentou a menor concentração de postos de trabalho com maior grau de instrução, representando apenas 2% do total de empregos da região.

Gráfico 9 – Percentual dos empregos formais por escolaridade nas RGInts de Minas Gerais na atividade de indústria de transformação (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da RAIS (2022)

1.1.6.3 Condições de Saúde e Segurança Ocupacional

A saúde ocupacional e a segurança no trabalho são essenciais para a responsabilidade social no setor de mineração. Investir nesses aspectos demonstra compromisso com o bem-estar dos trabalhadores e operação ética (CHEN; ZORIGT, 2013; NOGUEIRA; LINDE; BOTHA, 2018). Além de proteger contra riscos, contribui para melhorar a produtividade, reduzir custos e fortalecer a reputação corporativa.

Importante destacar que no Brasil as Normas Regulamentadoras (NRs) e resoluções da ANM determinam diretrizes para a saúde e segurança ocupacional na mineração, sendo seu cumprimento obrigatório. A adoção de certificações como NBR ISO 45001 e ISO 31000 traz benefícios econômicos e reconhecimento internacional, devido à gestão eficaz de riscos.

A ISO 45001, desenvolvida pela *International Organization for Standardization*, é uma norma para o Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional, constituindo-se em um marco no compromisso organizacional com a conformidade às exigências legais vigentes e com a adoção de práticas preventivas eficazes no controle de perigos e riscos inerentes às atividades empresariais. Já a ISO 31000, voltada à gestão de riscos, reforça a governança corporativa e visa a minimização de perdas, otimizando o desempenho

em saúde e segurança, contribuindo para a confiança das partes interessadas.

Reconhecidamente, os trabalhadores da mineração estão expostos a riscos físicos, químicos, ergonômicos e psicossociais. A avaliação contínua desses riscos é importante para identificar e mitigar os perigos, com a implementação de medidas de controle. Da mesma forma, a formação e a conscientização dos trabalhadores sobre esses riscos e suas formas de prevenção estimulam a criação e manutenção de um ambiente de trabalho seguro e protegido (NOGUEIRA; LINDE; BOTHA, 2018).

Neste sentido, desenvolver uma cultura de segurança baseada em comunicação aberta, aprendizado contínuo e responsabilidade compartilhada, contribui para a gestão eficaz desse tema. O monitoramento, as auditorias regulares e a atualização constante das práticas garantem que as condições de saúde e segurança sejam avaliadas e ajustadas em tempo real, prevenindo acidentes e minimizando riscos. Além disso, a adoção de novas tecnologias, como sistemas automatizados e equipamentos avançados de monitoramento, oferece uma oportunidade ao setor de aprimorar as práticas de segurança e fortalecer seu compromisso com a sustentabilidade no longo prazo.



1.2 Cadeias Produtivas de Substâncias Minerai

Nesta seção, é realizada uma análise abrangente das cadeias produtivas das substâncias minerais de maior relevância socioeconômica para Minas Gerais. Os dados públicos sobre reservas, histórico da produção, arrecadação da CFEM e empregos são descritos, permitindo uma comparação da dinâmica do estado com outras regiões e países. A presença das principais empresas, suas vantagens competitivas, estrutura logística e processos de transformação mineral são examinados, assim como as expectativas de investimentos.

Para todas as substâncias, as informações referentes à produção nacional e estadual foram extraídas do Anuário Mineral Brasileiro: Ano Base 2021, divulgado pela Agência Nacional de Mineração – ANM (2022a). Os registros sobre reservas e produção em nível mundial foram obtidos do *United States Geological Survey* – USGS (2022), à data-base de 2021. Em relação à produção por RGInt, produção municipal e recursos e reservas (nacionais, estaduais e municipais), os dados têm como fonte os Dados Anuais Consolidados ANM – 2010 a 2020, disponibilizado pela ANM (2021), relativo ao ano de 2020. As informações da CFEM arrecadada foram extraídas dos dados abertos da ANM (2024a), considerando a data-base de 2023 e as alíquotas de Brasil (2017). Os registros de emprego são oriundos da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (2022), relativos ao ano de 2021. Além disso, as análises da balança comercial foram feitas a partir de informações do Comex Stat (2024), com base nos dados de 2023.

1.2.1 Substâncias Minerai Metálicas

1.2.1.1 Ferro

1.2.1.1.1 Aspectos Gerais

De relevância econômica, o minério de ferro desempenha um importante papel no superávit da balança comercial, tanto em âmbito nacional quanto estadual. Minas Gerais se destaca como polo essencial nesse setor, contribuindo significativamente para a balança comercial do estado, com 43,9% das exportações totais (COMEX STAT, 2023).

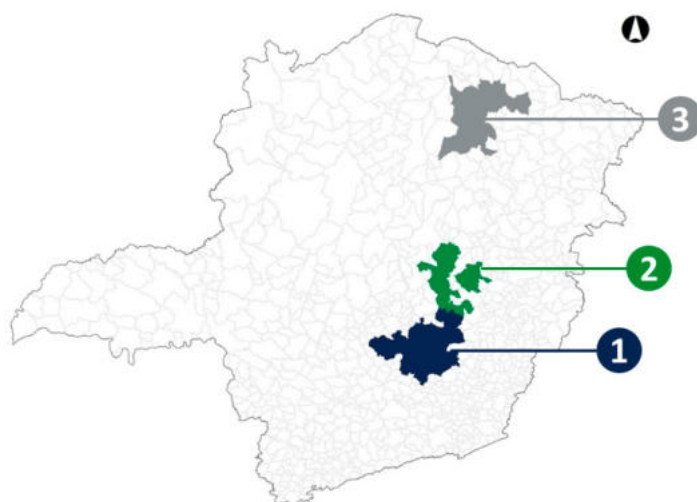
Dentre os oito principais distritos ferríferos do Brasil, três estão situados em Minas Gerais: o Quadrilátero Ferrífero, a Borda Leste da Serra do Espinhaço e o Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Figura 11). Esses distritos englobam parte ou a totalidade de 52 municípios (Figura 12) e ressaltam a importância estratégica do estado no cenário nacional da produção de minério de ferro, consolidando sua posição como um dos principais fornecedores desse bem mineral em termos históricos, atuais e futuros.

Figura 11 – Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais



Fonte: adaptado de Caxito; Dias, 2018

Figura 12 – Municípios que englobam os distritos ferríferos de Minas Gerais



1 Quadrilátero Ferrífero: Barão de Cocais, Belo Horizonte, Belo Vale, Betim, Brumadinho, Caeté, Catas Altas, Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Ibirité, Igarapé, Itabira, Itabirito, Itatiaiuçu, Itaúna, Jeceaba, João Monlevade, Mariana, Mário Campos, Mateus Leme, Moeda, Nova Lima, Ouro Branco, Ouro Preto, Raposos, Rio Acima, Rio Manso, Rio Piracicaba, Sabará, Santa Bárbara, Santa Luzia, São Gonçalo do Rio Abaixo, São Joaquim de Bicas e Sarzedo.

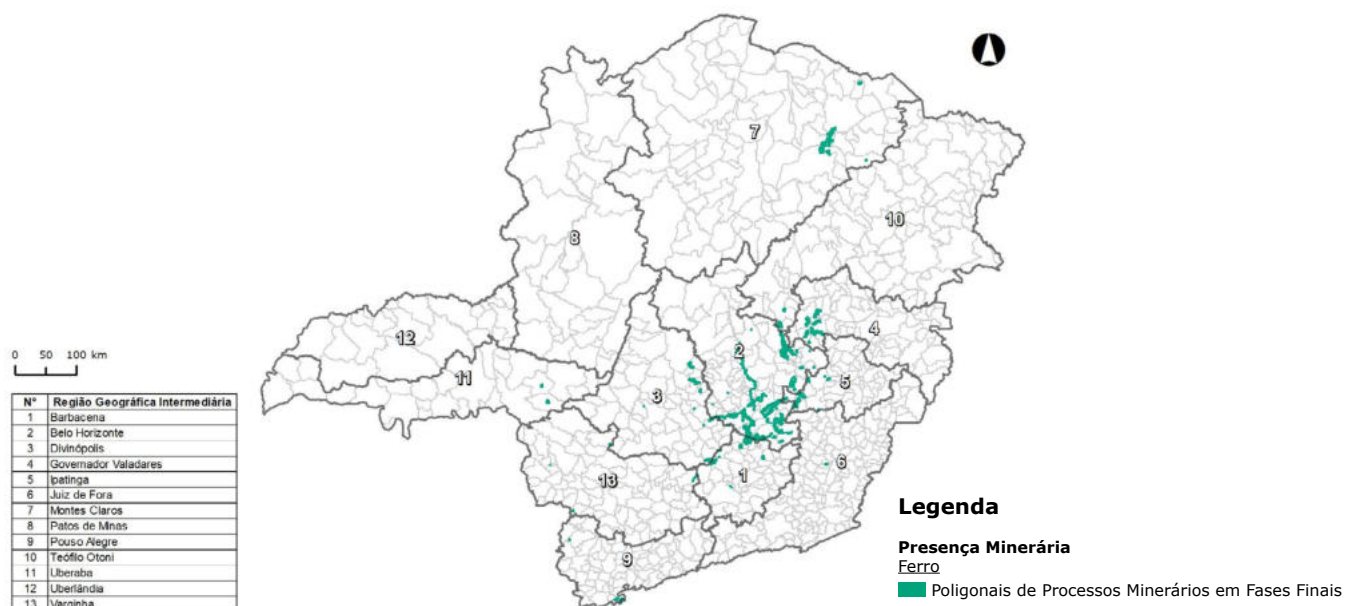
2 Borda Leste da Serra do Espinhaço: Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dolores de Guanhanes, Itambé do Mato Dentro, Guanhanes, Morro do Pilar, Santa Maria de Itabira, Santo Antônio do Itambé, Senhora do Porto, Serra Azul de Minas e Serro.

3 Distrito Ferrífero de Nova Aurora: Grão Mogol, Padre Carvalho, Porteirinha, Riacho dos Machados, Rio Pardo de Minas, Serranópolis de Minas e Taiobeiras.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base de dados do IBGE (2018)

Por sua vez, a Figura 13 apresenta um panorama detalhado da atividade extrativista do minério nas RGIInts, a partir das poligonais dos processos minerários de ferro em fases finais (requerimento e concessão de lavra).

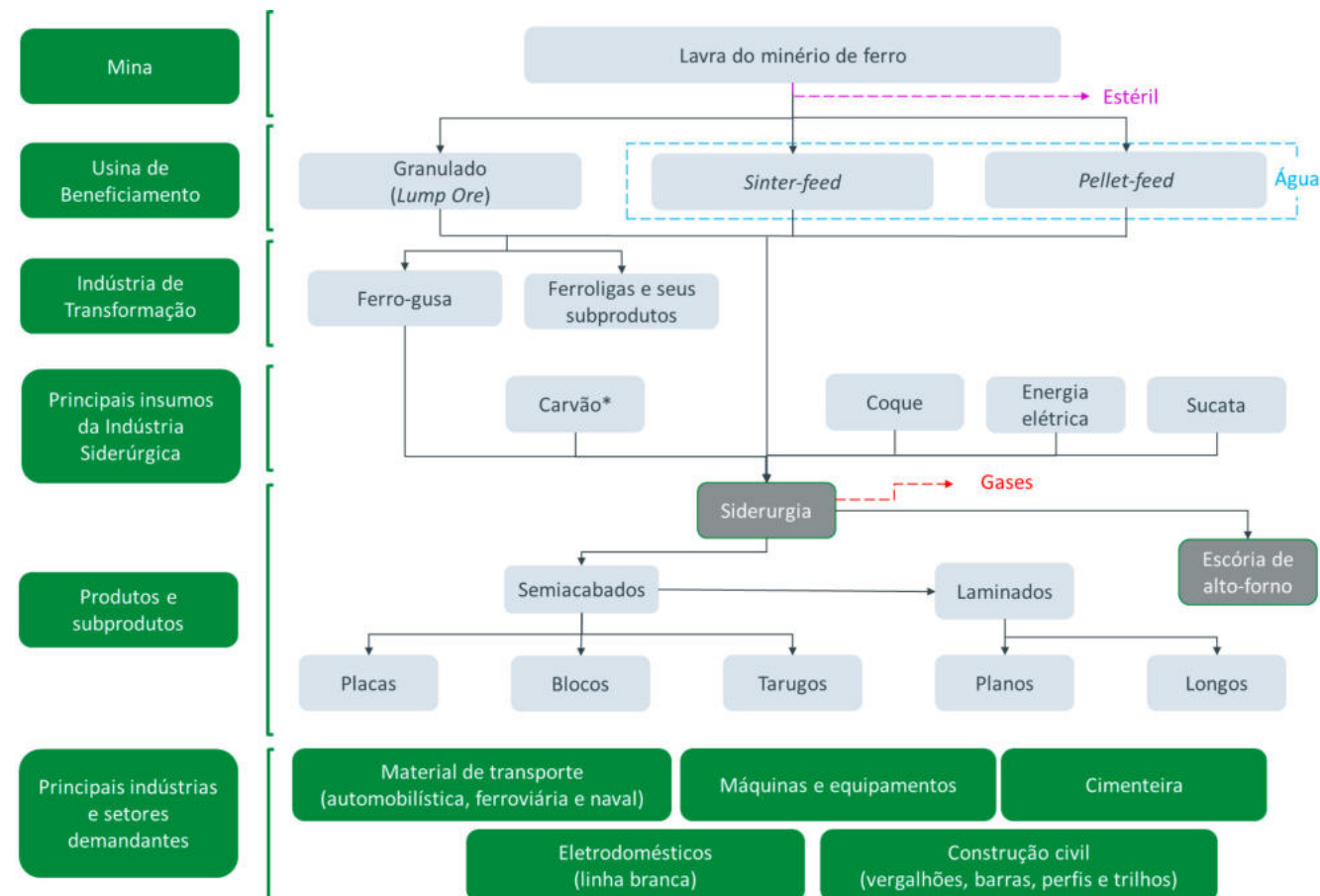
Figura 13 – Distribuição das poligonais nas RGIInts de processos minerários de ferro em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A cadeia produtiva do ferro em Minas Gerais se destaca como uma das mais verticalizadas (Figura 14). A abrangente integração de processos confere uma notável eficiência operacional e uma posição estratégica na produção siderúrgica, permitindo maior controle sobre a qualidade e as características dos produtos. Dentre as principais companhias mineradoras de Minas Gerais, destacam-se a Vale S.A., a Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A., a CSN Mineração S.A., a Samarco Mineração S.A., a Usiminas S.A., a Vallourec Tubos do Brasil Ltda., a ArcelorMittal e a Gerdau S.A.

Figura 14 – Etapas da cadeia produtiva do ferro



*carvão mineral e/ou vegetal

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Viana (2019)

Um dos principais desafios associados aos impactos potenciais da lavra e concentração de minério de ferro está relacionado às questões de segurança, além de aspectos socioambientais e econômicos decorrentes da disposição dos resíduos gerados, como estéril e rejeitos. Esse contexto destaca a importância de adotar medidas sustentáveis na gestão desses materiais. A destinação do estéril, por exemplo, pode ser feita para usos como componente de sub-base asfáltica ou no preenchimento de cavas exauridas, quando localizadas a distâncias viáveis. Além disso, a codisposição ou disposição compartilhada de estéril e rejeitos em cavas ou pilhas é uma abordagem que pode contribuir para reforçar a segurança e mitigar os impactos ambientais e sociais negativos associados à gestão desses materiais (FIGUEIREDO, 2007; MME, 2022a).

As reservas de minério de ferro remanescentes em Minas Gerais direcionam a produção de *sinter* e *pellet-feed*, processos que geralmente requerem o uso de água no beneficiamento. Esse uso representa um grande desafio no processamento de minérios, especialmente devido às restrições ambientais relacionadas à disposição de rejeitos da mineração. Esses desafios operacionais resultam em custos significativamente elevados, que podem ser agravados por chuvas intensas, questões de estabilidade, drenagem, potenciais rupturas e, especialmente em minas de teores mais baixos, podem comprometer a viabilidade econômica de novos projetos.

Superar as limitações das barragens tradicionais na disposição de rejeitos é um desafio que exige novos paradigmas, incluindo métodos de separação sólido-líquido, como a filtragem, o desenvolvimento de barragens mais seguras e alternativas de disposição. Essa inovação é fundamental para a sustentabilidade ambiental e é vital para a viabilidade e competitividade da indústria mineral.

Destaca-se que o Brasil é o segundo maior produtor global de *pellets*; porém, das 16 usinas de pelotização no país, apenas três estão localizadas em Minas Gerais (Tabela 10).

Tabela 10 – Pelotização em Minas Gerais

Usina	Empresa	Município	Início da Operação	Capacidade Inicial (Mtpa)	Capacidade Acumulada (Mtpa)
Fábrica	Vale	Ouro Preto	1977	3	11
Vargem Grande	Vale	Nova Lima	2009	7	59
VSM	JV Valourec & Sumitomo	Jeceaba	2013	1	60

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Heider (2021a)

O minério de ferro direcionado à indústria de transformação é utilizado principalmente na produção de ferro-gusa, aço, ferroligas e seus derivados. O setor produtivo é caracterizado por grandes empresas que atuam em diferentes fases, desde a transformação do minério de ferro em aço. Esses produtos são aplicados em diversos segmentos, como automotivo, naval, eletrodomésticos e construção civil.

A indústria siderúrgica busca se instalar próxima às minas, como no Quadrilátero Ferrífero, para reduzir custos de transporte e aumentar a competitividade do aço produzido em Minas Gerais. Um exemplo de melhoria logística é a Estrada de Ferro Vitória a Minas, que conecta as regiões mineradoras ao porto de Tubarão, em Vitória (ES). Essa ferrovia facilita o escoamento do minério de ferro das minas para as indústrias siderúrgicas e posteriormente para exportação. A infraestrutura da ferrovia transformou o meio socioeconômico do Vale do Aço, no leste do estado, ao reduzir custos de transporte e aumentar a eficiência logística, impulsionando a urbanização, a instalação de diversos setores industriais e o surgimento das áreas urbanas atuais (COSTA, 1995).

Em relação à fundição, Minas Gerais se posiciona como o maior produtor nacional de aço bruto, semiacabados e laminados, com cerca de 400 empresas e 30% da produção do país (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2025). A RGIInt de Divinópolis é notável por abrigar um Arranjo Produtivo Local (APL) de Fundição, com a participação de 120 empresas. Adicionalmente, a presença do Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi (SENAI/CETEF), em Itaúna, impulsiona a inovação tecnológica do setor por meio de laboratórios especializados, conduzindo pesquisas aplicadas à indústria da fundição (MINEROMETALÚRGICO, [20–]).

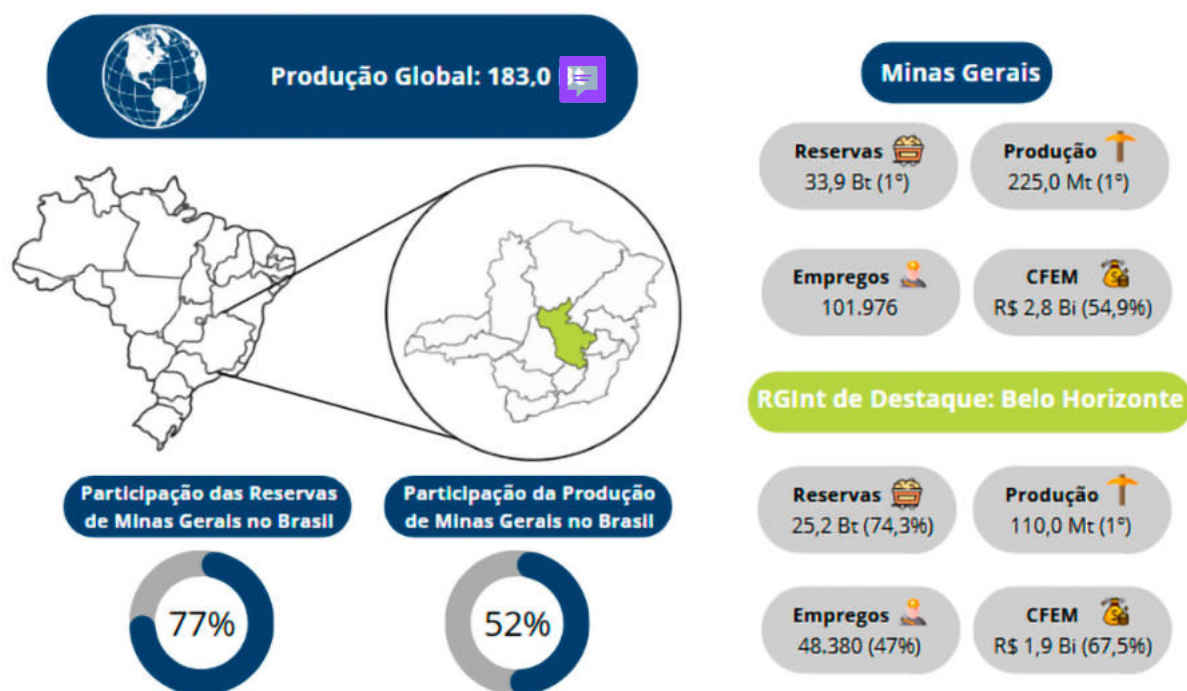
O ferro-gusa desempenha um papel relevante como matéria-prima na indústria de fundição ou na produção de aço, sendo sua utilização determinada por especificações de teores de contaminantes. Em 2022, Minas Gerais liderou a produção nacional de ferro-gusa, abarcando 73,2% do total, equivalente a 4,35 Mt (SINDIFER, 2022).

O polo guseiro mineiro compreende 51 usinas independentes e atende tanto o mercado interno quanto a exportação, geralmente numa proporção de 50%. A produção de gusa a carvão vegetal apresenta o desafio de prevenir e controlar os impactos ambientais, mediante práticas de adequado manejo das florestas plantadas, bem como da adoção de tecnologias apropriadas de carvoejamento (SINDIFER, 2022).

A demanda por produtos com baixa pegada de carbono pode se tornar um diferencial competitivo para aqueles que utilizam carvão vegetal em sua produção, especialmente no mercado europeu.

Na Figura 15 estão apresentadas as informações consolidadas sobre reserva, produção anual, empregos e CFEM referentes ao minério de ferro em Minas Gerais e da principal RGInt.

Figura 15 – Principais informações do minério de ferro



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

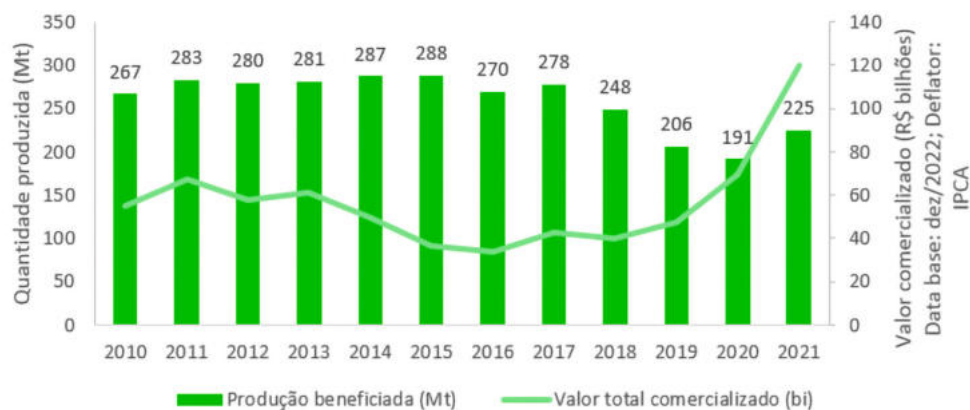
1.2.1.1.2 Reservas

- Em 2022, as reservas globais de minério de ferro totalizavam cerca de 183 Bt, sendo 18,6% (34 Bt) pertencentes ao Brasil, consolidando a posição do país como o segundo maior player global, atrás apenas da Austrália.
- Em 2020, aproximadamente 77,2% das reservas nacionais de minério de ferro estavam concentradas em Minas Gerais, totalizando 33,9 Bt. O estado do Pará detinha 16,3%, com 7,2 Bt, enquanto o Amazonas, apesar de representar uma parcela mínima (0,01%) das reservas nacionais, destacava-se pelo maior teor médio de ferro (70%).
- As RGInts que mais se destacaram em reservas de minério de ferro foram Belo Horizonte, com 25,2 Bt (74,3%), Barbacena, com 4,5 Bt (13,3%), e Divinópolis, com 3,1 Bt (9,0%). Destacam-se os municípios de Mariana (5,3 Bt), Nova Lima (4,6 Bt), Conceição do Mato Dentro (4,5 Bt), Congonhas (4,4 Bt), Itatiaiuçu (3 Bt), Itabirito (3 Bt), Brumadinho (1,9 Bt), Ouro Preto (1,7 Bt) e Santa Bárbara (1,2 Bt).

1.2.1.1.3 Produção de Minério de Ferro

- Nacionalmente, a produção de minério de ferro concentra-se principalmente em Minas Gerais (52,2%), com 225,0 Mt, e no Pará (43,9%), com 189,2 Mt.
- Em Minas Gerais, destaca-se a RGInt de Belo Horizonte, responsável por 57,6% da lavra e beneficiamento (110,0 Mt), seguida pelas RGInts de Barbacena (28,6 Mt ou 14,9%) e Teófilo Otoni (23,8 Mt ou 12,5%).
- Desde 2010, a produção de minério de ferro beneficiado em Minas Gerais manteve-se acima de 200 Mt na maioria dos anos. No entanto, a partir de 2015, houve uma queda significativa devido aos rompimentos das barragens de Fundão (2015) e do Córrego do Feijão (2019). Esses eventos levaram à paralisação das minas associadas a essas barragens, bem como à suspensão e/ou redução temporária da produção em outras minas (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Série histórica da produção beneficiada e do valor total comercializado de minério de ferro em Minas Gerais

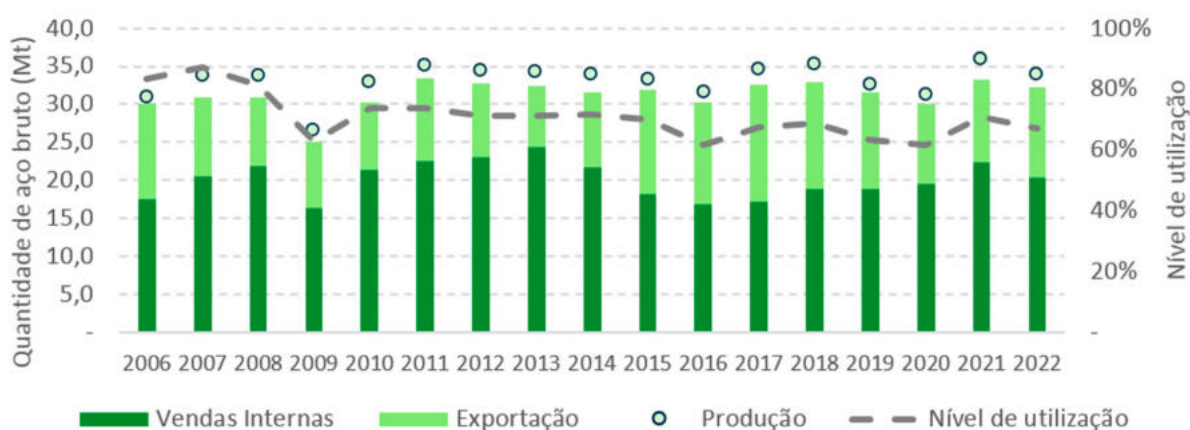


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2022a)

1.2.1.1.4 Produção de Aço Bruto e Siderurgia

- Ao contrário do minério de ferro, a produção de aço bruto no Brasil (Gráfico 11) está predominantemente relacionada ao mercado interno. Além disso, a indústria siderúrgica nacional opera com capacidade ociosa (relacionada ao nível de utilização), uma tendência que se acentuou desde 2007, pois a produção não acompanhou os investimentos na expansão da capacidade instalada (em 2007, 38,9 Mt; em 2022, 50,9 Mt), principalmente devido à redução do consumo interno e à competição com o aço importado da China.
- A produção nacional de aço está concentrada em 12 empresas, que incluem ArcelorMittal, Gerdau, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (Usiminas), Vallourec e Aperam, instaladas em Minas Gerais.
- Em 2022, Minas Gerais foi o principal estado produtor de aço no país (10,1 Mt; 29,7%), seguido do Rio de Janeiro (9,7 Mt; 28,4%) e Espírito Santo (7,1 Mt; 20,9%).

Gráfico 11 – Produção e destinação do aço bruto (Brasil)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados do Instituto Aço Brasil (2023)

1.2.1.1.5 Empregos

- Em 2021, em Minas Gerais, a cadeia produtiva do ferro foi responsável por 41.993 empregos na indústria extrativa e 59.983 na indústria de transformação, correspondendo a 68,0% e 34,0% do total nacional, respectivamente.

- Os empregos do setor extrativista do minério de ferro se concentram nas RGInts de Belo Horizonte (66,1%), Barbacena (18,7%), Ipatinga (8,6%) e Divinópolis (6,2%).
- Os postos de trabalho na indústria de transformação se concentram, similarmente, nas mesmas RGInts descritas para a indústria extrativa, uma vez que a proximidade geográfica desempenha um papel relevante na redução dos custos logísticos para transporte do minério. Notáveis são as RGInts de Belo Horizonte (34,4%), Divinópolis (18,9%), Ipatinga (18,6%) e Barbacena (12,6%).

1.2.1.1.6 CFEM

- A alíquota da CFEM incidente sobre o faturamento líquido do minério de ferro é estabelecida em 3,5%.
- No ano de 2023, a arrecadação em Minas Gerais referente ao ferro atingiu R\$ 2,8 bilhões, correspondendo a 54,9% do montante total desse bem mineral no país. O Pará registrou uma arrecadação de R\$ 2,2 bilhões, representando 43,7% do total.
- No âmbito estadual, a RGInt de Belo Horizonte liderou a arrecadação, totalizando R\$ 1,9 bilhão, correspondendo a 67,5% do montante total do estado, principalmente com os municípios de Conceição do Mato Dentro, Itabirito e Itabira. A RGInt de Barbacena (R\$ 458,4 milhões; 16,3%), com o município de Congonhas, e a RGInt de Ipatinga (R\$ 321,4 milhões; 11,4%), com o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, também tiveram contribuições expressivas.

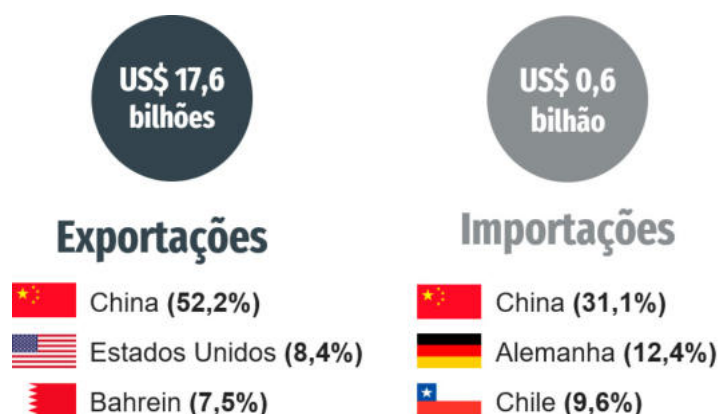
1.2.1.1.7 Balança Comercial

Em 2022, a balança comercial dos produtos da cadeia produtiva do ferro no Brasil registrou um saldo positivo de US\$ 39,1 bilhões. As exportações da indústria extrativa se concentraram, no mesmo ano, nos estados do Pará (US\$ 12,8 bilhões), Minas Gerais (US\$ 12,1 bilhões) e Espírito Santo (US\$ 2,7 bilhões), representando conjuntamente 95,6% do montante total exportado.

Quanto às importações nacionais, em 2022 destacaram-se São Paulo (US\$ 2,39 bilhões), Santa Catarina (US\$ 2,2 bilhões), Rio de Janeiro (US\$ 0,7 bilhão) e Minas Gerais (US\$ 0,6 bilhão). O saldo da balança comercial de Minas Gerais de produtos da cadeia produtiva do ferro foi de US\$ 17,1 bilhões nesse período.

As exportações foram majoritariamente destinadas à China, EUA e Bahrein, enquanto as importações vieram, em sua maioria, da China, Alemanha e Chile (Figura 16).

Figura 16 – Balança comercial da cadeia produtiva do ferro em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

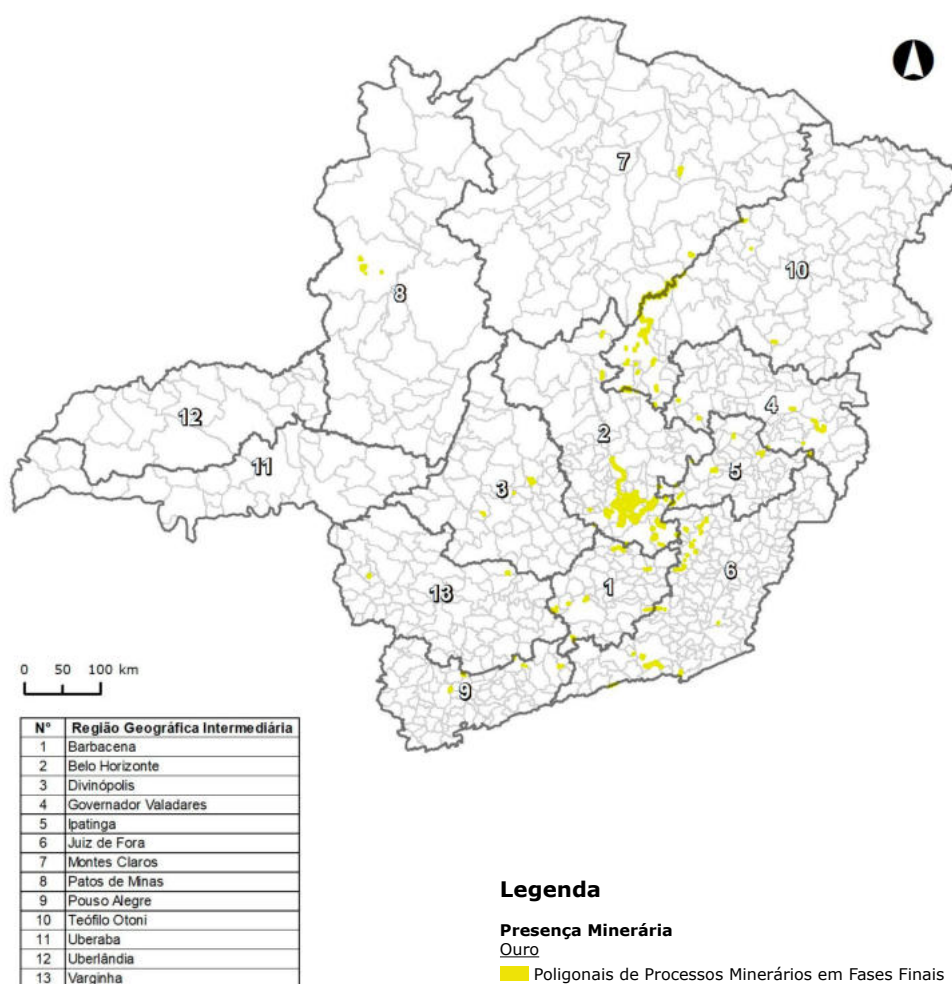
1.2.1.2 Ouro

1.2.1.2.1 Aspectos Gerais

O ouro é uma substância metálica de relevância econômica, social e estratégica para Minas Gerais e para o Brasil. A região do Quadrilátero Ferrífero é um dos principais polos auríferos do território brasileiro, com destaque para as minas da AngloGold Ashanti, Mina Cuiabá e Mina Lamego, operando em Sabará, e a mina de Córrego do Sítio (CDS), em Santa Bárbara (MG), com a produção suspensa desde agosto de 2023 (ANGLOGOLD ASHANTI, 2023). Destaca-se também o distrito aurífero situado no noroeste de Minas, na periferia do município de Paracatu, onde está localizada a mina Morro do Ouro, controlada pela Kinross. Atualmente, a mina é a principal operação de ouro do país, com uma produção acima de 16 t/ano, prevendo-se aumento dessa capacidade, apesar do teor aurífero de apenas 0,4 g/t (PORTO; PALERMO; PIRES, 2002; AGUIAR, 2018).

A Figura 17 apresenta a distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de ouro outorgados (concessão de lavra e permissão de lavra garimpeira) e em fase de requerimento de lavra.

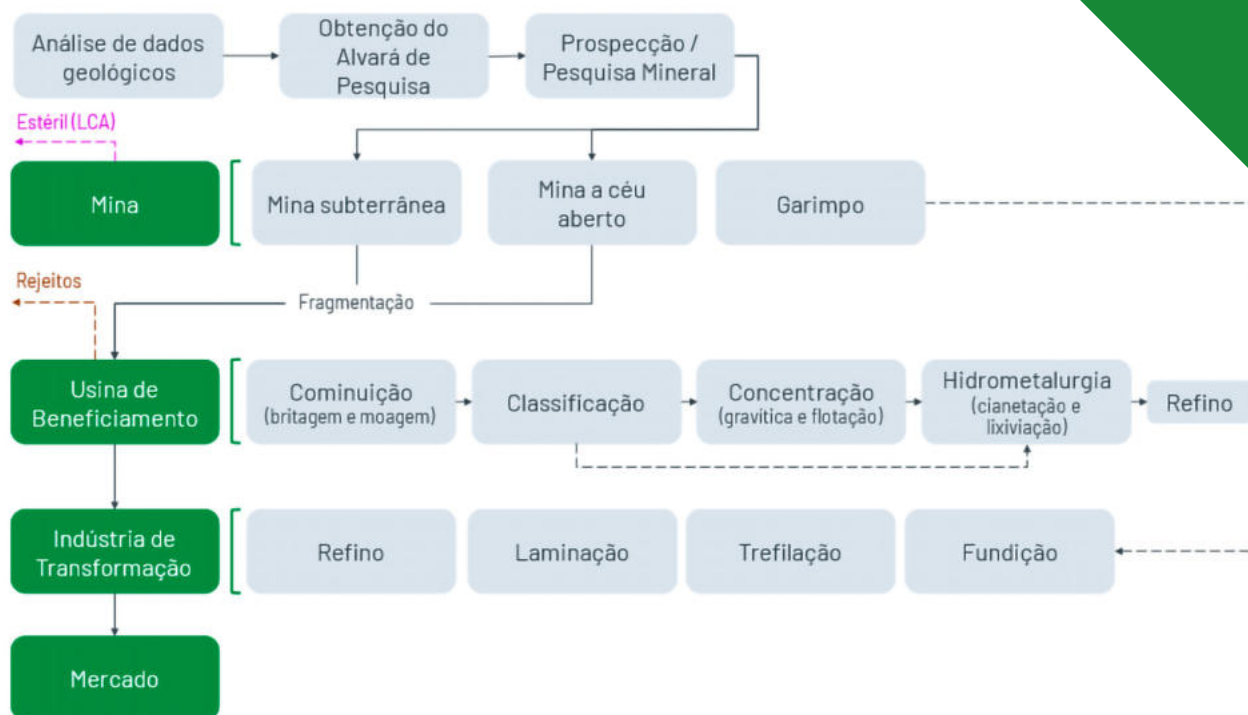
Figura 17 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de ouro em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a).
Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A lavra do minério de ouro pode ocorrer a céu aberto ou subterrânea. Após a lavra, o minério é transportado para a usina ou planta de beneficiamento (Figura 18). Apesar da operação da mina Morro do Ouro, no município de Paracatu, ser realizada a céu aberto, as minas subterrâneas são mais utilizadas (SEDE, 2022).

Figura 18 – Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro

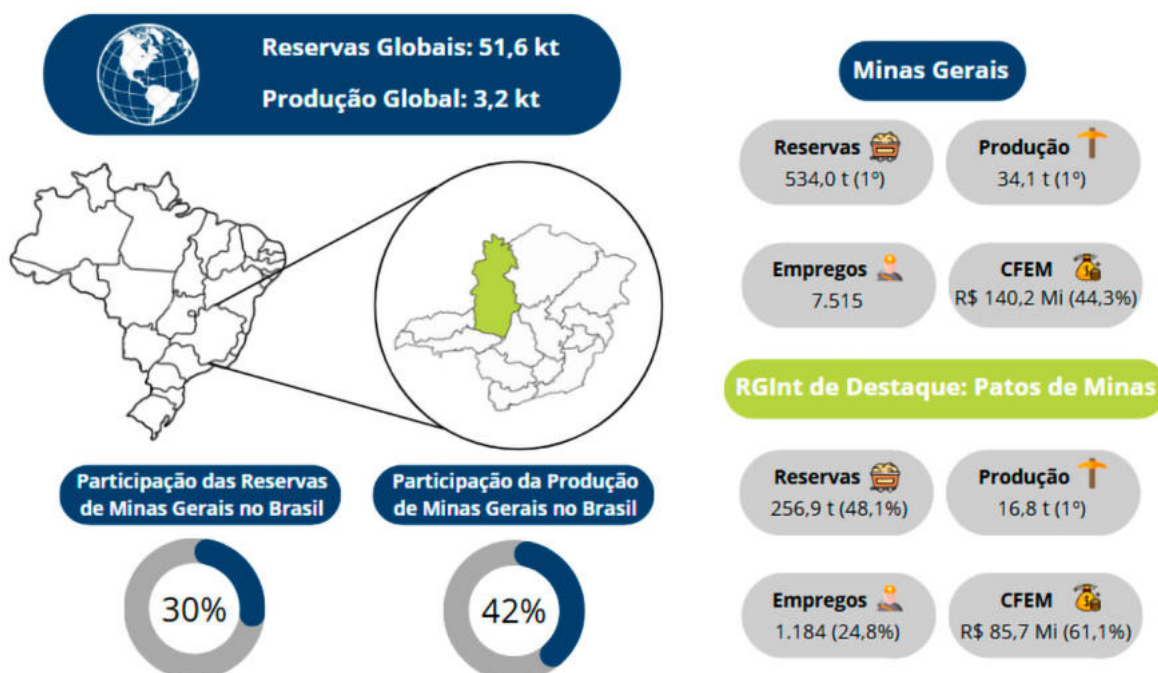


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Em Minas Gerais, além da produção industrial do ouro, há também aquela realizada por garimpeiros, que trabalham principalmente em depósitos secundários e utilizam técnicas rudimentares, observando-se a falta de investimento em pesquisas geológicas, para avaliar recursos e reservas, e em métodos eficazes para o planejamento das operações de lavra. Como resultado, nesse caso, o risco é alto e a produtividade e o controle operacional e ambiental são, comparativamente, menores e menos previsíveis em relação à operação industrial (Costa, 2007; SEDE, 2022).

Na Figura 19 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção anual, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt relativas ao ouro.

Figura 19 – Principais informações do ouro



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.2.2 Reservas

- Em 2022, as reservas mundiais de ouro atingiram o patamar de 51,6 kt. Os principais *players* foram a Austrália, Rússia, África do Sul, Estados Unidos e Peru, que, juntos, possuíam mais da metade das reservas mundiais de ouro (50,6%). O Brasil ocupou a sétima posição, com 2,4 kt, o que correspondeu a 4,7% do total.
- Em 2020, Minas Gerais foi o estado com as maiores reservas lavráveis de ouro contido (534 t; 30,3% do total nacional). A RGInt de Patos de Minas representou 48,1% (256,9 t) das reservas lavráveis de ouro em Minas Gerais, concentradas inteiramente no município de Paracatu.
- Belo Horizonte foi a segunda RGInt com maior quantidade de ouro contido em reserva lavrável no estado (213,0 t; 39,9%), seguida da RGInt de Montes Claros (37,8 t; 7,1%), Divinópolis (23,3 t; 4,4%) e Teófilo Otoni (1,3 t; 0,2%).

1.2.1.2.3 Produção

- Apesar de possuir a sétima maior reserva do mundo (USGS, 2023), o Brasil figurou como o 14º produtor mundial de ouro (60,0 t; 1,9% do total produzido mundialmente).
- Minas Gerais destacou-se, em 2020, como o principal produtor de ouro do país (34,1 t; 41,9% do total nacional).
- Em relação à distribuição regional, destaca-se a RGInt de Patos de Minas (16,8 t, 49,3% do total). Na sequência, as RGInts de Belo Horizonte (12,8 t; 37,6%), Montes Claros (3,2 t; 9,35%) e Divinópolis (1,3 t; 3,7%) apresentaram as maiores produções de ouro do estado, respectivamente.
- Em 2020, a produção de ouro no estado foi distribuída entre 12 municípios, com mais de 90% concentrada em Paracatu (16,8 t; 49,3%), Nova Lima (8,1 t; 23,7%), Riacho dos Machados (3,19 t; 9,3%) e Santa Bárbara (3,1 t; 9,2%).
- Em 2020 foi registrada a produção mais alta (34,1 t) no intervalo entre 2010 e 2021, influenciada pelo fortalecimento do valor do ouro devido à redução nos rendimentos dos títulos governamentais, fragilidade do dólar, implementação de pacotes de estímulo em decorrência da Covid-19 e elevada incerteza geopolítica.

1.2.1.2.4 Empregos

- Em 2021, o setor de lavra de metais preciosos em Minas Gerais contou com 7.515 postos de trabalho.
- Embora a RGInt de Patos de Minas lidere a produção de ouro, a RGInt de Belo Horizonte concentra o maior número de postos de trabalho, representando 62,3% do total.
- A RGInt de Patos de Minas contribuiu com 24,8% dos empregos, seguida por Divinópolis (7,5%) e Montes Claros (5,2%).

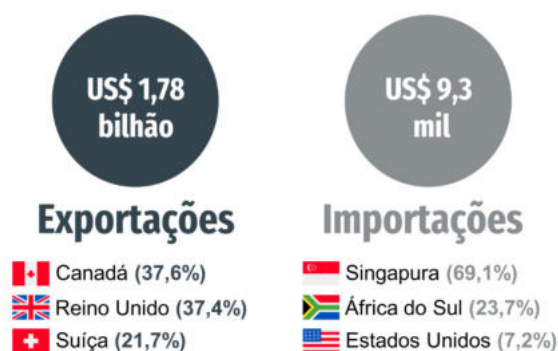
1.2.1.2.5 CFEM

- Em 2023, Minas Gerais liderou a arrecadação da CFEM do ouro no Brasil, totalizando R\$ 140,2 milhões, representando 44,3% do total nacional.
- Na distribuição estadual, Patos de Minas foi a RGInt com maior arrecadação (R\$ 85,7 milhões; 61,1%), destacando-se o município de Paracatu. A RGInt de Belo Horizonte ficou em segundo lugar em arrecadação estadual (R\$ 42,9 milhões; 30,6%), com destaque para o município de Sabará, enquanto as demais regiões totalizaram R\$ 11,6 milhões.

1.2.1.2.6 Balança Comercial

Em 2022, as exportações de ouro representaram 4,4% do total de Minas Gerais e contribuíram com 11% do total da indústria de transformação mineral do estado. No contexto nacional, o Brasil exportou cerca de US\$ 4,9 bilhões de ouro não monetário, com Minas Gerais respondendo por 36,2% do total nacional. Em relação às importações, o estado ocupou a nona posição dentre os demais, correspondendo a 0,2% do valor total (Figura 20).

Figura 20 – Balança comercial da cadeia produtiva do ouro em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

A maior parte (US\$ 1,0 bilhão) das exportações foi de ouro bruto na forma de bulhão dourado (bullion doré), frequentemente produzido como um produto intermediário na lavra de metais preciosos. Outras formas, como ouro em barras, fios e perfis de seção maciça, também contribuíram significativamente, totalizando US\$ 741,1 milhões em exportações. Compostos de ouro, como a auranofina², foram responsáveis por apenas US\$ 1,3 milhão das exportações.



1.2.1.3 Alumínio

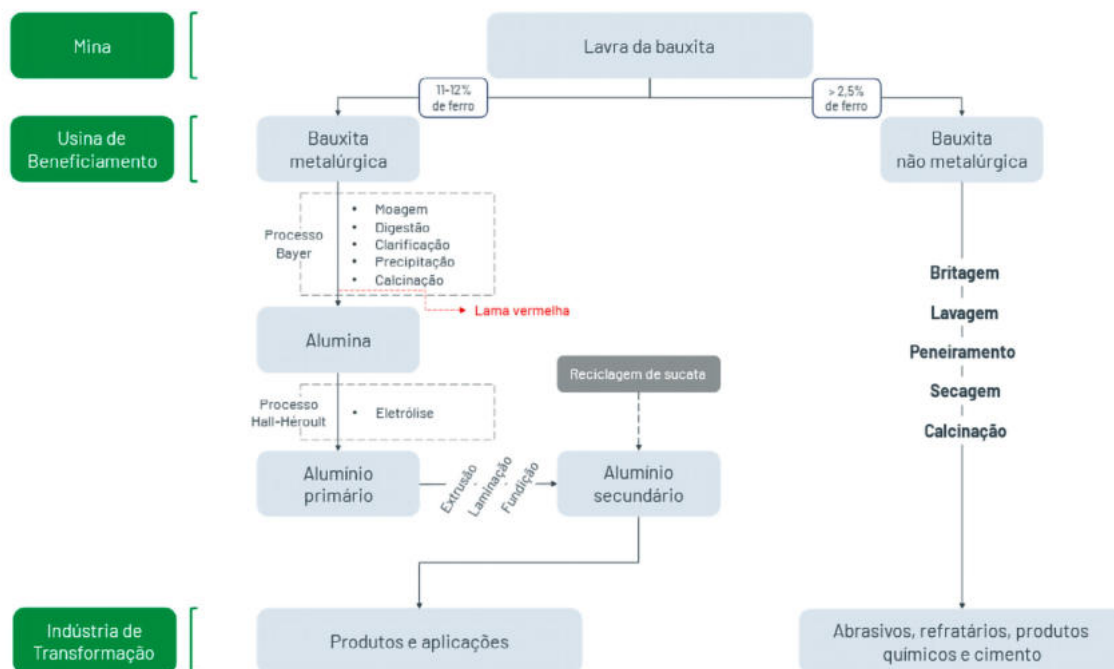
1.2.1.3.1 Aspectos Gerais

A cadeia produtiva do alumínio começa com a lavra da bauxita em minas a céu aberto, seguida por processos como britagem, lavagem, peneiramento e secagem (SEDE, 2022). A bauxita é processada para obter óxidos e hidróxidos de alumínio, com diferentes proporções, determinando destinações como bauxita para fins metalúrgicos e bauxita refratária (BNDES, 2011; SAMPAIO; ANDRADE; DUTRA, 2008). Após o beneficiamento, a bauxita segue rotas distintas, podendo ser usada tanto no processo de calcinação (no caso de uso não-metalúrgico), quanto no processo Bayer (no caso de uso metalúrgico). O processo Bayer, que corresponde a quase totalidade do consumo, converte bauxita metalúrgica em alumina, enquanto o processo Hall-Héroult transforma a alumina em alumínio (TAN; KHOO, 2005).

O alumínio metálico passa por etapas de extrusão, laminação, fundição e forjamento para atingir características desejadas (BNDES, 2011). A extrusão molda o alumínio para usos na construção civil e na produção de fios elétricos. A fundição e o forjamento são empregados na produção de peças e componentes demandados por diferentes setores industriais. A laminação é amplamente usada em embalagens e no setor de transportes (Figura 21).

² A auranofina é um composto químico derivado do ouro, utilizado para aplicações específicas devido às propriedades químicas únicas desse metal, incluindo sua estabilidade e reatividade controlada.

Figura 21 – Etapas da cadeia produtiva do alumínio



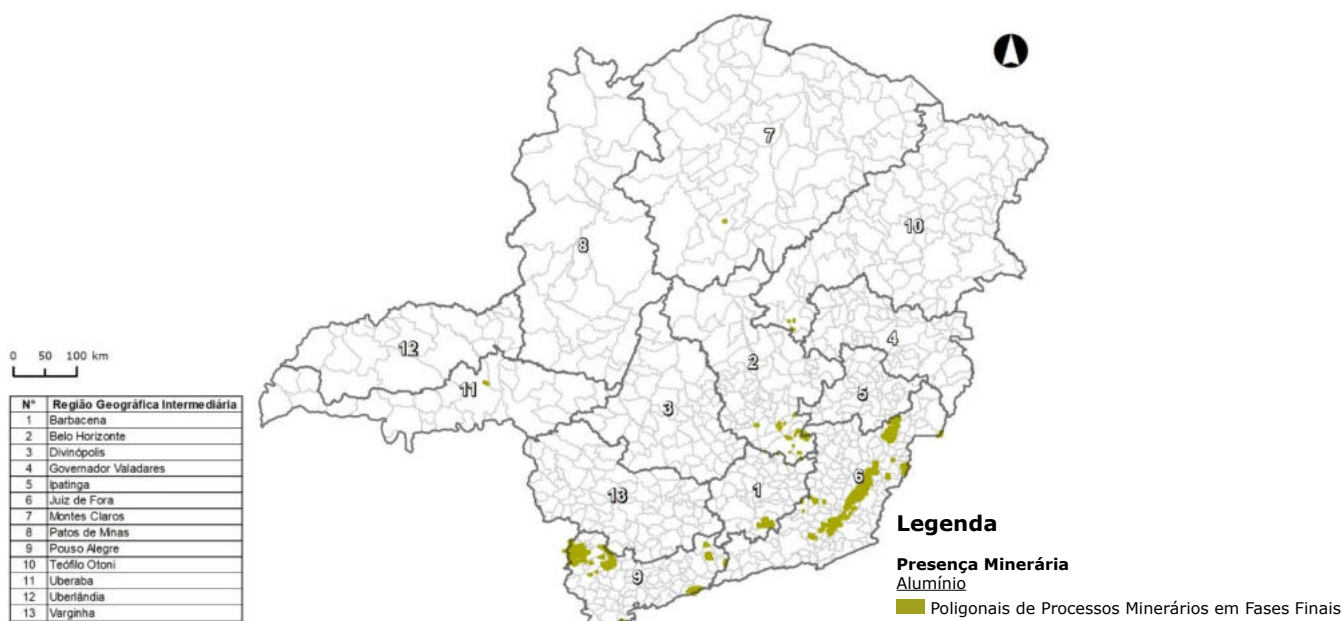
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

A reciclagem de sucata desempenha um papel importante na sustentabilidade da produção de alumínio, emitindo apenas 5% de gases do efeito estufa em comparação com a produção primária. Esta última, por exemplo, contribui com 40% das emissões totais de perfluorcarbonetos (PFC).

Em Minas Gerais, destacam-se as empresas Alcoa, Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Mineração Curimbaba e AcTech (anteriormente Hindalco) (ABAL, 2020; SEDE, 2022). A Alcoa está situada em Poços de Caldas e seu minério de bauxita tem origem no Planalto de Poços de Caldas e áreas próximas, como Divinolândia (SP) e Andradadas (MG). A CBA possui duas operações em Minas Gerais, em Mirai e em Poços de Caldas. A Mineração Curimbaba tem duas unidades, localizadas em Poços de Caldas, e a AcTech possui uma unidade de transformação localizada na cidade de Ouro Preto, com capacidade de produção de alumina e hidrato de alumínio.

A Figura 22 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de alumínio outorgados (concessão de lavra) e em fase de requerimento de lavra.

Figura 22 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de alumínio em fases finais

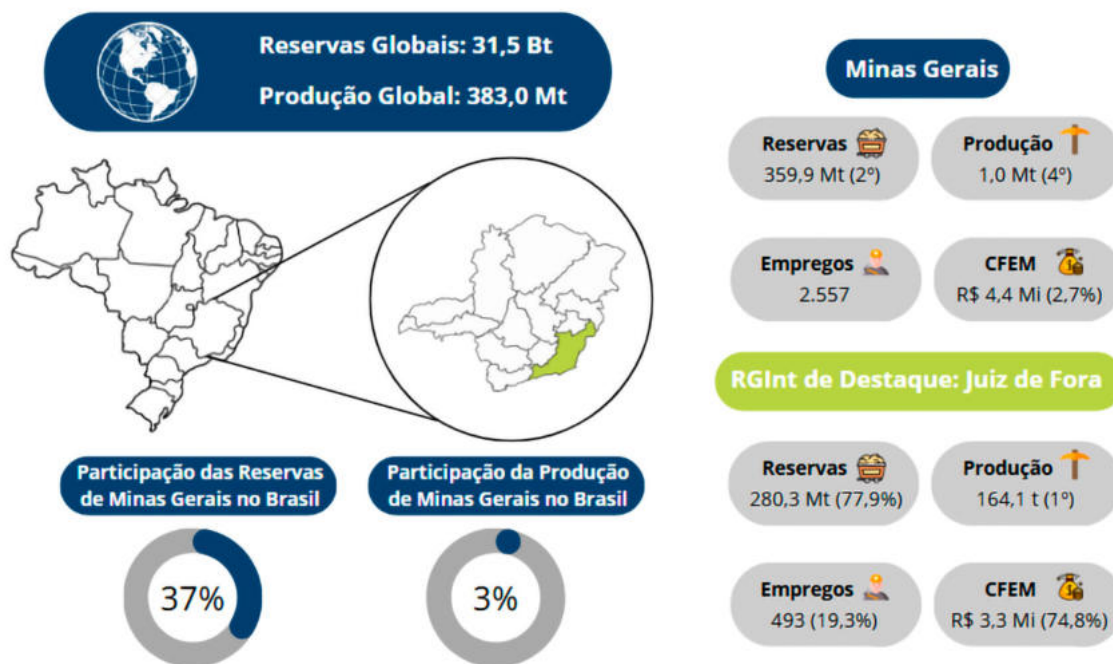


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

Dentre os desafios identificados na cadeia produtiva do alumínio, destacam-se a acomodação da “lama vermelha”, denominação genérica para o resíduo insolúvel gerado durante a etapa de clarificação do processo Bayer. O elevado custo devido à quantidade de energia elétrica utilizada na fabricação da alumina também é uma questão relevante, pois, além da disponibilidade, o custo da energia pode inviabilizar algumas operações (MARTINS, 2020).

Na Figura 23 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção anual, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, referentes ao alumínio.

Figura 23 – Principais informações da bauxita



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.3.2 Reservas

- Em 2022, as reservas globais de bauxita totalizaram 31,5 Bt, com o Brasil possuindo 2,7 Bt, sendo o quarto maior detentor, atrás da Guiné (7,4 Bt), Vietnã (5,8 Bt) e Austrália (5,1 Bt).
- Em termos de reservas lavráveis, o estado do Pará se destaca, detendo 503,5 Mt (51,7%), seguido por Minas Gerais, com 359,9 Mt (36,9%), e pelo Maranhão, com 84,2 Mt (8,6%).
- Em Minas Gerais, as RGInts de Juiz de Fora e Pouso Alegre concentram 77,9% e 17,0% da massa lavrável, respectivamente.
- O município de Mirai se destaca com 45,5% das reservas lavráveis do estado (162,8 Mt). Outros municípios notáveis incluem Poços de Caldas (48,3 Mt), Faria Lemos (45,9 Mt) e Pedra Dourada (45,9 Mt).

1.2.1.3.3 Produção de bauxita

- O Brasil foi o quarto maior produtor mundial de bauxita em 2021, com 33,0 Mt (8,6%), ficando atrás da Austrália (26,8%), China (23,4%) e Guiné (22,4%) (USGS, 2022).
- No Brasil, 92,0% da produção, em 2021, foi proveniente do Pará, seguida por Goiás e, em terceiro lugar, Minas Gerais, com 1,0 Mt (3,0%) (ANM, 2022a).
- A produção de Minas Gerais teve forte queda na última década, aproximadamente 65,0% entre 2010 e 2021.

- A produção estadual mineira de bauxita é concentrada nos municípios de Mirai (487,6 kt; 57,5%), onde se localiza a CBA, e Poços de Caldas (347,4 kt; 40,98%), localização da Mineração Curimbaba (ANM, 2021). Em 2020, as chapas de alumínio representaram 49,0% dos 1.398,2 kt de produtos transformados do alumínio, seguidas por extrudados (14,4%), fios de cabos (13,8%) e fundidos e forjados (10,0%), de acordo com a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL).

1.2.1.3.4 Empregos

- Em 2021, a cadeia produtiva de alumínio contava com 2.557 postos de trabalho em Minas Gerais.
- A indústria extrativa contribuiu com 493 empregos, concentrando-se nas RGInts de Juiz de Fora (56,6%) e Pouso Alegre (44,2%).
- A indústria de transformação teve 2.064 empregos, distribuídos principalmente nas RGInts de Belo Horizonte (40,7%), Pouso Alegre (31,9%), Barbacena (14,3%) e Uberlândia (5,8%).

1.2.1.3.5 CFEM

- A CFEM para bauxita é de 3%.
- A arrecadação nacional, em 2023, foi de R\$ 164,3 milhões. Minas Gerais registra a segunda maior arrecadação nacional (R\$ 4,4 milhões; 2,7%), atrás apenas do Pará.
- As RGInts de destaque são Juiz de Fora (R\$ 3,3 milhões; 74,8% do total), principalmente com o município de Mirai, e a RGInt de Pouso Alegre (R\$ 1 milhão; 22,7%), com o município de Poços de Caldas.

1.2.1.3.6 Balança Comercial

As exportações mineiras de bauxita foram de US\$ 24,6 milhões (14,6% do total nacional exportado de bauxita em 2022). No segmento de semimanufaturados, Minas Gerais contribuiu com US\$ 63,6 milhões (1,5%) das exportações nacionais de bauxita. A participação do Maranhão (US\$ 1,4 bilhão; 31,3%) e de São Paulo (US\$ 708,3 milhões; 16,2%) na cadeia produtiva do alumínio, se deve ao processamento da bauxita oriunda de Minas Gerais e do Pará, respectivamente. Quanto aos manufaturados, Minas Gerais exportou US\$ 72,6 milhões (20,5%).

Pelo lado das importações de bauxita, Minas Gerais teve uma participação de US\$ 1,2 milhão (42,7% do total nacional da substância). Já em relação à importação de manufaturados, Minas Gerais participou com US\$ 46,1 milhões (11,8% do total nacional). Por fim, a participação do estado nas importações de semimanufaturados foi de US\$ 146,5 milhões (6,7% do total nacional).

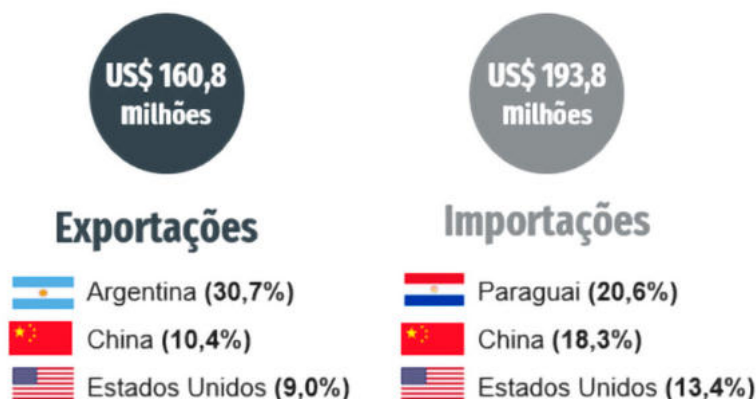
Em 2022, Minas Gerais apresentou um saldo negativo de US\$ 32,9 milhões na balança comercial da cadeia do alumínio, indicando dependência da importação de produtos de maior valor agregado devido à ausência de uma indústria de transformação robusta no estado. Esse fato resulta na destinação de parte do minério de alumínio para processamento em São Paulo.

Minas Gerais contribuiu com US\$ 160,8 milhões das exportações totais da cadeia do alumínio, sendo destaque de destino a Argentina (US\$ 47,6 milhões),



China (US\$ 20,1 milhões) e EUA (US\$ 13,5 milhões). Já em relação às importações, o estado contribuiu com US\$ 146,9 milhões, importando majoritariamente do Paraguai (US\$ 30,3 milhões), China (US\$ 26,8 milhões) e EUA (US\$ 19,6 milhões) (Figura 24).

Figura 24 – Balança comercial da cadeia produtiva do alumínio em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

1.2.1.4 Manganês

1.2.1.4.1 Aspectos Gerais

O manganês é uma substância mineral estratégica para o Brasil, com uma história de produção desde o século XIX, sendo uma das principais exportações minerais no início do século XX. Em Minas Gerais, sua produção está fortemente ligada à indústria siderúrgica (CAXITO; DIAS, 2018; AFONSO, 2020), com destaque para a mina Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, operando desde 1902. Pertencente à Nexus, essa mina é uma das maiores do estado, com capacidade anual de produção de 163 kt (MME, 2022a; NEXUS, 2023). Outras minas menores, como as de Belo Vale, Senador Modestino Gonçalves, Congonhal e Senador José Bento, também contribuem para a produção estadual (HEIDER, 2021b).

A Figura 25 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de manganês outorgados (concessão de lavra) e em fase de requerimento de lavra.

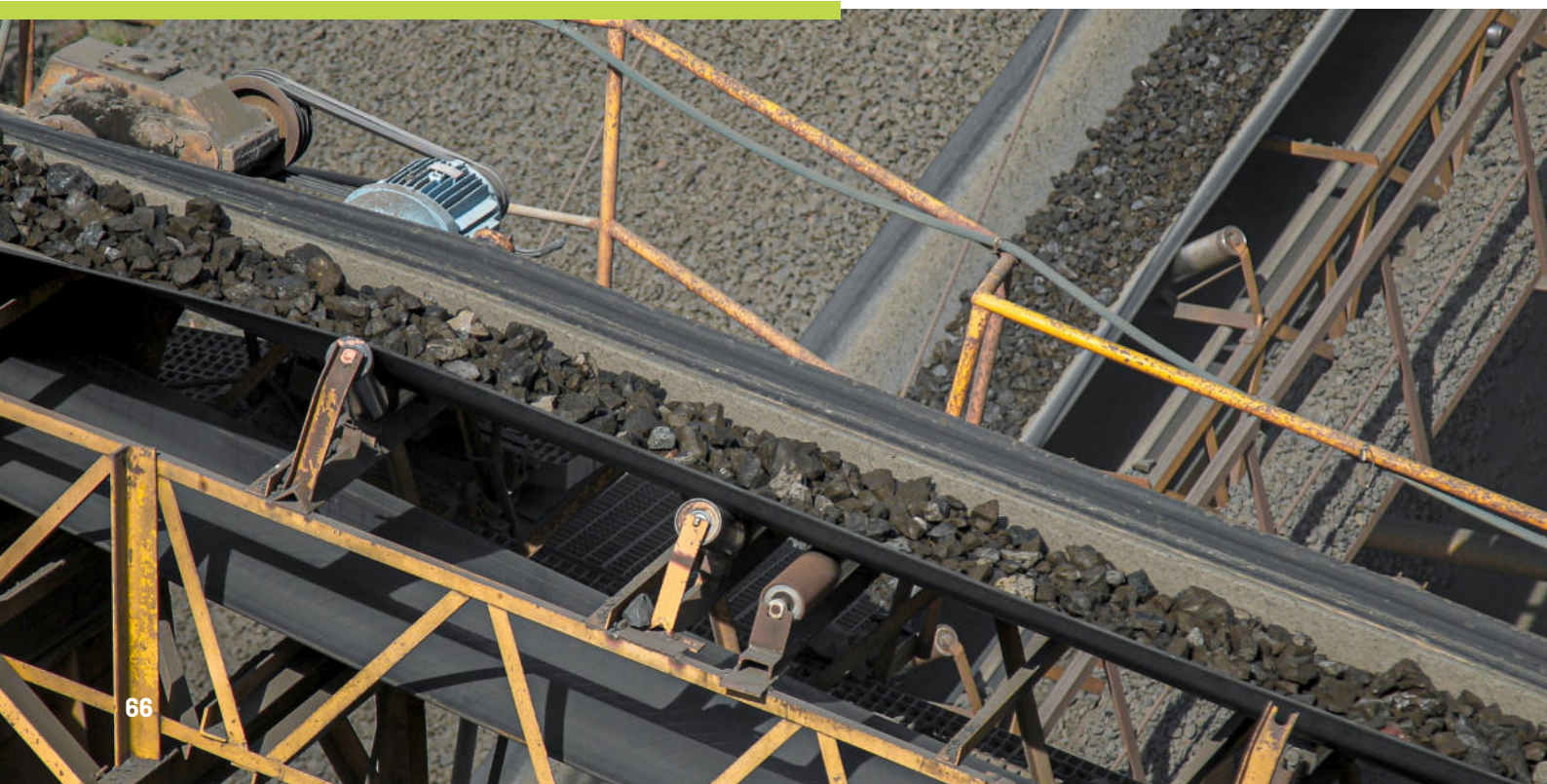
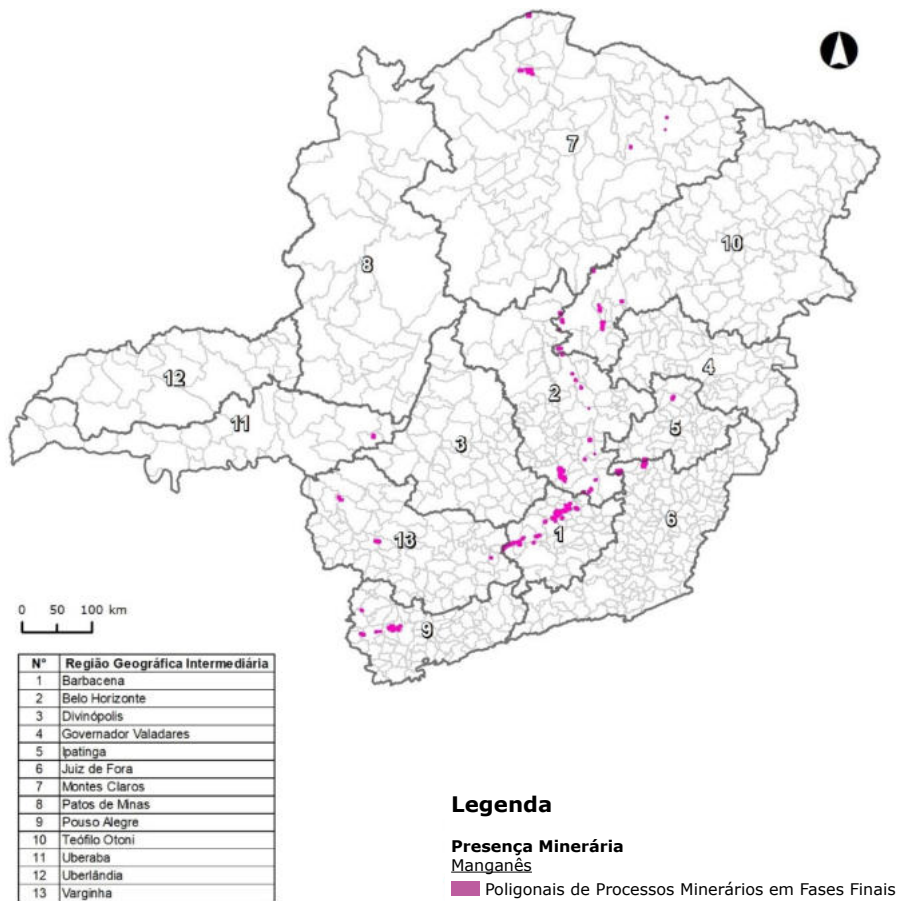


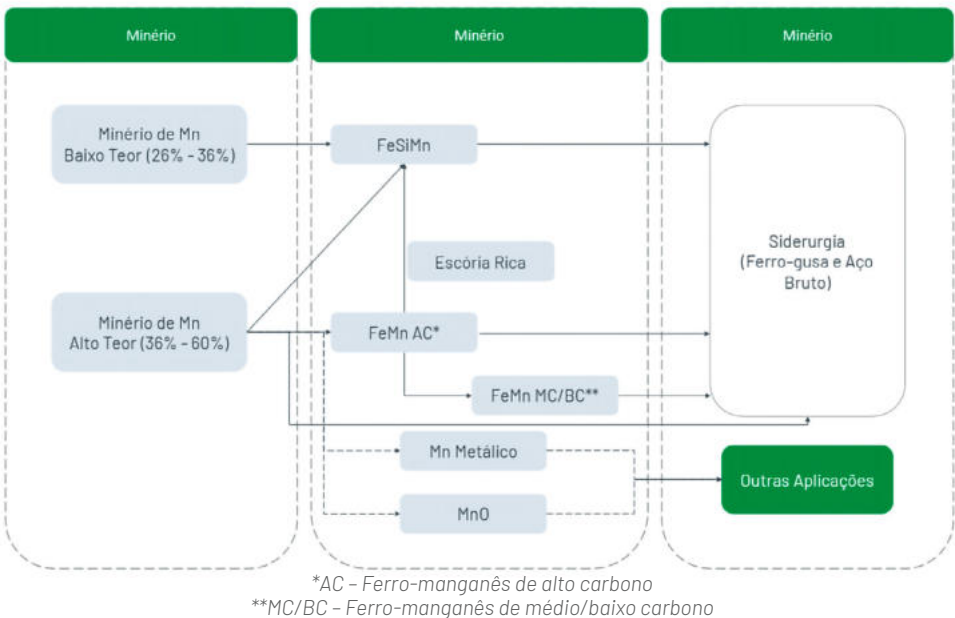
Figura 25 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de manganês em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A cadeia produtiva do manganês em Minas Gerais inclui polos de ferroligas operados por empresas como Granha Ligas, Ferlig, Eletroligas e Puiatti (MME, 2022c). A lavra do minério de manganês é realizada principalmente a céu aberto, com o uso de escavadeiras mecânicas e caminhões para transporte até as usinas de beneficiamento. Durante esse processo, características como impurezas e teor de manganês influenciam as etapas de separação do minério e rejeitos. Com a exaustão das reservas de maior teor, métodos de concentração, como a flotação, vêm ganhando destaque (Figura 26).

Figura 26 – Cadeia siderúrgica do manganês a partir de minérios de baixo e alto teor

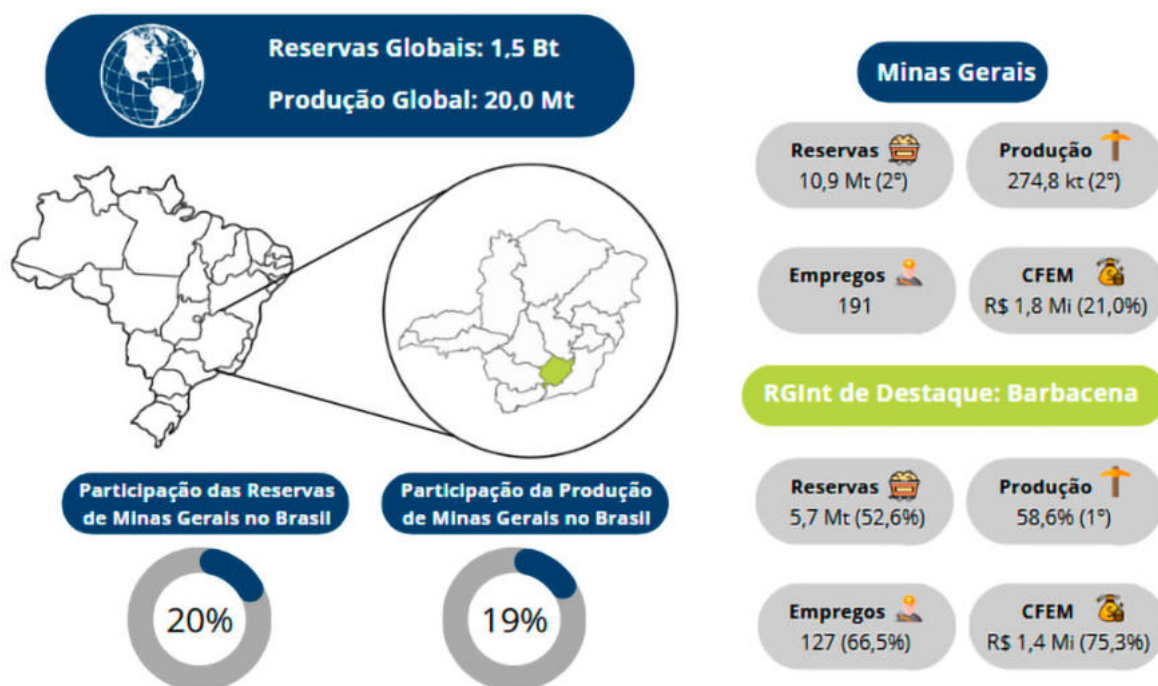


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em Benique (2007)

Cerca de 90% do consumo de manganês é voltado para a produção de ferroligas e aço, sendo usado para fortalecer aços de baixo carbono e na fabricação de aço-manganês austenítico, conhecido por sua elevada dureza. Além disso, o mineral é utilizado em aplicações não metalúrgicas, como na fabricação de pilhas, baterias, produtos agrícolas e compostos químicos. Sua importância se destaca pela ausência de substitutos econômicos, devido ao seu baixo custo e propriedades físico-químicas e metalúrgicas específicas (SANTANA, 2009).

Na Figura 27 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 27 – Infográfico com as principais informações do manganês



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.4.2 Reservas

- As reservas mundiais de **manganês foram** estimadas em 1,5 Bt de minério, distribuídas nos seguintes países: África do Sul (640,0 Mt; 42,7%), Brasil (270,0 Mt; 18,0%), Austrália (270,0 Mt; 18,0%) e Gabão (61,0 Mt; 4,1%).
- Em relação às reservas lavráveis de manganês no Brasil, Minas Gerais ocupava, em 2020, a segunda posição entre os estados com maior volume, com 10,9 Mt (20,2%). O Amapá ocupava o primeiro lugar, com 19,5 Mt (36,1%).
- Duas RGInts de Minas Gerais se destacaram em 2020, sendo a principal Barbacena, com 5,7 Mt (52,6%), seguida por Belo Horizonte, com 2,2 Mt (20,2%). Também é importante mencionar as regiões de Juiz de Fora, com 1,4 Mt (12,6%), Pouso Alegre, com 1,1 Mt (9,7%) e Varginha, com 0,4 Mt (3,3%).
- As reservas lavráveis de Minas Gerais, em 2020, estavam distribuídas em 21 municípios, sendo Belo Vale o que apresentou a maior massa de minério lavrável (11,6 Mt; 22,1%), seguido por Santa Bárbara (9,0 Mt; 17,2%) e Conselheiro Lafaiete (8,4 Mt; 16,0%).

1.2.1.4.3 Produção

- Em 2021, a produção mundial de manganês foi estimada em 20,0 Mt, liderada pela África do Sul (7,4 Mt; 37,0%), seguida pelo Gabão (3,6 Mt; 18,0%), Austrália (3,3 Mt; 16,5%) e China (1,3 Mt; 6,5%). O Brasil ocupou a sexta colocação (0,4 Mt; 2,0%).
- A produção beneficiada de manganês no Brasil, em 2021, foi liderada pelo Pará, com 543,5 kt (37,9%), seguido por Minas Gerais, com 274,8 kt (19,1%), e pelo Ceará, com 233,8 kt (16,3%).
- Em 2020, a produção beneficiada de manganês em Minas Gerais se concentrou em três RGInts: Barbacena (58,6%), Teófilo Otoni (23,3%) e Pouso Alegre (18,1%).
- A partir de 2020, o mercado de minério de manganês em Minas Gerais passou por mudanças notáveis, como a venda, pela Vale, da jazida de Morro da Mina, maior depósito de manganês do estado, para a empresa Nexus. Em 2021, a Vale também vendeu ativos de ferroligas de manganês nos municípios de Barbacena, Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete ao Grupo VDL Siderúrgica, um conglomerado siderúrgico (VALE..., 2021).
- A cadeia produtiva do manganês enfrenta diversos desafios, como: exaustão e escassez das reservas que possuem teores mais altos, baixas impurezas e custos de produção menores; a toxicidade para corpos de água (NKELE *et al.*, 2022); o alto teor de fósforo ou outros contaminantes no minério que dificultam o beneficiamento mineral (IBM, 2014); problemas na laminação, devido à combinação de minério sulfetado e baixo teor (IBM, 2014); e custos elevados de escoamento e frete para competir com o minério australiano. Algumas empresas enfrentam dificuldades de acesso a malhas rodoviárias e ferroviárias (SEDE, 2022).

1.2.1.4.4 Empregos

- Em 2021, a indústria extrativa mineral de manganês foi responsável por 191 empregos, distribuídos nos segmentos de lavra (166) e beneficiamento (25). Esses empregos foram registrados em onze municípios e a maioria se concentrou nas RGInts de Barbacena (66,5%), Teófilo Otoni (21,1%) e Pouso Alegre (14,5%).

1.2.1.4.5 CFEM

- A alíquota da CFEM para o manganês é de 3% sobre o valor de venda.
- Em 2023, a arrecadação em Minas Gerais totalizou R\$ 1,85 milhão (21,0%), o segundo estado com maior produção do Brasil, atrás apenas do Mato Grosso do Sul.
- A distribuição mostra que a RGInt de Barbacena liderou a arrecadação, com R\$ 1,4 milhão (75,3%), seguida por Teófilo Otoni, com R\$ 337,4 mil (18,3%) e Pouso Alegre, com R\$ 118 mil (6,4%).
- Os municípios que apresentaram maior arrecadação da CFEM de manganês foram Conselheiro Lafaiete e Nazareno, na RGInt de Barbacena, e Senador Modestino, na RGInt de Teófilo Otoni.

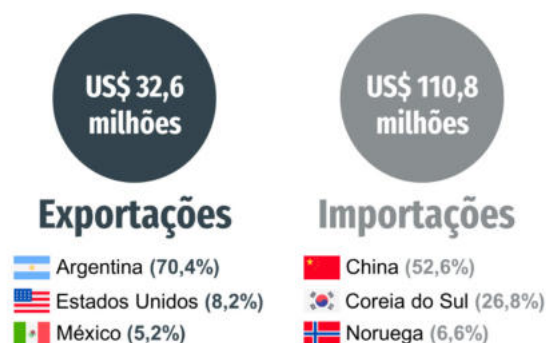
1.2.1.4.6 Balança Comercial

Em 2022, a balança comercial brasileira da cadeia do manganês foi deficitária, com exportação totalizando US\$ 229,7 milhões e importação de US\$ 455,1 milhões.

Minas Gerais se destacou como principal estado brasileiro em 2022 na exportação de produtos transformados de manganês (33,5% do total nacional). Os principais destinos das exportações mineiras foram a Argentina (US\$ 22,9 milhões), EUA (US\$ 2,7 milhões) e México (US\$ 1,9 milhão).

Na importação de produtos manufaturados de manganês, Minas Gerais também assumiu a liderança (24,7% do total nacional), importando principalmente ligas metálicas, metais, pilhas e baterias. O montante das importações de manufaturados de manganês no estado aumentou em 19% em 2022, indicando valorização no preço desses produtos no mercado externo. O crescimento observado nas importações de manufaturados também é um indicativo de desindustrialização da cadeia mineral (Figura 28).

Figura 28 – Balança comercial dos produtos transformados de manganês em Minas Gerais (2022)



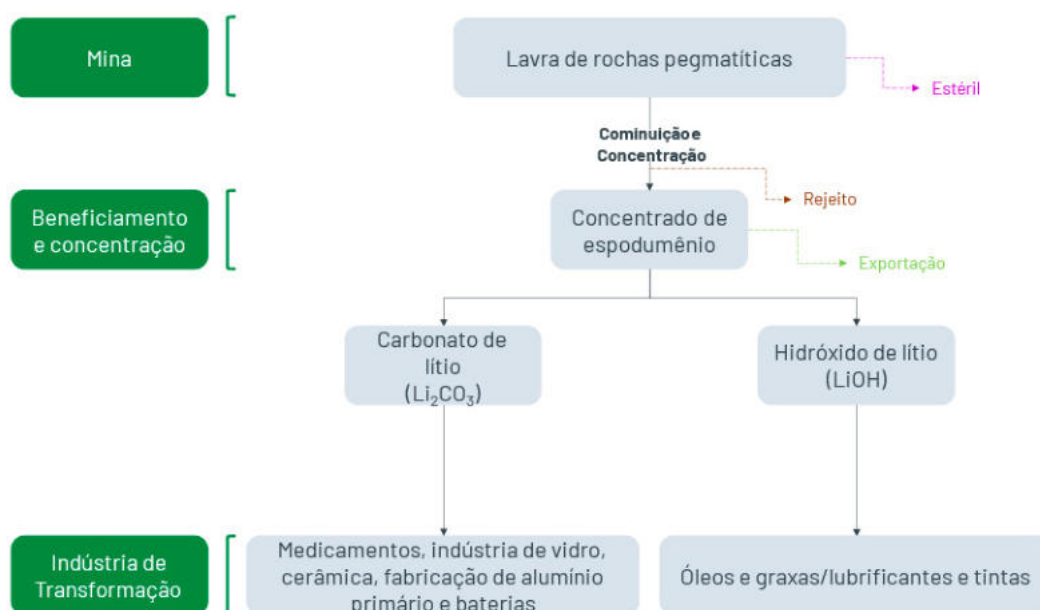
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

1.2.1.5 Lítio

1.2.1.5.1 Aspectos Gerais

No Brasil, a extração do minério de lítio a partir de rochas pegmatíticas vem sendo feita por lavra subterrânea, e, mais recentemente, em lavra a céu aberto. O beneficiamento dá origem ao concentrado de espodumênio, destinado, principalmente, à exportação. Da parcela não exportada, são produzidos dois compostos distintos: o carbonato de lítio (Li_2CO_3) – empregado em medicamentos psiquiátricos, na indústria de vidro e cerâmica, na produção de alumínio primário e, principalmente, em baterias – e o hidróxido de lítio (LiOH), utilizado na fabricação de graxas lubrificantes (Figura 29) (BRAGA et al., 2010).

Figura 29 – Etapas da cadeia produtiva do lítio

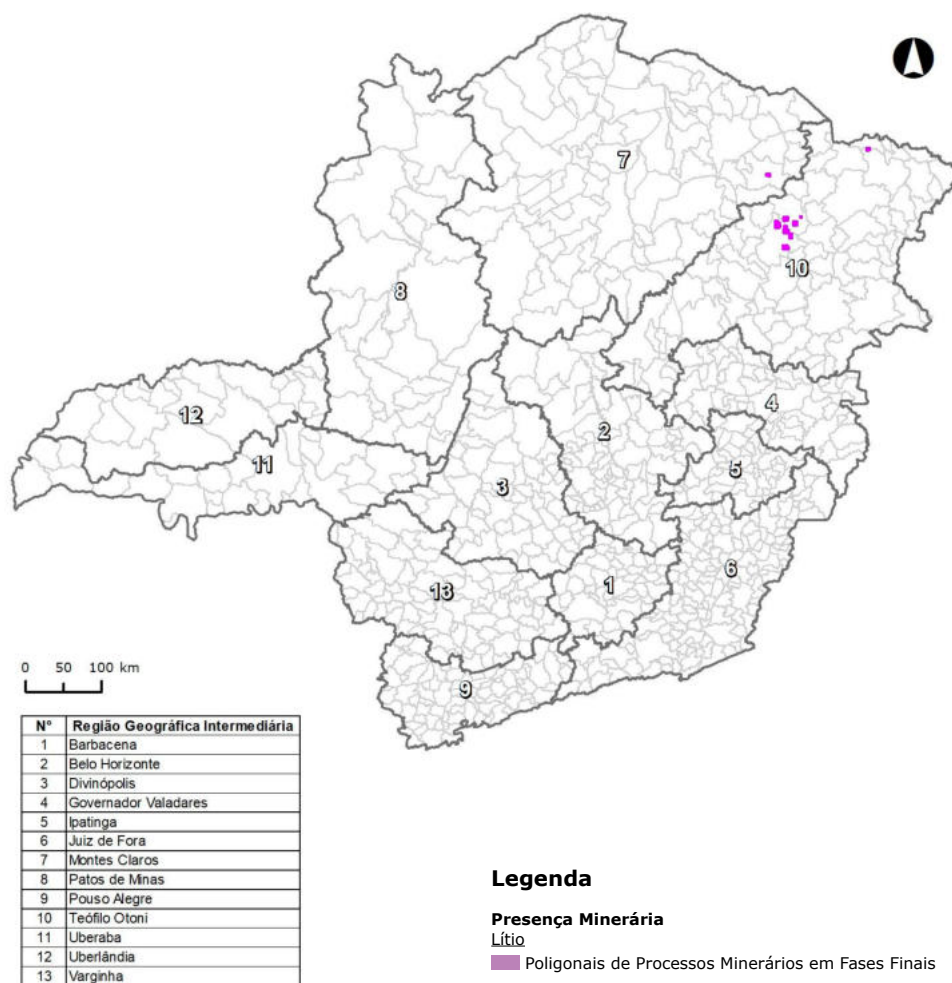


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

As reservas de lítio em Minas Gerais, em 2020, situavam-se em apenas três municípios: Itinga e Araçuaí, na RGInt de Teófilo Otoni, e São Tiago, na RGInt de Barbacena. Em termos de reservas de lítio contido, o município de Itinga possui 67,0% do total, ou 220 kt, São Tiago possui 27,0%, ou 88,0 kt, e Araçuaí possui 20,0 kt, representando 6,0% do total (ANM, 2021).

A Figura 30 mostra a distribuição das poligonais dos processos minerários de lítio outorgados (concessão de lavra) e de requerimento de lavra na RGInt de Teófilo Otoni. Observa-se que as poligonais da AMG, maior produtora de lítio em Minas Gerais, localizada na RGInt de Barbacena, não constam na Figura 30. Por tratar-se de mineralização secundária, associada à cassiterita, não estão disponíveis como lítio no SIGMINE.

Figura 30 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de lítio em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

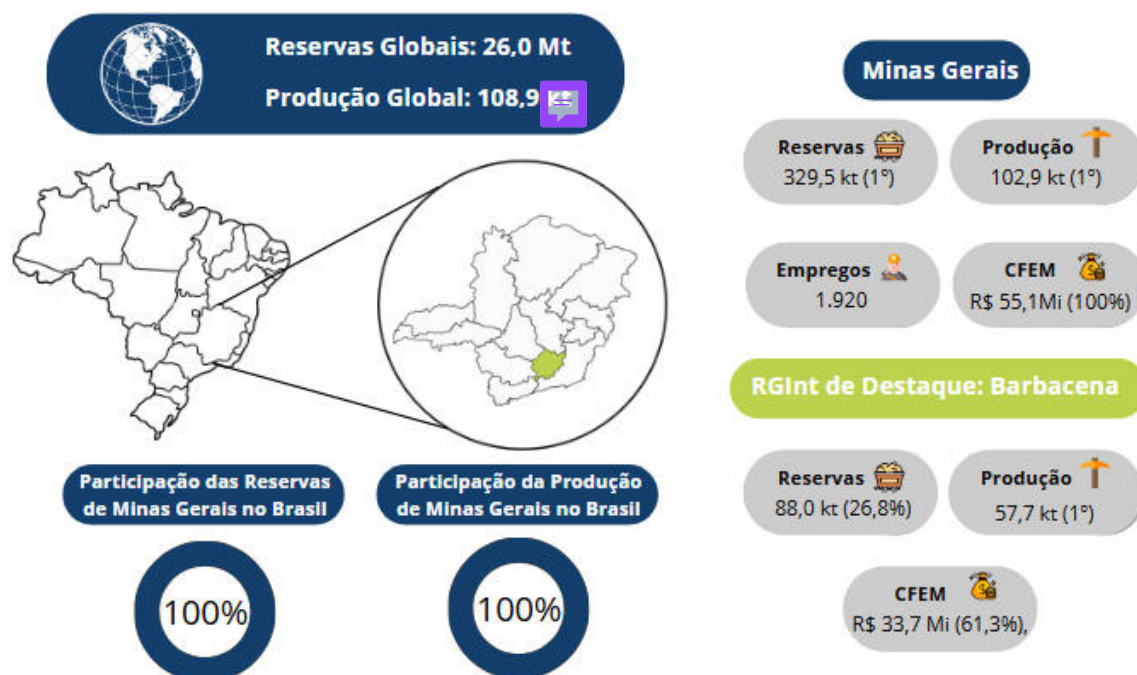
As recentes descobertas de ocorrências de lítio, provenientes de ações em curso pela SGB, aliadas à crescente demanda global por baterias de alto desempenho, impulsionaram empresas a intensificar suas atividades em Minas Gerais. Este movimento foi estimulado pela transição para a mobilidade elétrica e o subsequente aumento no preço do lítio (MME, 2022b).

Três empresas se destacam como as principais produtoras de lítio: AMG Brasil, Sigma Lithium e Companhia Brasileira de Lítio (CBL). A CBL, pioneira na industrialização do lítio no Brasil, lavra o minério na Mina da Cachoeira, em Araçuaí, e produz compostos de lítio em sua planta química localizada no município de Divisa Alegre. A Sigma Lithium atua com operações em Araçuaí e Itinga, na Grotta do Cirilo, enquanto a AMG é proprietária da mina de Volta Grande, entre as cidades de Nazareno e São Tiago. Outras empresas estão envolvidas em todas as etapas, desde a pesquisa geológica até o desenvolvimento de processos e projetos para novas minas de concentrado de lítio (AMG..., 2023; MINERAÇÃO..., 2021; SIGMA LITHIUM, 2023). Ademais, a expansão da extração de minério de lítio foi favorecida pelo Decreto Presidencial Nº 11.120/2022, que derrubou as restrições à importação e exportação de minerais de lítio.

O Projeto Vale do Lítio (*Lithium Valley Brazil*) foi anunciado pelo Governo de Minas em 2023, com o objetivo de atrair empresas globais da cadeia produtiva do lítio para as regiões norte e nordeste de Minas Gerais. A iniciativa abrange 14 municípios, quais sejam, Araçuaí, Capelinha, Coronel Murta, Itaobim, Itinga, Malacacheta, Medina, Minas Novas, Pedra Azul, Virgem da Lapa, Teófilo Otoni e Turmalina, no nordeste de Minas, além de Rubelita e Salinas no norte mineiro, compreendendo as RGInts de Teófilo Otoni e Montes Claros (GOVERNO..., 2023).

Na Figura 31 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 31 – Principais informações econômicas do lítio



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.5.2 Reservas

- Em 2022, as reservas mundiais de minério de lítio somaram 26,0 Mt, com o Brasil em oitavo lugar, com 0,2 Mt, ou 1,0% (USGS, 2022).
- No Brasil, as reservas estão em sua totalidade em Minas Gerais e são provenientes do espodumênio, somando 329,5 kt.
- Os municípios de Itinga e Araçuaí, na RGInt de Teófilo Otoni, e São Tiago, na RGInt de Barbacena, concentram, respectivamente, 220,0 kt, 20,0 kt e 88,0 kt.
- Nota-se um significativo aumento no número de processos minerários em fase de Requerimento e Autorização de Pesquisa, atingindo a marca de 339 em 2022, número 10 vezes maior do que a média observada nos cinco anos anteriores (SIGMINE/ANM, 2022).
- A exploração das reservas de lítio situadas na Unidade Estratégica de Gestão “Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo” (UEG5) enfrenta desafios devido à restrição hídrica na região, carência de mão de obra especializada e dificuldades no escoamento da produção (GLOBO, 2023).

1.2.1.5.3 Produção

- A produção mundial de minério de lítio atingiu aproximadamente 108,9 kt em 2021, um aumento de 151% diante da produção de 2017. O Brasil destaca-se em quinto lugar entre os maiores produtores de minério de lítio no mundo.

- A produção nacional de lítio está integralmente em Minas Gerais e atingiu, em 2021, o montante de 102,9 kt de minério beneficiado. A proximidade deste valor com o valor da produção mundial pode advir da diferença entre o valor estimado pela USGS para a produção de lítio no Brasil e o valor apresentado pela ANM.
- Segundo dados da ANM (2021) para 2020 a RGInt com a maior produção de minério de lítio foi Barbacena, com 56,7 kt. No mesmo ano, a RGInt de Teófilo Otoni produziu 11,0 kt do mineral.

1.2.1.5.4 Empregos

A RAIS não disponibiliza informações sobre a quantidade de empregos na lavra e beneficiamento de minério de lítio. Conforme informação oficial da CBL, a empresa operava, em outubro de 2023, utilizando 700 empregos diretos e milhares de indiretos, enquanto a Sigma Lithium informava estar operando já com mais de 1.000 empregos diretos e 13.000 indiretos; a AMG Brasil, por sua vez, informava contribuir com outros 220 empregos.

1.2.1.5.5 CFEM

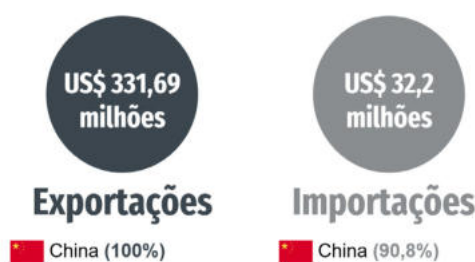
- A alíquota da CFEM incidente sobre o lítio é de 2%.
- Em 2023, a arrecadação da CFEM sobre o lítio em Minas Gerais e no Brasil foi de R\$ 55,1 milhões.
- A RGInt de Barbacena arrecadou R\$ 33,7 milhões (61,3%), exclusivamente no município de Nazareno, enquanto a RGInt de Teófilo Otoni arrecadou R\$ 21,3 milhões (38,7%) nos municípios de Itinga e Araçuaí.

1.2.1.5.6 Balança Comercial

- Em 2022, a balança comercial brasileira da cadeia produtiva do lítio registrou déficit, com exportação total de US\$ 331,69 milhões e importação de US\$ 528,1 milhões. No entanto, o aumento recente da produção nacional de lítio tem contribuído para a redução desse déficit.
- A exportação se concentra na indústria extrativa, representando 97,0% do total, com destaque para produtos de menor valor agregado, como o concentrado de espodumênio, com conteúdo metálico inferior a 3% Li, sendo Minas Gerais responsável por 99,9% das exportações brasileiras destinadas à China.
- A importação, composta exclusivamente por produtos da indústria de transformação, possui maior complexidade tecnológica e valor agregado, incluindo itens como pilhas e baterias. Minas Gerais recebe cerca de 6,1% das importações, sendo 90,8% de origem chinesa (Figura 32).
- Apesar da exportação de matéria-prima de baixo valor agregado ser comum na mineração, a cadeia do lítio tem oportunidade de verticalização. A tecnologia para produzir matéria-prima de maior valor já existe em operações como da CBL, em Divisa Alegre, na RGInt de Teófilo Otoni.
- Iniciativas isoladas têm sido realizadas no desenvolvimento de componentes e baterias, visando complementar a cadeia de produção de veículos elétricos nas fábricas em instalação nos estados vizinhos. Esse movimento é impulsionado pela competição interna para avançar nesta cadeia, que tem como um dos principais desafios intensificar a verticalização e a tecnologia dos produtos exportados para capitalizar o crescimento no mercado de baterias veiculares e de acumuladores de energia em sistemas renováveis.



Figura 32 – Balança comercial dos produtos transformados de lítio em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Comex Stat (2023)

1.2.1.6 Nióbio

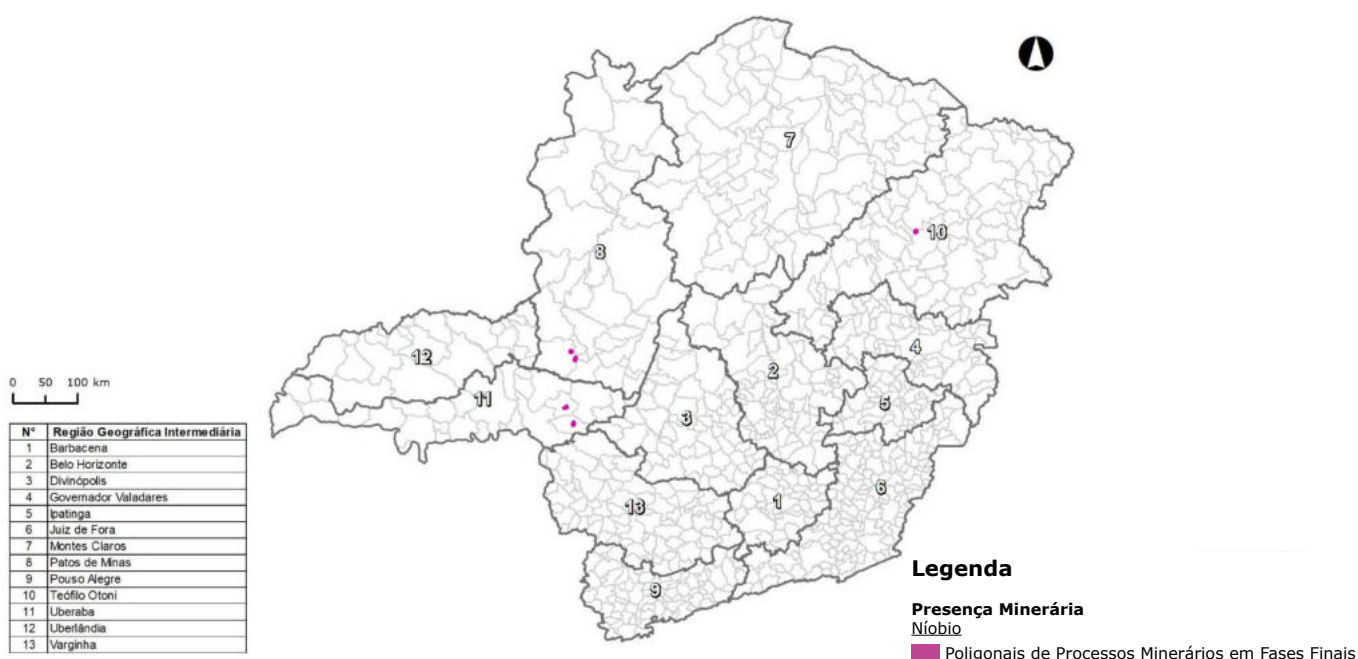
1.2.1.6.1 Aspectos Gerais

O aproveitamento econômico do nióbio no Brasil teve início na década de 1950 com a descoberta dos depósitos de pirocloro em Araxá (MG). Utilizado principalmente na produção de ligas de ferronióbio, o nióbio confere alta resistência ao aço, sob temperaturas extremas, sendo aplicado em setores como indústria automotiva, aeroespacial, construção civil e fabricação de estruturas (CARNEIRO, 2016; SEER; MORAES, 2018).

Os depósitos de nióbio são encontrados nas formas de pirocloro e de columbita-tantalita. As reservas de pirocloro, concentradas em Minas Gerais e Goiás, são as que atendem majoritariamente a produção de nióbio, cujas técnicas para obtenção do metal contido já estão consolidadas (MME, 2022a).

A Figura 33 indica a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de nióbio outorgados (concessão de lavra) e na fase de requerimento de lavra, predominantes nas RGIInts de Uberaba e Patos de Minas.

Figura 33 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de nióbio em fases finais

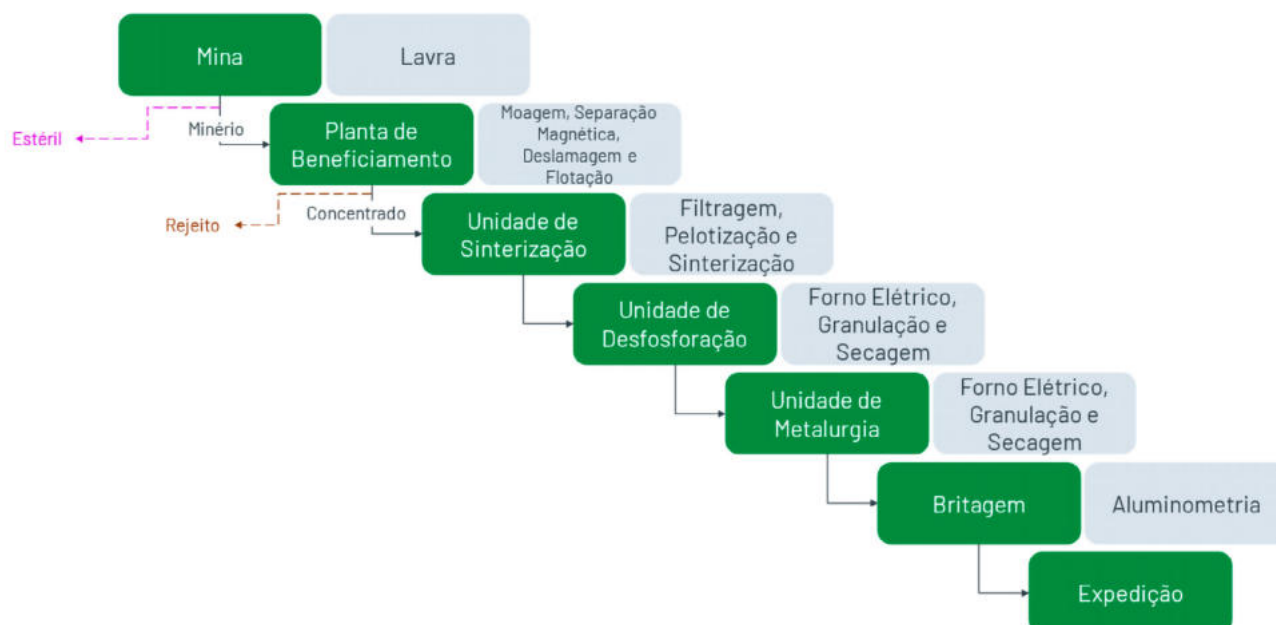


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A maior parte do nióbio mundial é comercializado na forma de ferronióbio e sua cadeia tem início na lavra a céu aberto, sem desmonte por explosivos. Em seguida, o minério é transportado até a unidade de concentração, onde passa por moagem, separação magnética, deslamagem e flotação

para obtenção do concentrado de pirocloro. Esses concentrados são submetidos a processos de sinterização, desfosforação e metalurgia. Nesta última, ocorre a mistura com alumínio em pó, ferro e outros insumos, resultando no ferronióbio. Em casos de produção de ligas especiais, o ferronióbio pode passar por britagem, incluindo a aluminotermia (ALVES, 2015)(Figura 34).

Figura 34 – Etapas produtivas do ferronióbio

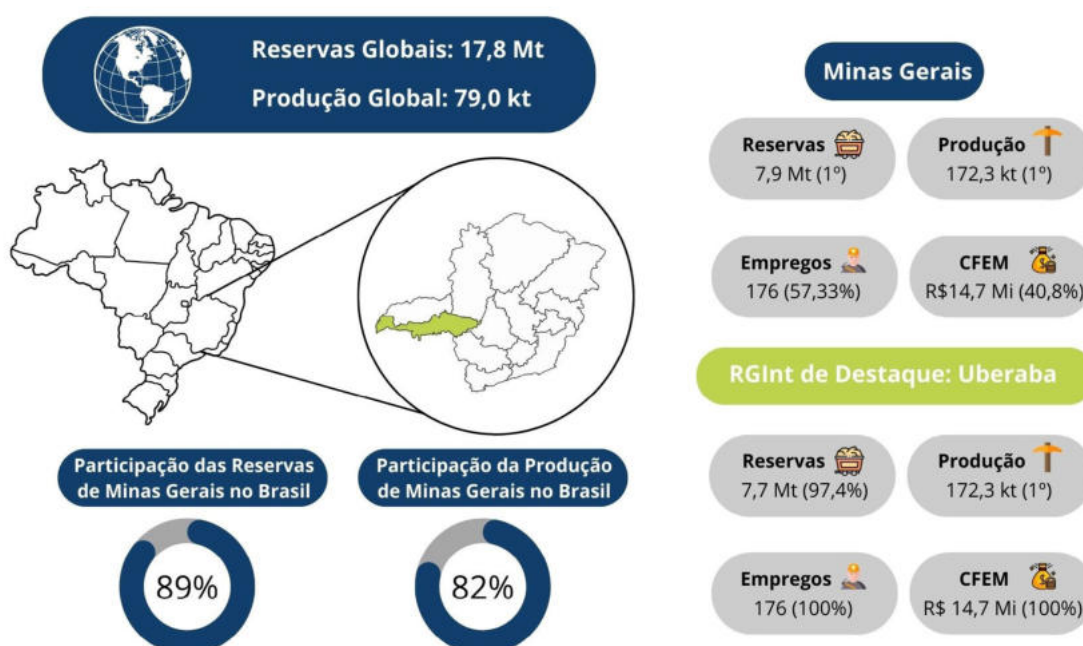


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em Alves (2015)

A CBMM lidera a produção global de nióbio e detém os direitos de lavra sobre a maior reserva de pirocloro do mundo, localizada em Araxá, parte sob sua própria titularidade e parte mediante arrendamento de direitos outorgados ao governo do estado, por meio da Codemig (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais). Com capacidade de 150,0 kt anuais de produtos de nióbio, a CBMM domina toda a cadeia produtiva do nióbio, desde a lavra do pirocloro até a produção de ligas complexas, óxido de nióbio e nióbio metálico (CBMM, 2023b).

Na Figura 35 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais referentes ao nióbio.

Figura 35 – Principais informações do nióbio



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.6.2 Reservas

- Segundo o USGS (2023), a reserva mundial em 2022 era de 17,8 Mt de nióbio contido lavrável, liderada pelo Brasil, com 16 Mt (89,8%), seguido pelo Canadá, com 1,6 Mt (9,0%), e EUA, com 0,2 Mt (1,2%).
- O nióbio é encontrado em seis estados brasileiros, sendo Minas Gerais, Amazonas, Goiás e Rondônia os detentores das maiores quantidades de recursos e reservas.
- Em 2020, 83,4% dos recursos totais de nióbio do país encontravam-se no minério de columbita-tantalita e 16,6% em pirocloro. Entretanto, dentre as reservas lavráveis, 96,4% são provenientes de pirocloro, sendo Minas Gerais responsável por 89,1% dessas reservas, concentradas em Araxá (7,7 Mt), Tapira (131,7 kt) e Patrocínio (11,4 kt).

1.2.1.6.3 Produção

- A produção global de nióbio, em 2022, foi de 79,0 kt (USGS, 2023), com o Brasil sendo responsável pela produção de 71,0 kt, ou seja, 89,9%, seguido pelo Canadá, com 6,5 kt, ou 8,2%.
- Em 2021 foram produzidos nacionalmente 209,6 kt de nióbio, especialmente em Minas Gerais (172,3 kt, ou 82,2%), Goiás (26,4 kt, ou 12,6%) e Amazonas (9,6 kt, ou 4,6%). Ao avaliar de forma mais detalhada, Minas Gerais é o estado com maior produção em quantidade, mas não é aquele com maior valor comercializado.
- Em 2019, a produção beneficiada de nióbio em Minas Gerais atingiu o pico histórico, ultrapassando 200,0 kt, mas retornou para a média de 130,0 kt em 2020. No ano de 2021, observou-se um novo aumento, fechando o ano com 172,3 kt. O valor comercializado atingiu seu pico em 2021 (R\$ 468,0 milhões), representando um aumento de 77,8% em relação a 2010.

1.2.1.6.4 Empregos

- De acordo com a RAIS, em 2021 a lavra e produção de nióbio foi responsável por 307 postos de trabalho formais no Brasil, sendo 57,3% em Minas Gerais, com 175 em Araxá.
- Entretanto, segundo a CBMM (2023a), a empresa com sede e parque industrial em Araxá contava com 1.926 colaboradores.

1.2.1.6.5 CFEM

- A alíquota da CFEM aplicável ao nióbio é de 3%.
- Em 2023, a arrecadação nacional foi de R\$ 35,9 milhões, sendo Minas Gerais o estado com a segunda maior arrecadação da CFEM relativa ao nióbio (R\$ 14,7 milhões; 40,8%).
- No mesmo ano, em Minas Gerais, o recolhimento da CFEM foi registrado apenas no município de Araxá, localizado na RGInt de Uberaba.

1.2.1.6.6 Balança Comercial

Em 2022, Minas Gerais liderou as exportações de nióbio no Brasil, com 64,7 kt (78,5% do total), superando cinco vezes o estado de Goiás. Não há importações de nióbio registradas para Minas Gerais, o que reforça a eficiente atuação da empresa CBMM na verticalização de toda cadeia do nióbio (Figura 36).

Figura 36 – Balança comercial da cadeia produtiva de nióbio em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

Destaca-se a presença de subsidiárias da CBMM em alguns países, como Países Baixos e Estados Unidos, para o fornecimento de produtos e desenvolvimento de aplicações de nióbio. Apesar da China ser o maior consumidor do nióbio de Minas Gerais, há potencial de crescimento do consumo chinês, dado o baixo consumo específico do nióbio naquele país, em comparação com outras economias desenvolvidas.

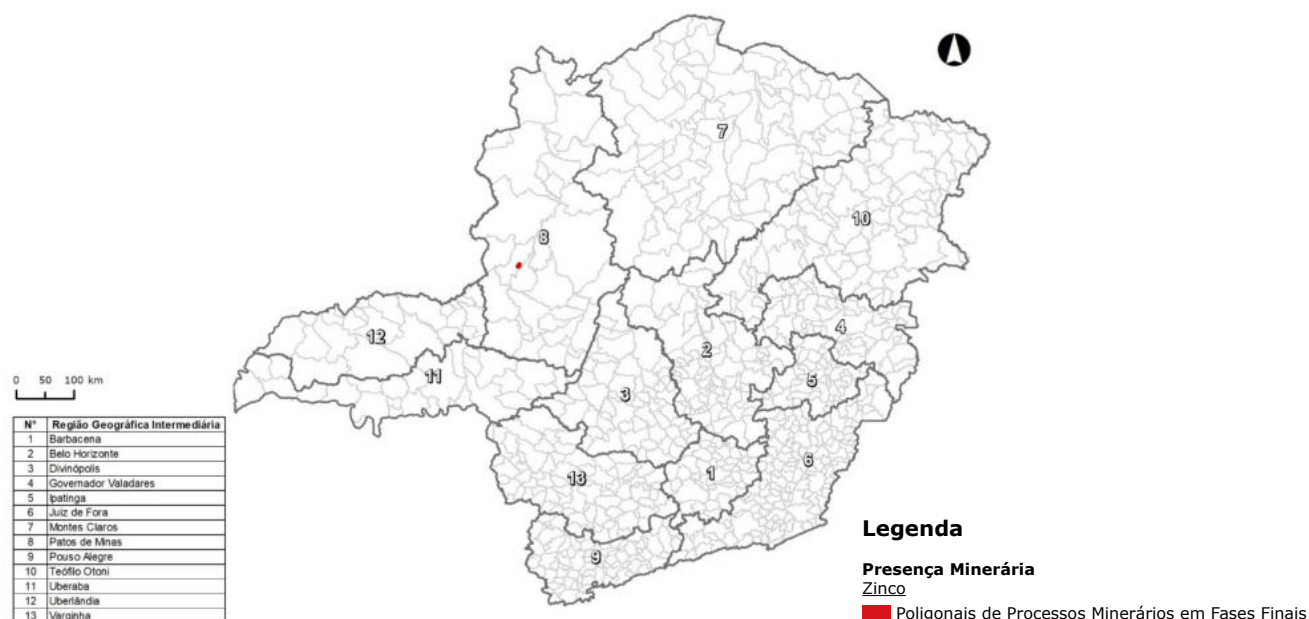
1.2.1.7 Zinco

1.2.1.7.1 Aspectos Gerais

Em Minas Gerais, as reservas minerais ocorrem predominantemente em rochas dolomíticas e metapelíticas, especialmente nos municípios de Vazante e Paracatu, onde se localizam as minas Vazante e Morro Agudo. Gerenciadas até então pela Nexa Resources, pertencente ao Grupo Votorantim, em 2024 a mina de Morro Agudo foi vendida e teve suas operações paralisadas. A Nexa Resources é uma das principais produtoras globais de zinco, dominando a cadeia produtiva da substância em Minas Gerais. Após a lavra e beneficiamento, o minério produzido na mina de Vazante é transportado para o complexo metalúrgico da empresa em Três Marias/MG. A unidade de Juiz de Fora/MG trata concentrados sulfetados importados para produzir zinco e suas ligas, como também recicla pó de aciaria elétrica para aproveitamento, especialmente, do zinco contido nesse resíduo (VALERIANO et al., 2017; BRASIL MINERAL, 2024a).

As poligonais de processos minerários de zinco outorgadas (concessão de lavra) e na fase de requerimento de lavra, estão concentradas na RGIInt de Patos de Minas (Figura 37).

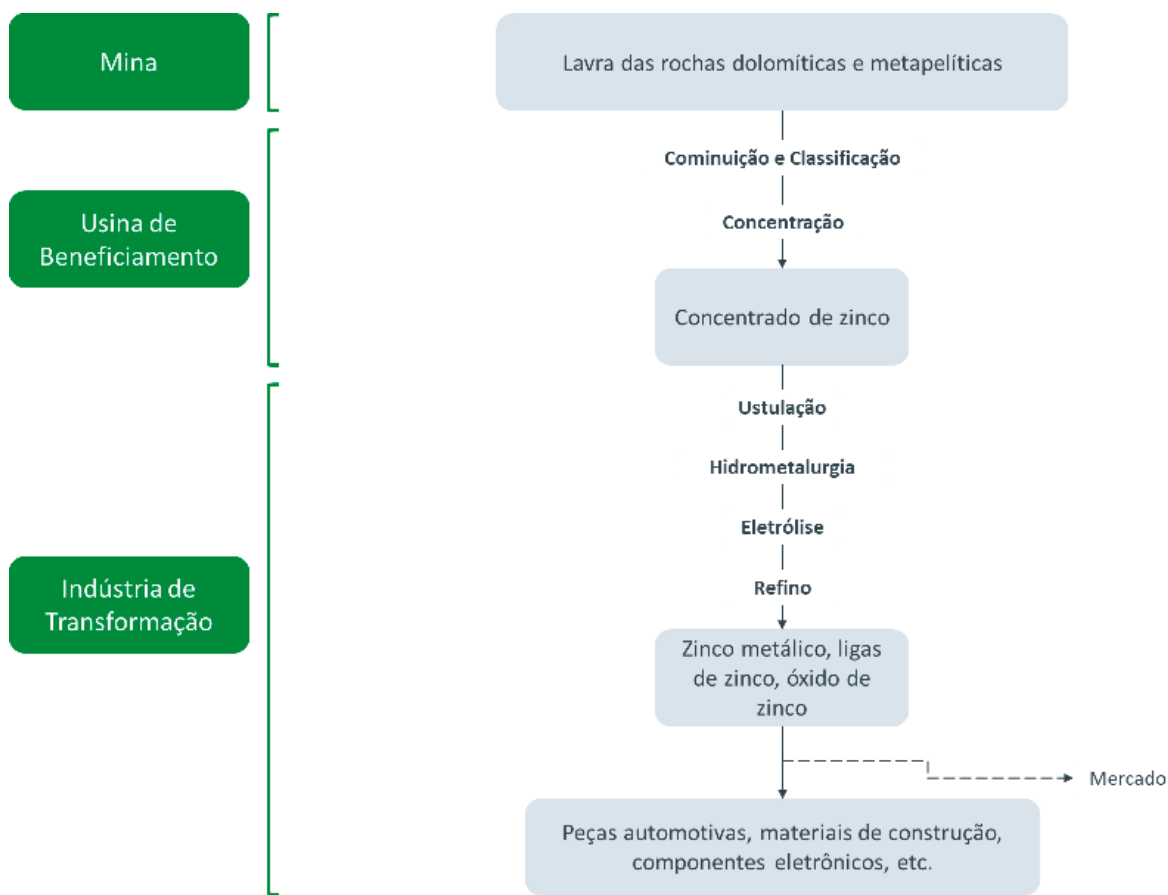
Figura 37 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de zinco em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A produção do zinco abrange cinco principais fases, que incluem a lavra normalmente subterrânea em Minas Gerais, beneficiamento, refino, fabricação de ligas, fabricação de produtos e distribuição (SANTOS, 2010)(Figura 38).

Figura 38 – Etapas da cadeia produtiva do zinco

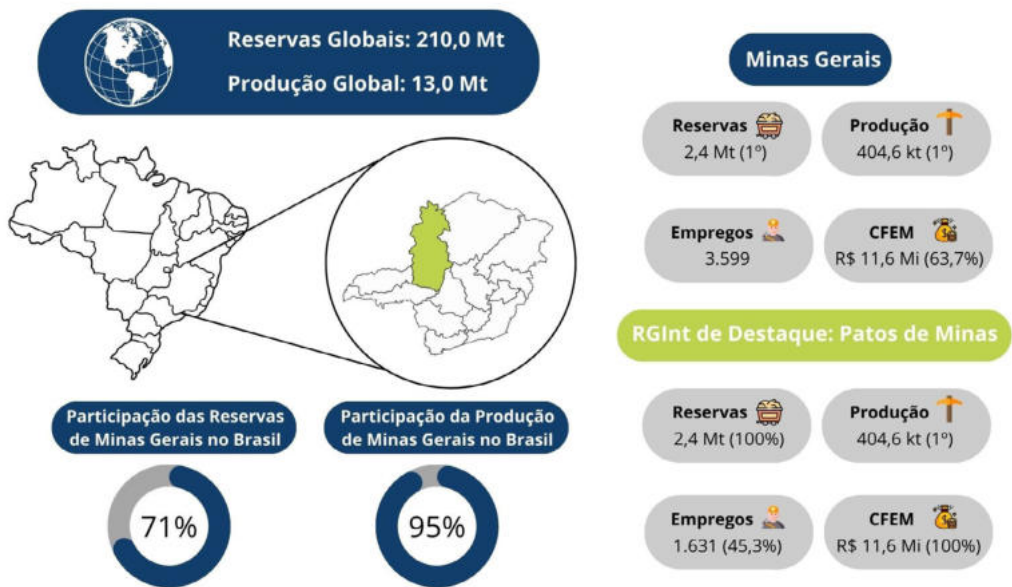


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em Santos (2010)

Um dos principais desafios enfrentados na cadeia produtiva do zinco consiste em desenvolver um processo geometalúrgico economicamente viável e tecnicamente eficaz para aproveitar o rejeito dolomítico, dada a associação dos depósitos de zinco a metais pesados (OSTI et al., 2017).

Na Figura 39 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 39 – Principais informações do zinco



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.1.7.2 Reservas

- As reservas globais de minério de zinco em 2022 totalizavam 210 Mt, distribuídas principalmente em países como Austrália (31,8%), China (14,9%) e Rússia (10,6%). O Brasil não foi destacado como um participante significativo.
- Apesar da modesta representação do Brasil, com 3,4 Mt, nas reservas globais de minério de zinco, Minas Gerais se destaca como o estado mais relevante do país, detendo 70,9% ou 2,4 Mt de reservas minerais em 2020, seguido por Mato Grosso, com 26,5%.
- Entre os municípios mineiros, Vazante (84,7%) e Paracatu (15,3%) são os principais detentores de reservas minerais de zinco.

1.2.1.7.3 Produção

- Em 2022, a produção global de zinco atingiu aproximadamente 13,0 Mt, com a China liderando com 33,0%, seguida por Peru (11,0%) e Austrália (10,2%).
- Em 2021, a produção beneficiada de zinco no Brasil totalizou 425,9 kt, sendo 95,0% originados em Minas Gerais (404,6 kt) e o restante em Rondônia.
- Em 2020, Vazante (86,1%) e Paracatu (13,9%), municípios localizados na RGInt de Patos de Minas, lideraram a produção beneficiada de zinco em Minas Gerais.
- Conforme o Anuário Mineral Brasileiro (AMB) de 2021, a Nexa Resources detinha cerca de 93,5% do mercado de zinco no Brasil, enquanto a empresa de Mineração Santa Elina Indústria e Comércio, situada em Rondônia, detinha a participação restante.

1.2.1.7.4 Empregos

- A cadeia produtiva do zinco compreendia, em 2021, 3.599 empregos, sendo 56,5% na indústria extrativa e 43,5% na indústria de transformação.
- A mineração concentrada em Paracatu e Vazante compreende postos de trabalho de lavra distribuídos nas RGInts de Patos de Minas (80,2%) e de Barbacena (15,8%), principalmente. Observa-se que os postos de trabalho informados na RAIS incluem a categoria "Extração de minérios de cobre, chumbo, zinco e outros minerais metálicos não-ferrosos não especificados anteriormente".
- Quanto à indústria de transformação, os empregos se encontram distribuídos nas RGInts de Belo Horizonte (58,3%) e Juiz de Fora (41,2%).



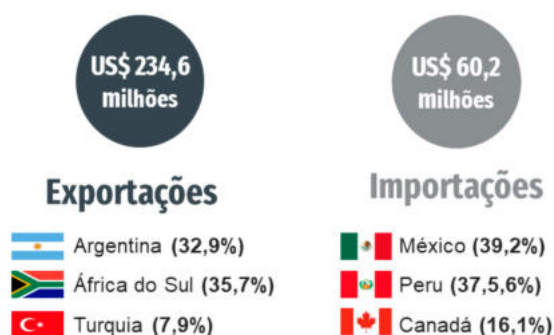
1.2.1.7.5 CFEM

- A alíquota da CFEM para o zinco é de 2% sobre o valor da venda.
- Em 2023, a arrecadação nacional foi de R\$ 18,3 milhões, e Minas Gerais destacou-se como o principal estado arrecadador de CFEM, com R\$ 11,6 milhões (63,7%).
- A única RGIInt mineira com arrecadação foi Patos de Minas, com destaque para os municípios de Vazante e Paracatu.

1.2.1.7.6 Balança Comercial

Em 2022, a balança comercial brasileira de produtos da cadeia do zinco registrou déficit, com exportações totalizando US\$ 255,4 milhões e importações atingindo US\$ 571,0 milhões. Minas Gerais se destacou como o principal estado exportador, contribuindo com US\$ 234,6 milhões (97,3%) (Figura 40), seguido por São Paulo, com US\$ 1,1 milhão (2,2%). Em 2022, as importações da indústria de transformação de zinco atingiram US\$ 280,2 milhões. Santa Catarina liderou com 32,8%, seguido por Minas Gerais (21,5%), Rio de Janeiro (21,3%) e São Paulo (5,2%).

Figura 40 – Balança comercial da cadeia produtiva de zinco em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

1.2.2 Substâncias Minerais Não Metálicas

1.2.2.1 Agrominerais

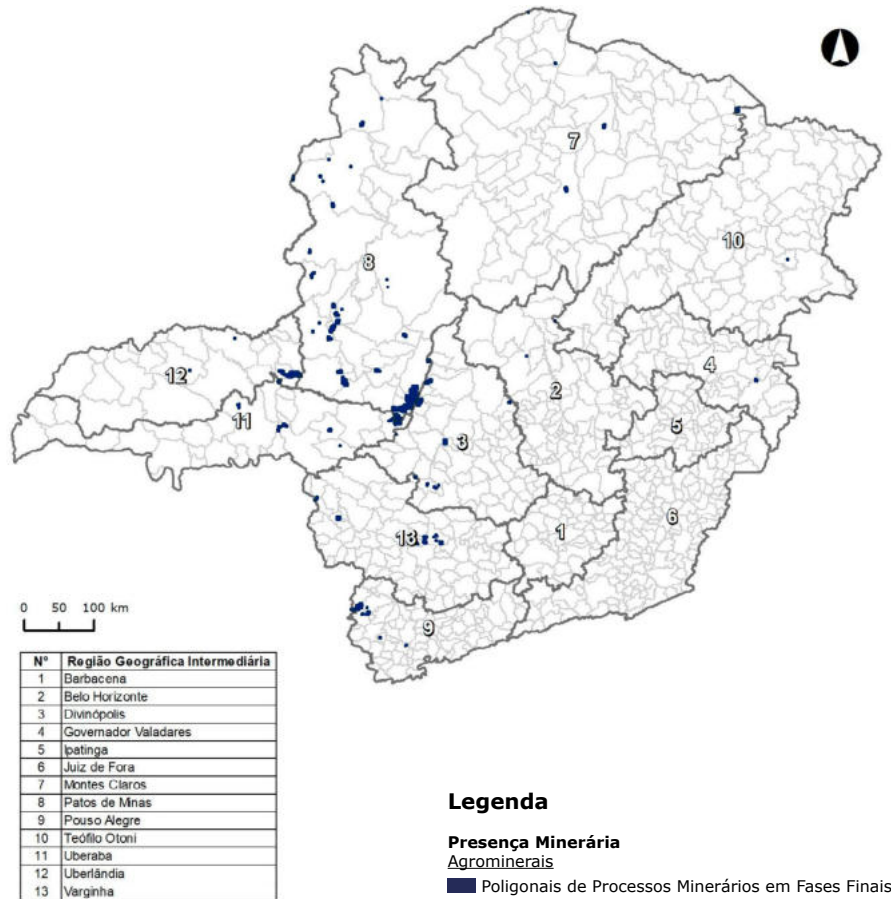
1.2.2.1.1 Aspectos Gerais

No Brasil, o fosfato e o potássio são insumos minerais amplamente utilizados na agricultura devido à escassez desses elementos nos solos, que são essenciais para aumentar a eficiência produtiva. No entanto, o país enfrenta um desafio significativo em relação ao fosfato, pois importa cerca de 75% dos fertilizantes utilizados na produção de grãos (MME, 2020), apesar de ser um dos maiores produtores de alimentos do mundo e não possuir reservas com teores adequados desses minerais (ABRAM, 2016).

O cenário de produção e consumo de fertilizantes é especialmente estratégico no Brasil, visto que o país é um dos líderes mundiais na produção de alimentos e possui capacidade para atender tanto a demanda interna quanto parte da externa, posto que a agricultura vem aumentando a produtividade e os diferenciados tipos de solo e regimes climáticos do país são favoráveis ao plantio de diversas culturas. No entanto, o país enfrenta uma situação crítica em relação à disponibilidade de fosfato, pois, apesar dos ambientes geológicos propícios para a descoberta e avaliação de novas ocorrências e depósitos de rochas fosfáticas, as reservas limitadas e a baixa produção representam uma alta vulnerabilidade para o agronegócio brasileiro (ABRAM; CUNHA; ALMEIDA, 2016).

A Figura 41 indica a distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de agrominerais outorgados (concessão de lavra) e em fase de requerimento de lavra, com concentração nas RGIInts de Patos de Minas, Divinópolis e Uberaba.

Figura 41 – Distribuição nas RGInts das polygonais de processos minerários de agrominerais em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

1.2.2.1.1 Fosfatos

Os principais depósitos de fosfato dos tipos magmático e sedimentar, encontram-se especialmente na RGInt de Patos de Minas e em outras regiões como Uberaba, Varginha, Divinópolis, Belo Horizonte, Montes Claros e Teófilo Otoni. Os depósitos magmáticos, encontrados ao redor da Bacia do Paraná, incluem Tapira, com teor de 7% e vida útil de 65 anos; Araxá, com teor de 15%; e Serra Negra e Salitre I, II e III, com teores de 5 a 11%. Os depósitos sedimentares estão localizados na transição entre o Cráton São Francisco e a Faixa de Dobramento Brasília, com destaque para as minas de Rocinha, em Patos de Minas, e Lagamar, no município de mesmo nome (UHLEIN; MARQUES; UHLEIN, 2018; SEER; MORAES, 2018; SEDE, 2022).

A cadeia produtiva dos fertilizantes fosfatados envolve diversas etapas, como britagem, estocagem, moagem, separação magnética, classificação, deslamagem, flotação e espessamento. Além disso, há rotas hidrometalúrgicas que utilizam ácidos, resultando em subprodutos como ácido fosfórico e ácido fluorsilícico. Os fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos são obtidos a partir da rocha fosfatada, enquanto os fertilizantes líquidos resultam da neutralização do ácido fosfórico com amônia, com adição de potássio conforme a formulação (CETESB, 2015)(Figura 42).

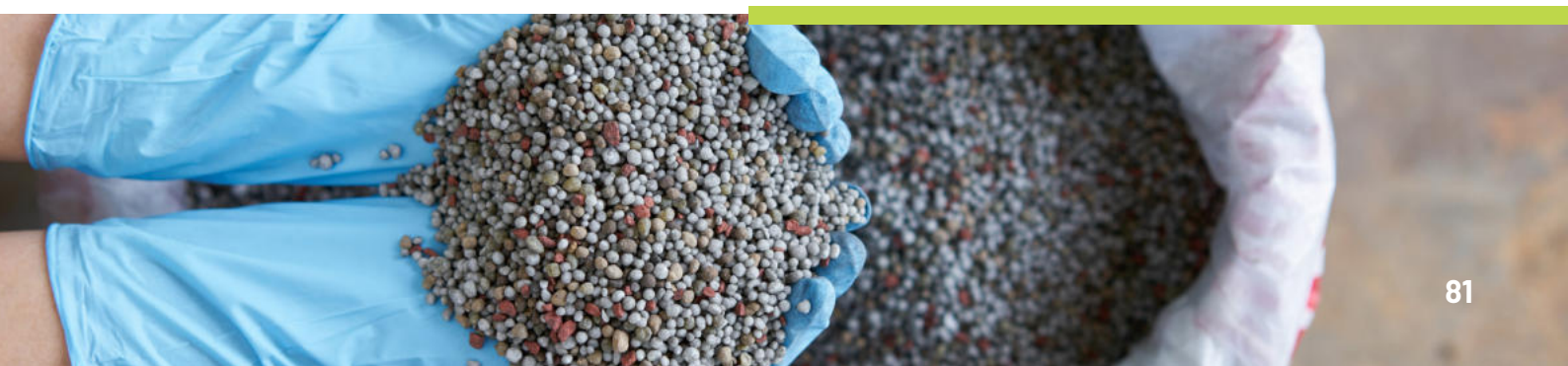
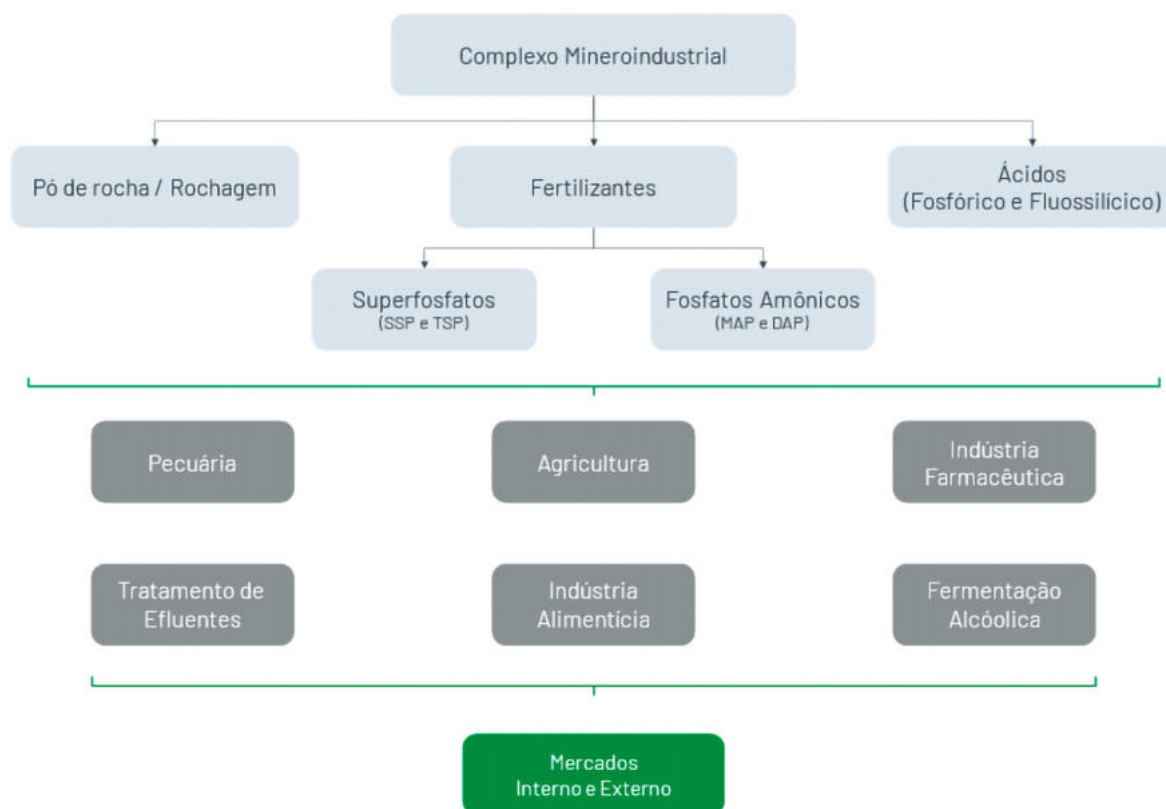


Figura 42 – Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em SEDE (2022)

O setor de fertilizantes fosfatados é restrito a poucas empresas de grande porte que detêm a maior parte do mercado. Em Minas Gerais, a Mosaic Fertilizantes opera as minas localizadas em Tapira, Patrocínio e Araxá. A unidade de Patos de Minas está atualmente paralisada e comercializa apenas o montante estocado. A Galvani, por sua vez, possui um complexo minerioindustrial em Serra do Salitre e uma unidade de mineração em Lagamar. A partir de 2024, com a implantação das plantas químicas do Complexo Minerioindustrial de Serra do Salitre, estima-se a produção de 1 Mt de fertilizantes fosfatados por ano, o que corresponde a 15% do consumo nacional desse insumo (SEDE, 2022; BRASIL MINERAL, 2023a; COMPLEXO..., 2023).

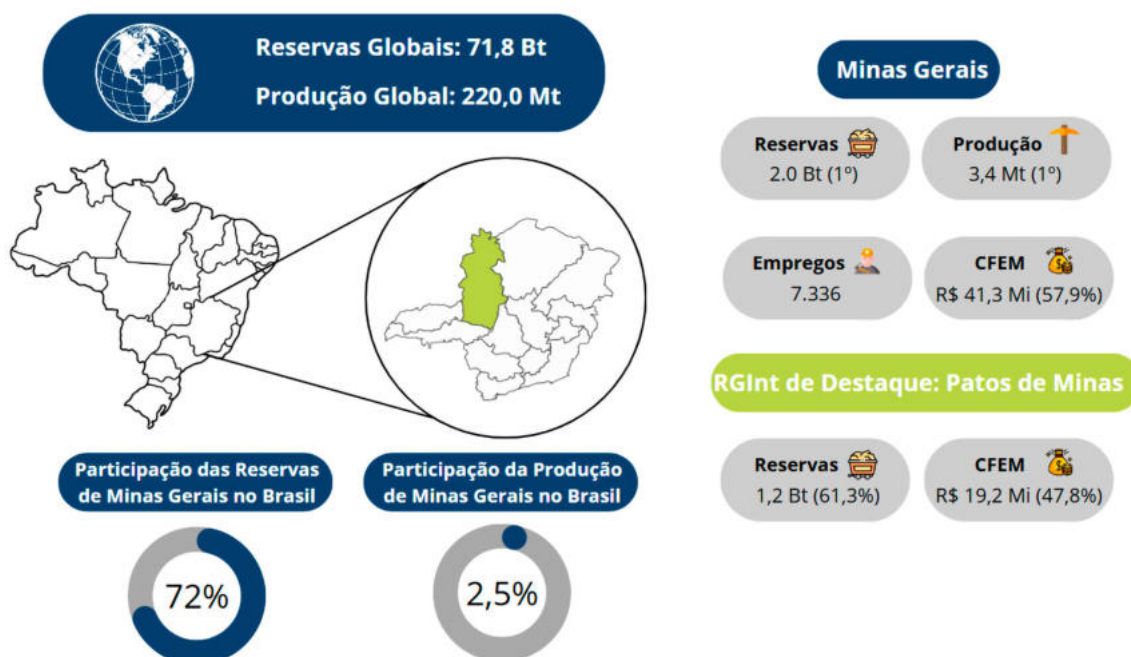
A crescente demanda por fósforo no Brasil é crítica para a saúde do agronegócio, setor importante para o PIB nacional. O país pode expandir sua produção e reservas de fósforo com novos projetos, descobertas de novos depósitos minerais e reavaliação dos depósitos já conhecidos. As empresas têm investido em tecnologias mais eficientes e sustentáveis, como a produção de fertilizantes de liberação lenta e o uso de fontes alternativas de fosfato. Entre essas

alternativas estão a reutilização segura de resíduos orgânicos, esterco e excrementos, além de técnicas para recuperar fósforo em águas residuais e corpos aquáticos afetados pela eutrofização (ABRAM; CUNHA; ALMEIDA, 2016; PANTANO et al., 2016).

Na Figura 43 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGIInt, além de dados globais.



Figura 43 – Principais informações dos fosfatos



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de SEDE (2022), ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.1.1.2 Rochas Potássicas e Sais de Potássio

Cerca de 95% da produção mundial de potássio é destinada à agricultura como fertilizante, principalmente na forma de cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio (KNO_3), participando do metabolismo do nitrogênio, da regulação hídrica por osmose e da síntese de açúcar nas plantas (KINPARA, 2003).

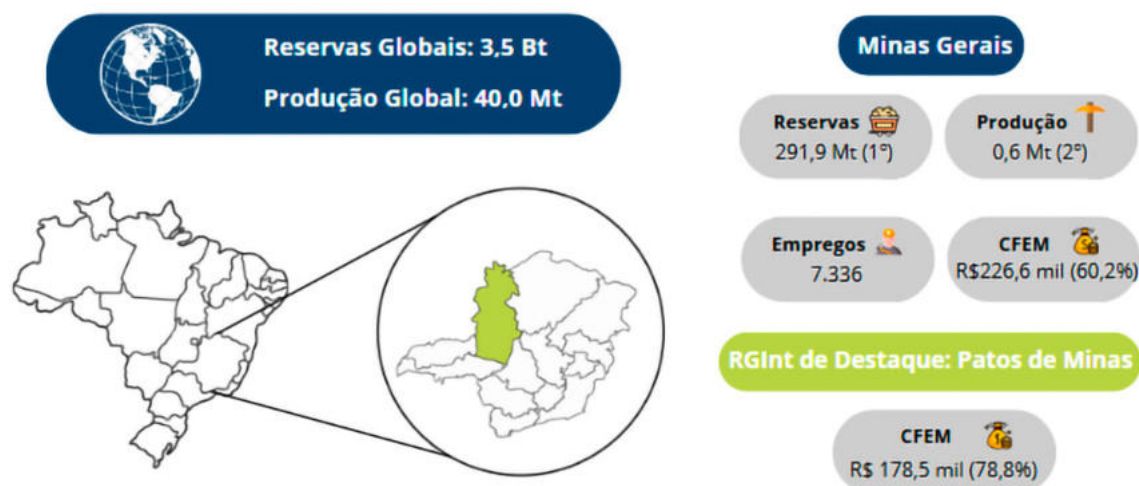
Em Minas Gerais, rochas ricas em potássio são encontradas principalmente nas RGInts de Patos de Minas e Divinópolis, em depósitos conhecidos como “verdetes” devido à coloração verde. Municípios como Dolores do Indaiá, Quartel Geral, Cedro do Abaeté, Abaeté, Matutina, Tiros e São Gotardo se destacam por seus minerais com teores de K_2O variando entre 5% e 12%. A região do Planalto de Poços de Caldas, na RGInt de Pouso Alegre, possui rochas alcalinas alteradas que aumentaram o teor médio de óxido de potássio de 7,7% para 12,8% (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008; SEDE, 2022).

Em virtude da existência de depósitos de rochas potássicas em Minas Gerais, há duas possíveis rotas para obtenção do potássio: por meio de um tratamento térmico (ustulação), seguido de lixiviação em água para produção de fertilizante potássico de liberação lenta; ou pela fusão e o resfriamento rápido da rocha, resultando em um produto vítreo conhecido como “termofosfato potássico” (SEDE, 2022).

As principais empresas na cadeia produtiva de rochas potássicas e sais de potássio em Minas Gerais são a Verde Agritech e a Kalium Mineração. Controlada pela canadense Amazon Mining, a Verde Agritech inaugurou em 2022, em São Gotardo, a maior fábrica de fertilizantes potássicos do Brasil, com capacidade de 3 Mt/ano. A Kalium Mineração concluiu a primeira fase do seu projeto em Serra da Saudade e Quartel Geral para a produção de sais de potássio, magnésio, ferro e óxido de alumínio a partir das rochas potássicas (verdetes) (BIANCHETTI, 2022; VERDE AGRITECH, 2023; KALIUM, 2023).

Na Figura 44 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 44 – Principais informações das rochas potássicas e sais de potássio



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de SEDE (2022), ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.1.3 Remineralizadores de Solo

A remineralização de solo, conhecida como rochagem ou petrofertilização, envolve a aplicação de pó de rocha para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, visando o desenvolvimento das plantas. Essa prática visa reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos importados, como os potássicos e fosfatados, proporcionando benefícios que perduram por até cinco anos (SILVA, 2016).

A rochagem pode ser uma solução valiosa para o Brasil, reduzindo a importação de insumos agrícolas, especialmente considerando a diversidade geológica do país. No entanto, é essencial realizar testes agrícolas para avaliar a adequação das rochas, visando a caracterização de elementos tóxicos e contaminantes. O desenvolvimento contínuo de estudos deve identificar minerais e rochas de melhor adequação para o uso como fertilizantes alternativos (THEODORO, 2011).

O marco legal da rochagem no Brasil foi estabelecido com a aprovação da Lei nº 12.890 em 10 de dezembro de 2013, que reconheceu os remineralizadores como insumos agrícolas. A regulamentação da lei foi feita pelo Decreto nº 8.384 em 29 de dezembro de 2014 e pelas Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (IN-MAPA) nº 5 e nº 6, de 10 de março de 2016 (THEODORO, 2016).

A formação da Serra da Saudade, localizada entre os municípios de São Gotardo, Matutina, Santa Rosa da Serra e Cedro do Abaeté, possui grande potencial não só para a produção de sais de potássio a partir do “verdete”, mas também para a rochagem. Essa formação pode fornecer materiais utilizados na aplicação direta de rochas fosfatadas (*Direct Application Phosphate Rock – DAPR*), de rocha fosfática parcialmente acidulada (*Partial Acidulation Phosphate Rock – PAPR*), ou até mesmo para a produção de fosfatos supersuperfosfato simples (*Super Single Phosphate – SSP*) a partir dos fosforitos com maiores teores de P_2O_5 (FERNANDES; LUZ; CASTILHO, 2010).

1.2.2.1.2 Reservas

- Em 2022, as reservas brasileiras de fosfato representavam apenas **3,9% (2,8 Bt)** das reservas mundiais. As maiores reservas são as situadas no Marrocos (50,0 Bt; 69,3%) e no Egito (2,8 Bt; 3,9%).
- Já a reserva mundial de K_2O foi estimada em 3,5 Bt, liderada pelo Canadá (1,1 Bt, 33%), Bielorrússia (750,0 Mt; 22,5%) e Rússia (400,0 Mt; 12%). O Brasil ocupou a nona colocação (2,3 Mt; 0,1%).

- A maior parte das reservas de fosfato brasileiras, em massa lavrável, estão localizadas em Minas Gerais (2,0 Bt; 71,6%). No estado, os principais municípios em termos de reservas são Patrocínio (719,2 Mt; 36,2%), Tapira (661,4 Mt; 33,3%), Patos de Minas (299,8 Mt; 15,1%) e Serra do Salitre (207,1 Mt; 10,4%).
- As reservas lavráveis³ de potássio estão presentes principalmente em Minas Gerais (291,9 Mt), seguido por Amazonas (122,5 Mt) e, por fim, Sergipe (7,7 Mt). As reservas de sais de potássio estão, majoritariamente, em Sergipe e Amazonas. Em Minas Gerais, predominam depósitos de rochas potássicas.
- Em Minas Gerais, as ocorrências e depósitos de potássio conhecidos estão concentradas nas RGInts de Patos de Minas e Divinópolis. Os municípios de Dolores do Indaiá, Quartel Geral, Cedro do Abaeté, Abaeté, Matutina, Tiros e São Gotardo se destacam pela presença de minerais com teores de K₂O variando entre 5 e 12%. A RGInt de Pouso Alegre, nos municípios de Poços de Caldas e Andradas, também apresenta ocorrências de rochas potássicas (SEDE, 2022).

1.2.2.1.3 Produção

- A produção mundial de fosfato, em 2022, foi estimada em 220 Mt, com a China liderando (85,0 Mt; 38,3%), seguida por Marrocos (18,0%), Estados Unidos (21,0 Mt; 9,5%) e Rússia (13,0 Mt; 5,9%). O Brasil ocupou a sétima colocação, com 5,5 Mt, ou 2,5%.
- A produção beneficiada de fosfato no Brasil, em 2021, foi liderada por Minas Gerais (3,4 Mt; 38,7%), seguida por São Paulo (2,7 Mt; 30,4%) e, em terceiro lugar, Goiás (2,2 Mt; 25,5%).
- Já a produção global de potássio, em 2022, foi liderada pelo Canadá (16,0 Mt; 40,0%), seguido pela China (6,0 Mt; 15%) e Rússia (5,0 Mt; 2,5%). A produção nacional de potássio, em 2022, foi de 270,0 kt, o que equivale a apenas 0,7% do total produzido globalmente.
- A produção de rocha potássica (ROM) em Sergipe foi de 1,8 Mt e, em Minas Gerais, 0,6 Mt. No entanto, a produção beneficiada de potássio brasileira foi concentrada apenas em Sergipe, com um total de 0,2 Mt de K₂O equivalente.
- Em São Gotardo, na RGInt de Patos de Minas, ocorre a produção de fertilizantes minerais compostos por potássio, silício, magnésio, cobalto, zinco e manganês a partir de rochas sedimentares. Os produtos foram desenvolvidos pela Verde Agritech como uma alternativa mais barata aos nutrientes potássicos tradicionais.

1.2.2.1.4 Empregos

- Em Minas Gerais, os empregos na cadeia produtiva de fosfato e potássio concentram-se principalmente na indústria de transformação, representando 81,0% do total de 7.336 empregos diretos. Dentro desse setor, a fabricação de adubos e fertilizantes ocupa 61,4% dos postos de trabalho, enquanto a fabricação de produtos intermediários para fertilizantes é responsável por 19,5%. A lavra de agrominerais contribui com 19,0% dos empregos.
- A distribuição dos postos de trabalho na indústria extrativa por RGInts ocorre principalmente em Divinópolis (51,1%), Teófilo Otoni (21,8%) e Ipatinga (12,7%). Na indústria de transformação, Uberlândia (26,6%), Teófilo Otoni (17,0%) e Varginha (16,8%).

³ Valores em K₂O equivalente.

1.2.2.1.5 CFEM

- A alíquota da CFEM para potássio, rochas fosfáticas e demais substâncias utilizadas como fertilizantes é de 2%.
- Em 2023, a arrecadação da CFEM incidente sobre as rochas fosfáticas em Minas Gerais foi de R\$ 41,3 milhões, 57,9% do total do país. Os municípios que mais arrecadaram CFEM de fosfato foram Tapira (R\$ 19,2 milhões; 46,5%), na RGIInt de Uberaba, e Patrocínio (R\$ 13,7 milhões; 33,2%) e Serra do Salitre (R\$ 5 milhões; 12,1%), na RGIInt de Patos de Minas.
- Em 2023, a arrecadação nacional da CFEM de rochas potássicas foi de R\$ 17,6 milhões, com Minas Gerais participando com 1,3%, ou seja, R\$ 226,6 mil. Destacaram-se os municípios de São Gotardo (R\$ 176,9 mil; 78,1%), na RGIInt de Patos de Minas, e Poços de Caldas (R\$ 46,7 mil; 20,6%), na RGIInt de Pouso Alegre.

1.2.2.1.6 Balança Comercial

Minas Gerais contribuiu com US\$ 5,3 mil (5,8%) do total brasileiro exportado pela indústria extrativa de fosfatos, enquanto as importações totalizaram apenas US\$ 0,8 milhão, originadas principalmente do Egito e da Argélia.

Os principais destinos das exportações mineiras da indústria de transformação de fosfatos foram Paraguai (US\$ 886,1 mil; 81,8%) e Angola (US\$ 176,7 mil; 16,3%). As importações mineiras foram dominadas por fertilizantes – MAP (Fosfato Monoamônico) e DAP (Fosfato Diamônico) – vindos principalmente da Rússia (US\$ 150,1 milhões; 39,1%), Estados Unidos (US\$ 125,3 milhões; 21,4%) e Noruega (US\$ 72,4 milhões; 14,7%)(Figura 45).

Figura 45 – Balança comercial da cadeia produtiva de fosfatos em Minas Gerais (2022)

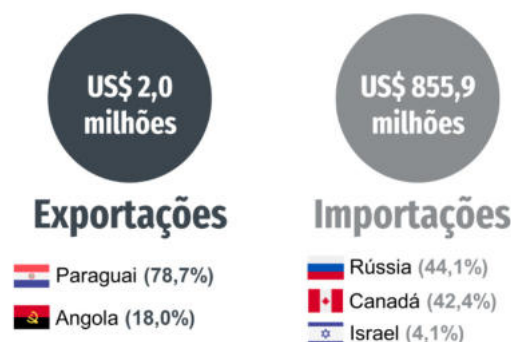


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

Minas Gerais contribuiu com US\$ 2,0 milhões (6,4% do total brasileiro) das exportações de adubos e fertilizantes potássicos, ocupando o quarto lugar entre os estados exportadores. Os principais destinos das exportações mineiras foram o Paraguai (US\$ 1,6 milhão) e Angola (US\$ 0,4 milhão). O estado importou aproximadamente US\$ 855,9 milhões em adubos e fertilizantes potássicos em 2022, ocupando a quinta posição (9,5%) entre os estados brasileiros. As principais origens dessas importações foram a Rússia (US\$ 377,8 milhões; 44,1%) e o Canadá (US\$ 362,8 milhões; 42,4%)(Figura 46).



Figura 46 – Balança comercial da cadeia produtiva de potássio em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

A balança comercial do estado foi deficitária em US\$ 853,8 milhões, evidenciando uma significativa dependência de importações desses insumos agrícolas essenciais. Esse cenário destaca a vulnerabilidade do estado em relação à variação dos preços e da oferta desses produtos no mercado internacional, o que pode impactar a segurança alimentar e a economia local.

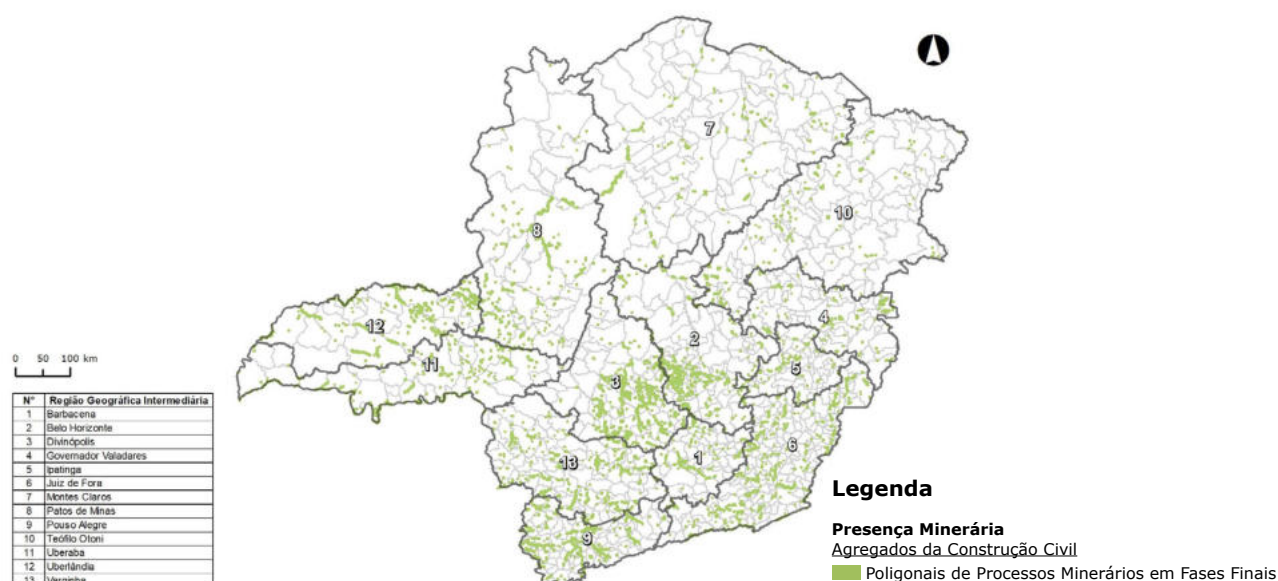
1.2.2.2 Agregados para a Construção Civil

1.2.2.2.1 Aspectos Gerais

Os agregados para construção civil, que incluem as rochas britadas, areia para construção, cascalho, saibro e argila, são essenciais para obras de infraestrutura, devido à produção em grande volume, processos simples de beneficiamento e proximidade entre polos de produção e consumo. Embora existam substitutos, como reciclados de entulho, resíduos de pneus e areia de brita, nenhum é tão amplamente disponível quanto os agregados minerais convencionais (LA SERNA; REZENDE, 2009). Recentemente, mineradoras de ferro em Minas Gerais, como a Vale, têm investido na produção de areia a partir de rejeitos. Em 2023, a Vale criou a Agera, empresa dedicada à produção de areia sustentável, com previsão de 1,0 Mt de produção a partir de 2024 (VALE..., 2023).

A Figura 47 indica a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de agregados para a construção civil outorgados (concessão de lavra, licenciamento ou registro de extração) e na fase de requerimento de lavra. Percebe-se um predomínio nas RGIInts de Belo Horizonte, Divinópolis, Uberaba e Pouso Alegre.

Figura 47 – Distribuição nas RGIInts das poligonais de processos minerários de agregados para a construção civil em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

1.2.2.2 Reservas

- **Areia:** as reservas de areia do estado de Minas Gerais totalizam 2.328 Mt, concentradas principalmente nas RGInts de Belo Horizonte (824,2 Mt; 35,4%), Governador Valadares (514,7 Mt; 22,1%) e Juiz de Fora (216,0 Mt; 9,3%)(VICTORIA, 2018).
- Caso a produção de areia a partir de rejeitos de mineração de ferro seja consolidada e expandida, os recursos aumentariam significativamente em função da contínua geração de rejeitos arenosos, além das pilhas de rejeitos acumulados durante décadas de operação, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero (BRAGON, 2015).
- **Argilas para uso na construção civil:** no que diz respeito aos recursos totais de argila do estado (2.200 Mt), destacam-se a RGInt de Varginha (706,5 Mt; 32,1%), Divinópolis (442,7 Mt; 20,1%) e Belo Horizonte (336,1 Mt; 15,3%).
- **Rochas britadas e cascalho:** a RGInt de Belo Horizonte é responsável por 27,3% dos recursos de rochas britadas e cascalho, totalizando 3,6 Bt, seguida por Teófilo Otoni (2,3 Bt; 17,2%) e Montes Claros (2 Bt; 14,8%). No estado, há 13,35 Bt em reservas.

1.2.2.3 Produção

- **Areia:** em 2021, Minas Gerais contribuiu com cerca de 5,5% (1,2 Mt) da produção nacional de areia beneficiada, ficando atrás de São Paulo (61,7% ou 14,0 Mt) e Paraná (21,2% ou 4,8 Mt).
- **Argilas para uso na construção civil:** a produção de argila de Minas Gerais ocupou a quarta posição nacional em 2021, com 7,61% (4,0 Mt). A produção do estado foi superada por Mato Grosso (9,39% ou 4,90 Mt), Santa Catarina (10,94% ou 5,7 Mt) e São Paulo (34,8% ou 18,2 Mt).
- **Rochas britadas e cascalho:** o estado ocupou a segunda posição, contribuindo com 11,30% (29,62 Mt) da produção nacional, menor apenas que a produção de São Paulo (26,84% ou 70,37 Mt), no ano de 2021.

1.2.2.4 CFEM

A alíquota da CFEM incidente sobre os agregados destinados à construção civil é de 1%. Em 2023, sua arrecadação em Minas Gerais atingiu o valor de R\$ 5,7 milhões⁴. No mesmo ano, o estado ficou em quinto lugar no ranking nacional de arrecadação, representando 7% do total, atrás de São Paulo (34,3%), Santa Catarina (12,3%), Paraná (11,6%) e Rio Grande do Sul (11,1%).

1.2.2.3 Minerais Industriais

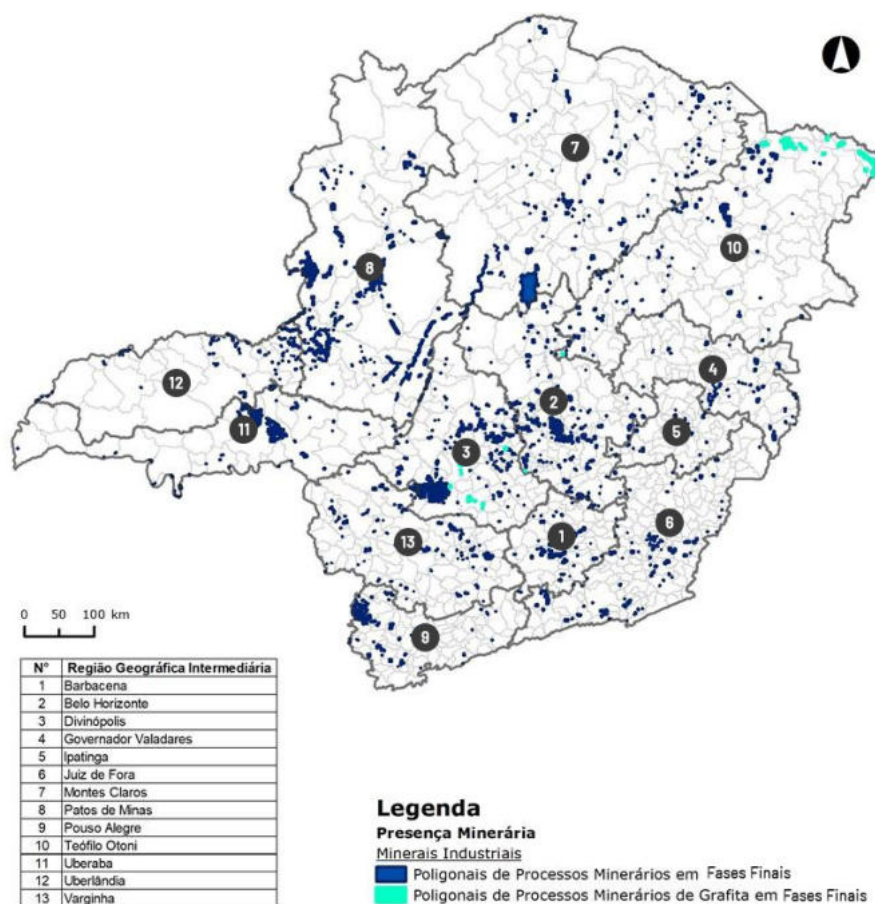
1.2.2.3.1 Aspectos Gerais

Os minerais industriais, que englobam mais de 200 tipos, desempenham papéis versáteis em diversos processos industriais. Naturais ou sintéticos, os minerais industriais são utilizados em vários setores, tais como construção, cerâmica e química (RODRIGUES, 2013). Em Minas Gerais, destacam-se as areias industriais, argilas, calcário, dolomitos, feldspatos e grafita (SEDE, 2022).

A Figura 48 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de minerais industriais e, especificamente, de grafita, outorgados em todos os regimes de exploração mineral e na fase requerimento de lavra.

⁴ Foram consideradas as seguintes classificações do Observatório da CFEM: areia, basalto, cascalho, diabásio, fotolito e saibro.

Figura 48 – Distribuição nas RGInts das polygonais de processos minerários de minerais industriais em fases finais



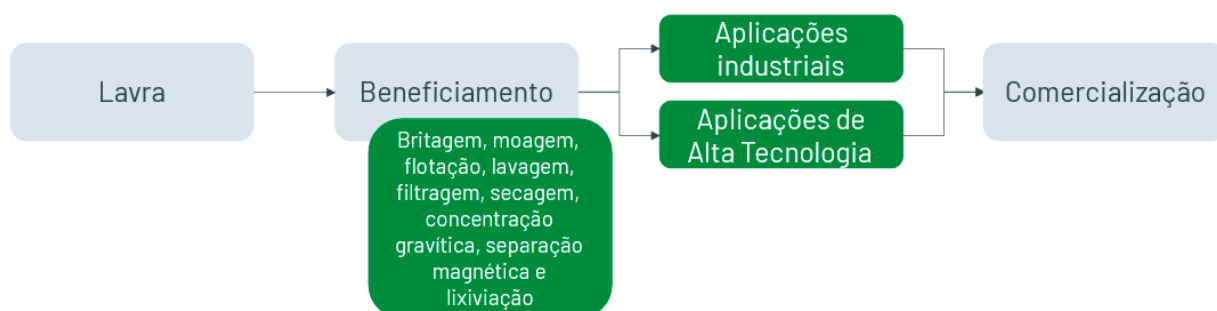
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

1.2.2.3.1.1 Grafita

A grafita é uma substância mineral de importância estratégica para o estado de Minas Gerais, que possui vastos recursos e reservas desse mineral. O estado destaca-se como o maior produtor nacional, atendendo a uma demanda crescente nos mercados interno e externo, devido às propriedades de condução elétrica e aplicações industriais deste material (DUARTE, 2013; HELERBROCK, [20–]).

Em Minas Gerais, a extração da grafita é realizada a céu aberto. O minério bruto é extraído e transportado para usinas de beneficiamento, onde passa por processos como britagem, moagem, flotação, lavagem, filtragem, secagem, concentração gravítica, separação magnética e lixiviação, adequando-o aos diferentes tipos de produtos demandados (LOBATO, 2009).

Figura 49 – Etapas da cadeia produtiva da grafita



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em Lobato (2009)

A produção impulsiona a economia regional e estadual, gerando empregos e atraindo investimentos. A crescente demanda por grafeno, material derivado da grafita com amplas aplicações tecnológicas, reforça a importância estratégica desse mineral para Minas Gerais. Tendo isso em vista, são observadas ações recentes do governo estadual para fomento da exploração dessa substância (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2024).

1.2.2.3.2 Reservas

- **Areias industriais:** São Paulo (777,9 Mt; 42,2%), Minas Gerais (570,9 Mt; 30,9%) e Paraná (148,5 Mt; 8,1%). Destacam-se as RGInts de Teófilo Otoni (29,2%), Varginha (28,3%) e Belo Horizonte (17,1%).
- **Argilas:** São Paulo (1,70 Bt; 36,4%), Minas Gerais (0,94 Bt; 20,1%) e Santa Catarina (0,70 Bt; 15,6%). A RGInt de destaque é Divinópolis (25%), seguida por Belo Horizonte (23,6%) e Varginha (18,3%).
- **Calcário e Dolomito:** Sergipe (48,7 Bt; 48,8%) e Minas Gerais (14,2 Bt; 14,2%). Os municípios de maior destaque em MG foram Arcos (16,8%), da RGInt de Divinópolis, São José da Lapa (13,2%), na RGInt de Belo Horizonte, e Pains (11,8%), também na RGInt de Divinópolis.
- **Feldspato:** Minas Gerais (642 Mt; 70,8%), Bahia (137 Mt; 15,1%) e Santa Catarina (40 Mt; 4,5%). A RGInt que se destacou foi a de Pouso Alegre (93,9%) (ANM, 2021).
- **Grafita:** Minas Gerais (56 Mt; 77,7%) e Bahia (16 Mt; 22,3%). A RGInt de destaque é Teófilo Otoni (84,6%), seguida por Belo Horizonte (8,5%) e Divinópolis (6,6%).

1.2.2.3.3 Produção

- **Areias industriais:** São Paulo (5,7 Mt; 65,6%), Santa Catarina (1,3 Mt; 15,2%), Minas Gerais (0,75 Mt; 8,7%).
- **Argilas:** Mato Grosso (4,9 Mt; 64,7%), São Paulo (1,2 Mt; 16,9%), Minas Gerais (870,5 kt; 11,5%).
- **Calcário e Dolomito:** Minas Gerais (42,5 Mt; 27,1%), Mato Grosso (19 Mt; 12,2%), São Paulo (15,5 Mt; 9,9%). A RGInt de maior destaque foi Divinópolis (38,6%), seguida por Belo Horizonte (28,6%).
- **Feldspato:** Santa Catarina (157,1 kt; 32%), Minas Gerais (155,3 kt; 31,6%) e Paraná (130,6 kt; 26,6%).
- **Grafita:** Minas Gerais, com 78 kt, nos municípios de Itapeçerica, Pedra Azul e Salto da Divisa.

1.2.2.3.4 CFEM

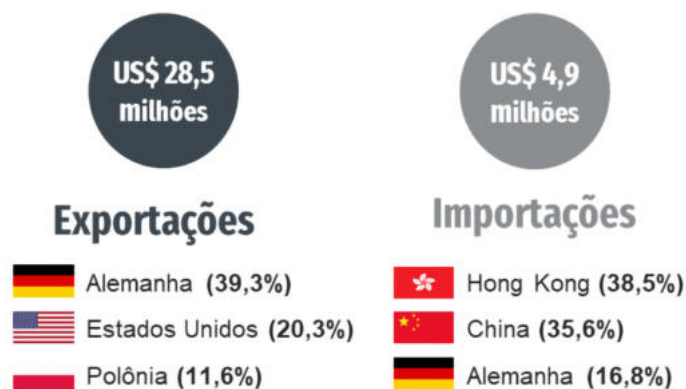
- **Argilas:** Minas Gerais arrecadou R\$ 1,9 milhão (16,3%) em 2023.
- **Calcário e Dolomito:** Minas Gerais contribuiu com R\$ 40,3 milhões (18,3%) em 2023. Destaque para a RGInt de Divinópolis (36,2%), seguida pelas RGInts de Belo Horizonte (25,6%) e Patos de Minas (12,9%). Destacaram-se os municípios de Arcos, Pains e Itaú de Minas.
- **Feldspato:** Minas Gerais arrecadou R\$ 1,0 milhão (36,6%) no ano de 2023, considerando feldspato, leucita e nefelina-cianito.
- **Grafita:** Minas Gerais arrecadou R\$ 7,3 milhões no ano de 2023, cerca de 99,1% do total nacional.

1.2.2.3.5 Balança Comercial

Areias industriais, argilas, calcário, dolomito e feldspato não possuem valores relevantes na balança comercial brasileira.

Minas Gerais contribuiu com 55,4% (R\$ 28,5 milhões) das exportações brasileiras de grafita, sendo os principais destinos Alemanha (US\$ 11,2 milhões), Estados Unidos (US\$ 5,8 milhões) e Polônia (US\$ 3,3 milhões) (Figura 50). Nas importações nacionais de grafita, Minas Gerais contribuiu com apenas 2,6%, totalizando 2,6 toneladas. A maior parte das importações nacionais foram destinadas à Bahia, Ceará e São Paulo, representando 78,2% do total. Nas importações estaduais oriundas de outros países, destacaram-se Hong Kong (38,5%), China (35,6%) e Alemanha (16,8%).

Figura 50 – Balança comercial da cadeia produtiva da grafita em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Comex Stat (2023)

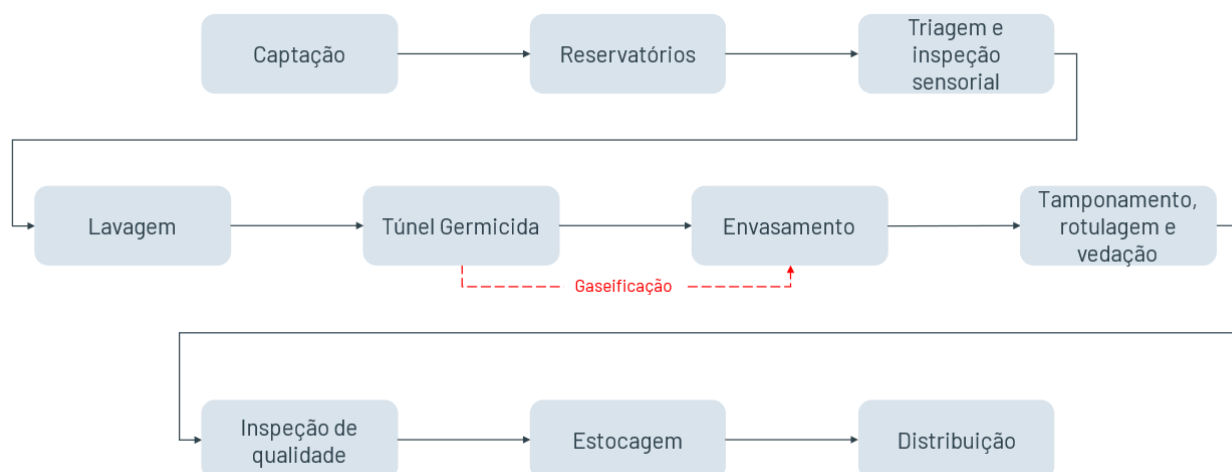
1.2.2.4 Águas Minerais

1.2.2.4.1 Aspectos Gerais

A cadeia produtiva da água tem início com a lavra de águas subterrâneas, predominantemente por meio de poços artesianos e fontes naturais. O processo de captação, realizado com bombas, é seguido pela transferência para reservatórios, onde ocorre o armazenamento. Na Figura 51 são apresentadas as etapas da produção industrial de águas minerais.



Figura 51 – Fluxograma da cadeia produtiva de águas minerais

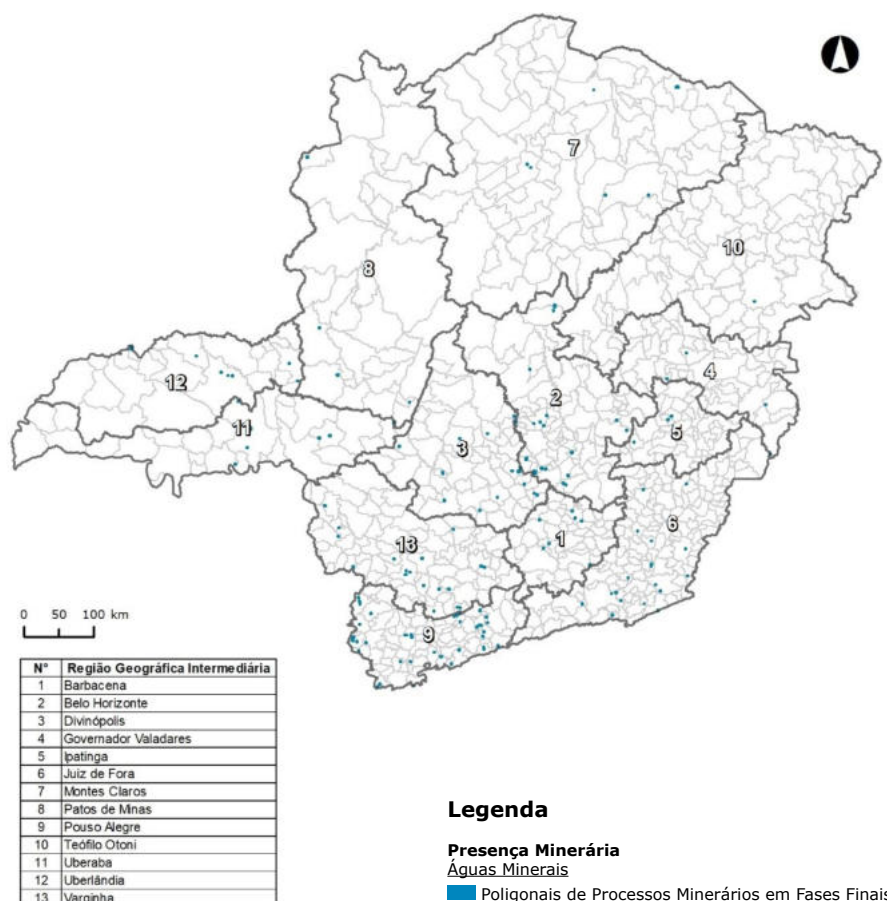


Fonte: adaptado de Aragão; Tamiarana (2021).

De acordo com a SEDE (2022), os principais usos das águas minerais em Minas Gerais são: engarrafamento, balneoterapia e indústria. Além disso, as águas subterrâneas desempenham um papel relevante como complemento ou substituto para o abastecimento público, oferecendo boa qualidade, vazão constante, custos reduzidos e facilidade de utilização (JEGER; PROFETA, 2018).

Segundo dados do SIGMINE, Minas Gerais possuía, em 2022, 67 unidades de produção, que pertenciam a 50 empresas de água mineral. As RGInts que se destacaram foram Pouso Alegre (23), Belo Horizonte (9), Varginha (9) e Divinópolis (6). A Figura 52 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários outorgados de águas minerais no estado.

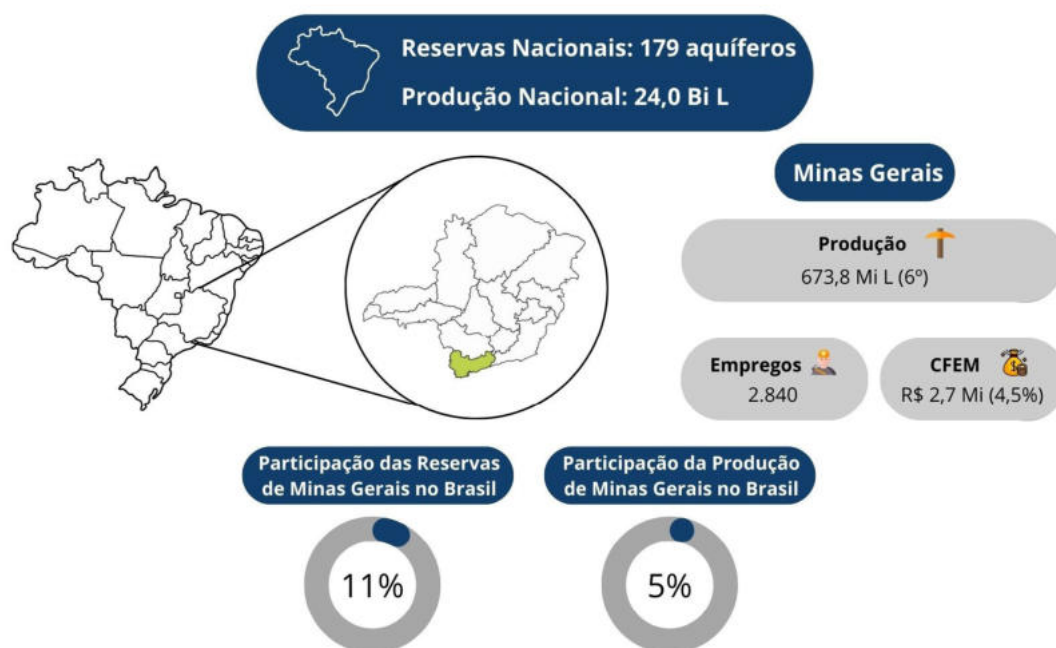
Figura 52 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de águas minerais em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

Na Figura 53 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 53 – Principais informações das águas minerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANA (2016) e ANA apud SEDE (2022), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.4.2 Reservas

- Em 2021, foram registrados 463 novos processos minerários em Minas Gerais, sendo 454 (98,1%) para água mineral, oito (1,7%) para água potável de mesa e um (0,2%) para águas termais.
- Segundo o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), 24.651 pontos de águas foram cadastrados até abril de 2023 no estado, sendo 10.335 na RGInt de Montes Claros, 3.578 na RGInt de Belo Horizonte, 2.988 na RGInt de Teófilo Otoni e 463 na RGInt de Governador Valadares.

1.2.2.4.3 Produção

- Em 2020, o consumo global de água mineral atingiu 410,0 bilhões de litros, com o Brasil ocupando a quinta posição entre os maiores consumidores (24,0 bilhões de litros; 5,9% do total).
- Minas Gerais registrou a sexta maior produção de água mineral do Brasil em 2021 (673,8 milhões de litros; 4,7% do total nacional). O valor total de águas minerais comercializadas no estado em 2021 foi de R\$ 345,0 milhões, menor que o valor de pico (R\$ 366,0 milhões) registrado em 2012.

1.2.2.4.4 Empregos

- Em 2021, a cadeia produtiva das águas minerais compreendia 2.840 empregos diretos, destacando-se o setor de transformação (envasamento de águas) com aproximadamente 62,3% do total, seguido pela construção civil (perfuração e construção de poços) com cerca de 24,8%. O comércio contribuiu com aproximadamente 13%.

1.2.2.4.5 CFEM

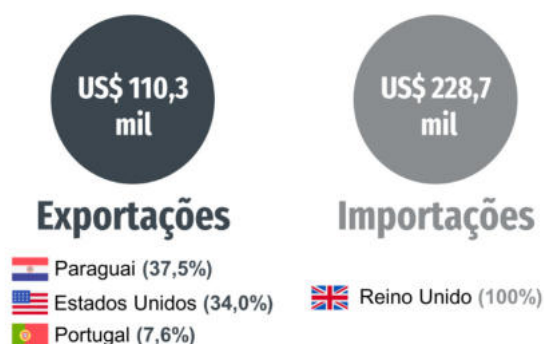
- Em 2023, a arrecadação da CFEM incidente sobre águas minerais em Minas Gerais atingiu R\$ 2,7 milhões, ocupando a sexta colocação nacional, ou seja, 4,5% do total.
- As RGInts que mais contribuíram com o valor arrecadado em 2023 foram Pouso Alegre (61,9%; R\$ 1,7 milhão), Belo Horizonte (13,2%; R\$ 359,9 mil) e Divinópolis (7,2%; R\$ 195,1 mil).
- Em termos municipais, São Lourenço e Passa Quatro foram as cidades mais representativas, ambas na RGInt de Pouso Alegre.

1.2.2.4.6 Balança Comercial

Em 2022, a cadeia de águas minerais brasileira apresentou um superávit na balança comercial, com exportações totalizando US\$ 19,3 milhões e importações atingindo US\$ 3,0 milhões. Minas Gerais contribuiu com 0,6% do total exportado, alcançando US\$ 110,3 mil e a 14ª colocação.

As importações nacionais somaram US\$ 3,0 milhões em 2022, e Minas Gerais representou 7,7% desse montante. Os principais destinos das exportações mineiras foram Paraguai (53,4 mil litros) e Estados Unidos (48,5 mil litros). Importante evidenciar que 100% das importações do estado foram de águas, incluindo as águas minerais e as águas gaseificadas, adicionadas de açúcar ou de outros edulcorantes ou aromatizadas, de origem do Reino Unido (Figura 54).

Figura 54 – Balança comercial da cadeia produtiva de águas minerais em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Comex Stat (2023)

1.2.2.5 Rochas Ornamentais e de Revestimento

1.2.2.5.1 Aspectos Gerais

As rochas utilizadas para fins ornamentais e de revestimento são extraídas em blocos ou chapas e podem ser moldadas em diferentes formas por meio de processos como esquadreamento, polimento e lustro. A demanda por essas substâncias minerais está principalmente ligada à sua estética, mas critérios como dureza, resistência e durabilidade são relevantes (COSTA; CAMPELLO; PIMENTA, 2001).

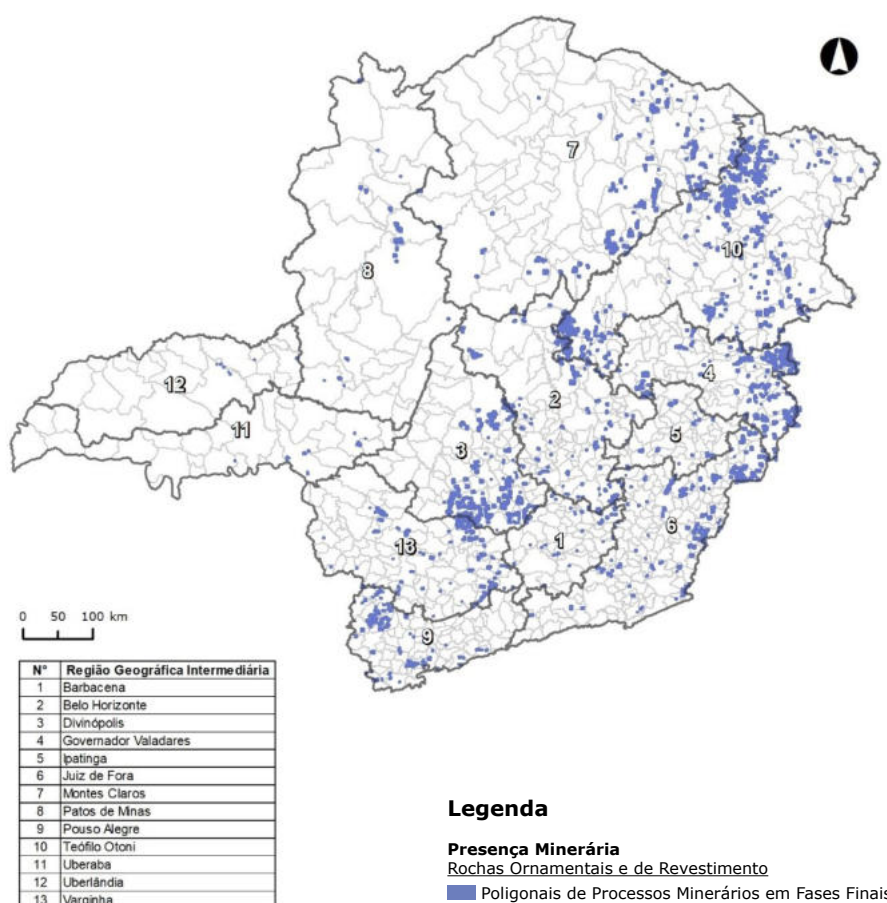
Dentre os principais exemplos de rochas ornamentais e de revestimentos explorados em Minas Gerais e suas respectivas principais ocorrências, tem-se os granitos, em Caldas (814,6 Mt; 20,5%⁵), Coronel Murta (519,2 Mt; 14%) e Monjolos (480,0 Mt; 12,1%); mármore, em Sete Lagoas (650,4 Mt; 83,2%), Santana de Pirapama (84,9 Mt; 10,9%) e Monjolos (28,7 Mt; 3,7%); ardósias, em Ibiaí (21,2 Mt); quartzitos, em Carmo do Rio Claro (283,4 Mt; 22,9%), Guapé (241,9 Mt; 19,4%) e Gouveia (178,3; 14,3%); e esteatitos, contabilizadas no grupo de Outras Rochas Ornamentais, cujo principal destaque é a cidade de Diamantina (228,4 Mt; 55,7%) (COSTA; CAMPELLO; PIMENTA, 2001; ANM, 2021).

⁵ Percentual relativo ao total do estado de Minas Gerais.

Minas Gerais é o terceiro estado em produção bruta de rochas ornamentais no país (ANM, 2021), especialmente quanto aos granitos. Entretanto, é interessante destacar que a cadeia de produção dessas rochas no estado é incompleta, apresentando um espaço relevante para crescimento, principalmente beneficiamento e agregação de valor ao produto final (CORRÊA; ARIADNE, 2019).

A Figura 55 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de rochas ornamentais e de revestimento outorgados (concessão de lavra, licenciamento ou registro de extração) e em fase de requerimento de lavra.

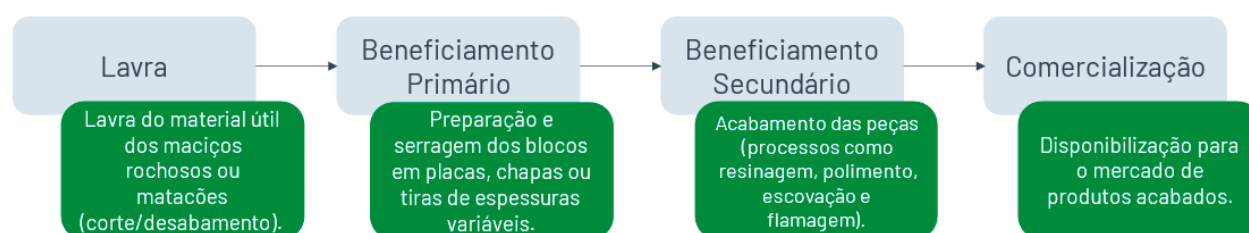
Figura 55 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de rochas ornamentais e de revestimento em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

A cadeia produtiva das rochas ornamentais e de revestimento se inicia com a lavra das rochas, que pode ocorrer de formas distintas. Atualmente, os métodos de corte são bastante difundidos no país, com prevalência de extração a céu aberto, por meio da utilização de ferramentas tecnológicas de corte, inclusive fios diamantados capazes de proporcionar uma lavra mais eficiente e com reduzidos impactos ambientais, quando comparado a métodos mais rudimentares (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2013). A seguir estão representadas as etapas da cadeia produtiva das rochas ornamentais e de revestimento (Figura 56).

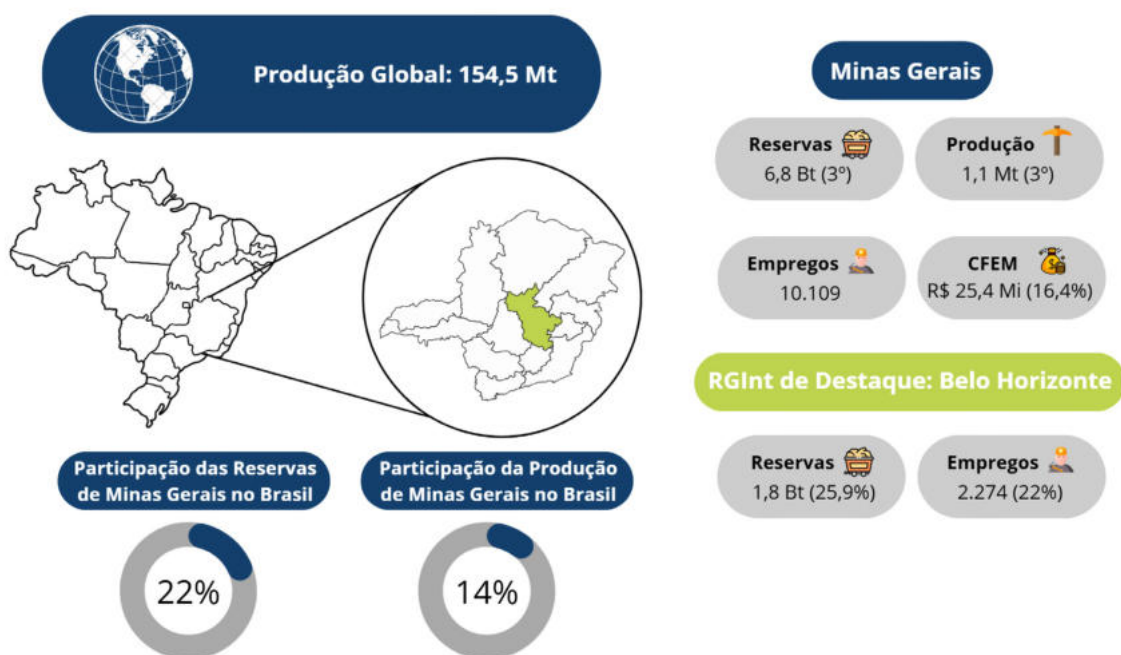
Figura 56 – Fluxograma da cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em Vidal; Azevedo; Castro (2013)

Na Figura 57 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 57 - Principais informações das rochas ornamentais e de revestimento



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.5.2 Reservas

- As estatísticas consolidadas disponíveis sobre recursos e reservas mundiais de rochas ornamentais e de revestimento são incompletas ou contraditórias, não sendo possível encontrar dados acessíveis, abrangentes e confiáveis.
- Dados disponibilizados pela ANM apontam que as principais reservas em massa lavrável de rochas ornamentais e de revestimento presentes no Brasil estão localizadas no Espírito Santo, com 10,7 Bt (35,0%), no Ceará, com 9,1 Bt (29,6%) e em Minas Gerais, com 6,8 Bt (22,2%).
- As principais reservas lavráveis do estado estão presentes nas RGInts de Belo Horizonte (1,8 Bt; 25,9%), Teófilo Otoni (1,7 Bt; 25,2%) e Varginha (1,1 Bt; 16,7%). Os principais municípios em reservas lavráveis em Minas Gerais são Caldas, com 814,6 Mt (12,0%), Sete Lagoas, com 653,2 Mt (9,6%) e Coronel Murta, com 557,2 Mt.

1.2.2.5.3 Produção

- Assim como os dados de reservas, as estatísticas são também inconsistentes relativas à produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento. No entanto, dados estimados pela Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS (2021) determinam que a produção mundial atingiu 154,4 Mt.
- De acordo com estimativas da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2021), o Brasil ocupou, em 2019, a quinta posição entre os principais produtores de rochas ornamentais e revestimento do mundo, com 5,3% do total.
- O Espírito Santo é o principal estado produtor de rochas ornamentais e de revestimento. Em 2021, Minas Gerais apresentou a terceira maior produção bruta, com 1,1 Mt (14,4%).

1.2.2.5.4 Empregos

- Em Minas Gerais, a cadeia das rochas ornamentais e de revestimento compreendia, em 2021, 7.769 postos de trabalho, sendo 6.296 (62,3%) na etapa de processamento. As atividades extrativas foram responsáveis por 2.940 empregos (29,0%) e o comércio por 873 (8,6%).
- Nas RGInts, destacaram-se: Belo Horizonte, com 2.274 empregos (22,0% do total), Divinópolis, com 1.924 (19,0%), e Teófilo Otoni, com 960 (10,0%).
- Dentre 2.940 empregos relacionados à etapa de extração, o granito foi responsável por 2.021 (68,7%), ardósias por 850 (28,9%) e mármore por 69 (2,3%).

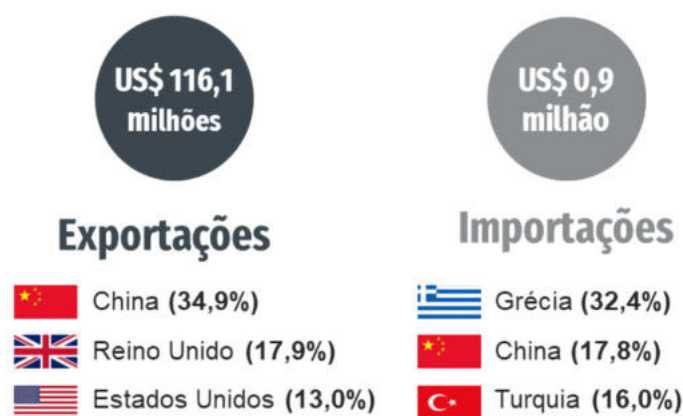
1.2.2.5.5 CFEM

- A arrecadação da CFEM para as rochas ornamentais e de revestimento obedece à alíquota de 1% sobre o valor da receita de vendas menos despesas de comercialização.
- Minas Gerais destaca-se como o segundo principal estado em arrecadação no país, com R\$ 25,4 milhões (16,3%) em 2023, atrás apenas de São Paulo⁶.

1.2.2.5.6 Balança Comercial

- As exportações de Minas Gerais foram majoritariamente compostas por produtos oriundos da etapa de extração, com US\$ 60,0 milhões (51,7% do total exportado pelo estado), enquanto a etapa de processamento foi responsável por US\$ 56,1 milhões (48,3%).
- O principal estado exportador de rochas ornamentais e de revestimento foi o Espírito Santo, com US\$ 630,0 milhões (75,2%) em 2022, seguido por Minas Gerais, com US\$ 116,1 milhões (13,9%) e o Ceará, com US\$ 32,3 milhões (3,9%).
- Com relação às exportações oriundas de Minas Gerais, os principais destinos das exportações foram China, Reino Unido e Estados Unidos, responsáveis por, respectivamente, US\$ 40,5 milhões, US\$ 20,7 milhões e US\$ 15,1 milhões (Figura 58).
- Dentre os estados brasileiros, Minas Gerais foi o 6º em importações de rochas ornamentais e de revestimento em 2022, com um valor de US\$ 917,7 mil (3,3% do total).
- Alguns dados referentes à balança comercial brasileira de rochas ornamentais e revestimentos encontram-se na Figura 58.

Figura 58 – Balança comercial da cadeia produtiva de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Comex Stat (2023)

⁶ Substâncias consideradas no agrupamento: ardósia, charnoquito, esteatito, gabro, gnaiss, granito, mármore, migmatito, quartzito, serpentinito, sienito e xisto.

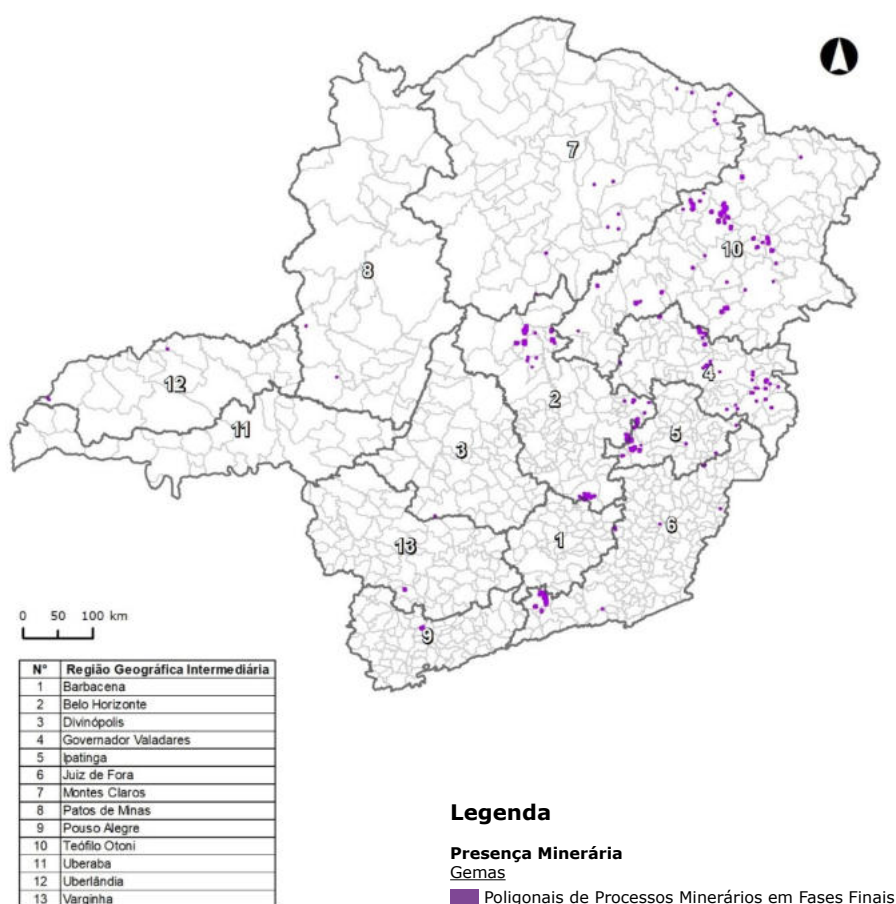
1.2.2.6 Gemas

1.2.2.6.1 Aspectos Gerais

O Brasil é um importante *player* no setor internacional de gemas, sendo Minas Gerais o principal polo produtor do país, especialmente na Província Gemológica Oriental. Os municípios de Ouro Preto, Itabira, Nova Era, Guanhães, Governador Valadares, Teófilo Otoni, Araçuaí, Turmalina, Malacacheta, Corinto e Diamantina são conhecidos pela extração de diversas gemas (IBGM, 2005), como água-marinha, alexandrita, amazonita, ametista, berilo, calcedônia, cianita, citrino, crisoberilo, esmeralda, kunzita, olivina, quartzo, turmalina e topázio. Destaca-se que Minas Gerais é a única fonte mundial de topázio imperial.

A Figura 59 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos minerários de gemas em fases finais nos regimes de exploração mineral e na fase de requerimento de lavra.

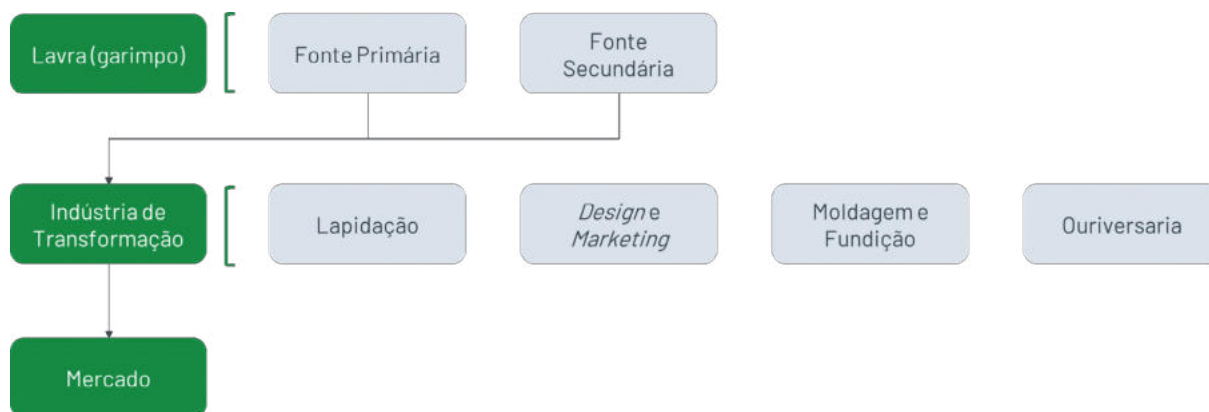
Figura 59 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de gemas em fases finais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

O desenvolvimento da lavra de gemas no Brasil é impulsionado pelos APLs, que reúnem empresas, fornecedores, entidades acadêmicas e outros stakeholders em regiões com alta concentração de atividades relacionadas à cadeia produtiva de gemas. Esses APLs promovem a cooperação para melhorar a competitividade e sustentabilidade do setor. Em Minas Gerais, existem dois APLs principais: o APL Gemas e Joias da RMBH, em Belo Horizonte, focado na produção de joias e bijuterias, e o APL Gemas e Joias Três Vales, em Teófilo Otoni, que lida com uma variedade de gemas (SEDE, 2022). A cadeia produtiva envolve a lavra, lapidação, joalheria e comercialização no mercado interno e externo (IBGM, 2005) (Figura 60).

Figura 60 – Fluxograma da cadeia produtiva de gemas



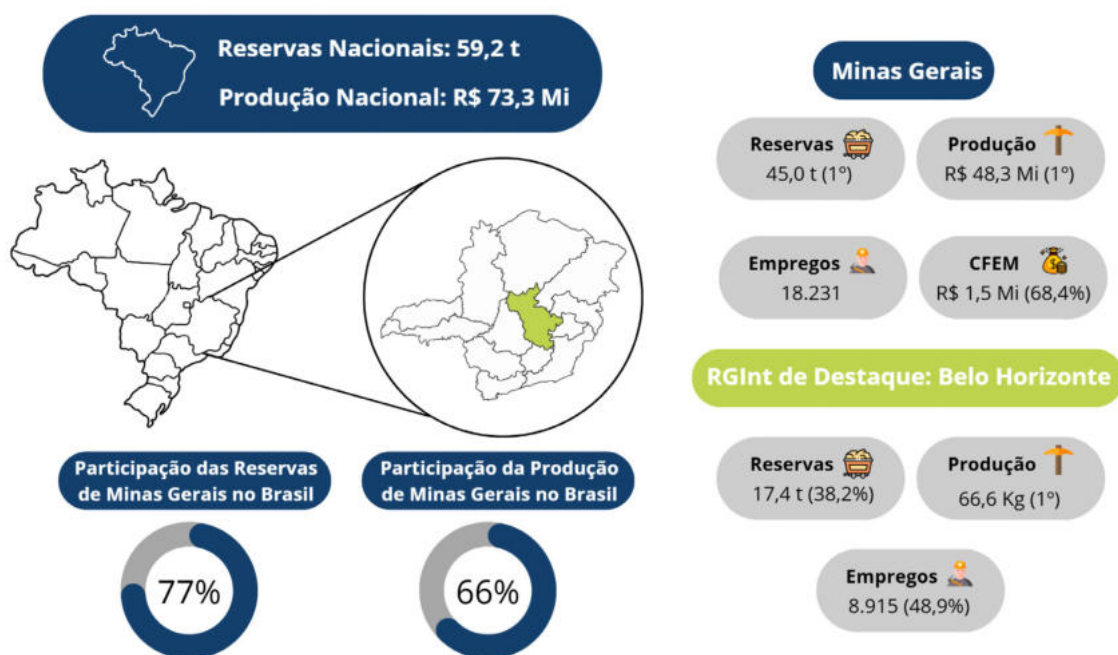
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em IBGM (2005)

A falta de estudos geológicos adequados antes da lavra de gemas compromete o planejamento dos empreendimentos, limitando seu potencial econômico e podendo comprometer o desenvolvimento do setor (IBGM, 2005). Além disso, a informalidade nas atividades de extração e lapidação dificulta a obtenção de estatísticas precisas. A baixa mecanização torna o processo produtivo artesanal, dificultando a competitividade internacional do setor (RIBEIRO, 2011; REYS, 2017).

A verticalização da cadeia produtiva de gemas, com foco na transformação e no valor agregado dos recursos minerais, surge como uma alternativa promissora para acelerar o desenvolvimento socioeconômico. Considera-se importante otimizar políticas públicas e promover iniciativas que impulsionem o avanço do setor (BARBOSA; SOBRINHO, 2019).

Na Figura 61 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 61 – Principais informações de gemas



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.6.2 Reservas

- No Brasil, Minas Gerais é o estado com maior quantidade de reservas de gemas (45,0 t ou 76,8% do total nacional).
- Destacaram-se as RGInts de Belo Horizonte (38,2%; 17,4 t), Ipatinga (31,6%; 14,4 t), Governador Valadares (20,3%; 9,3 t), Patos de Minas (8,2%; 3,7 t) e Teófilo Otoni (1,7%; 0,8 t).
- Os municípios de Itabira (14,9 t; 32,7%), Nova Era (10,1 t; 22,3%) e Antônio Dias (4,2 t; 9,3%) apresentaram as maiores reservas minerais de gemas de Minas Gerais, sendo o primeiro localizado na RGInt de Belo Horizonte e os outros dois na RGInt de Ipatinga.

1.2.2.6.3 Produção

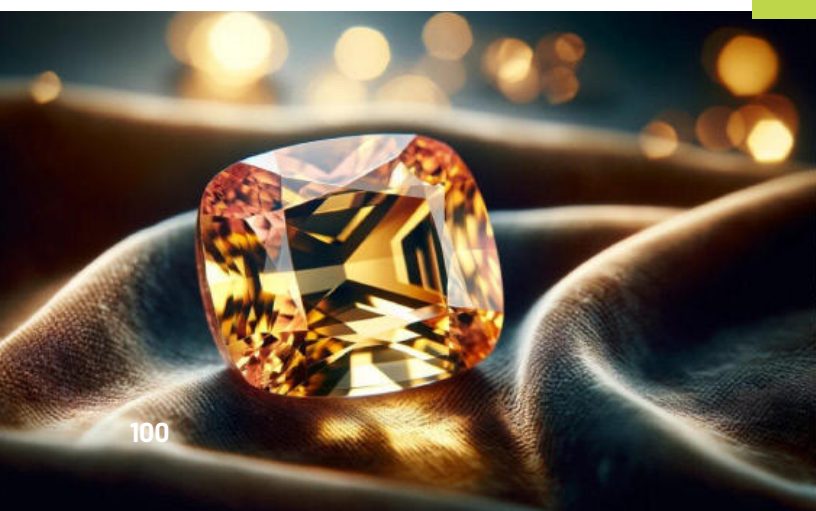
- Em 2021, a produção beneficiada comercializada de gemas alcançou R\$ 73,3 milhões no Brasil, sendo Minas Gerais responsável por 65,9% do total.
- As duas RGInts que registraram produção beneficiada em 2020 foram Belo Horizonte, com 66,6 kg (R\$ 14,9 milhões) e Ipatinga, com 1,8 kg (R\$ 0,9 milhão). Os municípios detentores dessa produção foram Antônio Dias, na RGInt de Ipatinga, e Itabira e Ouro Preto, na RGInt de Belo Horizonte.

1.2.2.6.4 Empregos

- Em 2021, a cadeia produtiva de gemas em Minas Gerais contava com 18.231 postos de trabalho, distribuídos em três etapas ou segmentos: lavra, processamento e comercialização.
- A lavra representava 43,7% dos empregos, destacando-se a lavra de minério de metais preciosos. No processamento, a fabricação de bijuterias e artefatos correspondia a 6,0% dos empregos totais. Na comercialização, o varejo de suvenires, bijuterias e artesanatos concentrava 50,4% dos postos de trabalho.
- Belo Horizonte foi a RGInt com maior concentração de empregos, totalizando 48,9% do total, sendo que 55,4% desses empregos referiam-se às atividades de lavra. Patos de Minas foi a segunda RGInt com mais postos de trabalho, com 2.278 empregos, sendo 83,3% relacionados às atividades de extração.

1.2.2.6.5 CFEM

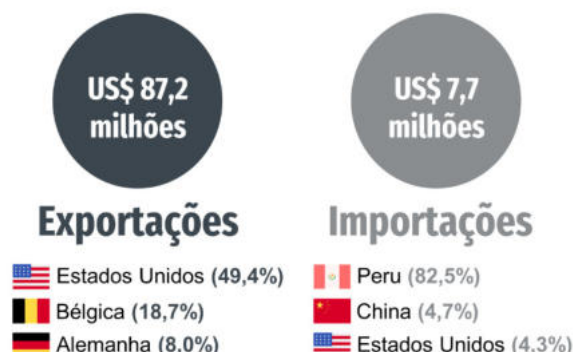
- A alíquota da CFEM para gemas é 3%.
- Minas Gerais destacou-se como o estado com maior arrecadação no país, com R\$ 1,5 milhão (68%) em 2023.
- O município de destaque foi Itabira, na RGInt de Belo Horizonte, com R\$ 1,4 milhão, ou 93,3% de Minas Gerais.



1.2.2.6 Balança Comercial

Minas Gerais, importante polo produtor de gemas, contribuiu com 36,8% das exportações nacionais (US\$ 87,2 milhões), alcançando a segunda colocação em valor exportado. As exportações do estado foram destinadas a 64 países, principalmente Estados Unidos (US\$ 52,2 milhões) e Bélgica (US\$ 19,7 milhões) (Figura 62).

Figura 62 – Balança comercial da cadeia produtiva de gemas em Minas Gerais (2022)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de Comex Stat (2023)

Nas importações de gemas, Minas Gerais teve uma participação discreta, representando apenas 0,8% do total importado pelo Brasil em 2022. As importações estaduais no mesmo ano foram dominadas pela prata bruta, tópico que remete novamente à necessidade de se concentrar esforços na verticalização da cadeia produtiva.

1.2.2.7 Diamantes

1.2.2.7.1 Aspectos Gerais

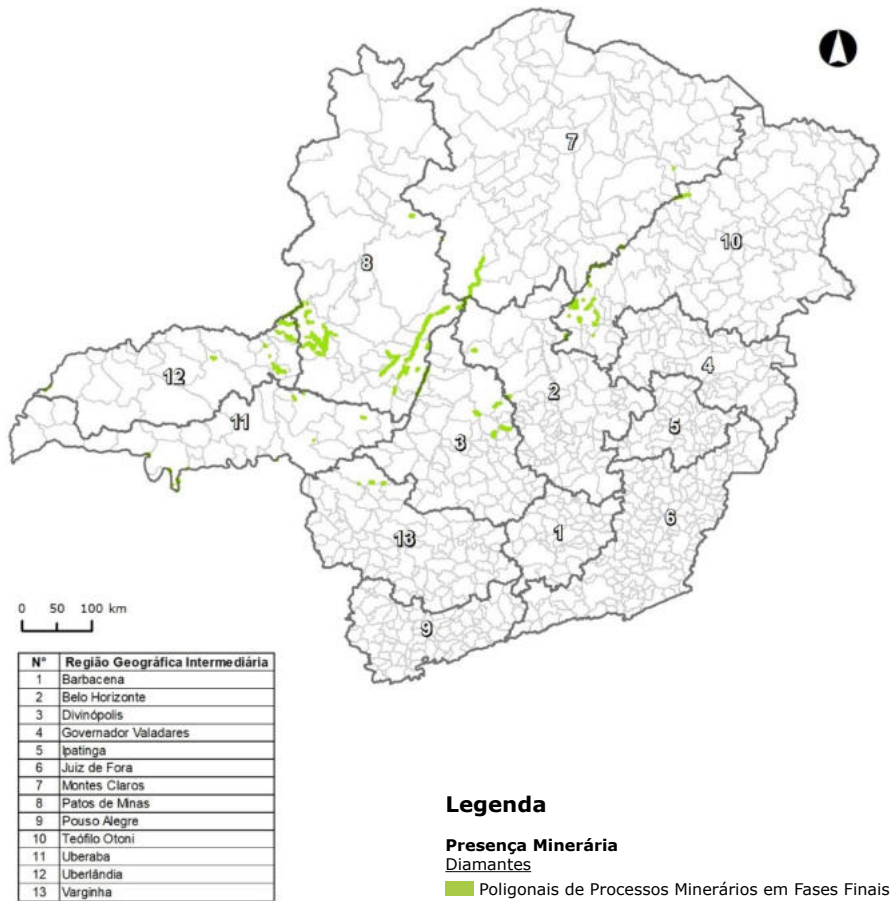
A extração de diamantes em Minas Gerais foi determinante para a ocupação da região e contribuiu para o desenvolvimento de municípios como Diamantina e Coromandel, onde a lavra dessa substância mineral ocorre até os dias atuais. O estado apresenta diversas áreas com ocorrência de diamantes, os chamados corpos kimberlíticos; no entanto, a única mina de diamantes do Brasil está na Bahia (BAHIA..., 2022).

A lavra de diamantes no estado de Minas Gerais é realizada exclusivamente em depósitos secundários, que são depósitos formados a partir da desagregação dos diamantes dos corpos kimberlíticos (CHAVES, [20–]). Depois de extraídos, os diamantes são destinados às atividades de lapidação e produção de joias ou, alternativamente, à utilização como “diamante industrial”.

A Figura 63 apresenta a distribuição espacial das poligonais de processos mineiros de diamantes outorgados (concessão de lavra, permissão de lavra garimpeira, licenciamento ou registro de extração) e em fase de requerimento de lavra.



Figura 63 – Distribuição nas RGInts das poligonais de processos minerários de diamantes em fases finais

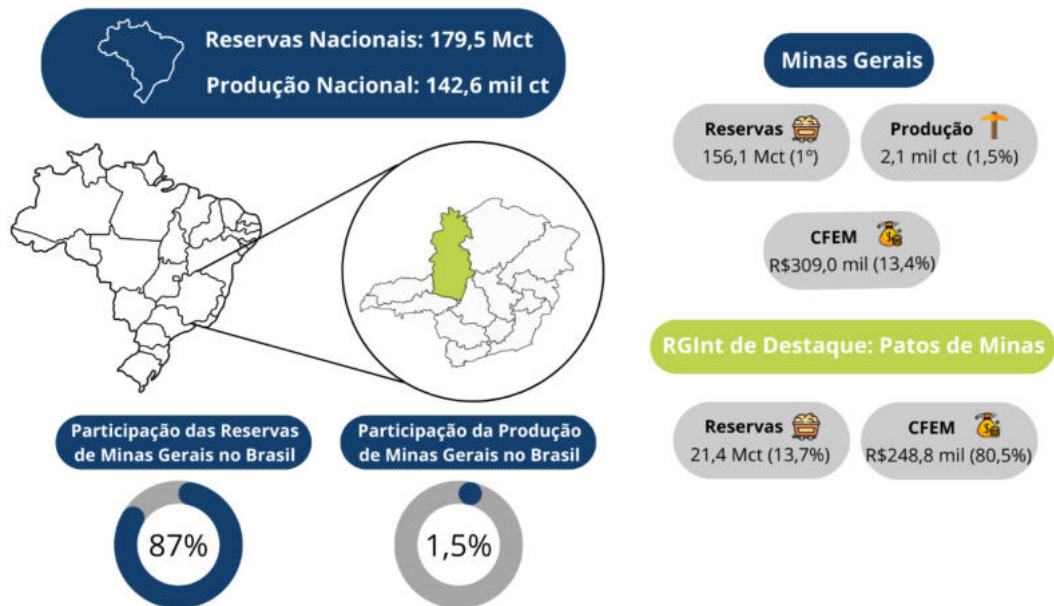


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2023a). Os dados utilizados são referentes ao mês de outubro de 2023.

O processo de lavra de diamantes no estado ocorre, muitas vezes, na informalidade, por meio de cata manual, cata mecanizada ou sistema de dragas, o que pode ocasionar, quando não controlado, poluição dos rios e lagos onde esse processo é executado (NETO et al., 2017; MENDO, 2009).

Na Figura 64 estão apresentadas as informações gerais sobre reserva, produção, empregos e CFEM de Minas Gerais e da principal RGInt, além de dados globais.

Figura 64 – Principais informações do diamante



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2021), ANM (2022a), ANM (2024a) e RAIS (2022)

1.2.2.7.2 Reservas

- As principais reservas lavráveis brasileiras de diamantes estão presentes no estado de Minas Gerais, que apresenta 87,0% do total do país, o equivalente a 156,1 Mct.
- As RGInts de Minas Gerais com maior concentração de reservas em massa lavrável de diamantes foram Teófilo Otoni (61,7%), Uberaba (16,2%) e Patos de Minas (13,7%).
- Dentre os municípios mineiros, as reservas desse mineral estão principalmente concentradas em Diamantina, com 73,9 Mct (47,3%), Frutal, com 24,6 Mct (16,2%) e Carbonita, com 22,6 Mct (14,4%).

1.2.2.7.3 Produção

- Conforme os dados do *Kimberley Process Certification Scheme* (2021), o Brasil ocupou a décima terceira posição, contribuindo com 0,1% da produção global de diamantes brutos, totalizando 142,6 mil ct.
- Minas Gerais responde por 2,1 mil ct (1,5%) da produção beneficiada nacional, sendo o maior produtor a Bahia, com 135 mil ct (95,4%).

1.2.2.7.4 CFEM

- A arrecadação da CFEM para o diamante obedece à alíquota de 2% sobre o valor transacionado do mineral. A segunda maior parcela arrecadada, em 2023, foi gerada em Minas Gerais, contribuindo com 13,4%, totalizando R\$ 309,0 mil.
- Dentre as RGInts de Minas Gerais, destacaram-se Patos de Minas (R\$ 248,8 mil; 80,5%), Uberlândia (R\$ 45,2 mil; 14,6%) e Teófilo Otoni (10,9 mil; 3,5%).
- O município mineiro com maior arrecadação foi Coromandel, um dos principais polos diamantíferos do estado, com 66,0% da arrecadação (R\$ 203,9 mil), seguido pelos municípios de Abadia dos Dourados, Tiros e Diamantina, que arrecadaram, juntos, 29,2% (R\$ 90,3 mil).

1.2.2.7.5 Balança Comercial

Minas Gerais representou a terceira colocação na exportação nacional, com US\$ 6,3 milhões, o equivalente a 13,0%. As exportações mineiras foram direcionadas principalmente para os Estados Unidos (US\$ 2,3 milhões), Israel (US\$ 988,9 mil) e Bélgica (US\$ 487,3 mil) (Figura 65). No ranking de importação de diamantes, ocupou a oitava posição, sendo responsável por 2,1% do total, equivalente a US\$ 4,0 milhões.

Figura 65 – Balança comercial da cadeia produtiva de diamantes em Minas Gerais (2022)

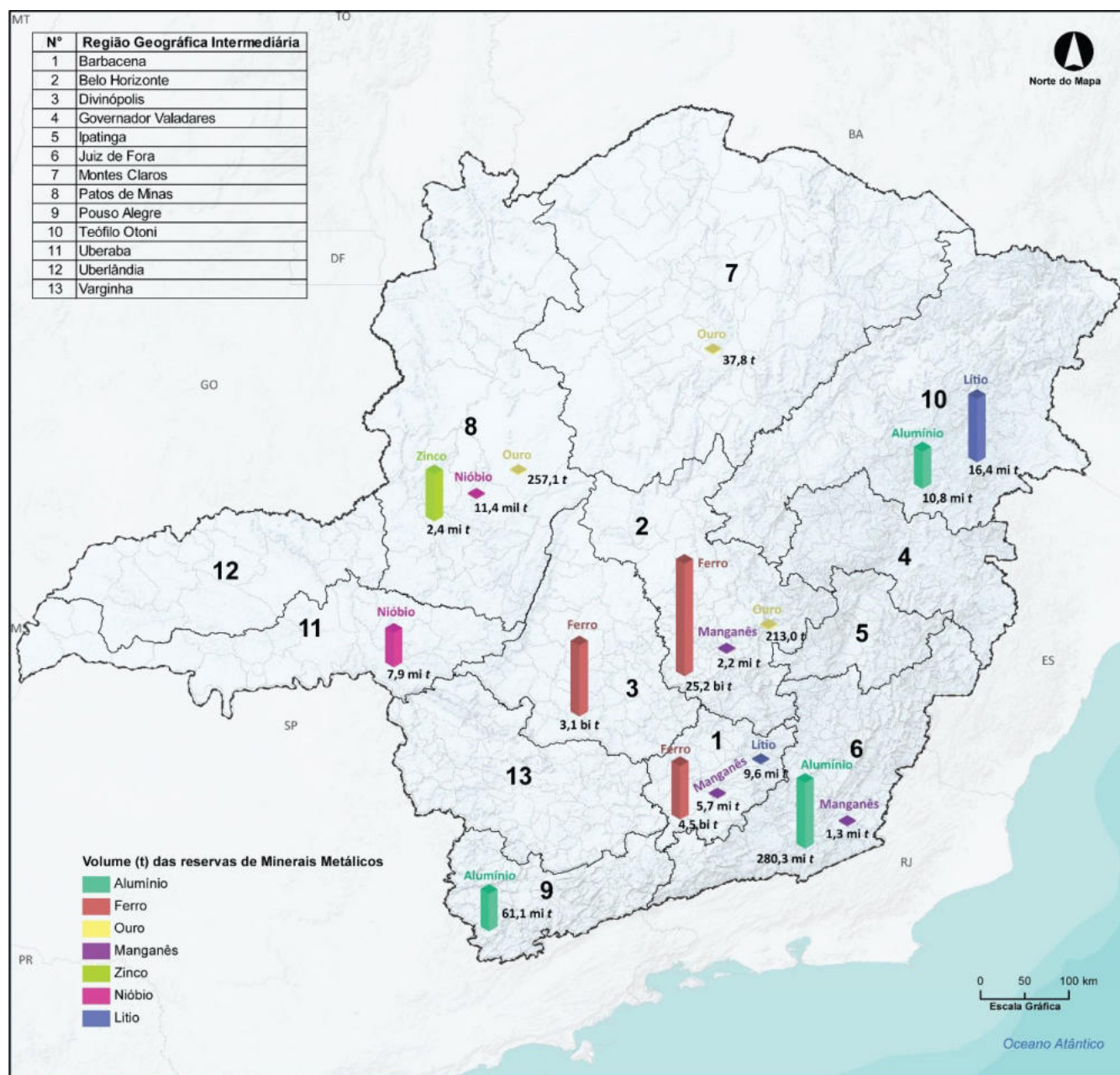


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados de Comex Stat (2023)

1.2.3 Destaques Minerais por RGInt

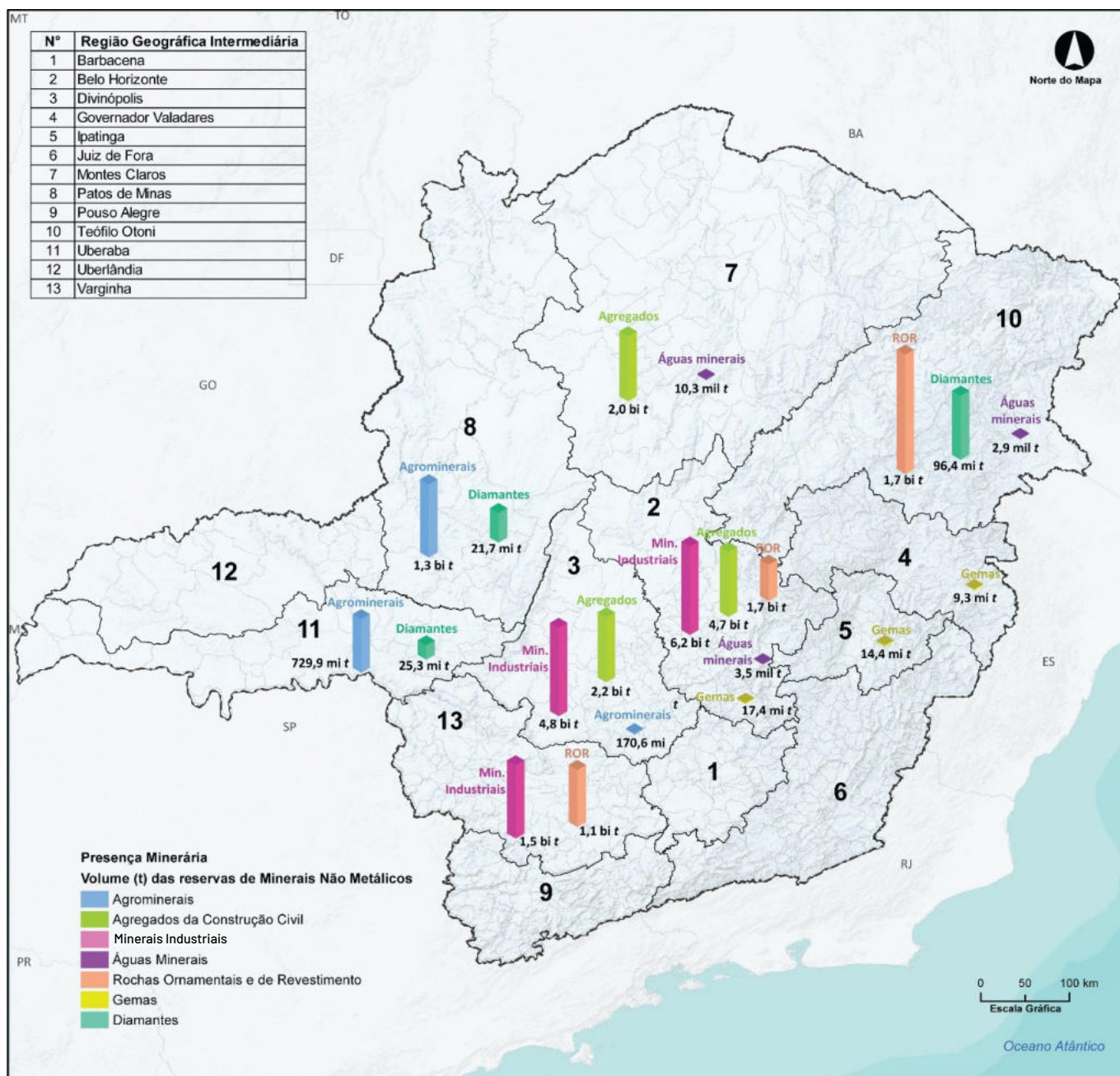
As reservas minerais mencionadas estão distribuídas de maneira variada pelo território de Minas Gerais, concentradas em regiões específicas, de acordo com as especificidades geológicas. Um exemplo é o minério de ferro, encontrado principalmente nas RGInts de Belo Horizonte, Ipatinga e Montes Claros, com pouca ou nenhuma presença em outras regiões. As principais reservas minerais do estado, de substâncias metálicas e não metálicas, são apresentadas por RGInt (Figura 66 e Figura 67), podendo-se observar, em destaque, as três primeiras em cada categoria e suas principais substâncias minerais.

Figura 66 – Principais reservas de substâncias minerais metálicas por RGInt



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2022a)

Figura 67 – Principais reservas de substâncias minerais não metálicas por RGIInt



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da ANM (2022a)

1.3 Análise da Integração das Cadeias Produtivas Mineraias

Com o objetivo de analisar a importância da mineração na estrutura produtiva de Minas Gerais e compreender as relações e integrações das cadeias produtivas, foram realizadas análises a jusante e a montante (para frente e para trás) dos setores de mineração e minerometalúrgicos.

A análise das relações e integrações das cadeias produtivas da mineração visou compreender a relevância dos setores que compõem a economia do estado, além de identificar as forças regionais, as conexões entre os setores, bem como o nível de maturidade, desenvolvimento e dependência setorial. Essa avaliação facilita a compreensão das perspectivas futuras, ao identificar as vantagens comparativas entre as regiões e os incentivos necessários para impulsionar a economia e o desenvolvimento da cadeia mineral.

Para avaliar as conexões produtivas do setor mineral no estado, foram examinados os fluxos de setores demandantes e ofertantes de produtos da cadeia mineral, com base na Tabela de Recursos e Usos (TRU) de Minas Gerais (FJP, 2022b). Para identificar os setores-chave de cada RGInt, foram utilizados os índices de interligação de Rasmussen-Hirschman e os índices puros de ligação (FJP, 2022a), calculados a partir da Matriz de Insumo-Produto (MIP) de Minas Gerais (FJP, 2022b). Em razão das limitações setoriais da MIP de Minas Gerais, também foi feita a identificação dos setores minerais mais relevantes com base na MIP nacional do IBGE (2015), regionalizada de acordo com as RGInts do estado.

1.3.1 Mineração na Estrutura Produtiva – análise a partir da TRU

A análise dos fluxos de setores demandantes e ofertantes dos produtos da cadeia mineral se baseou na TRU-MG de 2019, disponibilizada pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2022b). Foram considerados dois grupos principais: um relacionado aos produtos das indústrias de extração e o outro da transformação mineral, conforme a classificação da própria TRU-MG (FJP, 2022b)⁷. Além dos setores diretamente ligados à cadeia mineral, também foram incluídas as atividades que têm uma demanda significativa por produtos da transformação mineral como insumos intermediários.

Conforme os dados da TRU-MG (FJP, 2022b), a demanda total de produtos da cadeia mineral somou R\$ 183.328 milhões em 2019, sendo que os produtos minerais extrativos representaram R\$78.033 milhões (43%) e os produtos da transformação mineral representaram R\$ 105.295 milhões (57%). A caracterização da demanda, ou seja, a análise da demanda intermediária (que inclui consumo intermediário) e da demanda final (que abrange exportação, consumo das

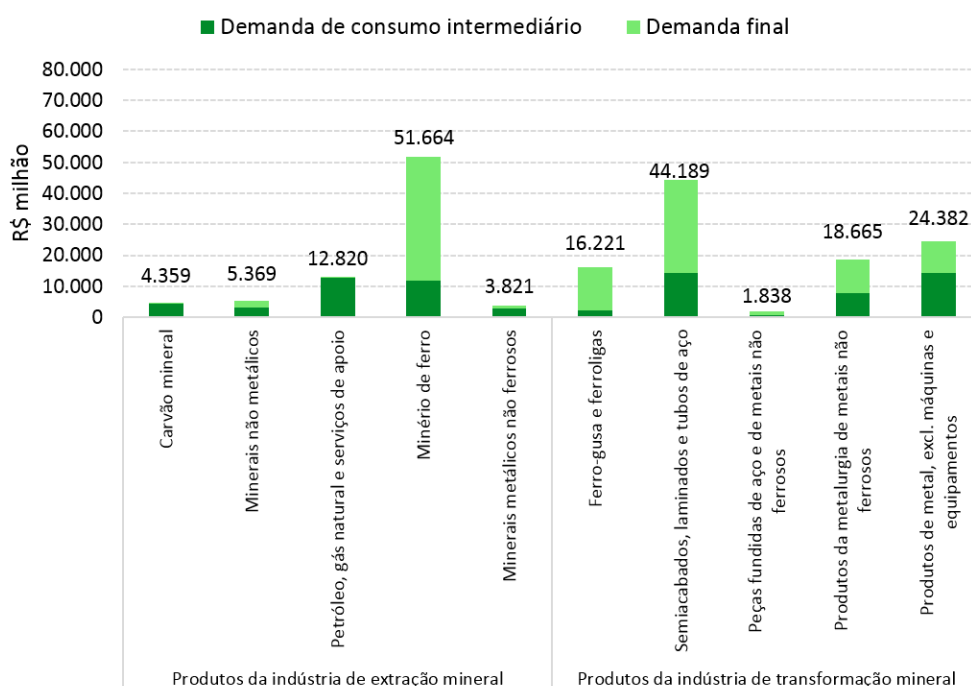
famílias, consumo do governo, investimento, dentre outros) está representada no Gráfico 12.

O produto mais demandado foi o minério de ferro, que totalizou R\$51.664 milhões (28% da demanda total da cadeia mineral), com grande parte destinada à demanda final, especialmente para exportação. Os demais produtos minerais extrativos, tais como os minerais não metálicos, carvão mineral e minerais metálicos não ferrosos, tiveram uma participação menor na demanda total, somando juntos R\$ 13.549 milhões (7,4%).



⁷ A TRU, um dos principais quadros do Sistema de Contas Nacionais (SCN), é construída a partir de um corte na economia, considerando atividades econômicas e produtos para representar as operações de produção, a importação e os usos intermediário (consumo intermediário) e final (demanda final, como consumo das famílias, consumo do governo, exportação) realizados pelas atividades econômicas. Desse modo, a TRU apresenta os fluxos econômicos entre setores ofertantes e demandantes, e, a partir deles, obtém-se o valor adicionado bruto a preços básicos (VA) por atividade econômica e, consequentemente, o PIB do país. Ou seja, as TRU mostram as relações de produção entre as atividades e a renda gerada no processo produtivo (IBGE5).

Gráfico 12 – Valor da demanda total dos produtos da cadeia mineral em 2019



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base de dados da FJP (2022b)

Além do minério de ferro, os produtos com maior demanda final foram os da transformação mineral, como os semi-acabados, laminados e tubo de aço, cuja demanda totalizou R\$ 44.189 milhões (24%). Em seguida, vêm os produtos de metal, com demanda de R\$ 24.382 milhões (13%), os produtos da metalurgia de metais não ferrosos, com R\$ 18,665 bilhões (10%), e o ferro-gusa/ferroligas, com R\$ 16,221 bilhões (9%). É importante destacar que a demanda de petróleo, gás natural e serviços de apoio foi de R\$ 12.820 milhões, sendo 97% dessa demanda suprida por importações de outros estados.

A análise da distribuição percentual da demanda intermediária e final mostrou que, entre os produtos da indústria de extração mineral, o minério de ferro foi o único destinado majoritariamente à exportação. Desse total, 62% (R\$ 31,880 bilhões) foi exportado internacionalmente e 16% (R\$ 8,042 bilhões) destinado à exportação interestadual. No caso dos minerais não metálicos, 36% (R\$ 1,9218 bilhão) da demanda foi direcionada à exportação interestadual, enquanto nos minerais metálicos não ferrosos esse percentual foi de 22% (R\$ 842,6 milhões). A Formação Bruta de Capital Fixo⁸ não foi expressiva para nenhum produto avaliado, atingindo 1% (R\$ 84 milhões) em petróleo, gás natural e serviços de apoio.

Já a maior parte da demanda total de carvão mineral, minerais não metálicos, petróleo, gás natural e serviços de apoio e minerais metálicos não ferrosos foi destinada ao consumo intermediário, atendendo à demanda do estado de Minas Gerais. Na perspectiva dos produtos da transformação mineral, com exceção dos produtos de metal, todos os demais possuem uma demanda principalmente destinada às exportações.

Em conclusão, a análise dos fluxos de demanda e oferta dos produtos da cadeia mineral revela a predominância do minério de ferro como principal produto demandado, especialmente para exportação. A cadeia mineral apresentou uma distribuição diversificada entre os setores de extração e transformação, sendo que os produtos de transformação mineral, como semi-acabados e tubos de aço, também tiveram uma significativa destinação para exportações. Por outro lado, produtos como carvão mineral e petróleo atenderam majoritariamente à demanda interna por consumo intermediário.

⁸ Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF): é um dos componentes do investimento e representa a produção a ser usada no processo produtivo em anos futuros, em vez de ser consumida imediatamente. Seu objetivo é ampliar a capacidade produtiva da empresa, seja por meio da aquisição de máquinas, equipamentos ou materiais de construção (FJP, 2022d).

A Tabela 11 apresenta o consumo intermediário⁹ das principais atividades produtivas que demandam produtos da indústria extrativa mineral, ou seja, identifica os setores que utilizam principalmente os produtos da extração mineral como insumos intermediários¹⁰. Em 2019, considerando tanto a indústria extrativa quanto a indústria de transformação mineral, a indústria de produção de ferro-gusa/ferroligas foi a maior consumidora dos produtos desses setores. Essa indústria demandou R\$ 10,989 bilhões em minério de ferro, o que representou 92,6% do consumo intermediário total desse produto. Além disso, o próprio setor de extração de minério de ferro, incluindo beneficiamento e aglomeração, foi responsável por 7,2% (R\$ 849 milhões) da demanda intermediária de minério de ferro.

Tabela 11 – Consumo intermediário de produtos extrativos minerais por atividade produtiva em 2019 (participação em %)

ATIVIDADES ECONÔMICAS DEMANDANTES DOS PRODUTOS EXTRATIVOS DA CADEIA MINERAL COMO CONSUMO INTERMEDIÁRIO															
Produtos	581 Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos, inclusive petróleo, gás e serviços de apoio	791 Extração de minério de ferro, inclusive beneficia- mentos e a aglomeração	792 Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficia- mentos	2300 Fabricação de produtos de minerais não metálicos	2491 Produção de ferro-gusa/ ferro-ligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	2492 Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais	2500 Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipa- mentos	2700 Fabricação de máquinas e equipa- mentos elétricos	2800 Fabricação de máquinas e equipa- mentos mecânicos	2991 Fabricação de auto- móveis, caminhões e ônibus, exce- to peças	2992 Fabricação de peças e acessórios para veícu- los automo- tores	3300 Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamen- tos	4180 Construção	Outras atividades econômicas	Total
Carvão mineral	-	-	0,0	0,0	90,1	3,8	-	-	-	-	0,2	-	-	5,9	100
Minerais não metálicos	0,7	-	-	34,3	10,7	3,6	0,0	0,1	-	-	0,1	-	24,1	26,4	100
Petróleo, gás natural e serviços de apoio	0,7	0,4	0,0	0,5	0,9	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	-	-	96,5	100
Minério de ferro	-	7,2	0,0	0,2	92,6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	100
Minerais metálicos não ferrosos	0,0	0,2	5,1	0,2	31,7	62,7	-	-	-	-	0,0	-	-	0,0	100
Ferro-gusa e ferroligas	-	-	-	0,3	91,6	8,0	-	-	0,0	0,1	-	-	-	0,0	100
Semiacabados, laminados planos, longos e tubos de aço	1,7	-	0,1	1,1	33,8	0,3	24,8	1,8	3,9	5,5	7,5	1,2	12,5	5,7	100
Peças fundidas de aço e de metais não ferrosos	-	-	0,0	0,2	14,3	54,5	5,5	6,2	0,7	0,9	4,6	0,6	3,8	8,6	100
Produtos da metalurgia de metais não ferrosos	-	-	1,7	-	10,6	15,4	-	9,1	7,0	-	27,1	19,1	2,7	7,4	100
Produtos de metal, excl. máquinas e equipamentos	0,4	5,5	0,3	0,3	10,7	0,6	11,8	1,5	2,5	4,1	2,2	3,8	23,0	33,2	100

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base na TRU Minas Gerais (2019)

⁹ Consumo intermediário: corresponde ao valor de bens e serviços consumidos ao longo do processo de produção, incluindo a aquisição de matérias-primas, combustíveis, material de embalagem e reposição, além de despesas administrativas (FJP, 2019).

¹⁰ Análise também conhecida como encadeamento para frente.

Em relação aos produtos da transformação mineral, embora grande parte destes possuam uma demanda intermediária menos significativa em comparação com a demanda final para exportação, sua análise é importante para entender a interdependência com os setores consumidores. Os produtos semiacabados, por exemplo, possuem uma demanda intermediária concentrada pelos setores de ferro-gusa/ferroligas e de fabricação metal, que contribuíram com 33,8% e 24,8% do total, respectivamente.

Já os produtos de metal, que apresentam a maior participação da demanda intermediária em relação à demanda total, são principalmente consumidos pelo setor de construção (23%), seguido pelos setores de fabricação de produtos de metal (11,8%) e produção de ferro-gusa/ferroligas (10,7%). Por sua vez, os produtos da metalurgia de metais não ferrosos são, em sua maioria, demandados pelos setores de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores (27,1%), manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos (19,1%) e pela própria metalurgia de metais não ferrosos (15,4%).

Portanto, a análise do consumo intermediário dos principais setores produtivos que demandam produtos da indústria extrativa mineral mostra uma concentração em setores específicos. A indústria de ferro-gusa/ferroligas destacou-se como a maior consumidora de insumos como minério de ferro e carvão mineral, refletindo sua dependência desses recursos para a produção. Produtos minerais não metálicos tiveram grande demanda pela indústria de fabricação de materiais de construção, demonstrando a importância desses insumos na construção civil. Embora produtos da transformação mineral apresentem maior foco na demanda final para exportação, a análise do consumo intermediário revela a interdependência entre setores, especialmente nas indústrias de ferro-gusa, fabricação de produtos metálicos e construção.

1.3.2 Mineração na Estrutura Produtiva das RGInts – análise a partir da MIP

A partir da Matriz de Insumo Produto (MIP) (FJP, 2019), foram selecionados dez setores para análise dos índices de interligação de Rasmussen-Hirschman e dos índices puros de ligação, com o objetivo de avaliar as conexões da indústria e destacar a importância relativa desses setores em cada RGInt. A seleção dos setores foi feita com base nas principais participações no consumo intermediário da Tabela de Recursos e Usos (TRU) e na análise

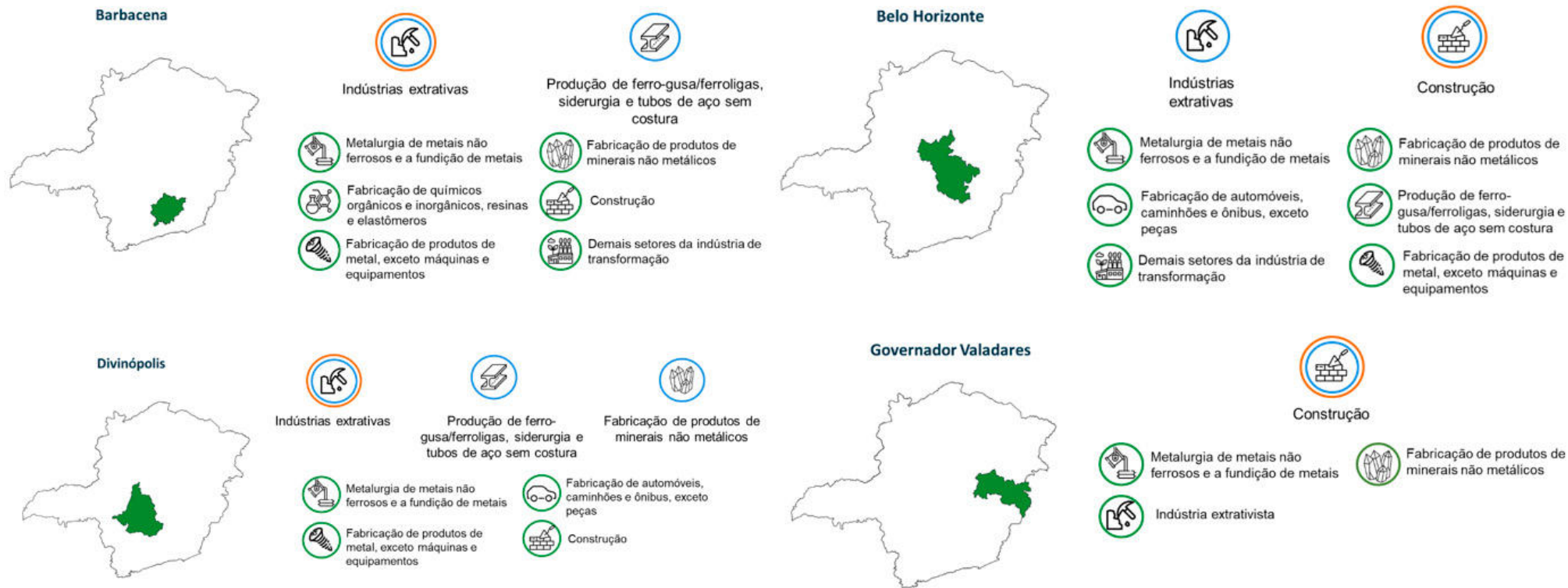


da literatura. Os setores selecionados incluem a indústria extrativa e os demais setores da indústria de transformação, diretamente relacionados à mineração.

Na Figura 68 são evidenciados os setores-chave identificados pelo método Rasmussen-Hirschman e pelo método Índice Puro de Ligação, além dos setores considerados relevantes em cada RGInt¹¹.

¹¹ Os dez setores são: (i) indústrias extrativas; (ii) produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura; (iii) metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais; (iv) fabricação de produtos de minerais não metálicos; (v) fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros; (vi) construção; (vii) fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos; (viii) fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças; (ix) fabricação de peças e acessórios para veículos automotores; e (x) demais setores da indústria de transformação.

Figura 68 – Setores-chave e relevantes por RGInt



Legenda:

- Setor-chave segundo método Rasmussen-Hirschman
- Setor-chave segundo método Índice Puro de Ligação
- Setor relevante na cadeia produtiva

Ipatinga



Juiz de Fora



Montes Claros

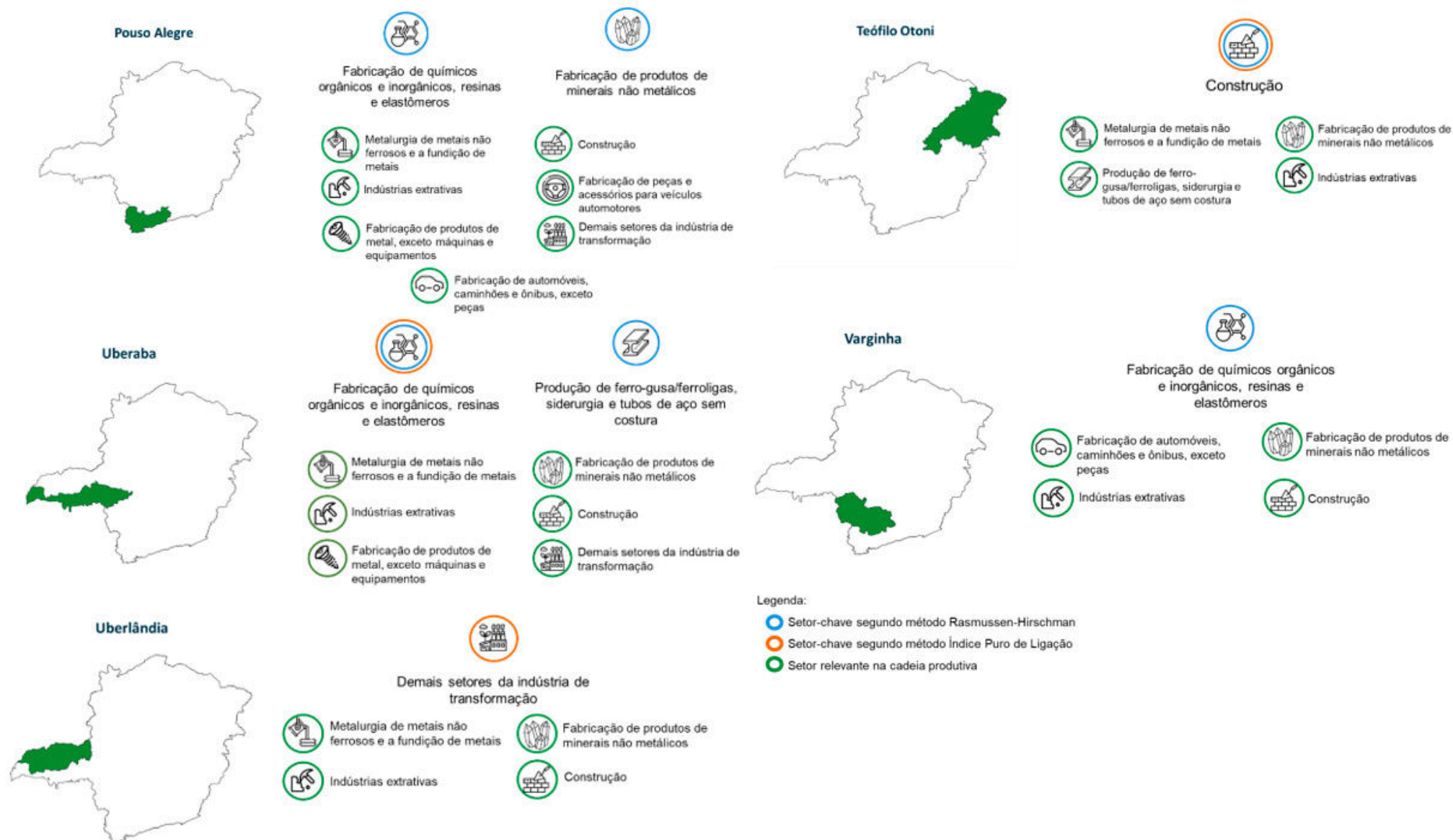


Patos de Minas



Legenda:

- Setor-chave segundo método Rasmussen-Hirschman
- Setor-chave segundo método Índice Puro de Ligação
- Setor relevante na cadeia produtiva



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2022)

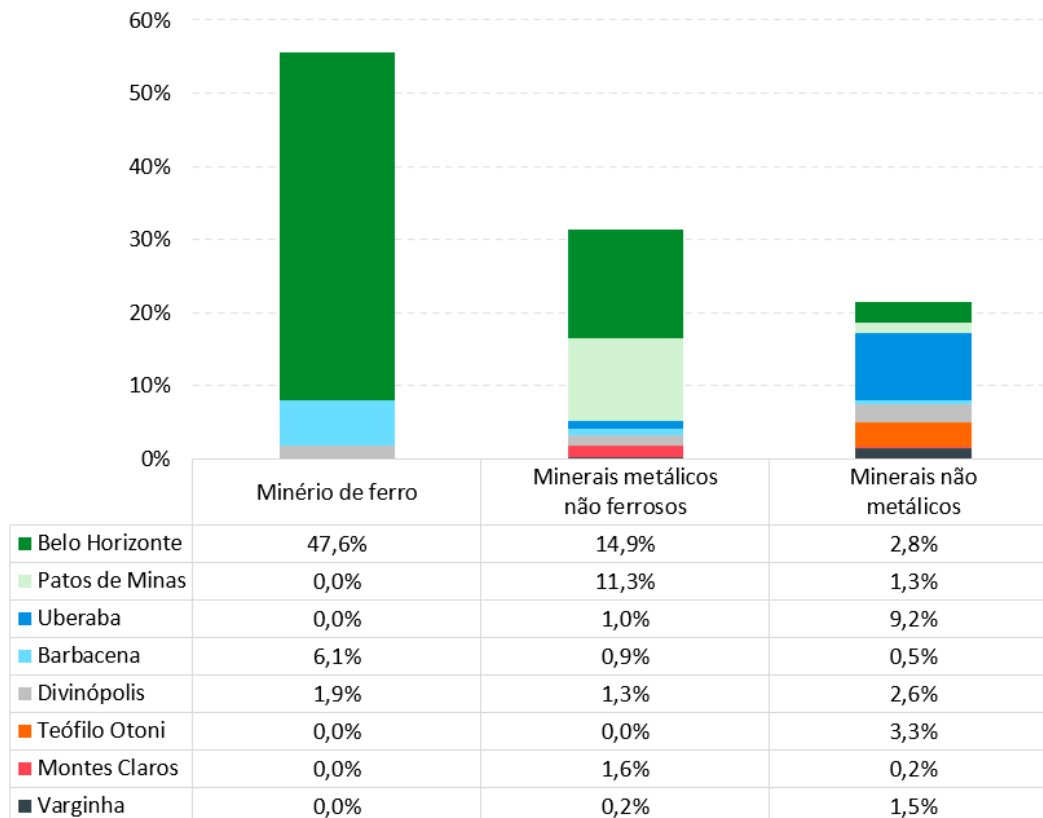
A análise intersetorial, realizada com base nos índices de Rasmussen-Hirschman e índice puro de ligação, identificou os setores-chave em todas as RGInts. Na RGInt de Belo Horizonte, por exemplo, o setor de construção se destaca tanto pelo índice de Rasmussen-Hirschman quanto pelo método do índice puro de ligação. Já o setor de indústria extrativa é considerado chave apenas pelo índice puro de ligação. Na RGInt de Montes Claros, também são identificadas como setor-chave a construção e a produção de ferro-gusa/ferroligas.

O setor de construção foi identificado como chave em sete das treze RGInts analisadas, sendo que em seis delas o setor se destacou em ambos os métodos de análise. Nas RGInts de Teófilo Otoni e Governador Valadares, a construção foi o único setor considerado chave. A indústria extrativa também se destacou em cinco RGInts, sendo chave em três delas (Divinópolis, Barbacena e Ipatinga) nos dois métodos de análise. O setor de produção de ferro-gusa/ferroligas foi

considerado chave em seis RGInts, de acordo com o índice de Rasmussen-Hirschman. Por fim, a fabricação de produtos de metal foi identificada como setor chave apenas na RGInt de Ipatinga.

Ao se analisar as RGInts de Minas Gerais por meio da regionalização da MIP do IBGE (2015)¹², a RGInt de Belo Horizonte possui a maior participação na produção nacional da maioria dos setores, com destaque para o minério de ferro (48%) e ferro-gusa e ferroligas (18%). As regiões de Barbacena e Ipatinga possuem significativa participação nos setores de semiacabados e laminados planos (8% e 10%, respectivamente). A RGInt de Divinópolis possui 7% da produção nacional de peças fundidas de aço e de metais não ferrosos, e a RGInt de Patos de Minas possui 11% da produção de minerais metálicos não ferrosos. Vale destacar a importância da RGInt de Uberaba na produção de ferro-gusa e ferroligas, com 21% da produção nacional (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Participação das RGInts na produção setorial nacional - 2015



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base na regionalização da MIP-IBGE (2015)

¹² As MIPs das RGInts de Minas Gerais disponíveis pela Fundação João Pinheiro são construídas a partir da TRU do estado. Devido às limitações de dados municipais, não é possível representar os setores extrativos de forma desagregada nessas MIPs regionais, limitando as análises das estruturas produtivas da mineração. Portanto, a fim de trazer a análise dos setores da mineração de forma mais desagregada, no âmbito das RGInts, realizou-se a regionalização da MIP de 2015 do IBGE. O procedimento de regionalização é baseado na metodologia proposta em Horridge et al. (2005), adaptado para o caso brasileiro.

Ao avaliar a participação de cada setor na produção total das RGInts, o que fornece uma visão da concentração produtiva e da dependência setorial de cada região, percebe-se uma alta concentração na produção de minério de ferro na RGInt de Barbacena, onde cerca de 11% de toda a produção regional vem desse setor. Já a região de Belo Horizonte apresenta a maior produção de minério de ferro no Brasil. No entanto, ser a RGInt com a maior produção nacional de minério de ferro não implica em ter a maior dependência produtiva do setor. Esse setor representa somente 5% da matriz produtiva da região de Belo Horizonte.

Em relação aos minerais não metálicos, observa-se uma certa concentração produtiva nas RGInts de Teófilo Otoni e Uberaba, com 4% e 3,5% da matriz produtiva, respectivamente. Vale destacar a considerável produção de fosfato na região de Uberaba. Já a RGInt de Patos de Minas possui cerca de 5% da sua produção concentrada em minerais metálicos não ferrosos, justificada pela grande extração de ouro e zinco na região.

1.3.3 Integração das Cadeias Produtivas em Diferentes Cenários de Produção de Minério de Ferro

A mineração de ferro tem uma importância histórica significativa, tendo contribuído para o desenvolvimento econômico do estado e do país. Segundo dados do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), entre 2001 e 2021, houve flutuações na produção beneficiada de minério de ferro em Minas Gerais, variando entre 126,6 e 294,9 milhões de toneladas (Mt). Desde 2005, a produção anual permaneceu acima de 200 Mt, mas, a partir de 2017, apresentou uma tendência de queda, atingindo o menor valor em 2020, seguido de uma recuperação significativa no ano seguinte, com um crescimento de 17,4%.

Diante da importância do setor de minério de ferro no estado de Minas Gerais e das variações de produção ao longo da última década, faz-se importante analisar os impactos econômicos potenciais de diferentes cenários e, consequentemente, os efeitos sobre as cadeias produtivas. Assim, foi realizada uma análise da possibilidade de crescimento e de desaceleração da indústria extrativa de minério de ferro nas RGInts. Para isso, utilizou-se a modelagem de Equilíbrio Geral Computável (EGC)¹³. O modelo adaptado para essa análise é dinâmico e inter-regional e segue a estrutura teórica do modelo

regional TERM (*The Enormous Regional Model*), desenvolvido pelo *Centre of Policy Studies* (CoPS) da Austrália (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005)¹⁴.

Foram simulados três tipos de cenários: no Crescimento Otimista, espera-se que o setor de minério de ferro apresente uma expansão anual de 10% até 2030 nas RGInts que hoje comercializam a *commodity*¹⁵. No cenário de Desaceleração Pessimista, haveria uma retração na produção da de -10% ao ano até 2030. No cenário Realista, o crescimento e a desaceleração ocorreriam entre 3% e -3%, respectivamente, refletindo a média de comercialização do minério de ferro no estado nos últimos 10 anos. A partir de 2030, espera-se estabilização na produção, em conformidade com Nahas (2021). Portanto, nas simulações de 2030 a 2040, o setor teria apenas variações endógenas ao modelo.

Os resultados das simulações de variação na atividade econômica do setor de minério de ferro nas RGInts que, historicamente, comercializam o produto, indicam variações do PIB – tanto do estado como das regiões geográficas intermediárias, incluindo aquelas que não comercializam essa *commodity*. No cenário de crescimento de

¹³ Os modelos de EGC são capazes de lidar com choques externos e responder questões complexas e reais da economia, envolvendo diversos agentes e setores. Nesse tipo de modelagem os setores são inter-relacionados e a estrutura produtiva das economias e/ou regiões são tratadas explicitamente. Em análises que envolvem variações produtivas, os modelos EGC captam de forma sistêmica os efeitos macroeconômicos e os impactos sobre os demais setores integrantes. Portanto, esse tipo de modelagem se mostra adequada para análises de políticas e cenários que envolvam a expansão ou retração de determinado setor produtivo, dentre outras questões que incluam alterações exógenas no processo de produção.

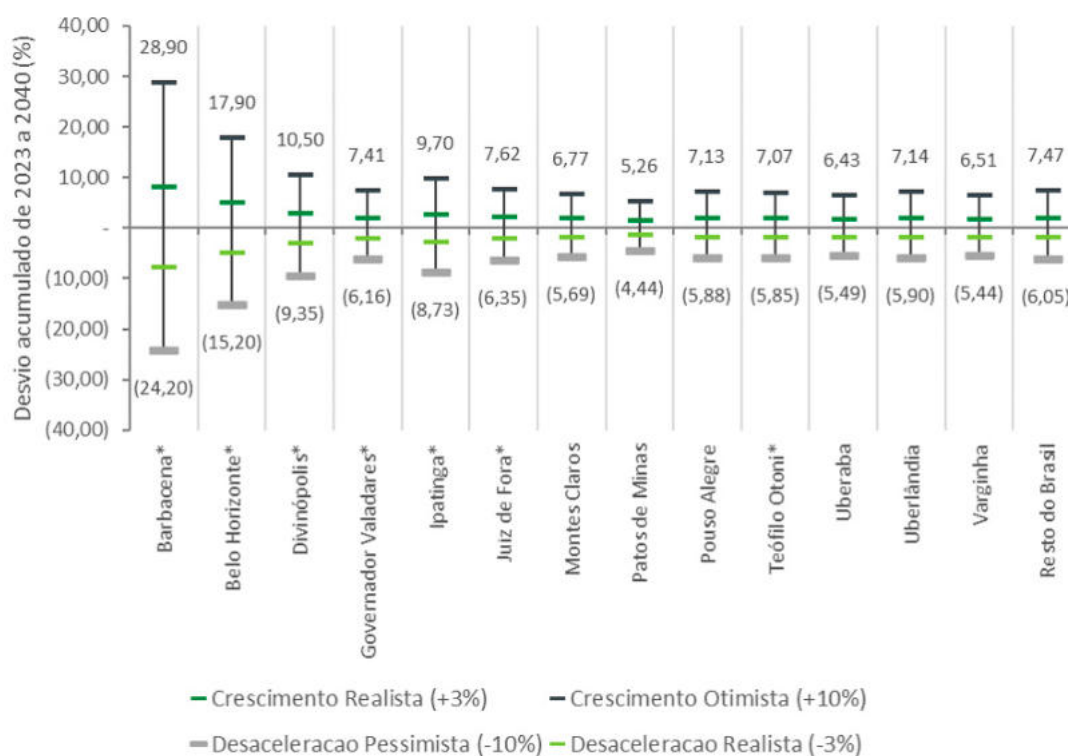
¹⁴ A construção e regionalização é feita a partir da base de dados do modelo nacional BRIDGE (Brazilian Recursive Dynamic General Equilibrium Model) (DOMINGUES et al., 2010) e de outros modelos desenvolvidos no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais (IMAGEM-B em Domingues et al., 2009; BRIDGE em DOMINGUES et al., 2010; BLUME em SOUZA, 2022). O procedimento de regionalização resultou em uma base de dados com as 13 RGInts de Minas Gerais mais o resto do Brasil e 23 setores, priorizando as atividades extrativas e correlatas.

¹⁵ São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

10% ao ano até 2030, o PIB estadual atingiria o seu topo em 2030, chegando a 2,8% no ano. Nos anos subsequentes, de estabilização da produção, o PIB se manteria em torno de 2,7%. No cenário de crescimento realista, ocorreria a mesma trajetória, porém o PIB estadual atingiria o seu pico em 2,3%.

Esses resultados demonstram que variações da produção no minério de ferro podem impactar o PIB estadual, ou seja, o crescimento econômico, tanto nas regiões que comercializam a *commodity* quanto naquelas que não a comercializam, devido aos efeitos produtivos indiretos (Gráfico 14). Observa-se que a RGInt de Barbacena apresentaria os maiores impactos no PIB em todos os cenários simulados.

Gráfico 14 – Resultados das variações do PIB regional nos cenários simulados (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo
 *RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

Em relação às variações setoriais, o crescimento da produção do minério de ferro provocaria um crescimento produtivo em todos os demais setores da cadeia e em todas as RGInts. No Anexo I, encontram-se detalhados os principais setores afetados em cada RGInt, além dos impactos econômicos e de emprego por região. No caso da extração de minerais não metálicos, destacam-se as variações da RGInt de Belo Horizonte, que possui um significativo valor comercializado de rochas (britadas), cascalho e calcário. O setor de extração de minerais metálicos não ferrosos teria mudanças menos significativas na produção no período, com variações mais acentuadas no cenário de Desaceleração Pessimista, nas RGInts de Barbacena, Belo Horizonte e Divinópolis.

O setor de construção apresentaria os impactos mais significativos na sua produção, tanto positivamente quanto negativamente. Na RGInt de Ipatinga, no cenário de Crescimento Otimista, o setor teria um aumento na atividade produtiva de 16% no período (2023-2040), se comparado com o Cenário de Referência. Essa é a RGInt com a maior participação do setor de construção na matriz produtiva. Já o setor semiacabados e laminados planos, importante na matriz produtiva de Minas Gerais, especialmente nas RGInts de Ipatinga e Barbacena, teria a produção impactada em todos os cenários dessa pesquisa, tanto positivamente quanto negativamente, com destaque para o aumento de produção em 10,3% no período na RGInt de Barbacena.

O setor de produção de automóveis, caminhonetas e utilitários, significativo apenas na matriz produtiva da RGInt de Belo Horizonte (3,9% de toda a produção da região), apresentaria um crescimento na produção de 9,9% no acumulado do período (2023-2040), no cenário de Crescimento Otimista. Já o emprego nesse mesmo setor, na mesma região, teria um crescimento de 13,5% no período. Os principais resultados do cenário de Crescimento Otimista na produção de minério de ferro estão sintetizados na Figura 69 e na Figura 70 para as RGInts de Belo Horizonte e Barbacena. No Anexo I encontra-se a síntese para todas as demais RGInts.

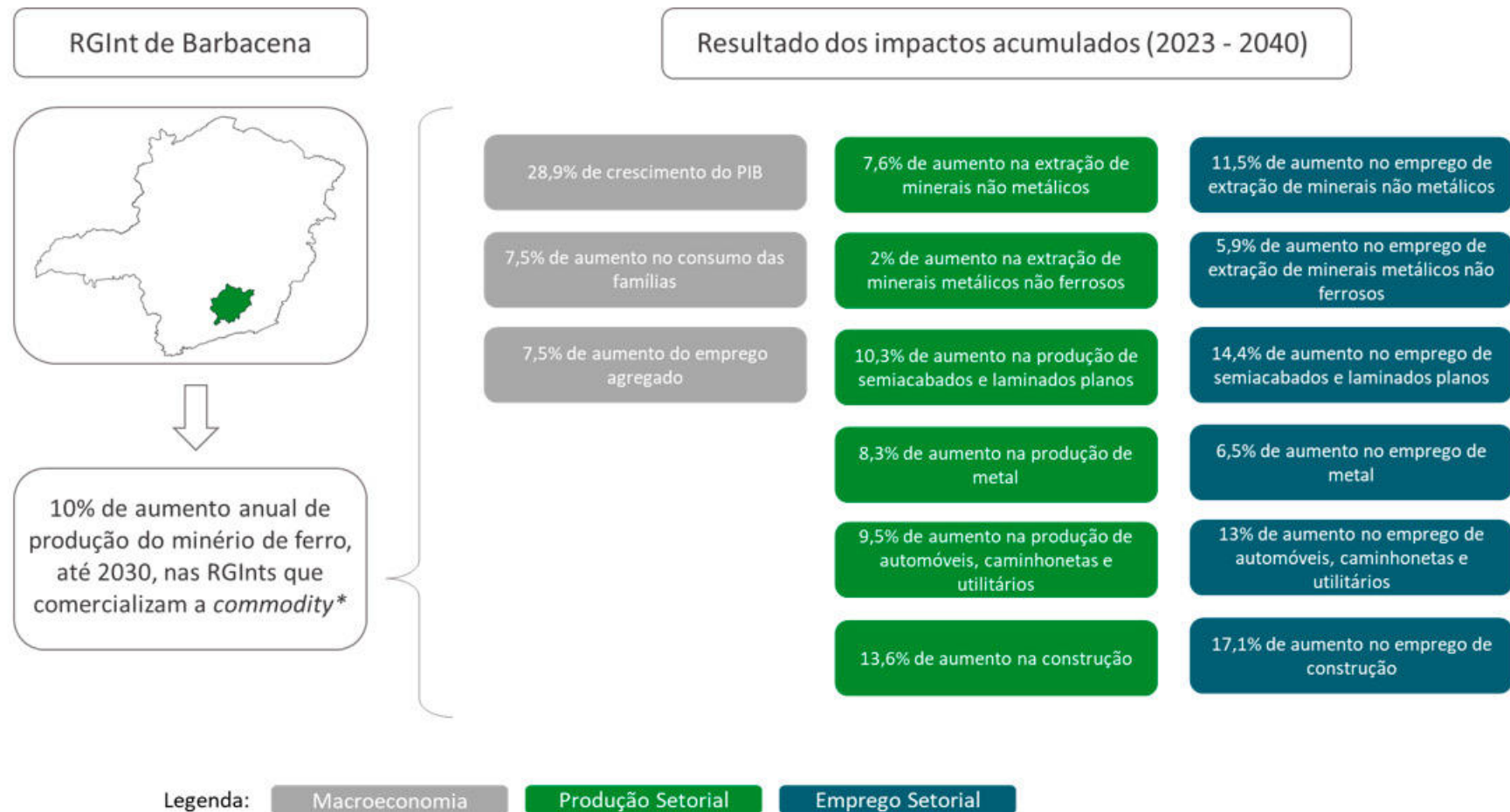
Figura 69 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Belo Horizonte



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

Figura 70 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Barbacena



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo



As análises realizadas nessa seção reforçam a mineração de minério de ferro como uma atividade estratégica para a economia do estado, não somente pela sua contribuição direta ao PIB e geração de empregos, mas também por seus efeitos indiretos em diversos setores e regiões. A avaliação da Tabela de Recursos e Usos (TRU) (FJP, 2022b) destaca o peso econômico da mineração na demanda por serviços e na arrecadação fiscal. As análises a partir da Matriz de Insumo Produto (MIP) revelam a integração setorial, mostrando que a mineração impulsiona outros setores, como a siderurgia e a construção civil, – especialmente em regiões altamente dependentes dessa atividade. Por fim, as simulações com o modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) mostram os impactos econômicos amplos de variações na produção, evidenciando tanto os ganhos em cenários de expansão quanto os riscos de retração econômica em cenários adversos.

Esses resultados indicam que a mineração é um dos pilares da economia de Minas Gerais, existindo uma forte dependência desse setor em muitas RGInts, sugerindo a importância de estratégias que promovam a diversificação econômica e o fortalecimento de outros setores. Além disso, a análise sugere que políticas voltadas para a mineração podem ter efeitos multiplicadores em toda a economia estadual.

2 DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA

EXTRATIVA MINERAL



2.1 Questões Socioambientais

Os efeitos socioambientais associados ao aproveitamento dos depósitos minerais alteram a ambiência local e, algumas vezes, regional. A atividade minerária pode desencadear circuitos positivos como o desenvolvimento econômico local, ganhos de produtividade, ativação no mercado de trabalho, com elevação da capacitação e dos salários médios pagos e aumento na receita orçamentária com maiores chances de provisão de bens e serviços públicos. Isso tudo pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida, refletindo em bons indicadores sociais.

Por outro lado, é importante que a atividade seja executada obedecendo aos princípios prescritos para a mineração sustentável, minimizando e controlando os impactos adversos que podem ocorrer, tais como a pressão sobre os recursos hídricos, alterações da biota, encadeamento de fenômenos erosivos, alteração do uso e ocupação do solo nas áreas de entorno e alterações na qualidade do ar local, além dos aspectos sociais.

Dessa forma, além das questões socioambientais relacionadas às atividades minerárias e seus efeitos, positivos e negativos, a contextualização biogeográfica é importante para se entender as mudanças ocasionadas nos territórios, subsidiando avaliações e estratégias de mitigação para prevenir ou minimizar possíveis impactos socioambientais.

Neste sentido, a compreensão das questões socioambientais mais vulneráveis em cada RGInt é fundamental para subsidiar a formulação de políticas públicas e as tomadas de decisão sobre o desenvolvimento econômico desses territórios e, no caso, sobre a dinâmica da mineração.

2.1.1 Principais Questões Socioambientais

A análise das principais questões socioambientais, sempre que possível, foi realizada por RGInt, buscando identificar diferenciais, especificidades e similaridades, a partir das substâncias e dos regimes de exploração mineral do banco de dados do SIGMINE/ANM (2022), agrupados em fase inicial e final (Quadro 6).

Quadro 6 – Regimes, fases e situação dos processos minerários

Regime	Fase	Situação da Fase
Concessão de Lavra	Requerimento de Pesquisa	Inicial
	Autorização de Pesquisa	Inicial
	Direito de Requerer a Lavra	Inicial
	Requerimento de Lavra	Final
	Concessão de Lavra	Final
Permissão de Lavra Garimpeira (PLG)	Requerimento de Lavra Garimpeira	Inicial
	Permissão de Lavra Garimpeira	Final
Licenciamento	Requerimento de Licenciamento	Inicial
	Licenciamento	Final
Registro de Extração	Requerimento de Registro de Extração	Inicial
	Registro de Extração	Final
Apto Para Disponibilidade		Não Definida
Disponibilidade		Não Definida
Reconhecimento Geológico		Não Definida

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em SEDE (2022)

Apresenta-se um panorama das questões socioeconômicas, culturais e de governança por Região Geográfica Intermediária, assim como das especificidades relativas à biodiversidade e aos recursos hídricos.

Os indicadores utilizados foram correlacionados à atividade minerária, com o intuito de retratar as interferências da mineração na biodiversidade, nos serviços ecossistêmicos, no patrimônio cultural, nas atividades turísticas e nas condições de vida das populações que convivem com a atividade.

Reflete-se ainda sobre os desafios iminentes dos fenômenos naturais no estado de Minas Gerais, como eventos climáticos e meteorológicos extremos. Esta análise não apenas examina os efeitos presentes, mas também projeta o impacto futuro das mudanças climáticas sobre a indústria mineral.

2.1.1.1 Panorama das Condições Sociais

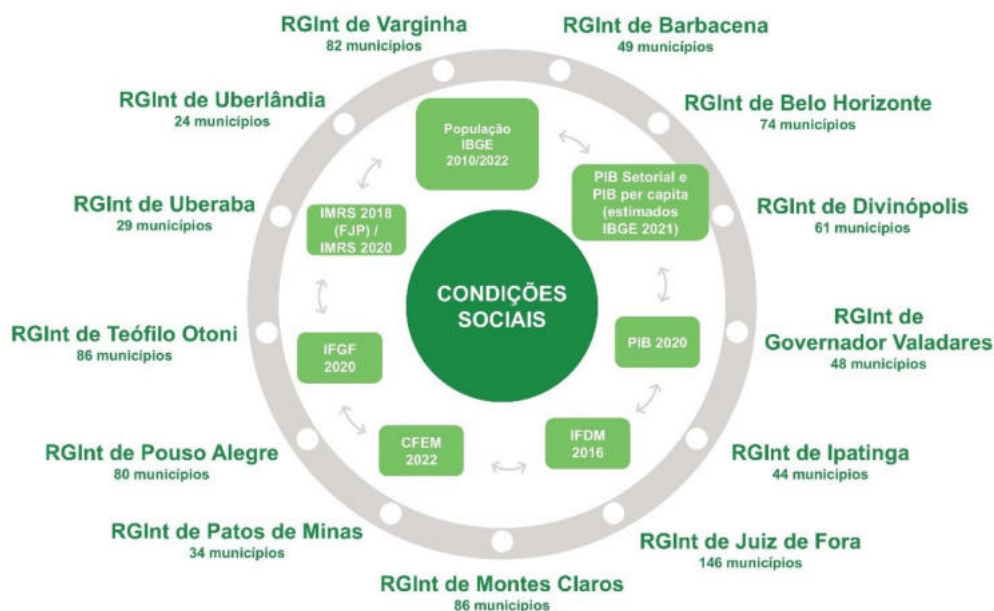
De maneira geral, indicadores são utilizados para sinalizar as condições sociais e refletem a força econômica observada entre os municípios. Neste sentido, as RGInts com forte expressão minerária destacam-se em termos econômicos e sociais, com receitas orçamentárias estimuladas inclusive pela CFEM.

No entanto, ainda que não se tenha um cronograma da entrada de novos projetos, nem da exaustão de minas em produção nos municípios mineradores e seu entorno, eventuais fechamentos de minas podem mudar quadros socioeconômicos positivos, provocando alteração na situação econômica, social e institucional, em função do nível de dependência econômica da mineração e da diversificação produtiva local, podendo assim afetar as regiões mineradoras.

Nesse contexto, o planejamento e uma gestão adequada dos recursos provenientes da mineração, especialmente CFEM, devem refletir na implementação de políticas públicas e investimentos concretos em infraestrutura e tecnologias sociais que contribuam efetivamente para promover o desenvolvimento sustentável dos municípios/regiões mineradoras e reduzir este histórico de dependência. Adicionalmente, devem antecipar e intensificar ações corretivas, sendo este um dos pontos centrais de um planejamento estratégico neste setor.

Nas análises foram utilizados sete indicadores que evidenciam as condições sociais nas dimensões econômica, social e institucional, além do conhecimento demográfico, tendo em vista a identificação de comportamentos territoriais mais recorrentes nas 13 RGInts (Figura 71).

Figura 71 – Indicadores utilizados na análise das condições sociais



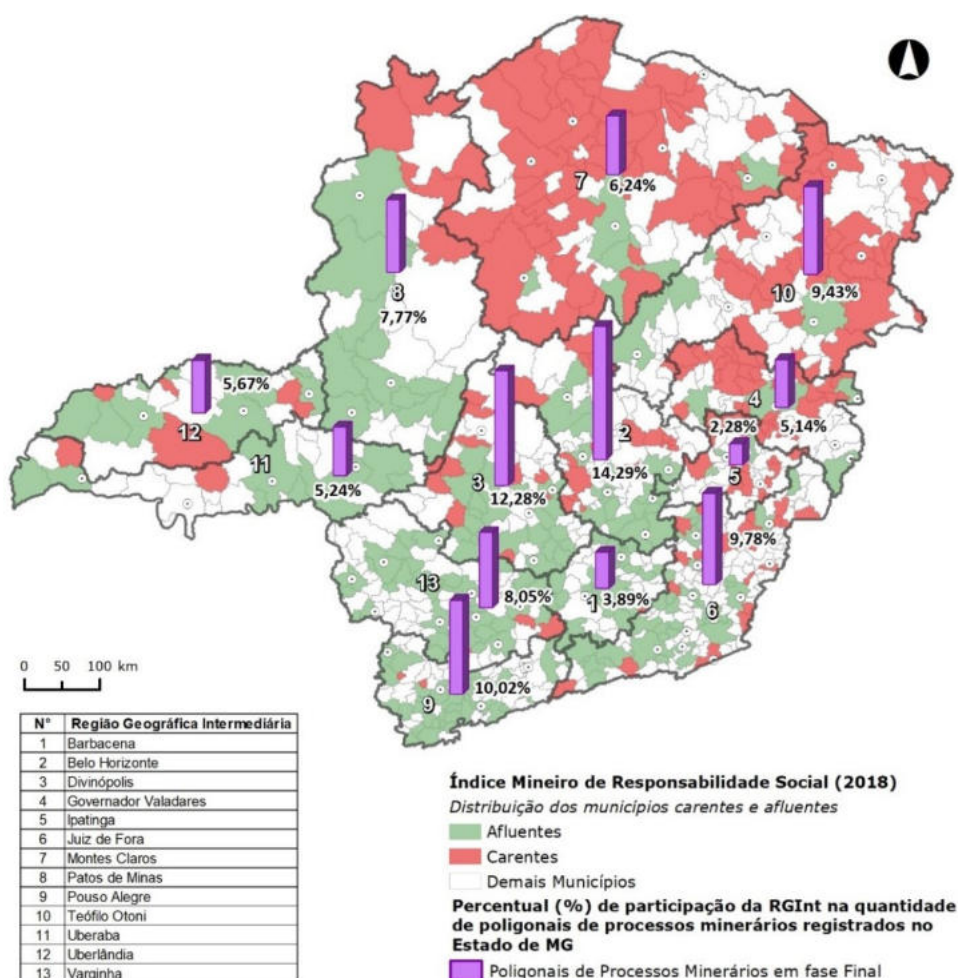
Com esta perspectiva, o conhecimento das vulnerabilidades socioeconômicas regionais em Minas Gerais é ferramenta importante para subsidiar as tomadas de decisão rumo a trajetórias de sustentabilidade.

• Enfoque Intrarregional

Em termos de indicadores sociais, os resultados mostram que, via de regra, a presença da atividade minerária sinaliza que a renda gerada pelo setor cria oportunidades de emprego e renda e que a receita orçamentária, incrementada pela CFEM, principalmente se bem administrada, pode contribuir, junto com outros tributos e impostos, para prover educação, saúde e segurança, entre outros aspectos.

Em uma visão espacial, utilizando o Indicador da FJP (2021b)¹⁶, que tem como base o IMRS e, segundo o qual os municípios são classificados em carentes e afluentes (situações extremas de comportamento), verifica-se, conforme apresentado na Figura 72, que predominam os municípios carentes na porção norte do estado, enquanto na porção sul predominam os municípios afluentes. Observa-se, ainda, que são representados os percentuais de participação de cada RGInt em relação aos processos minerários em fase final registrados em 2023 junto à ANM.

Figura 72 – Municípios carentes e afluentes do estado de Minas Gerais e a distribuição de processos minerários em fase final por RGInt



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em ANM (2023a); FJP (2021)

¹⁶ No Informativo da FJP de 2021, os municípios das 13 RGInts são classificados em carentes ou afluentes, a depender do valor de seu índice total de IMRS-2018. Um município é considerado carente ou afluente se estiver entre os municípios em pior ou melhor situação no estado. Neste estudo da FJP, foram considerados carentes os municípios com índices iguais ou inferiores ao valor do município situado na 213ª posição da distribuição dos municípios do estado, ordenados do pior para o melhor valor, e afluentes os municípios analisados da mesma maneira e ordenados de forma inversa - melhor para o pior valor (FJP, 2021b). Nesta análise, os municípios que estão fora desse intervalo de classificação (carentes e afluentes) foram identificados como "Demais Municípios".

Vale destacar que o IMRS, calculado pela Fundação João Pinheiro, varia de 0 a 1, e resulta de uma média ponderada do índice de cada dimensão: educação; saúde; segurança pública; vulnerabilidade; saneamento, habitação e meio ambiente e cultura, esporte e lazer (FJP, 2021b).

A análise dos indicadores intrar-regionais revela que as cinco RGInts com maior relevância na atividade minerária e na arrecadação de CFEM são: Belo Horizonte, Barbacena, Ipatinga, Divinópolis e Patos de Minas. Em termos de indicadores sociais, observa-se que a mineração nessas regiões geralmente impulsiona oportunidades de emprego e renda e contribui para o aumento da receita orçamentária, resultando em melhores indicadores sociais.

Nas RGInts de Teófilo Otoni e Montes Claros, situadas nas porções norte e nordeste do Estado, mais de 80% dos municípios apresentam alta vulnerabilidade social. Com a expansão da extração de minérios estratégicos nessas áreas, surge o desafio de desenvolver políticas públicas eficazes e realizar investimentos em infraestrutura

para fortalecer esses municípios, melhorando os indicadores sociais e aumentando a resiliência local para absorver, de forma sustentável, os impactos positivos e negativos da mineração.

A Tabela 12 apresenta a síntese de cada uma das RGInts no que se refere ao seu perfil minerário e indicadores sociais, para subsidiar a implementação de políticas públicas visando a dinamização do setor mineral.



Tabela 12 – Síntese das condições sociais e presença minerária nas RGInts

RGInt	Presença Minerária Principais Substâncias (%) ¹⁷	Principais municípios mineradores	População Censo em relação à população total do estado 2022 (%)	Municípios Carentes e Afluentes por RGInt (%) ¹⁸	Municípios – segundo classe Componente Vulnerabilidade do IMRS por RGInt (%) ¹⁹	Síntese
Barbacena (49 municípios)	Minério de Ferro (91,96) Minério de Lítio (5,63) Calcário (0,71)	Congonhas, Belo Vale, Santa Bárbara do Tugúrio e Nazareno	3,69	Municípios Carentes: 1,4 Municípios Afluentes: 10,8	Vulnerabilidade Alta: 49 Vulnerabilidade Média: 28 Vulnerabilidade Baixa: 22	Os indicadores mostram resultados favoráveis para muitos municípios, caracterizados por alto IMRS (afluentes) e moderado desenvolvimento (22% com baixa vulnerabilidade). Essa RGInt foi a segunda que mais recolheu CFEM em 2022, representando 12,87% do total estadual.
Belo Horizonte (74 municípios)	Minério de Ferro (96,28) Minério de Ouro (2,67) Calcário (0,45)	Conceição do Mato Dentro, Itabirito, Mariana, Itabira e Nova Lima	29,33	Municípios Carentes: 7,5 Municípios Afluentes: 7,5	Vulnerabilidade Alta: 37 Vulnerabilidade Média: 32 Vulnerabilidade Baixa: 31	Constata-se a presença de boa parte dos municípios com resultados favoráveis: 33,2% de sua população vive em municípios afluentes, com padrão de desenvolvimento alto. É a RGInt que mais recolheu CFEM em 2022, cerca de 62,88% do valor arrecadado no estado neste período. O minério de ferro é a substância mais extraída nesses municípios e foi responsável por 96,28% do recolhimento da CFEM.
Divinópolis (61 municípios)	Minério de Ferro (85) Calcário (8,56) Minério de Ouro (2,99)	Itatiaiuçu, Piracema e Arcos	6,38	Municípios Carentes: 4,7 Municípios Afluentes: 9,8	Vulnerabilidade Alta: 26 Vulnerabilidade Média: 25 Vulnerabilidade Baixa: 49	Os indicadores analisados apontam resultados favoráveis: 34,4% dos municípios são considerados afluentes, abrigando 56,4% da população; 49% apresentam baixa vulnerabilidade. Em relação à mineração, essa RGInt ocupou o quarto lugar na arrecadação de CFEM em 2022, com o minério de ferro como principal substância extraída, responsável por 85% do total arrecadado.
Governador Valadares (58 municípios)	Minério de Ferro (51,46) Brita (34,35) Quartzito Industrial (3,26)	Guanhães, Santa Rita do Itueto e Sabinópolis	3,51	Municípios Carentes: 15 Municípios Afluentes: 1,9	Vulnerabilidade Alta: 69 Vulnerabilidade Média: 27 Vulnerabilidade Baixa: 4	Os indicadores sociais mostram resultados desfavoráveis: o grau de carência na região é significativamente superior à média de Minas Gerais, enquanto o grau de afluência é bem inferior. Além disso, 69% dos municípios encontram-se na faixa de alta vulnerabilidade. Em relação à atividade minerária, essa RGInt ocupou o 12º (penúltimo) lugar na arrecadação de CFEM em 2022, representando apenas 0,14% do total arrecadado no estado no período. O minério de ferro é a principal substância extraída na região, responsável por 51,46% da arrecadação da CFEM.
Ipatinga (44 municípios)	Minério de Ferro (99,67) Brita (0,22) Areia Comum (0,05)	São Gonçalo do Rio Abaixo, Bela Vista de Minas e Antônio Dias	4,8	Municípios Carentes: 7,5 Municípios Afluentes: 2,3	Vulnerabilidade Alta: 59 Vulnerabilidade Média: 27 Vulnerabilidade Baixa: 14	Os indicadores avaliados mostram resultados desfavoráveis: o grau de carência na região é superior à média de Minas Gerais, enquanto o grau de afluência é significativamente inferior. Cerca de 59% dos municípios apresentam alta vulnerabilidade. Quanto à atividade minerária, essa RGInt foi a terceira que mais arrecadou CFEM em 2022, representando 12,56% do total estadual. O minério de ferro é a principal substância explorada na região, responsável por 99,67% da arrecadação da CFEM.
Juiz de Fora (146 municípios)	Minério de Ferro (38,90) Minério de Alumínio (29,71) Brita (21,83)	Alvinópolis, São Sebastião da Vargem Grande, Teixeiras e Miraí	11	Municípios Carentes: 11,3 Municípios Afluentes: 16,8	Vulnerabilidade Alta: 56 Vulnerabilidade Média: 31 Vulnerabilidade Baixa: 13	Os indicadores revelam resultados desfavoráveis para essa RGInt. Embora o grau de carência seja inferior ao de Minas Gerais e o grau de afluência praticamente equivalente, 56% dos municípios apresentam alta vulnerabilidade social. Em relação à mineração, essa RGInt ocupou a nona posição na arrecadação de CFEM em 2022, contribuindo com apenas 0,31% do total estadual. O minério de ferro é a substância mais explorada, responsável por 38,90% da arrecadação de CFEM, seguido pelo minério de alumínio (29,71%), brita (21,83%) e areia comum (4,11%).

¹⁷ Principais substâncias produzidas na RGInt, por percentual baseado no recolhimento da CFEM (ANM, 2022b).

¹⁸ Distribuição regional dos municípios classificados como Carentes e Afluentes, com base no Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) – 2020, elaborado pela Fundação João Pinheiro – FJP (2016). O objetivo foi elaborar uma análise intrarregional do indicador em relação à presença minerária, representada pelo recolhimento da CFEM.

¹⁹ Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) – 2020, Dimensão Vulnerabilidade, com o objetivo de avaliar o resultado do subíndice da dimensão Vulnerabilidade dos municípios nas RGInts e a Presença Minerária, representada pelo recolhimento da CFEM.

RGInt	Presença Minerária Principais Substâncias (%) ¹⁷	Principais municípios mineradores	População Censo em relação à população total do estado 2022 (%)	Municípios Carentes e Afluentes por RGInt (%) ¹⁸	Municípios – segundo classe Componente Vulnerabilidade do IMRS por RGInt (%) ¹⁹	Síntese
Montes Claros (86 municípios)	Minério de Ouro (56,79) Calcário (26,59) Quartzo (7,70)	Riacho dos Machados, Porteirinha e Montes Claros	7,83	Municípios Carentes: 24,9 Municípios Afluentes: 2,3	Vulnerabilidade Alta: 85 Vulnerabilidade Média: 12 Vulnerabilidade Baixa: 3	Os dados revelam resultados desfavoráveis para essa RGInt: o grau de carência é bem superior ao de Minas Gerais, enquanto o grau de afluência é significativamente inferior. Além disso, 85% dos municípios estão na faixa de alta vulnerabilidade social. Em termos de atividade minerária, essa RGInt ocupou a décima posição na arrecadação de CFEM em 2022, com apenas 0,27% do total estadual. O ouro é a substância mais explorada na região, representando 56,79% da arrecadação da CFEM, seguido pelo calcário (26,59%) e quartzo (7,70%).
Patos de Minas (34 municípios)	Minério de Ouro (64,39) Fosfatos (15,89) Minério de Zinco (11,06)	Paracatu, Patrocínio e Vazante	4,06	Municípios Carentes: 3,3 Municípios Afluentes: 5,6	Vulnerabilidade Alta: 50 Vulnerabilidade Média: 21 Vulnerabilidade Baixa: 29	Os indicadores analisados apontam resultados razoáveis para essa RGInt: o grau de carência é inferior ao de Minas Gerais, e 50% dos municípios estão na faixa de alta vulnerabilidade social. Em relação à mineração, essa RGInt foi a quinta que mais arrecadou CFEM em 2022, contribuindo com 3,67% do total estadual. O ouro é o minério mais produzido na região, responsável por 64,39% da arrecadação de CFEM, seguido pelos fosfatos (15,89%) e minério de zinco (11,06%).
Pouso Alegre (80 municípios)	Água Mineral (46,36) Sienito (17,12) Brita (12,92)	Jacutinga, Poços de Caldas, São Lourenço, Caldas	6,37	Municípios Carentes: 0,9 Municípios Afluentes: 16,4	Vulnerabilidade Alta: 32 Vulnerabilidade Média: 29 Vulnerabilidade Baixa: 29	Os resultados das análises são favoráveis para essa RGInt: o grau de carência é inferior ao de Minas Gerais, enquanto o grau de afluência é bem superior. Cerca de 29% dos municípios estão na faixa de baixa vulnerabilidade. Em termos de mineração, essa RGInt foi a décima primeira que mais arrecadou CFEM em 2022, representando 0,17% do total estadual. A água mineral é a substância mais explorada, responsável por 46,36% da arrecadação da CFEM, seguida por sienito (17,12%) e brita (12,92%).
Teófilo Otoni (86 municípios)	Minério de Lítio (43,13) Grafita (37,78) Granito (6,68)	Itinga, Pedra Azul, Salto da Divisa e Diamantina	5,53	Municípios Carentes: 18,3 Municípios Afluentes: 1,9	Vulnerabilidade Alta: 83 Vulnerabilidade Média: 14 Vulnerabilidade Baixa: 3	Apontam-se resultados desfavoráveis para essa RGInt: o grau de carência é significativamente superior ao de Minas Gerais, enquanto o grau de afluência é consideravelmente inferior. Cerca de 83% dos municípios estão na faixa de alta vulnerabilidade social. Em relação à mineração, essa RGInt ocupa a sétima posição no recolhimento de CFEM em 2022, com apenas 0,5% do valor arrecadado no estado. O lítio é a principal substância extraída, representando 43,13% da arrecadação de CFEM.
Uberaba (29 municípios)	Fosfato (48,87) Minério de Nióbio (40,14) Apatita (3,25)	Tapira, Araxá e Uberaba	3,92	Municípios Carentes: 1,4 Municípios Afluentes: 4,2	Vulnerabilidade Alta: 7 Vulnerabilidade Média: 41 Vulnerabilidade Baixa: 52	Os dados apresentam resultados favoráveis: a carência nos municípios é significativamente inferior à média do estado, 52% dos municípios têm baixa vulnerabilidade social. Em relação à mineração, essa RGInt foi a sexta que mais arrecadou CFEM em 2022, com 1,09% do total arrecadado no estado. O fosfato é a principal substância extraída, responsável por 48,87% da arrecadação de CFEM, seguido pelo minério de nióbio (40,14%) e pela apatita (3,25%).
Uberlândia (24 municípios)	Brita (63,81) Areia Comum (22,13) Diamante (4,91)	Uberlândia, Ituiutaba e Araguari	5,77	Municípios Carentes: 2,4 Municípios Afluentes: 4,2	Vulnerabilidade Alta: 8 Vulnerabilidade Média: 38 Vulnerabilidade Baixa: 54	Os indicadores mostram resultados favoráveis: a carência nos municípios é bem inferior à média do estado, 54% dos municípios apresentam baixa vulnerabilidade social. Em relação à mineração, essa RGInt teve o menor recolhimento de CFEM em 2022, com apenas 0,03% do total arrecadado no estado. A brita é a substância mais explorada, responsável por 63,81% da arrecadação de CFEM.
Varginha (82 municípios)	Calcário (50,52) Fosfatos (20,51) Granito (8,29)	Itaú de Minas, Pratápolis e Ijaci	7,81	Municípios Carentes: 1,4 Municípios Afluentes: 16,4	Vulnerabilidade Alta: 16 Vulnerabilidade Média: 41 Vulnerabilidade Baixa: 43	As análises apresentam resultados favoráveis: a carência nos municípios é significativamente inferior à média de Minas Gerais, e o grau de afluência é bem superior. Cerca de 43% dos municípios têm baixa vulnerabilidade social. Em relação à mineração, o recolhimento de CFEM em 2022 foi de apenas 0,35% do valor total arrecadado no estado. O calcário é a principal substância explorada, responsável por 50,52% da arrecadação de CFEM).

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em IBGE (2020); ANM (2022b); SIGMINE/ANM (2022); FJP (2021b); FJP/IMRS (2020); IFGF (2020)

2.1.1.2 Panorama da Força Cultural

O estado de Minas Gerais destaca-se por abrigar os municípios brasileiros com o mais significativo conjunto de bens tombados. Estes conjuntos urbanos protegidos reúnem milhares de edificações históricas, acervos de obras de arte e documentos de valor inestimável. Ademais, Minas Gerais é rico em sítios arqueológicos, estudados desde o século XIX, e é também palco de notáveis exemplares da arquitetura moderna, como o Conjunto Moderno da Pampulha, situado na capital, Belo Horizonte. Além disso, o estado preserva bens imateriais de grande importância, como o Ofício de Sineiros, o Toque dos Sinos e o Modo Artesanal de Fazer o Queijo de Minas.

A preservação do patrimônio histórico e da memória coletiva compartilhada por sua população frente à proximidade com minas em operação e novos projetos, tornou-se um desafio para o Estado.

De acordo com dados da ANM, em 2022, dos 853 municípios mineiros, 534 recolheram tributos oriundos da mineração e contaram com empregos gerados diretamente ou indiretamente pelo setor minerário.

Entre os municípios com Potencial Turístico Internacional (PDEST²⁰, 2016), destacam-se: Brumadinho, Congonhas, Ouro Preto e Belo Horizonte, que possuem patrimônio histórico e cultural reconhecido pela UNESCO.

Portanto, na dimensão cultural, conflitos relacionados à mineração podem decorrer, principalmente, de situações específicas em que minas ativas e suas estruturas convivem no território de um dado município com comunidades tradicionais, bens tombados, dentre outros componentes que qualificam sua força cultural e turística.

Assim sendo, esse contexto requer um olhar integrado, pois embora a atividade minerária seja capaz de renovar e fortalecer economias locais e propiciar o (re)conhecimento de bens culturais, bem como contribuir na promoção da cultura nos territórios em que está presente, tem o potencial de alterar

a paisagem, principalmente a lavra a céu aberto, podendo causar incômodos à comunidade e interferência na atividade turística e nos modos de vida da população local. Portanto, um dos desafios da atividade minerária é conciliar o aumento da produção e da produtividade com a preservação da força cultural e da sustentabilidade ambiental e social.

Nas etapas participativas do PEM-MG, foi destacada a importância do planejamento urbano, por meio dos Planos Diretores Municipais, para a preservação da identidade local e para que os municípios estejam melhor preparados para o desenvolvimento da mineração. Pontuou-se, também, a necessidade de melhoria, complementação e espacialização das bases de dados oficiais sobre o patrimônio cultural de Minas Gerais, fundamentais nos processos de tomada de decisão sobre o desenvolvimento econômico e minerário.

O Quadro 7 apresenta uma síntese da Força Cultural do estado de Minas Gerais por RGIInt, destacando o número de bens culturais e arqueológicos e suas comunidades rurais e tradicionais.



²⁰ Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável do Turismo.

Quadro 7 – Força cultural do Estado de Minas Gerais por Região Geográfica Intermediária

RGInt	Força Cultural	
	Potencial Histórico Cultural	Potencial Turístico
Barbacena	508 bens patrimoniais tombados, sendo 302 materiais e 206 imateriais e 81 sítios arqueológicos.	O município de Congonhas possui Potencial Turístico Internacional. 12 municípios na Área de Potencial Turístico Nacional (APTn), entre eles São João del Rei e Tiradentes.
Belo Horizonte	657 bens materiais tombados e 339 bens imateriais, 313 sítios arqueológicos e 18 comunidades tradicionais.	Três municípios com Potencial Turístico Internacional: Belo Horizonte, Ouro Preto e Brumadinho. Sabará e Mariana apresentam Potencial Turístico Nacional.
Divinópolis	235 bens materiais tombados e 197 bens imateriais, 26 sítios arqueológicos e 10 comunidades tradicionais.	Sete municípios apresentam Potencial Turístico Nacional: Abaeté, Divinópolis, Formiga, Morada Nova de Minas, Paineiras, Pimenta e Pompéu.
Governador Valadares	75 bens materiais tombados e 34 bens imateriais, 46 sítios arqueológicos e 31 comunidades tradicionais.	Um município com Potencial Turístico Nacional: Governador Valadares.
Ipatinga	90 bens materiais tombados e 27 bens imateriais, 21 sítios arqueológicos e 02 comunidades tradicionais	Um município com Potencial Turístico Nacional: Ipatinga.
Juiz de Fora	617 bens materiais tombados e 187 bens imateriais, 49 sítios arqueológicos e 02 comunidades tradicionais.	14 municípios com Potencial Turístico Nacional: Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Andrelândia, Araponga, Belmiro Braga, Caparaó, Cataguases, Espera Feliz, Juiz de Fora, Lima Duarte, Rio Preto, Santa Rita de Jacutinga, Santos Dumont e Viçosa.
Montes Claros	206 bens materiais tombados e 214 bens imateriais, 227 sítios arqueológicos e 90 comunidades tradicionais.	14 municípios com Potencial Turístico Nacional: Bocaiúva, Buritizeiro, Chapada Gaúcha, Itacarambi, Januária, Montes Claros, Olhos-d'Água, Pirapora, São João das Missões.
Patos de Minas	89 bens materiais tombados e 251 bens imateriais, 117 sítios arqueológicos e 64 comunidades tradicionais.	Quatro municípios com Potencial Turístico Nacional: Arinos, Formoso, Patrocínio e São Gonçalo do Abaeté.
Pouso Alegre	212 bens materiais tombados e 169 bens imateriais, 11 sítios arqueológicos e 03 comunidades tradicionais.	22 municípios com Potencial Turístico Nacional.
Teófilo Otoni	241 bens materiais tombados e 154 bens imateriais, 123 sítios arqueológicos e 47 comunidades tradicionais.	O município de Diamantina possui Potencial Turístico Internacional. Quatro municípios com Potencial Turístico Nacional: Caraí, Padre Paraíso, Serro e Teófilo Otoni.
Uberaba	115 bens materiais tombados e 256 bens imateriais, 58 sítios arqueológicos e 40 comunidades tradicionais – assentamentos.	Três municípios com Potencial Turístico Nacional: Araxá, Sacramento e Uberaba.
Uberlândia	113 bens materiais tombados e 174 bens imateriais, 75 sítios arqueológicos e 71 comunidades tradicionais.	Um município com Potencial Turístico Nacional: Uberlândia.
Varginha	457 bens materiais tombados e 393 bens imateriais, 24 sítios arqueológicos e 03 comunidades tradicionais.	38 municípios com Potencial Turístico Nacional, três municípios com Potencial Turístico Regional e 41 Áreas Complementares.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em FJP (2016; 2021), IPHAN (2022), IEPHA (2019), UNESCO (sem data)

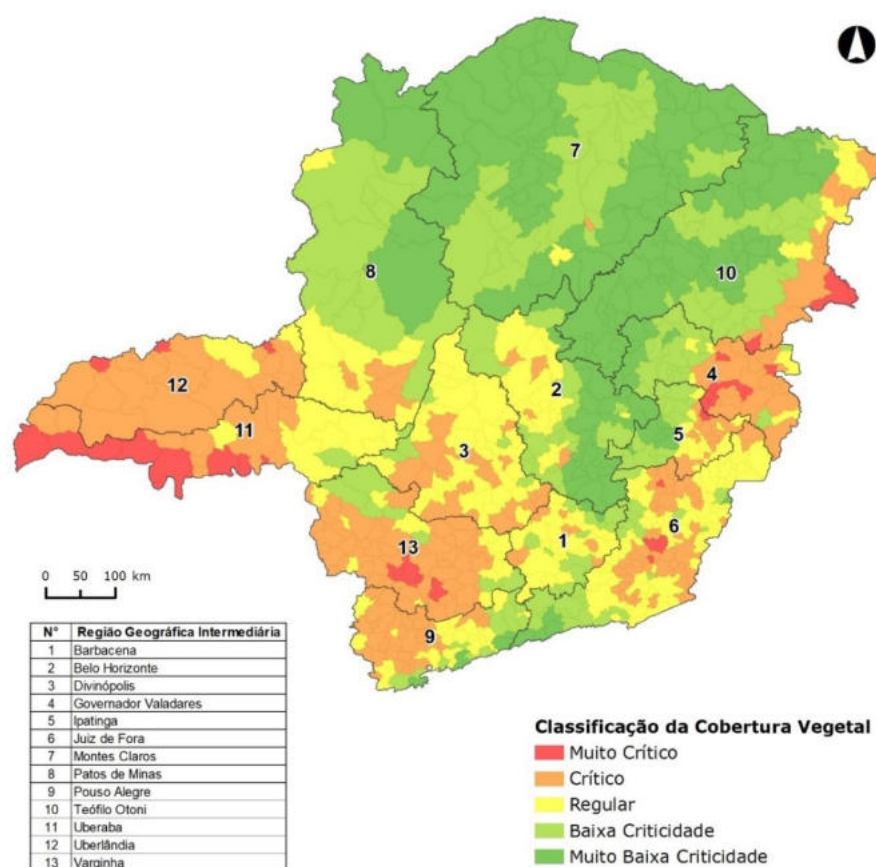
2.1.1.3 Capital Natural – Biodiversidade

O estado de Minas Gerais é caracterizado por três distintos biomas: Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Suas paisagens exibem uma ampla diversidade e uma riqueza biológica significativa, que são acentuadas pelas zonas de transição, sendo a Serra do Espinhaço um exemplo notável. Esta cadeia montanhosa, devido ao seu efeito orográfico, desempenha um papel importante na transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, contribuindo para a complexidade e a singularidade dos ecossistemas presentes na região.

Como resultado do processo de ocupação do território mineiro, observa-se uma distribuição irregular da cobertura vegetal. A análise por RGInt, permite verificar maiores concentrações nas porções ao norte e ao centro, enquanto no restante do estado tem-se paisagens com maior fragmentação da cobertura vegetal (Figura 73).

Embora a mineração seja intensiva em uso de recursos naturais, não se verifica relação entre áreas com maior concentração desta atividade e redução da cobertura vegetal. Ao contrário, de modo geral, municípios com essas atividades apresentam cobertura vegetal expressiva, destacando-se os municípios localizados no Quadrilátero Ferrífero.

Figura 73 – Classificação do grau de cobertura vegetal por município no Estado de Minas Gerais

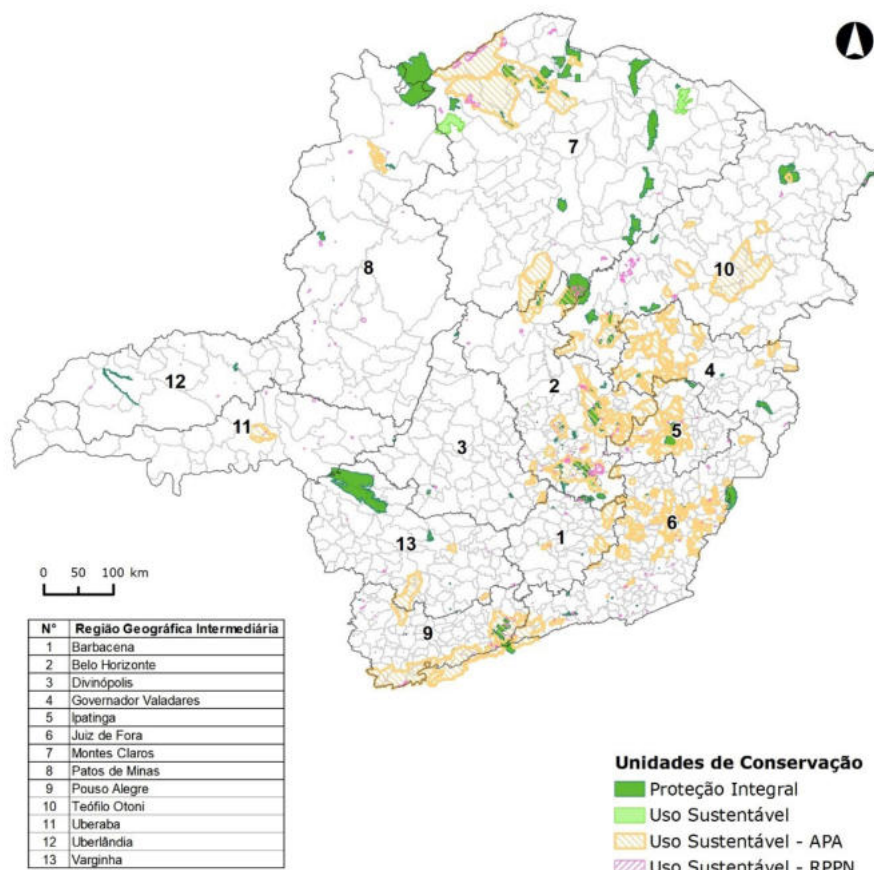


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em IDE-SISEMA/IGAM (2022)

Formações de Cerrado ocupam cerca de 18,5% do território mineiro, enquanto as florestas, bastante fragmentadas, recobrem cerca de 15,5% do estado, prevalecendo extensas áreas de uso agropecuário.

Um conjunto de Unidades de Conservação (UCs), com diferentes níveis de restrições, foi estabelecido para salvaguardar a biodiversidade em Minas Gerais (Figura 74). Embora a proporção de Áreas de Proteção Integral, que implicam preservação *stricto sensu*, seja relativamente baixa em comparação com outras formas de uso do solo, essas áreas representam valiosos bancos genéticos preservados. A proteção integral desses espaços tem um papel vital na conservação da diversidade biológica.

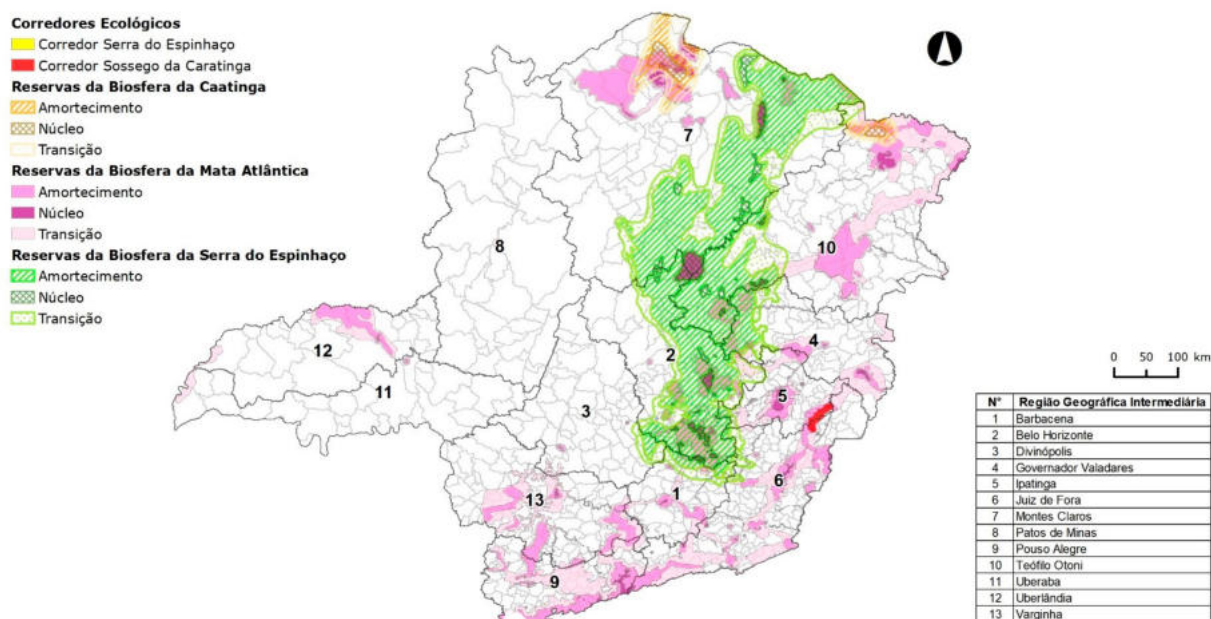
Figura 74 – Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável presentes no estado de Minas Gerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023)

Outra forma de conservação são as Reservas da Biosfera (RB), áreas territoriais representativas de importantes ecossistemas, internacionalmente reconhecidas pela UNESCO. Três RBs estão representadas no estado de Minas Gerais, quais sejam, RB da Serra do Espinhaço, RB Mata Atlântica e RB da Caatinga. O zoneamento destas RBs considera, de modo geral, as Unidades de Conservação de Proteção Integral como áreas nucleares e acrescenta uma área de amortecimento no entorno e mais uma área de transição. Formam-se, desta maneira, corredores que interligam as áreas protegidas (Figura 75).

Figura 75 – Reservas da biosfera e corredores ecológicos

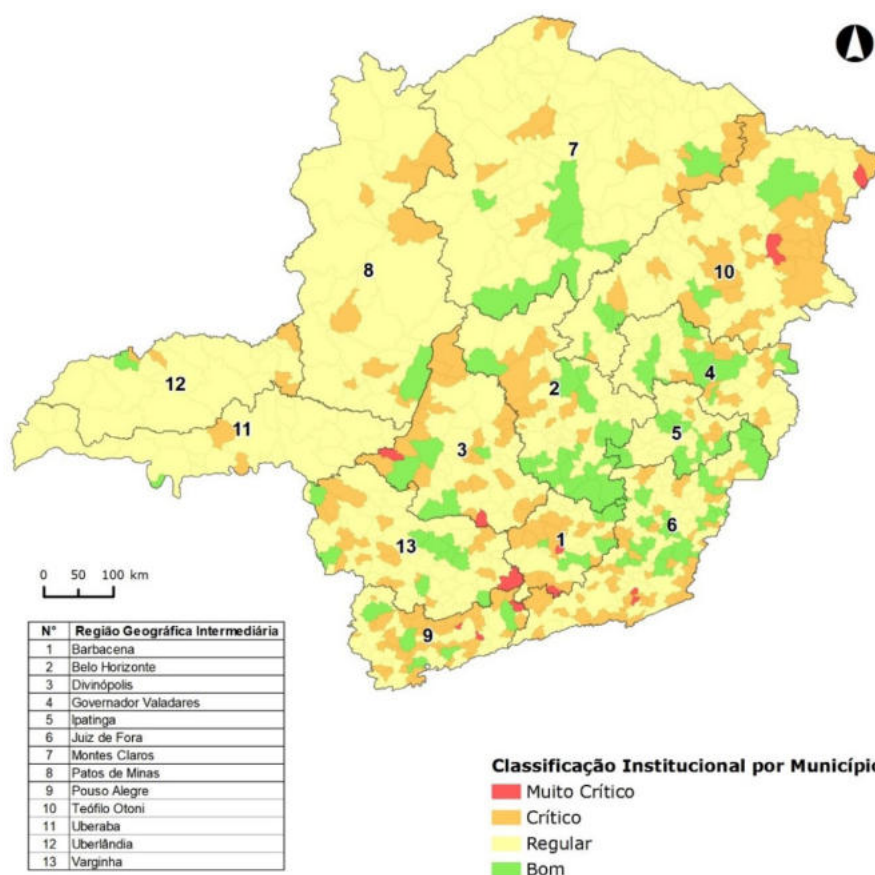


Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em IDE-SISEMA/MMA/IEF (2018, 2021 e 2022)

As áreas protegidas, de proteção integral ou de uso sustentável, em todas as esferas (federal, estadual, municipal e particular), formam uma rede de imensa importância para a conectividade da paisagem e para fluxos gênicos, fundamentais para preservação da biodiversidade no longo prazo.

Quanto à estruturação institucional voltada ao meio ambiente, prevalecem municípios com situação considerada regular ou média²¹, sendo mais bem estruturados na região leste do estado, no bioma Mata Atlântica e no contato entre este e o bioma Cerrado, incluindo aqueles com mineração. A oeste e norte prevalecem municípios considerados na classe regular (Figura 76).

Figura 76 – Municípios de Minas Gerais quanto a classes de estruturação institucional relativa ao meio ambiente



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em IDE-SISEMA/IGAM (2022)

Regiões Geográficas Intermediárias com mais municípios que instituíram pagamento por serviços ambientais (PSA) são as que, de modo geral, têm mais RPPNs, embora não necessariamente nos municípios com PSA. É possível que haja maior engajamento em questões ambientais nestas RGInts, resultando em incentivos por parte do poder público e em maior envolvimento de proprietários rurais na conservação da biodiversidade e, eventualmente, no aproveitamento do potencial ecoturístico dos recursos da paisagem.

O Quadro 8 apresenta uma síntese das principais questões da biodiversidade por RGInt.

²¹ Foi avaliado não apenas se o município conta com Órgão Gestor, mas também Conselho e Fundo de Meio Ambiente, se tem pagamento por serviços ambientais e se são feitas capacitações dos servidores desta área.

Quadro 8 – Síntese da biodiversidade no estado de Minas Gerais por RGInt

RGInt	Biomas	Cobertura Vegetal	Unidades de Conservação	APCBs (Especial, Extrema, Muito Alta e Alta prioridade)	Organização Institucional para Meio Ambiente	Principais desafios
Barbacena	Inteira­mente no bioma Mata Atlântica.	Prevalecem formações florestais e campestres. A vegetação nativa ocupa cerca de 28% do território.	Apresenta 22 UCs, sendo onze de proteção integral, uma Floresta Nacional e dez APAs.	Dez APCBs, sete das quais designadas para criação de UC, duas para manejo e uma para investigação científica.	Maioria dos municípios em situação regular ou crítica quanto à organização institucional para meio ambiente. Dois municípios em situação muito crítica e cinco classificados com boa organização.	Fortalecimento da gestão ambiental municipal; manutenção da cobertura vegetal e recuperação, notadamente ao redor de UCs e de potenciais corredores ecológicos.
Belo Horizonte	Prevalece o bioma Cerrado, ocupando 69,6% da RGInt e Mata Atlântica, na porção Leste, ocupando 30,4%.	Prevalecem florestas, seguidas de formações savânicas (cerrados). Afloramentos rochosos onde se desenvolvem campos rupestres são bastante expressivos, ocupando 4,6% da área total da RGInt. A cobertura vegetal reveste aproximadamente 44% do território desta RGInt.	Conta com 104 UCs, das quais 36 correspondem a APAs, três são Florestas Estaduais ou Nacionais e as restantes são de proteção integral.	Contém 17 APCBs, sendo oito indicadas para criação de UC, seis para pesquisa científica, duas para recuperação/reabilitação e uma para manejo.	Maioria dos municípios em situação regular. Dez classificados como crítica e 18 como boa.	Preservação de ecossistemas raros, notadamente campos rupestres ferruginosos e cavidades; proteção de aquíferos, identificação de áreas similares para compensação ambiental; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Divinópolis	Prevalece o bioma Cerrado (75%). Bioma Mata Atlântica caracteriza os restantes 25 % da RGInt.	Prevalecem florestas, seguidas de formações savânicas (cerrados). A cobertura vegetal reveste cerca de 23% do território, perto do limite considerado crítico (20%).	Um total de nove UCs compõe as áreas legalmente protegidas desta RGInt, sendo três APAs e as demais de proteção integral.	Apresenta oito APCBs, sendo duas voltadas para criação de UC, três para pesquisa científica, duas para manejo e uma para recuperação.	Maioria com classificação regular ou crítica no que se refere à organização institucional. Dois municípios classificados com situação muito crítica e quatro com boa.	Preservação de remanescentes de cerrado; recuperação de potenciais corredores ecológicos; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Governador Valadares	Quase totalmente inserido no bioma Mata Atlântica (99,6%), sendo o restante Cerrado.	Prevalecem formações florestais. A vegetação nativa ocupa 29% do total da RGInt.	Apresenta 37 UCs, sendo 33 APAs, sendo o restante de proteção integral: um Monumento Natural e três Parques Estaduais.	Onze APCBs estão delineadas nesta RGInt, sendo cinco para criação de UC, quatro para investigação científica, uma para manejo e uma para promoção de conectividade.	Sete municípios foram classificados como boa organização. O restante, regular ou crítica.	Manutenção de UCs de proteção integral; recuperação de cobertura vegetal e formação de corredores ecológicos, especialmente nas porções centro e leste da RGInt.
Ipatinga	Quase totalmente inserido no bioma Mata Atlântica (99%), sendo o restante Cerrado.	Prevalecem formações florestais. A vegetação nativa ocupa 34% aproximadamente da área da RGInt.	Um total de 34 UCs estão presentes, sendo 30 APAs, e o restante de proteção integral na forma de Parques Estaduais e Municipais.	Quatorze APCBs estão presentes, sendo quatro para promoção da conectividade, seis para investigação científica, duas para manejo, uma para recuperação ambiental e uma para criação de UC.	Maioria dos municípios em situação classificada como regular. Há seis municípios classificados como críticos e dez com classificação boa, ou seja, com boa organização institucional para meio ambiente.	Recuperação de cobertura vegetal a leste, fortalecendo o Corredor Ecológico Sossego da Caratinga; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Juiz de Fora	Totalmente inserido no bioma Mata Atlântica.	Prevalecem formações florestais. A vegetação nativa reveste 26,5% da área.	Tem 73 UCs em seu território, sendo 60 APAs e o restante de proteção integral.	Um total de 26 APCBs estão presentes designadas para criação de UC (11), investigação científica (1), manejo (5), promoção de conectividade (6) e recuperação (3).	Maioria dos municípios com organização considerada regular ou crítica. Dois são muito críticos e 21 considerados com boa organização.	Preservação do percentual de cobertura vegetal atual e recuperação de vegetação nativa, fortalecendo o Corredor Ecológico Sossego da Caratinga; fortalecimento da gestão ambiental municipal.

RGInt	Biomass	Cobertura Vegetal	Unidades de Conservação	APCBs (Especial, Extrema, Muito Alta e Alta prioridade)	Organização Institucional para Meio Ambiente	Principais desafios
Montes Claros	Única RGInt caracterizada por três biomas: predomina Cerrado, com aproximados 68%, seguido do bioma Caatinga (26%) e Mata Atlântica, caracterizando 6% da RGInt.	RGInt com maior cobertura de vegetação nativa, com 62% de seu território revestido principalmente por formações savânicas.	São 31 UCs no território, das quais dez APAs, duas Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e as restantes 19 UCs são de proteção integral.	São 19 APCBs delineadas no território, prevendo-se nove para criação de UC, oito para investigação científica, uma para manejo e uma para recuperação.	Grande maioria classificada como tendo organização regular para questões de meio ambiente, sendo alguns críticos. Seis são considerados com boa organização.	Identificação de <i>hotspots</i> notadamente dentro dos perímetros de APCBs, relacionados com Florestas Estacionais Deciduais e campos rupestres cársticos (lapiás); fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Patos de Minas	Totalmente no bioma Cerrado.	Prevalecem formações savânicas, seguidas de formações campestres e áreas alagadas e pantanosas. 43% do território é revestido de vegetação nativa.	Nove UCs estão presentes nesta RGInt, sendo uma APA, uma RDS e as restantes de proteção integral. Destaca-se o Parque Nacional (PARNA) Grande Sertão Veredas.	Quatorze APCBs estão presentes, sendo oito para criação de UC, uma para promoção da conectividade, quatro para investigação científica e uma para manejo.	Um município classificado como tendo boa organização, restante regular ou crítico.	Preservação da cobertura vegetal, notadamente nos entornos das UCs de proteção integral; gestão da RDS; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Pouso Alegre	Totalmente no bioma Mata Atlântica.	Formações florestais remanescentes de forma fragmentada, ocupando cerca de 25%, em conjunto com outras formações (savânicas campestres, alagadas, afloramentos) pouco expressivas.	São 15 UCs no território sendo, quatro APAs, uma Floresta Nacional e as restantes UCs de proteção integral. Destaca-se o PARNA Itatiaia.	Apresenta oito APCBs, sendo cinco voltadas para criação de UC, duas para pesquisa científica e uma para recuperação.	Maioria dos municípios em situação regular ou crítica. Três considerados com organização muito crítica e cinco com boa organização.	Preservação e recuperação da cobertura vegetal; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Teófilo Otoni	Prevalecem paisagens do bioma Mata Atlântica (77%) seguido de Cerrado (23%).	Formações florestais são mais frequentes, seguidas de cerrados e de expressivos afloramentos rochosos (3,3% da área). Cerca de 49% do território tem vegetação nativa.	Trinta e três UCs estão criadas nesta RGInt, sendo 20 APAs e o restante UCs de proteção integral. Destacam-se o PARNA das Sempre Vivas e a Reserva de Vida Silvestre (RVS) Mata dos Muriquis.	Vinte e quatro APCBs estão delineadas nesta RGInt, para as quais se propõe: criação de UC (14), investigação científica (7), manejo (1) e recuperação/reabilitação (2).	Maioria dos municípios com organização considerada crítica ou regular. Dois são muito críticos e sete considerados com boa organização para o meio Ambiente.	Manutenção do percentual de cobertura vegetal; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Uberaba	Bioma Cerrado caracteriza a maior parte do território da RGInt (83,6%), enquanto o bioma Mata Atlântica caracteriza 16,4%.	Com baixos níveis de cobertura vegetal, abaixo do limite considerado crítico (de 20%), apresenta remanescentes florestais e savânicos pouco expressivos, revestindo 17% do território.	Estão presentes cinco UCs, sendo duas APAs e o restante de proteção integral. Pequena parcela do PARNA Serra da Canastra encontra-se nesta RGInt.	Apresenta onze APCBs, sendo quatro com recomendação para criação de UC, duas para investigação científica, três para manejo e duas para promoção da conectividade.	Maioria dos municípios com organização para meio ambiente considerada regular, sendo dois classificados com organização muito crítica e um com boa organização.	Recuperação da cobertura vegetal; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Uberlândia	Bioma Cerrado caracteriza a maior parte do território da RGInt (85,76%), enquanto o bioma Mata Atlântica caracteriza 14%.	Situação análoga à de Uberaba, com apenas 16,5% de seu território com cobertura vegetal nativa.	Apenas duas UCs estão presentes nesta RGInt, sendo uma o PE Pau Furado e a outra a RVS dos Rio Tijuco e da Prata.	Sete APCBs, sendo duas com recomendações para criação de UC, duas para promoção da conectividade e as demais para investigação científica recuperação/reabilitação.	Maioria dos municípios com organização para meio ambiente considerada regular, sendo cinco classificados com organização muito crítica e um com boa organização.	Recuperação da cobertura vegetal; fortalecimento da gestão ambiental municipal.
Varginha	Paisagens do bioma Mata Atlântica prevalecem em 64,37% da RGInt, enquanto o bioma Cerrado ocupa 35,6%.	Cobertura vegetal no limite considerado crítico, de 20%, prevalecendo remanescentes de florestas e, em menor escala, cerrados (formações savânicas).	Tem-se sete UCs, sendo três APAs e as demais de proteção integral, com destaque para o PARNA Serra da Canastra.	São 14 APCBs no território desta UC com recomendações para criação de UC (8), investigação científica (4) e manejo (2).	Maioria dos municípios classificados com organização regular ou crítica. Um município considerado muito crítico e nove com boa organização para meio ambiente.	Recuperação da cobertura vegetal; manutenção de UCs de proteção integral; fortalecimento da gestão ambiental municipal.

2.1.1.4 Capital Natural – Recursos Hídricos

Os estudos relacionados ao gerenciamento de recursos hídricos são usualmente realizados tendo a bacia hidrográfica como área de abrangência, sendo o estado de Minas Gerais dividido em sete UEGs – Unidades Estratégicas de Gestão e 43 CH – Circunscrições Hidrográficas.

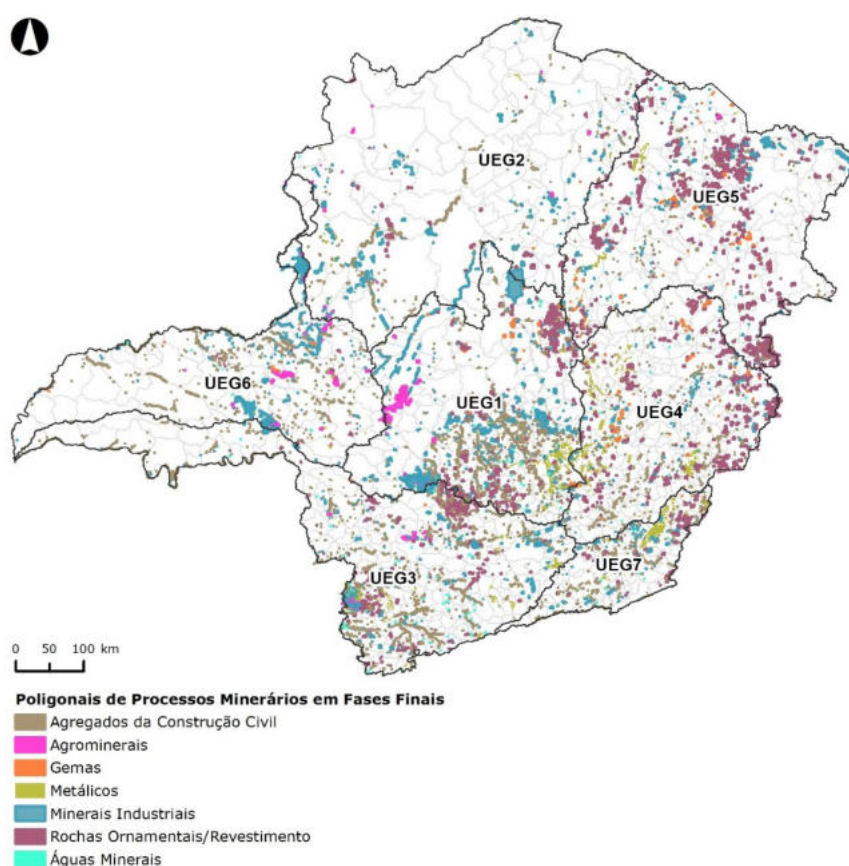
A relação entre os processos minerários existentes no estado com as regiões hidrográficas e UEGs foi fundamental para identificar os principais empreendimentos minerários em cada unidade de gestão, avaliando percentuais de uso da água para mineração frente ao restante dos usos e sua concentração espacial.

Adicionalmente, analisou-se o balanço hídrico por meio do comprometimento das águas no estado, identificando as principais bacias com potencial conflito pelo uso da água e sua relação com o setor mineral. Nesse sentido, para as UEGs do estado, foram identificadas as áreas de maior comprometimento hídrico, cotejando com as principais tipologias minerais existentes em cada uma delas.

A Figura 77 sintetiza o cruzamento dos dados, relacionando os pontos de uso da água para mineração advindos de fontes superficiais e subterrâneas com os principais bens minerais associados aos direitos minerários em vigor, em 2023. No caso das águas subterrâneas é importante destacar que são relevantes, notadamente na mineração de ferro, os usos referentes ao rebaixamento de nível de água do lençol freático e pesquisa hidrogeológica. A Figura 78 mostra as Outorgas de Recursos Hídricos para Mineração, por UEG.

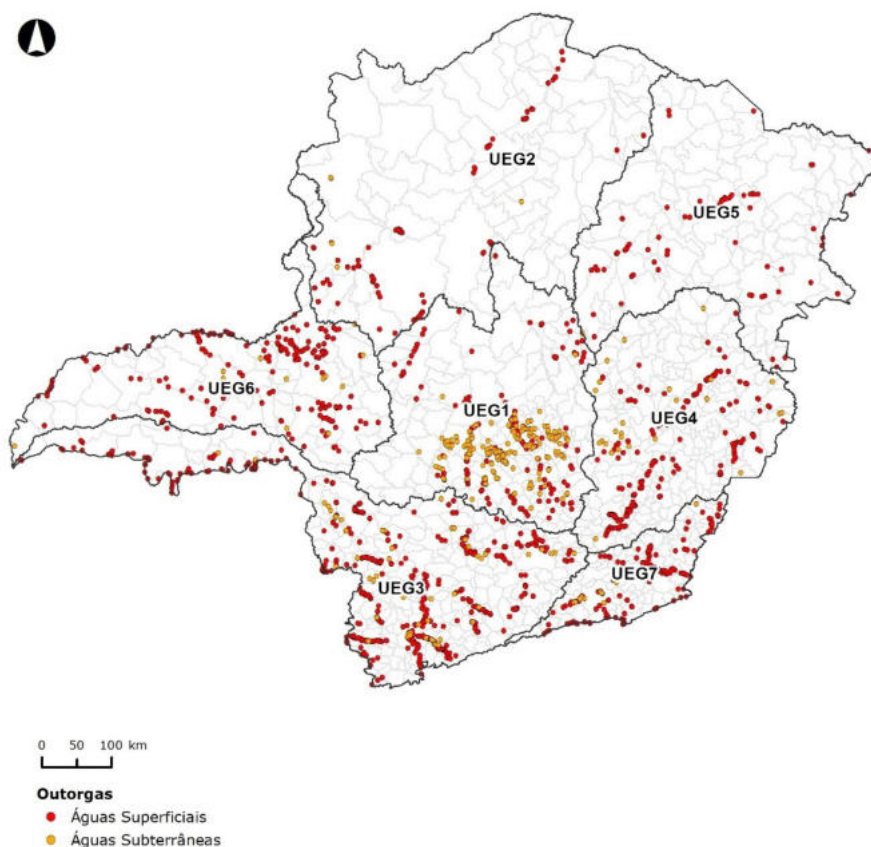
O Quadro 9 apresenta a síntese das análises realizadas, referentes aos recursos hídricos, distribuídas por UEG, indicando também as RGInts e sua área de abrangência dentro de cada uma das UEGs.

Figura 77 – Poligonais de processos minerários por UEG



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em ANM (2023a); IGAM (2023)
Os dados utilizados para as poligonais são referentes ao mês de outubro de 2023

Figura 78 – Outorgas de direito de uso de recursos hídricos por UEG



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em IGAM (2023)

Quadro 9 – Síntese das principais conclusões e desafios por UEG e RGInt

Unidade Estratégica de Gestão / Principais RGInts	Principais Constatações
UEG 1 – Afluentes do Alto Rio São Francisco / Belo Horizonte e Divinópolis	Usos da água para mineração concentrados principalmente na RGInt de Belo Horizonte, que apresenta o maior adensamento de demandas de águas subterrâneas para a mineração em todo o estado, envolvendo, principalmente, grandes empreendimentos minerários relacionados a ferrosos e seus sistemas de rebaixamento de nível d'água. Os usos de águas superficiais para mineração também são intensos nessa região, especialmente nas bacias dos rios das Velhas, Pará e Paraopeba, voltados principalmente para exploração de agregados da construção civil, metálicos ferrosos, metálicos nobres, minerais industriais e rochas ornamentais. O balanço hídrico apresentado para essa região mostrou que também as áreas com maior comprometimento hídrico estão localizadas no entorno da RMBH, na região de importantes empreendimentos minerários relacionados às tipologias supramencionadas. Os principais desafios nessa região tratam da gestão dos conflitos entre o setor mineral e o abastecimento público da RMBH, no que se refere ao balanço hídrico quali-quantitativo e a gestão de riscos dos empreendimentos minerários que podem afetar outros setores usuários com demandas a jusante de suas captações, notadamente no caso de barragens de rejeitos ou de contenção de sedimentos.

Unidade Estratégica de Gestão / Principais RGIInts	Principais Constatações
UEG 2 – Afluentes do Médio Rio São Francisco / Montes Claros e Patos de Minas	Os principais pontos de uso da água para mineração localizam-se em áreas próximas a empreendimentos de exploração de rochas ornamentais, minerais industriais e metálicos não ferrosos, com maior concentração na bacia hidrográfica do rio Paracatu. Caracteriza-se por grande demanda de água para irrigação e balanço hídrico com alto índice de comprometimento, o que pode levar a potenciais conflitos do setor agrícola com o minerário. O principal desafio nessa região é a gestão de eventuais conflitos entre o setor mineral e a irrigação, tratando-se de região com alto índice de demanda para o setor agrícola, principalmente na região Noroeste do estado. Pode ser destacado, ainda, o risco referente aos empreendimentos minerários no que se refere a barragens de rejeitos ou de contenção de sedimentos, o que pode afetar usos a jusante.
UEG 3 – Afluentes do Rio Grande / Pouso Alegre, Varginha e Uberaba	Apresenta usos importantes de água para mineração, principalmente a partir de fontes de águas superficiais. As principais substâncias envolvidas nos processos minerários identificadas nessa região são os metálicos não ferrosos e rochas ornamentais e de revestimento. Especificamente quanto ao balanço hídrico, observa-se que as principais áreas de comprometimento hídrico se localizam na região do Triângulo Mineiro, próximas a Uberaba, não se tratando, entretanto, de áreas com grande consumo de água para mineração. O principal desafio nessa região trata da gestão de riscos dos empreendimentos minerários que podem afetar usos de jusante, notadamente no que se refere aos aspectos de qualidade das águas.
UEG 4 – Afluentes do Rio Doce / Ipatinga e Governador Valadares	Observa-se importante concentração de usos da água para mineração, principalmente voltada à produção de metálicos ferrosos, metálicos nobres, metálicos não ferrosos e rochas ornamentais e de revestimento. Apresenta trecho relevante no contexto do Quadrilátero Ferrífero, com algumas áreas especializadas com alto índice de comprometimento hídrico, destacando-se, na porção mais alta da UEG, o potencial conflito na relação entre uso industrial, abastecimento público e mineração. O principal desafio nessa região trata da gestão de riscos dos empreendimentos minerários que podem afetar usos a jusante, notadamente no que se refere aos aspectos de qualidade das águas, podendo ser exemplificado o caso de rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana, que ocorreu em 2015 nessa UEG.
UEG 5 – Afluentes dos Rios Mucuri, São Mateus, Jequitinhonha e Pardo / Teófilo Otoni e Montes Claros	Essa região é uma das que apresenta menores índices de oferta hídrica do Estado, o que faz com que mesmo pequenas demandas pelo uso da água levem a altos índices de comprometimento hídrico e potenciais conflitos. Em termos de área de abrangência, destacam-se concentrações de processos minerários relacionados a metálicos ferrosos e não ferrosos, rochas ornamentais e de revestimento e minerais industriais. O principal desafio nessa região trata dos baixos índices pluviométricos, o que leva a rendimentos específicos e vazões escoadas pouco expressivas. Nessa região há escassa oferta hídrica, gerando risco de conflito pelo uso da água entre os usuários.
UEG 6 – Afluentes do Rio Paranaíba / RGIInt Uberlândia e, em menor proporção, Patos de Minas e Uberaba	O balanço hídrico dessa região apresenta trechos com alto índice de comprometimento hídrico, o que é refletido pelo fato de se tratar de importante região agrícola do estado, além do abastecimento público de cidades de porte significativo. Em relação aos processos minerários, foram identificadas áreas de maior concentração de uso de águas superficiais nas bacias dos rios Dourados, Perdizes, Quebra Anzol e Araguari, sendo os principais minérios explorados os agrominerais e os minerais industriais. O principal desafio nessa região trata da gestão de eventuais conflitos entre o setor mineral e a irrigação, tratando-se de região com alto índice de demanda para o setor agrícola, principalmente na região do Alto Paranaíba. Pode ser destacado, ainda, o risco referente aos empreendimentos minerários no que se refere a barragens de rejeitos ou de contenção de sedimentos, podendo afetar usos a jusante.
UEG 7 – Afluentes do Rio Paraíba do Sul, Rio Preto (Itabapoana), Rio São João e Rio Caparaó / Juiz de Fora	Em termos de balanço hídrico, trata-se da melhor condição em termos de comprometimento hídrico do estado, não apresentando trechos com alto índice de criticidade. Em relação aos processos minerários identificados, destaque é dado para os metálicos não ferrosos, abrangendo importante área da bacia. O principal desafio nessa região trata da gestão de riscos dos empreendimentos minerários que podem afetar usos a jusante, notadamente no que se refere aos aspectos de qualidade das águas.

2.1.1.5 Prevenção de Riscos e Desastres Provocados por Causas Naturais Considerando Eventos Críticos Meteorológicos no Estado de Minas Gerais

A alteração nos padrões climáticos se desdobra em impactos que afetam o equilíbrio ambiental, a economia, a saúde humana e o bem-estar das populações (MINAS GERAIS, 2023a).

Segundo o IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2021), eventos climáticos extremos são aqueles de ocorrência pouco frequente, ou de baixa recorrência, em um período específico, com um impacto muito significativo na sociedade e no meio ambiente. Esses eventos climáticos extremos são impulsionados pela dinâmica da atmosfera e pelas interações entre o ar, o solo e a água. Desdobram-se em desastres hidrológicos e geológicos, associados a estiagem prolongada, baixas umidades e a chuvas intensas, com graves consequências para as populações, o meio ambiente, as economias regionais e locais, podendo afetar, inclusive, a atividade minerária.

O Plano de Ação Climática do Estado de Minas Gerais – PLAC-MG (MINAS GERAIS, 2023a) estabelece que a mudança climática se refere a uma modificação no estado do clima que pode ser identificada por alterações na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, tipicamente décadas. O IPCC, desde seu primeiro relatório, publicado em 1990, vem apresentando as tendências das mudanças climáticas e estabelecendo cenários de como essas mudanças podem ocorrer. Os cenários podem exercer diversos papéis ao incentivar ações de mitigação e também avaliar as adaptações necessárias frente aos impactos.

A mudança do clima associada ao aquecimento global pode alterar a frequência, intensidade, distribuição espacial, duração e sincronismo dos eventos extremos, e resultar em condições adversas. As alterações na média, na variância e/ou na distribuição de probabilidade dos eventos climáticos, e alterações no comportamento das séries estacionárias, também podem resultar em mudanças na ocorrência dos eventos extremos (MMA, 2016).

Assim de forma geral, a mudança climática tem o potencial de criar condições para ocorrência de eventos extremos, deflagrar estiagens prolongadas ou aumentar a incidência de chuvas intensas. As estiagens prolongadas propiciam frentes de baixa umidade do ar, incêndios florestais, crises de abastecimento de água e danos à saúde, devido à perda de qualidade do ar, e estresse hídrico em geral. Por outro lado, a incidência de chuvas intensas deflagra movimentos de massa e outros fenômenos hidrológicos que podem causar desastres, como rompimentos de barragens e colapsos de obras civis.

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (MMA, 2016) apresenta os impactos setoriais para o segmento Indústria e Mineração, separando-os em: i) Redução da disponibilidade e qualidade da água; ii) Redução da disponibilidade de matéria-prima e insumos; iii) Diminuição do conforto térmico, qualidade e segurança do ambiente de trabalho; iv) Comprometimento dos recursos humanos; v) Danos à infraestrutura industrial (minas, edificações, maquinários etc.); vi) Danos à infraestrutura de logística (vias rodoviárias, hidroviárias e portuárias); e vii) Danos à infraestrutura de energia e telecomunicações.

O enfrentamento aos efeitos adversos da mudança do clima passa pela necessária adaptação dos territórios e das atividades desenvolvidas, particularmente em setores sensíveis como a mineração, de modo que se tornem mais resilientes em situações extremas.

As empresas de mineração, como qualquer outro setor industrial que opera em ambientes abertos e expostos, são desafiadas a se adaptar e mitigar os impactos dos eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes e intensos. As mudanças climáticas e seus efeitos, como períodos longos de precipitações fortes e concentradas e secas prolongadas, representam riscos para as operações envolvidas na mineração. Assim, diversas estratégias têm sido reforçadas para enfrentar as mudanças de cenário climático (IBRAM, 2024a; IMG, 2024; O GLOBO, 2024), como:

- Monitoramento e previsão: a partir do desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas para aumentar a precisão no monitoramento das condições climáticas e previsão dos eventos extremos, com a antecedência adequada para permitir a tomada de decisões mais ágeis e preventivas, de forma a minimizar os impactos dos efeitos dessas alterações. Adiciona-se a isso, ferramentas de monitoramento das condições físicas das estruturas como taludes de cavas, pilhas de estéreis e especificamente para as estruturas de contenção de rejeitos.
- Infraestrutura resiliente: investimentos em infraestrutura mais robusta e resistente a eventos climáticos extremos têm sido adotados, como o empilhamento de rejeitos filtrados, diferentemente da disposição na forma de polpa, em barragens; sistemas de drenagem mais eficientes, edificações devidamente locadas e construídas para resistir a ventos fortes e inundações.
- Gestão da água: as empresas têm adotado práticas de gestão da água mais eficientes, como reutilização e reciclagem, para reduzir o consumo e minimizar os impactos da escassez hídrica.
- Energias renováveis: diversificação da matriz energética, utilizando fontes renováveis como solar e eólica para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa.
- Planos de contingência: elaboração de planos detalhados para lidar com diferentes tipos de eventos climáticos extremos, incluindo procedimentos de resposta a emergências e recuperação.
- Parcerias e colaboração: estabelecimento de parcerias com governos, instituições de pesquisa, comunidades locais e outras empresas para compartilhar informações, desenvolver soluções conjuntas e fortalecer a resiliência do setor.

2.1.1.5.1 Mudanças Climáticas e Eventos Extremos em Minas Gerais

Minas Gerais está inserido no regime de Monção da América do Sul²², com precipitação intensa de meados da primavera até o outono seguinte, período mais propenso a eventos extremos de precipitação (REBOITA *et al.*, 2015). A topografia, com serras do Espinhaço e da Mantiqueira, influencia o clima local, interferindo no padrão de precipitação (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Modelos climáticos globais indicam tendência significativa de aumento da temperatura média em todo o estado, enquanto a precipitação é mais variável, com tendência positiva em março e entre setembro e dezembro no centro-sul.

A análise dos eventos extremos nas diferentes regiões de Minas Gerais é fundamental para compreender a diversidade de desafios que o estado pode enfrentar em decorrência das mudanças climáticas. As discussões deste item têm como base, principalmente, os resultados do estudo “Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia” elaborado pela FEAM em 2011.

Nas porções norte e oeste, abrangendo as RGLnts de Montes Claros, Teófilo Otoni e Patos de Minas, a combinação de aumento de temperatura e diminuição da precipitação, caracterizadas pelo clima de savana, torna essas regiões particularmente vulneráveis a eventos de estiagem e secas prolongadas. Além disso, o aumento do risco de incêndios florestais é um problema relevante, podendo afetar o meio ambiente e a segurança das comunidades.

A porção central do estado, que incorpora as RGLnts de Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares e Ipatinga, também apresenta estresse hídrico (FEAM, 2011), agravado pela redução de precipitação e aumento de temperatura. A ocorrência de dias consecutivos sem chuva é um indicador preocupante, pois pode acentuar os impactos das estiagens, afetando recursos hídricos, agricultura e o bem-estar das comunidades.

²² O regime de Monção na América do Sul é uma característica climática com fortes variações sazonais de chuvas, particularmente influenciadas pela movimentação da zona de convergência intertropical - ZCIT, sendo mais marcante em algumas regiões durante a primavera e o outono.

As áreas nas porções centro, sul e triângulo mineiro (RGInt de Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Uberlândia, Uberaba, Varginha, Barbacena, Juiz de Fora e Pouso Alegre) estão propensas a experimentar um aumento nos processos de movimentos de massa (deslizamentos de terra), inundações, alagamentos e outros eventos associados à elevação da pluviometria e sua intensidade (FEAM, 2011). Essa situação é particularmente preocupante em áreas de relevo acidentado e com concentrações populacionais, como as observadas nestas regiões.

Áreas com topografia acidentada tornam-se mais vulneráveis aos eventos climáticos extremos. As encostas e vales são mais propensos a deslizamentos de terra e erosão durante períodos de chuvas intensas. Ao relevo acidentado soma-se o uso inadequado e a ocupação não planejada das encostas e vales, com construções em áreas de risco e falta de infraestrutura de drenagem adequada, aumentando a vulnerabilidade das comunidades.

As medidas de adaptação para a mineração em Minas Gerais devem considerar a sustentabilidade, a eficiência hídrica e energética, além de ações de redução da pegada de carbono, incluindo práticas relacionadas ao controle da emissão de gases de efeito estufa durante o processo mineral. O planejamento de infraestrutura resiliente e a implementação de tecnologias adequadas são fundamentais para mitigar os riscos e garantir a continuidade das atividades mineradoras frente a um cenário de mudanças climáticas.

Neste sentido, apesar do setor mineral fazer uso intensivo dos recursos naturais, com potenciais impactos socioambientais, o setor não apenas possui a capacidade, como já implementa práticas mais sustentáveis para mitigar esses impactos e contribuir para o desenvolvimento dos territórios mineradores.

2.1.2 Áreas de Restrição do Uso e Ocupação do Solo e Atributos Socioambientais Legalmente Protegidos

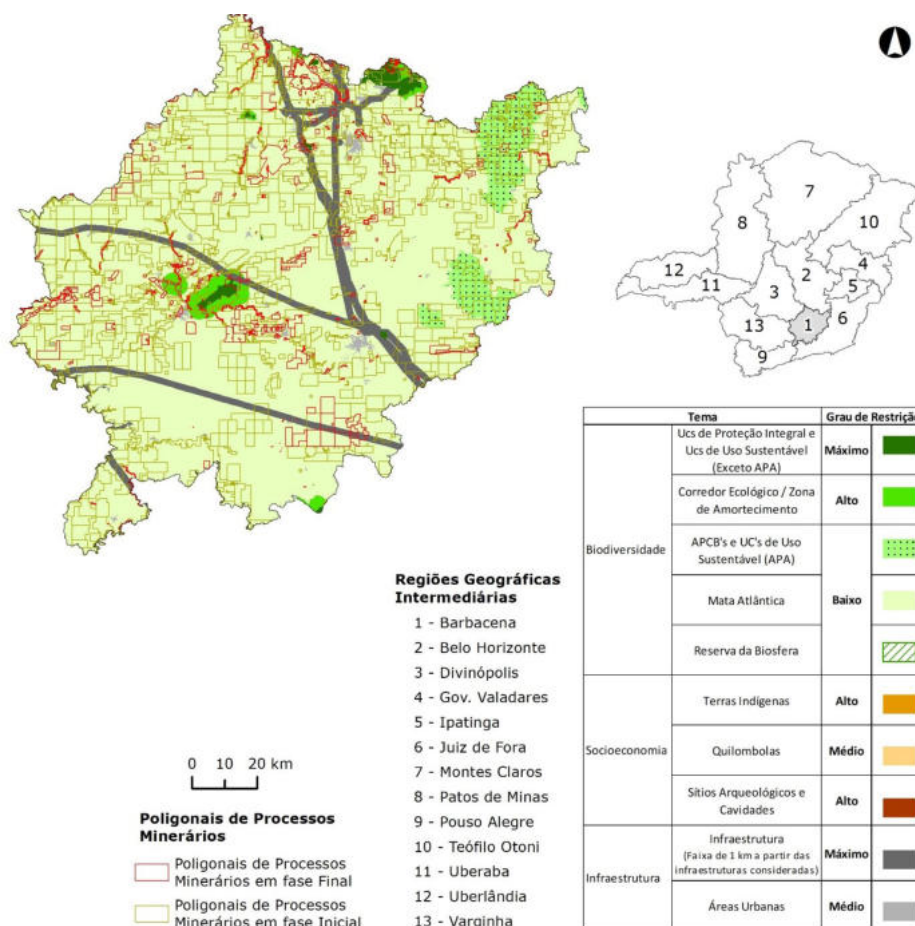
A identificação das áreas de restrições quanto ao uso e ocupação do solo e dos atributos socioambientais legalmente protegidos foi realizada por meio de análise dos dados de condicionantes socioambientais que podem dificultar ou restringir, em diferentes níveis, a implantação de empreendimentos minerários nesses territórios.

Da Figura 79 à Figura 91 apresenta-se a espacialização das restrições e os desafios socioambientais para a implantação e expansão da atividade mineral de cada RGInt, considerando as interrelações entre áreas de mineração (nas diversas fases do direito mineral) e áreas de conservação ambiental e comunidades tradicionais.

Do Quadro 10 ao Quadro 22 são apresentadas sínteses das principais limitações e/ou restrições socioambientais e dos desafios por RGInt.



Figura 79 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários na RGInt de Barbacena



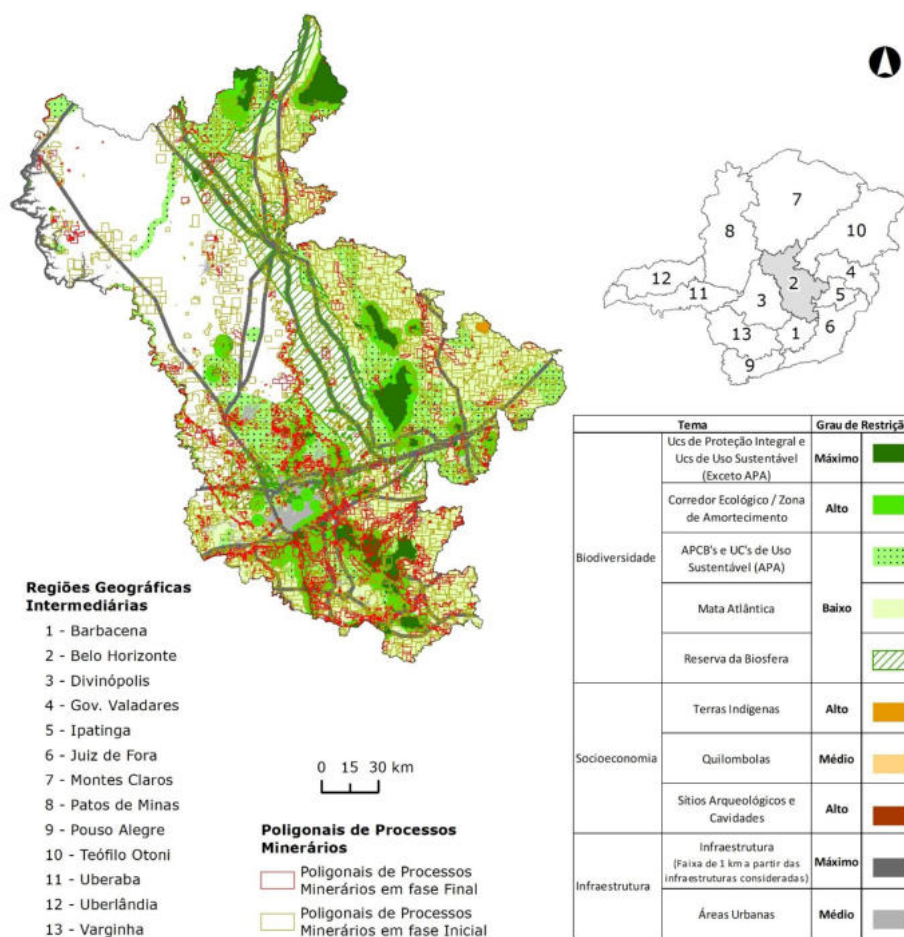
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 10 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Barbacena

RGInt Barbacena	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de infraestruturas lineares, em especial dutos e linhas de transmissão (LTs); - Ocorrência de regiões de alto potencial espeleológico, em especial no município de Congonhas; - Presença de Unidades de Conservação de Proteção Integral (UC pi), sendo as maiores situadas no extremo norte e ao centro; - Domínio de Mata Atlântica.	- Potencial conflito de processos minerários em fase final com UCs pi; - Potencial conflito de processos em fases iniciais e finais na zona de amortecimento (ZA) de UCs pi; - Potencial conflito de processos minerários em fases iniciais em regiões recentemente indicadas como Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 80 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Belo Horizonte



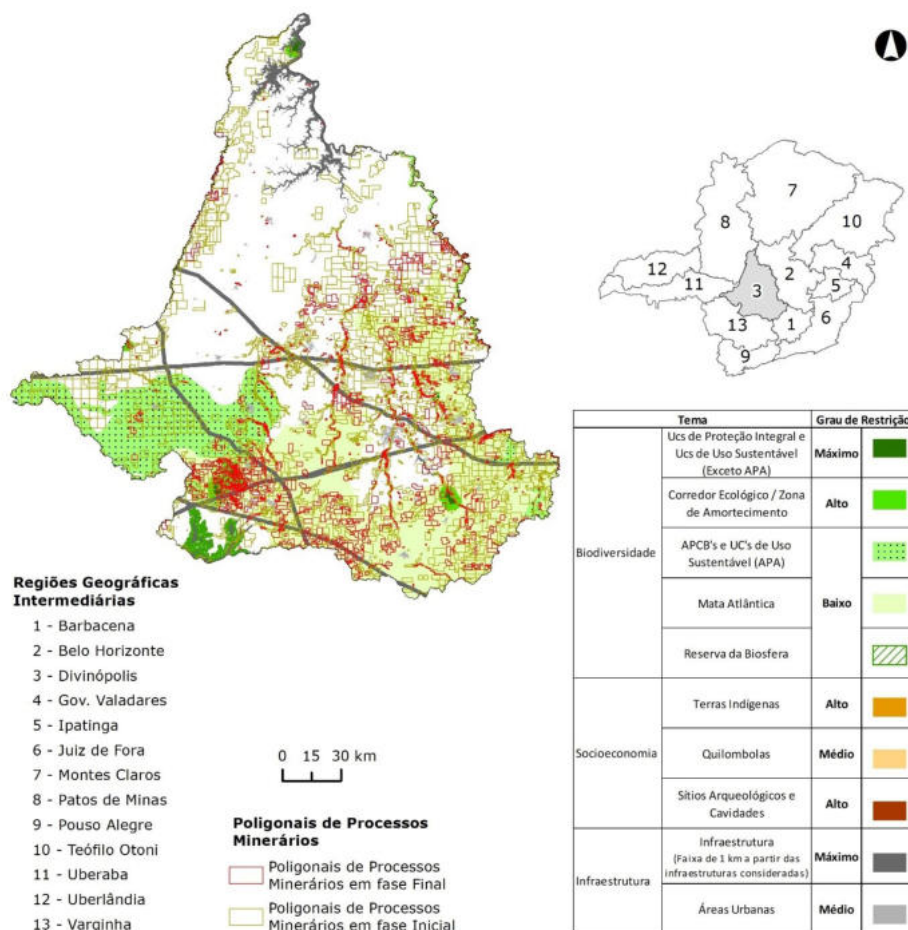
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 11 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Belo Horizonte

RGInt de Belo Horizonte	
Restrições/Limitações	Desafios
- Concentração, principalmente na porção sul, de UCs pi e ZAs, centros urbanos, corredores ecológicos, Quilombolas e Terras Indígenas (TI); - UCs pi na porção centro/norte; - Concentração de infraestruturas lineares na porção sul; - Domínio de Mata Atlântica nas porções sul, leste e norte, incluindo Campos Rupestres ferruginosos; - Ocorrência, nas porções norte e oeste, de áreas com alto potencial espeleológico e elevado número de cavidades cadastradas, especialmente no Quadrilátero Ferrífero, associadas às serras da Moeda, Ouro Branco e Gandarela.	- Potencial conflito de processos minerários com áreas protegidas, em especial na porção sul (PARNA da Serra do Gandarela, Monumento Natural Estadual (MNE) Serra da Moeda, MNE Itatiaia, MNE Pico do Itabirito), com presença de campos rupestres; - Presença de minerações instaladas no interior e entorno imediato das UCs na porção sul; - Potencial conflito de processos minerários, na porção central, recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade; - Potenciais conflitos com populações tradicionais no entorno de TIs (Fazenda Guarani) e territórios Quilombolas, em Belo Horizonte.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 81 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Divinópolis



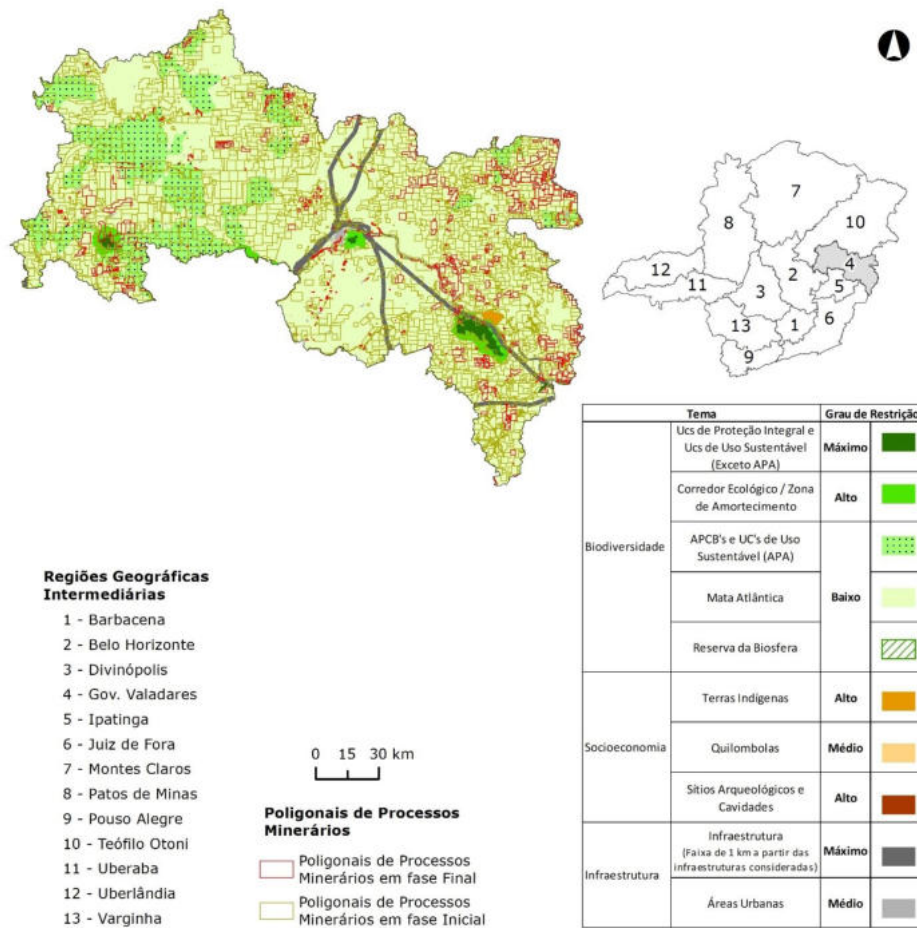
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 12 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Divinópolis

RGInt de Divinópolis	
Restrições/Limitações	Desafios
- Ocorrência pontual de UCs pi, ZAs e TI; - Domínio de Mata Atlântica; - Ocorrência de regiões com alto potencial espeleológico, principalmente na porção sul (Município de Pains).	- Dificuldade de identificação de áreas de Mata Atlântica, na porção sul/sudeste, para compensação de supressão de vegetação em sub-bacias hidrográficas com atividade minerária; - Potencial conflito de processos minerários em UCs pi; - Potenciais conflitos de processos minerários em fases iniciais e finais com populações tradicionais no entorno de TIs (Fazenda Modelo Diniz).

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 82 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Governador Valadares



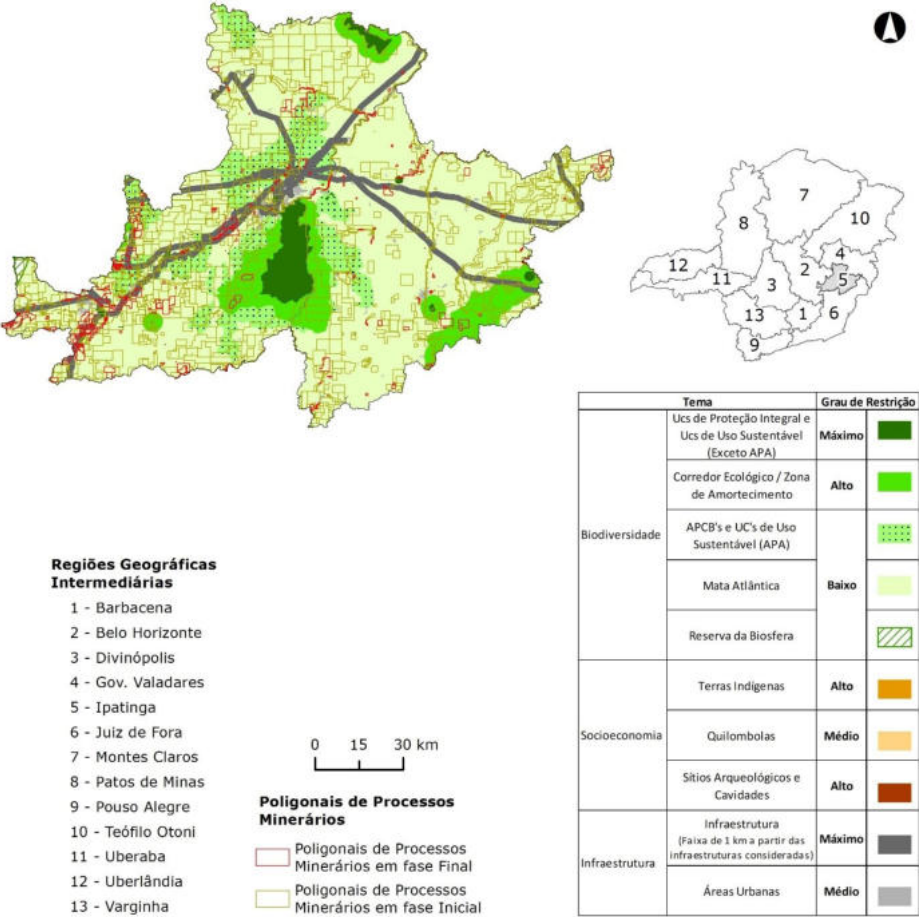
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 13 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Governador Valadares

RGInt de Governador Valadares	
Restrições/Limitações	Desafios
- UCs pi e ZAs pontuais e TI (Krenak); - Domínio de Mata Atlântica; - Campos Rupestres em afloramentos rochosos; - Ocorrência, na porção sul, de áreas com alto potencial espeleológico e elevado número de cavidades cadastradas, especialmente nos municípios de Guanhães e Dolores de Guanhães; - Presença de infraestruturas lineares na porção centro/sudeste.	- Potencial conflito de processos minerários em fases e iniciais e finais, em especial com os Parques Estaduais (PE) Sete Salões e Serra da Candonga e suas ZAs; - Potencial conflito de processos em fases iniciais e finais em zona de amortecimento (ZA) de UCs pi; - Potenciais conflitos de processos minerários em fases iniciais e finais no entorno da TI Krenak.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 83 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Ipatinga



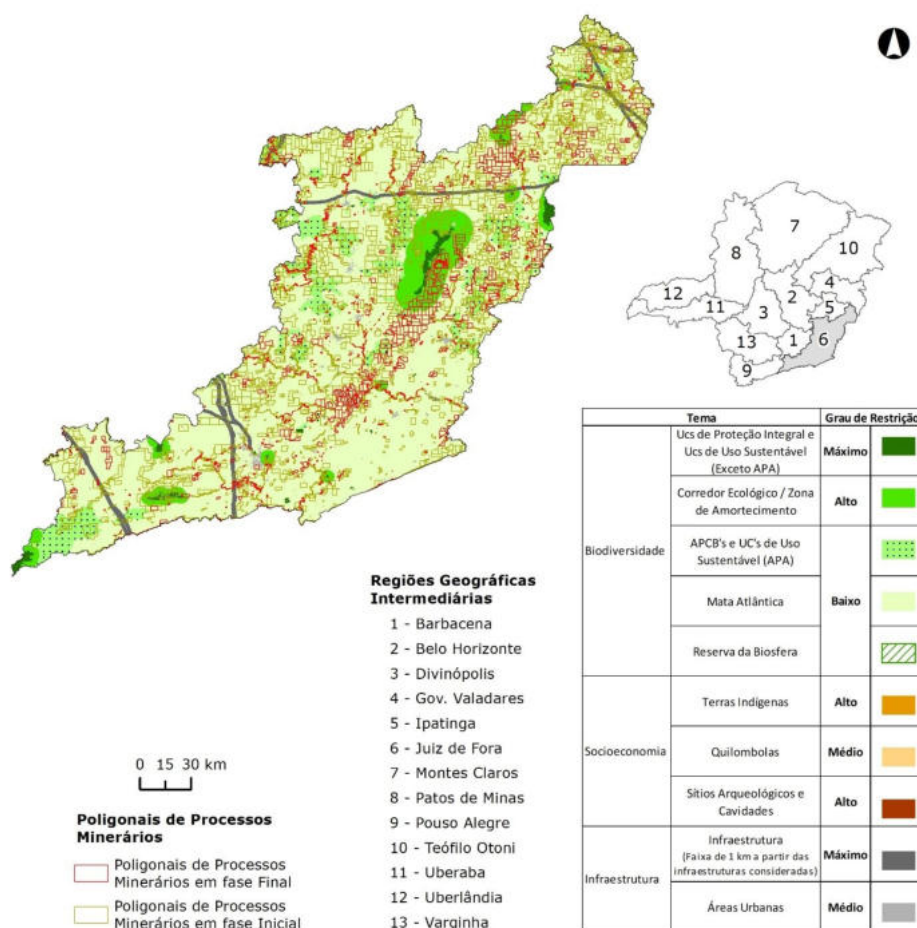
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 14 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Ipatinga

RGInt de Ipatinga	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de relevantes UCs pi (PEs Rio Doce e Rio Corrente) com suas ZAs; - Presença do Corredor Sossego de Caratinga no limite leste; - Presença de infraestruturas lineares importantes.	- Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais, no PE Rio Corrente; - Potencial conflito de processos minerários com o Corredor de Caratinga, Reserva da Biosfera Serra do Espinhaço, Caatinga e Mata Atlântica.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 84 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGIInt de Juiz de Fora



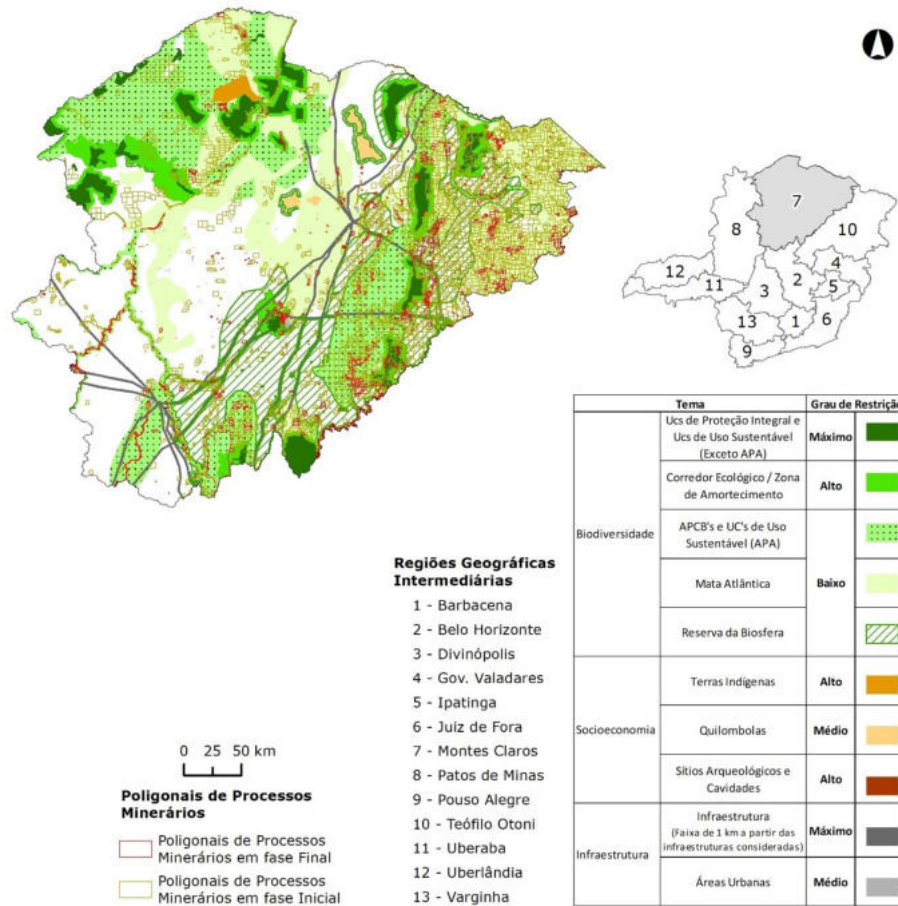
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 15 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGIInt de Juiz de Fora

RGIInt de Juiz de Fora	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de relevantes UCs pi, em especial PE Serra do Brigadeiro, na porção centro/norte, com suas ZAs; - Presença de infraestruturas lineares; - Domínio de Mata Atlântica; - Ocorrência de regiões com alto potencial espeleológico.	Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais e finais, na ZA do PE Serra do Brigadeiro. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Especial e Extrema prioridades.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 85 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Montes Claros



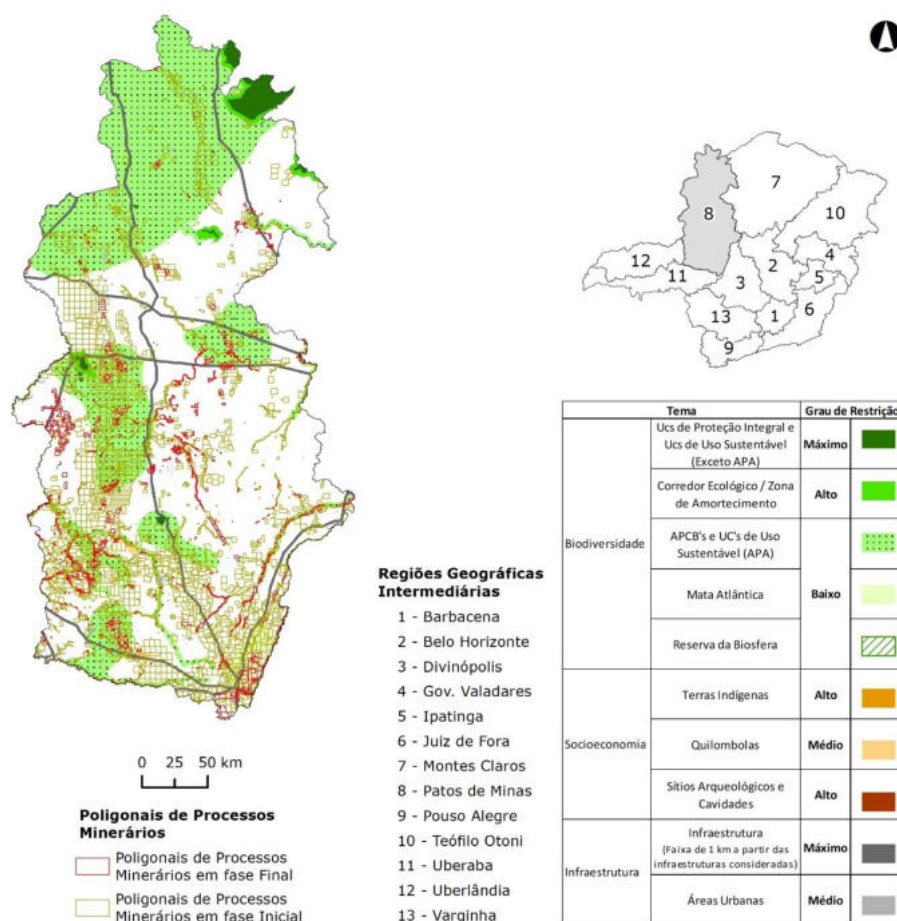
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 16 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Montes Claros

RGInt de Montes Claros	
Restrições/Limitações	Desafios
- Ocorrência de regiões com alto potencial espeleológico, nas porções nordeste, leste e sul; - Domínio de Mata Atlântica com presença de Florestas Estacionais Deciduais; - Presença de UCs pi ao longo da Serra do Espinhaço.	- Potencial conflito de processos minerários, a maioria em fases iniciais, com as UCs pi estaduais (PEs da Lapa Grande, Botumirim, Serra Nova e Talhado) e Refúgio Estadual da Vida Silvestre (RVSE) do Rio Pandeiros. Potencial conflito também válido para a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) das Geraízas; - Potencial conflito de processos minerários com UCs pi federais (PARNA das Sempre Vivas e PARNA Cavernas do Peruaçu) e suas ZAs; - Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais, associados ao rio São Francisco. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Alta e Especial prioridades; - Potenciais conflitos de processos minerários, em fases iniciais e finais, no entorno da TI Xakriabá; - Potenciais conflitos de processos minerários, em fases iniciais, com as comunidades Geraízas no município de Rio Pardo de Minas (Comunidade do Moreira, Rio Pardo de Minas e Baixa Grande).

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 86 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Patos de Minas



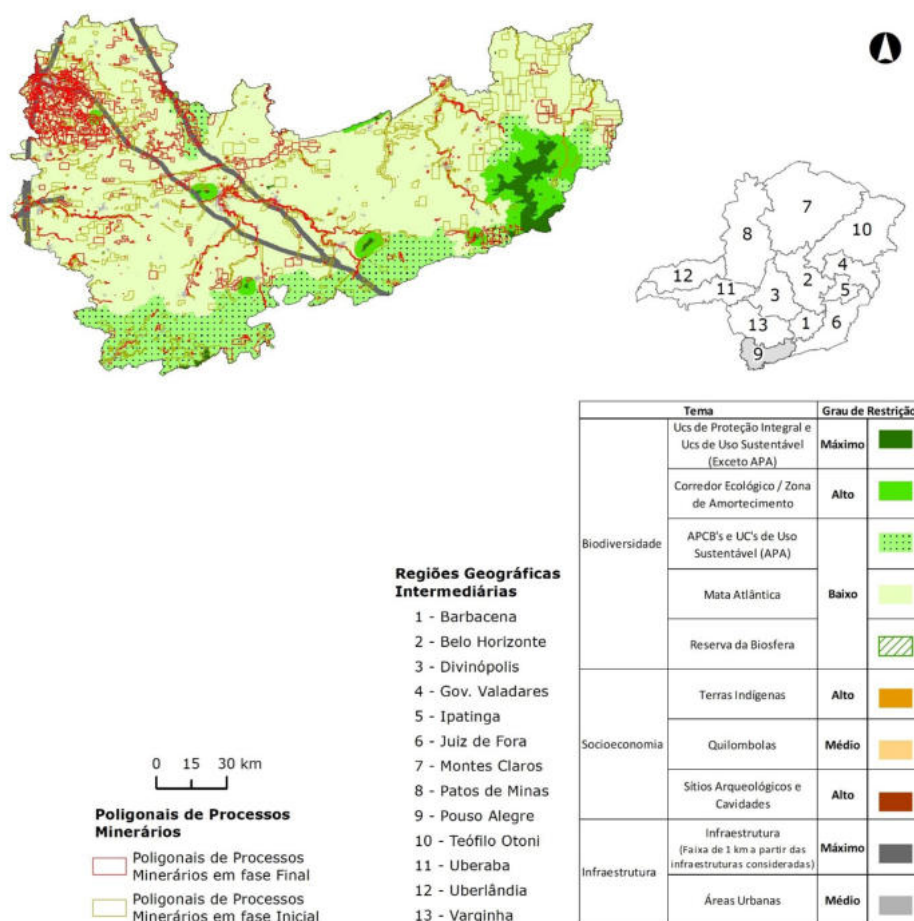
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 17 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Patos de Minas

RGInt de Patos de Minas	
Restrições/Limitações	Desafios
- Ocorrência de regiões com alto potencial espeleológico, com cavidades cadastradas nos municípios de Coromandel, Vazante e Paracatu; - Presença de UCs pi.	- Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais, nas UCs pi (PARNA Grande Sertão Veredas e PE de Paracatu) e suas ZAs. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de prioridade Muito Alta, Extremamente Alta e Especial; - Pressão sobre comunidades quilombolas em Paracatu (Machadinho, Amaro e São Domingos).

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 87 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Pouso Alegre



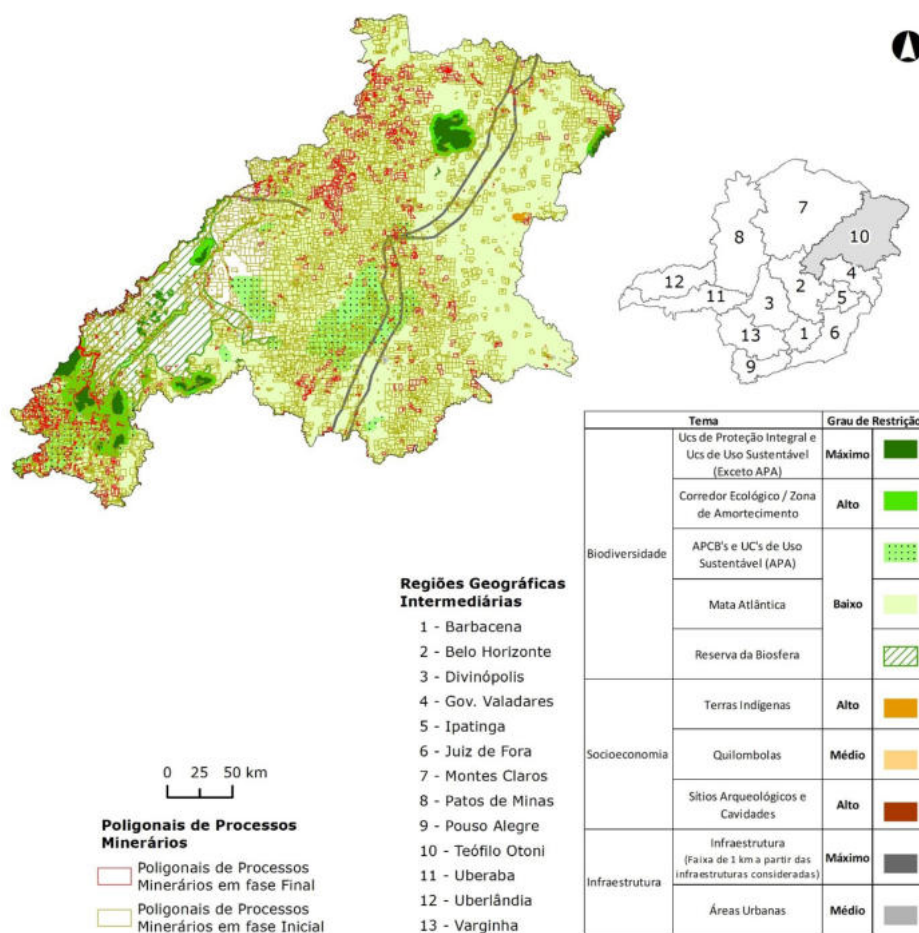
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 18 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Pouso Alegre

RGInt de Pouso Alegre	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de UCs pi (PARNA Itatiaia, PE Serra do Papagaio e Reserva Biológica (Rebio) municipal Serra dos Toledos); - Domínio de Mata Atlântica; - Presença de TI Fazenda Boa Vista; - Presença de infraestruturas lineares.	- Potencial conflito de processos minerários, em fases finais, no PE Serra do Papagaio e Rebio municipal Serra dos Toledos, e suas ZAs. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade; - Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais e finais, com a TI Fazenda Boa Vista.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 88 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Teófilo Otoni



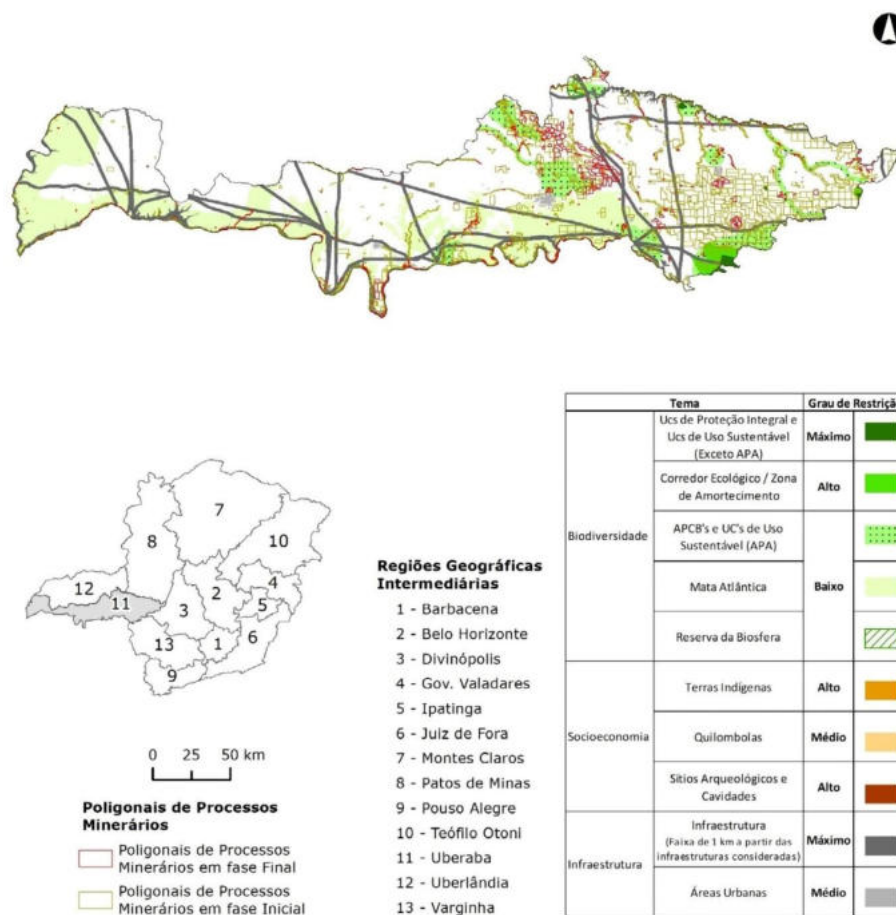
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 19 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Teófilo Otoni

RGInt de Teófilo Otoni	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de UCs pi; - Domínio de Mata Atlântica com presença de Campos Rupestres; - Ocorrência de regiões com potencial espeleológico, na porção sudoeste; - Presença de TIs e comunidades tradicionais; - Presença de infraestruturas lineares.	- Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais e finais, nos PEs Serra Negra e Alto Cariri e na Rebio Mata Escura, situados a noroeste e sudoeste. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade, na porção sul; - Potencial conflito de processos minerários em fases iniciais, com TIs, Quilombolas e comunidades Geraizeiras, na porção sudoeste.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 89 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Uberaba



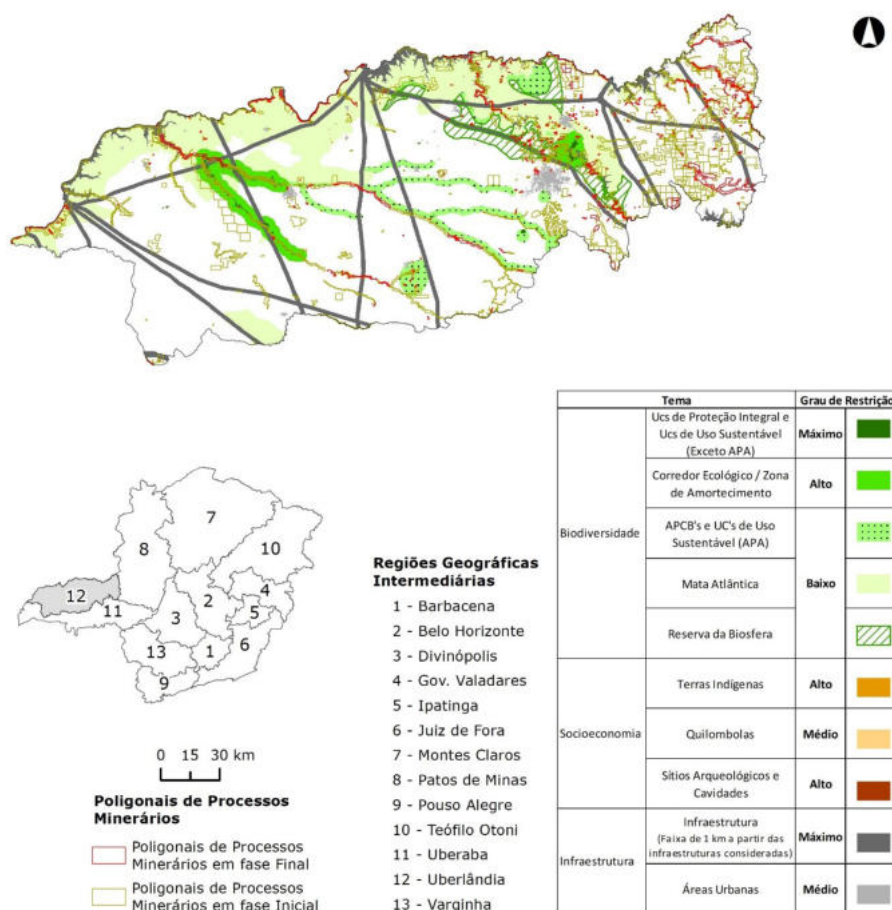
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM(2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 20 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Uberaba

RGInt de Uberaba	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de UC pi; - Domínio de Mata Atlântica; - Presença de infraestruturas lineares na porção leste.	- Potencial conflito de processos minerários, em fases iniciais, com a UC pi PARNA Serra da Canastra. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade; - Dificuldade de identificação de áreas de Mata Atlântica, na porção sul e oeste, para compensação de supressão de vegetação em sub-bacias hidrográficas com atividade minerária.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 90 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGInt de Uberlândia



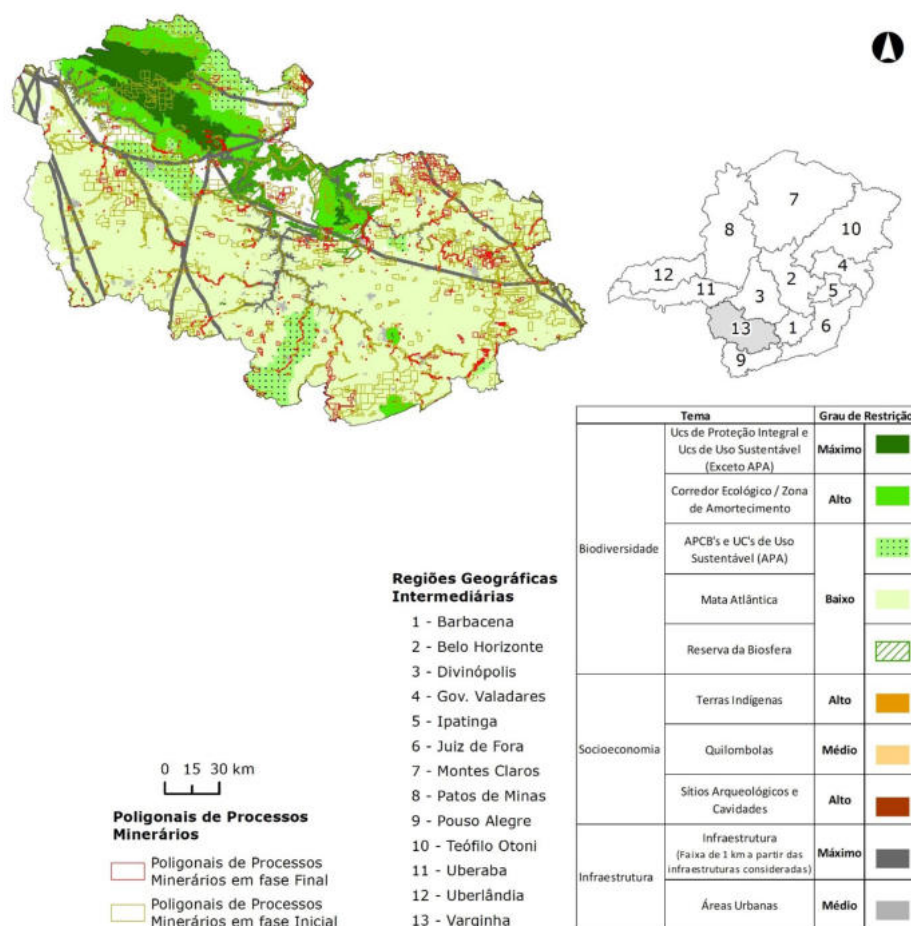
Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 21 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGInt de Uberlândia

RGInt de Uberlândia	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de UCs pi; - Presença de infraestruturas lineares.	Potenciais conflitos de processos minerários, em fases iniciais, com as UCs pi (PE do Pau Furado e Refúgio da Vida Silvestre (RVS) dos rios Tijuco e da Prata). Parte de uma rede de drenagem, na porção central, foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Extrema prioridade.

Elaboração: Consórcio Ceres Tetra+ (2023)

Figura 91 – Restrições socioambientais e poligonais de processos minerários para a RGIInt de Varginha



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023a); MMA (2023); ICMBIO (2023); IDE-SISEMA/IEF (2023); BIODIVERSITAS (2018); FUNAI (2023); INCRA (2023); CECAV (2022); MAPBIOMAS (2021); EPE (2023); IBGE (2021); IPHAN (2023)

Quadro 22 – Síntese das restrições e desafios entre mineração, conservação ambiental e comunidades tradicionais – RGIInt de Varginha

RGIInt de Varginha	
Restrições/Limitações	Desafios
- Presença de UCs pi; - Domínio de Mata Atlântica com baixo índice de cobertura (20%); - Presença de infraestruturas lineares; - Ocorrência de regiões com elevado potencial espeleológico, na porção norte.	- Potenciais conflitos de processos minerários, em fases iniciais, na UC pi PARNA Serra da Canastra e em sua ZA, na porção noroeste. A região foi recentemente indicada como Área Prioritária para a Conservação da Biodiversidade (APCB, 2018) de Especial e Extrema prioridade; - Potenciais conflitos de processos minerários, em fases iniciais e finais, na UC pi PE Serra da Boa Esperança, na porção norte.

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

2.1.3 Levantamento de Planos, Programas e Políticas Desenvolvidos pelo Poder Público

A formulação de ações governamentais destinadas ao setor de mineração deve ser analisada à luz de outras ações do governo já elaboradas, que possam tangenciar ou influenciar ações a serem propostas. Por isso, considerar planos, programas e políticas (PPPs) existentes é importante para a identificação de novas fronteiras de um cenário regulatório e de boas práticas de ações administrativas a serem priorizadas e idealizadas no Plano Estadual de Mineração. Além disso, tal análise é profícua, pois viabiliza a identificação de um arcabouço de ações governamentais para viabilizar sua melhor articulação e maximizar resultados comuns finais.

A elaboração do PEM-MG foi realizada com base em uma análise crítica de PPPs, de forma focada em temas transversais de interesse da mineração em Minas Gerais, tais como:

- fomento e estímulo à atividade minerária;
- dinamização econômica dos municípios mineradores;
- prevenção ou mitigação de danos ambientais;
- previsão de medidas de sustentabilidade, inclusive relativas à mitigação de emissões de gases de efeito estufa;
- segurança das barragens de mineração;
- instrumentos e políticas para a inovação tecnológica de interesse do setor minerário;
- governança institucional.

Estes temas transversais representam as principais vertentes de interesses coletivos que justificariam a atuação do governo estadual na regulação, fiscalização e fomento da mineração, consoante os deveres públicos determinados pela Constituição da República de 1988 (CR88).

Neste caso, é importante a identificação dos planos estaduais pertinentes para melhor contextualização do plano de mineração do estado, com outras ações governamentais em andamento. Nesse sentido, são apresentados os PPPs, considerados como os mais relevantes para as ações do PEM-MG (Quadro 23).



Quadro 23 – Planos, Programas e Políticas de interesse do PEM-MG

Temática política	PPP de relevância	Nível	Temas transversais abordados	Interface com o PEM-MG
Política Ambiental	Política Nacional do Meio Ambiente	Nacional	Prevenção de Danos Ambientais;	Estabelecimento de princípios e regras gerais em prol da conservação ambiental.
			Segurança de Barragens;	
			Inovação Tecnológica de Interesse do Setor Minerário.	
	Zoneamento Econômico-Ecológico do Estado de MG (ZEE/MG)	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais.	Auxílio no zoneamento adequado de áreas com fragilidade ambiental e potencial social – Manutenção da integridade ambiental.
	Plano Estadual de Proteção à Biodiversidade	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais.	Proteção da diversidade da fauna e flora.
Política Climática	Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono (MBC)	Nacional	Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	Eficiência energética – Redução do consumo de combustíveis não renováveis.
	Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC)	Nacional	Prevenção de danos ambientais;	Desenvolvimento sustentável – Efetivação de compromissos internacionais assumidos pelo país.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Inovação Tecnológica.	
	Plano de Energia e Mudanças Climáticas do Estado de Minas Gerais	Estadual (MG)	Prevenção de danos ambientais;	Economia de baixo carbono – utilização de fontes energéticas renováveis – Correta gestão de resíduos sólidos.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	
	Plano de Ação Climática (PLAC) do Estado de Minas Gerais	Estadual (MG)	Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	Incentivo ao uso de tecnologias de baixo carbono – Garantia de sequestro de carbono para compensação – Favorecimento da integração fotovoltaica no Estado.
	Plano Local de Ação Climática de Belo Horizonte	Municipal (Belo Horizonte)	Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	Adaptação e mitigação de danos climáticos.

Temática política	PPP de relevância	Nível	Temas transversais abordados	Interface com o PEM-MG
Política Hídrica	Política Nacional de Recursos Hídricos e seus desdobramentos nos Comitês de Bacias, Sub-bacias de interesse	Nacional	Prevenção de Danos Ambientais;	Aperfeiçoamento do planejamento e da gestão de recursos hídricos e de outros recursos minerais, integrando as políticas correlatas para uma gestão cuidadosa dos recursos hídricos, em vista das consequências que a atividade extrativista acarreta no meio ambiente.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação; Segurança de Barragens.	
	Plano Nacional de Segurança Hídrica	Nacional		Estruturação humana, econômica, ecossistêmica e resiliente – Inspiração para a formatação do PEM-MG.
	Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais;	Importância da preservação dos recursos hídricos e das hidrovias estaduais no desenvolvimento de políticas minerárias.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	
Política Orçamentária	Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG)	Estadual (MG)	Fomento e Estímulo à Atividade Minerária;	Segurança de barragens – Prevenção de acidentes e planejamento territorial – Desenvolvimento e verticalização das cadeias produtivas minerais estratégicas.
			Prevenção de Danos Ambientais;	
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Segurança de Barragens;	
			Dinamização Econômica de Municípios Mineradores.	
	Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado (PMDI)	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais; Segurança de Barragens;	Educação – Desenvolvimento social, econômico, de infraestrutura e mobilidade – Inserção e capacitação produtiva em sociedades locais.
			Dinamização Econômica nos Municípios Mineradores.	
	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH)	Municipal (Belo Horizonte)	Prevenção de Danos Ambientais;	Instituição de arranjos sub-regionais entre municípios mineradores da RMBH. Tais arranjos podem ter como objetivos específicos: a integração entre a atividade minerosiderúrgica e as cadeias locais, a criação de sistema de informação georreferenciado, a criação e consolidação de estruturas de mediação de conflitos.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	
Política Setorial	Plano Nacional de Mineração	Nacional	Fomento e Estímulo à Atividade Minerária;	Adensamento de conhecimento sobre o setor mineral, em todas as etapas da cadeia produtiva mineral.
			Prevenção de Danos Ambientais;	
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Segurança de Barragens;	
			Dinamização Econômica de Municípios Mineradores;	
			Inovação Tecnológica.	

Temática política	PPP de relevância	Nível	Temas transversais abordados	Interface com o PEM-MG
Política Setorial	Política Nacional de Segurança de Barragens	Nacional	Prevenção de Danos Ambientais;	Segurança de barragens e de rejeitos de mineração – Estímulo à gestão sustentável das atividades minerárias.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Segurança de Barragens;	
			Dinamização Econômica de Municípios Mineradores.	
	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	Nacional	Prevenção de Danos Ambientais;	Abrangência da sistemática de extração mineral – Minimização de impactos ambientais de estéreis e rejeitos – Tecnologia de redução e reaproveitamento.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Segurança de Barragens;	
			Inovação Tecnológica.	
	Plano de Pesquisa Geossistemas Ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás	Nacional	Prevenção de Danos Ambientais;	Conservação de geossistemas ferruginosos – Levantamento de informações sobre o bioma nas regiões de extração mineral.
			Inovação Tecnológica.	
	Política Estadual de Segurança de Barragem	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais;	Condução de procedimentos alternativos de construção de barragens – Intensificação da fiscalização – Responsabilização objetiva dos empreendedores – Compartilhamento de informações com o Poder Público.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação;	
			Segurança de Barragens.	
	Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável do Turismo em Minas Gerais	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais;	Potencial turístico de minas fechadas ou ativas – Reserva de receita da atividade turística para preservação da área explorada – Promoção do ecoturismo.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	
	Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais	Estadual (MG)	Fomento e Estímulo à Atividade Minerária.	Ganhos logísticos para o setor de minerário – Fomento à produção minerária – Aprimoramento da infraestrutura de transporte de minérios.
	Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais	Estadual (MG)	Prevenção de Danos Ambientais;	O Plano estadual de saneamento básico apresenta elementos referentes ao diagnóstico, prevenção e controle de danos ambientais e de impactos aos serviços inerentes ao saneamento, aplicáveis, inclusive, aos territórios mineradores.
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação.	
	Plano Estadual de Mineração do Estado do Pará	Estadual (PA)	Fomento e Estímulo à Atividade Minerária;	Regulamentação e Fomento da atividade mineral – Fortalecimento da compreensão sobre questões complexas – Cooperação intra e interinstitucional, setorial e governamental.
			Prevenção de Danos Ambientais;	
			Medidas de Sustentabilidade e Mitigação; Segurança de Barragens;	
			Dinamização Econômica de Municípios Mineradores;	
			Inovação Tecnológica.	

2.1.4 Fechamento de Minas, Minas e Garimpos Paralisados e/ou Abandonados

A extração de recursos minerais é uma atividade finita, que tem o potencial de gerar impactos ambientais e socioeconômicos. O fechamento de minas é um processo complexo e desafiador, que exige um planejamento integrado e com visão de longo prazo, a ser executado de forma adequada concomitantemente às atividades de aproveitamento econômico do depósito mineral, visando à mitigação desses impactos.

O fechamento de uma mina (unidade de produção mineral) é responsabilidade atribuída às empresas mineradoras, as quais devem elaborar um plano abrangente de fechamento e assegurar os recursos financeiros necessários para sua execução. No entanto, há situações em que as mineradoras optam por vender uma mina a empresas menores e menos capitalizadas, que por fazerem uma avaliação incompleta, ignoram os custos e as provisões para o fechamento da mina e acabam tendo dificuldades para implementá-lo.

Embora não seja a única causa, tal prática pode resultar no abandono das minas, via declaração de falência da empresa, acarretando passivos ambientais e socioeconômicos significativos. Outras razões para o abandono de minas decorrem da negligência dos titulares de outorgas de lavra quando da elaboração de um plano de fechamento, do aumento de custos de operação da mina, queda de preços e perda de mercado. Portanto, há a necessidade de se manter um cadastro ativo de minas abandonadas, para, posteriormente, serem desenvolvidos, ou atualizados (caso existente) seus planos de fechamento. Nos casos de minas abandonadas, com alto risco ambiental e à segurança da comunidade, o estado com suporte jurídico-institucional para responsabilização dos antigos titulares e/ou os seus sucessores deve ser responsável por implementar ou cobrar a implementação do plano de fechamento.

Cabe ressaltar que o estado de Minas Gerais enfrenta o desafio de lidar com um considerável número de minas já abandonadas e paralisadas, bem como minas que estão próximas ao final de sua vida útil. Embora exista um conjunto normativo estabelecido para orientar o fechamento dessas minas, é imperativo fortalecer a fiscalização e a aplicação das leis para evitar o abandono dessas estruturas.

2.1.4.1 Os Marcos Regulatórios do Brasil e do Estado de Minas Gerais

A legislação brasileira relativa ao Descomissionamento/Fechamento de Mina é recente e ainda está em desenvolvimento. O estado de Minas Gerais possui um marco regulatório mais avançado, mas ainda enfrenta desafios na sua implementação.

No Brasil, o fechamento de mina é regulamentado pela Lei nº 13.575/2017, que estabelece as diretrizes para o planejamento e execução do processo. A lei determina que o fechamento de mina deve ser realizado de forma a minimizar os impactos ambientais, socioeconômicos e culturais.

O estado de Minas Gerais conta com uma legislação detalhada para o encerramento de operações mineradoras, regulamentada pela Lei Estadual nº 21.416/2015. Esta legislação estipula diversas diretrizes, incluindo a exigência de elaboração de um plano de encerramento para todas as minas, a instituição de

um fundo destinado ao financiamento desse processo e a responsabilização dos titulares das minas pela observância das obrigações de encerramento.

Apesar dos avanços legislativos, o encerramento das atividades mineradoras permanece um desafio, tanto no Brasil quanto em Minas Gerais. Um dos principais obstáculos se refere à falta de efetivo comprometimento de recursos financeiros destinados à cobertura dos custos desse processo. Além disso, a necessidade de aprimorar a fiscalização e de garantir uma aplicação efetiva da legislação também se destaca como um desafio a ser superado. Da mesma forma, deve ser considerada a possível exigência, como pré-requisito para a emissão da outorga de lavra, de contratação de garantia financeira prévia, de forma a assegurar recursos financeiros para a etapa de fechamento da mina.

A legislação federal aplicável à indústria da mineração, com foco no fechamento de mina, evoluiu ao longo dos anos, refletindo a crescente preocupação com a proteção ambiental e a responsabilidade socioambiental das empresas mineradoras.

A primeira legislação relevante foi a Lei nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). A PNMA estabelece, entre outros princípios, a obrigatoriedade da recuperação das áreas degradadas e o princípio do poluidor-pagador.

Em 1989, o Decreto Federal nº 97.632 tornou obrigatória a apresentação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) pela atividade minerária, como parte do processo de licenciamento.

Em 1998, a Lei Federal nº 9.605, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, tipificou o abandono de uma área minerada sem recuperação ambiental como crime ambiental.

Em 2001, a Portaria nº 237 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) estabeleceu as Normas Reguladoras da Mineração (NRM), incluindo a NRM 20, que trata da suspensão, fechamento e retomada das operações mineiras. A NRM 20 exige a execução de um Plano de Fechamento de Mina (PFM) para todas as minas, independentemente do tamanho ou da situação jurídica.

Em 2021, a Agência Nacional de Mineração (ANM) publicou a Resolução ANM nº 68, que atualizou a NRM 20. Na Resolução nº 68,

a ANM detalha os elementos e critérios que devem ser considerados na gestão do fechamento de uma mina.

O estado de Minas Gerais é o único estado brasileiro a possuir legislação ambiental específica para a etapa de fechamento de mina e a paralisação temporária da atividade minerária.

A Deliberação Normativa COPAM nº 127, de 2008, estabeleceu a etapa de fechamento de mina como um processo de regularização junto ao órgão ambiental. A DN 127 exigia que qualquer mina, para encerrar suas atividades, deveria executar um Plano Ambiental de Fechamento de Mina (PAFEM), a ser apresentado com antecedência mínima de dois anos do encerramento das operações.

A Deliberação Normativa COPAM nº 220, de 2018, substituiu a DN 127 e trouxe avanços importantes, incluindo a definição dos conceitos de minas paralisadas e abandonadas, a exigência de um Relatório de Paralisação de Atividade Minerária para minas paralisadas, e a flexibilização do tipo de plano a ser apresentado, em função da classe (porte) do empreendimento. No entanto, a DN 220 não contempla dispositivos sobre a garantia financeira, de modo a assegurar recursos para a etapa de fechamento de mina, em caso de falha do operador.

O Quadro 24 apresenta os principais pontos da legislação federal e da legislação estadual aplicáveis à indústria da mineração, com foco na paralisação e no fechamento de minas.



Quadro 24 – Principais pontos da legislação federal e legislação estadual

Principais pontos da legislação federal (Resolução ANM Nº 68, de 30 de abril de 2021)
Elaboração e execução de um Plano de Fechamento de Mina (PFM) para todo empreendimento minerário, independentemente do tamanho, obedecidas as condicionantes jurídicas estabelecidas na referida norma.
O PFM deve ser elaborado de acordo com as diretrizes estabelecidas pela legislação federal e pelas normas regulamentadoras da ANM.
O PFM deve ser submetido à aprovação da ANM antes do início das operações de lavra, devendo ser atualizado a cada 5 anos, com a última atualização 2 anos antes do fechamento previsto. O empreendedor deverá também apresentar à ANM um relatório final de execução do PFM.
A ANM é responsável pela fiscalização e monitoramento do cumprimento das obrigações de fechamento de mina, bem como pela aprovação do relatório final.
Principais pontos da legislação estadual (Deliberação Normativa COPAM nº 220, de 2018)
Elaboração e execução de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) ou de um Plano Ambiental de Fechamento de Mina (PAFEM) para todas as minas, em função do seu enquadramento (classe), obedecidas as condicionantes jurídicas estabelecidas na referida norma.
O PRAD ou PAFEM deve ser elaborado de acordo com as diretrizes estabelecidas pela legislação estadual e pelas normas regulamentadoras do Órgão Ambiental.
O PRAD ou PAFEM deve ser submetido à aprovação do Órgão Ambiental antes do encerramento das operações de lavra, de acordo com os prazos estabelecidos.
O Órgão Ambiental é responsável pela fiscalização e pelo monitoramento do cumprimento das obrigações de fechamento de mina.

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

2.1.4.2 Panorama das Minas Paralisadas e Abandonadas do Estado

Em 2016, a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) divulgou o primeiro cadastro de minas abandonadas e paralisadas no estado, com 400 empreendimentos. Em 2023, foi lançado o segundo cadastro, contemplando 520 empreendimentos.

Os dados do cadastro mostram que há uma grande variabilidade quanto ao bem mineral extraído, porte e tempo de existência das empresas que abandonaram seus empreendimentos. A paralisação de uma mina precede o seu fechamento, seja ele prematuro ou programado. A paralisação não caracteriza propriamente um problema, pois, em muitos casos, em algum momento, a operação será retomada.

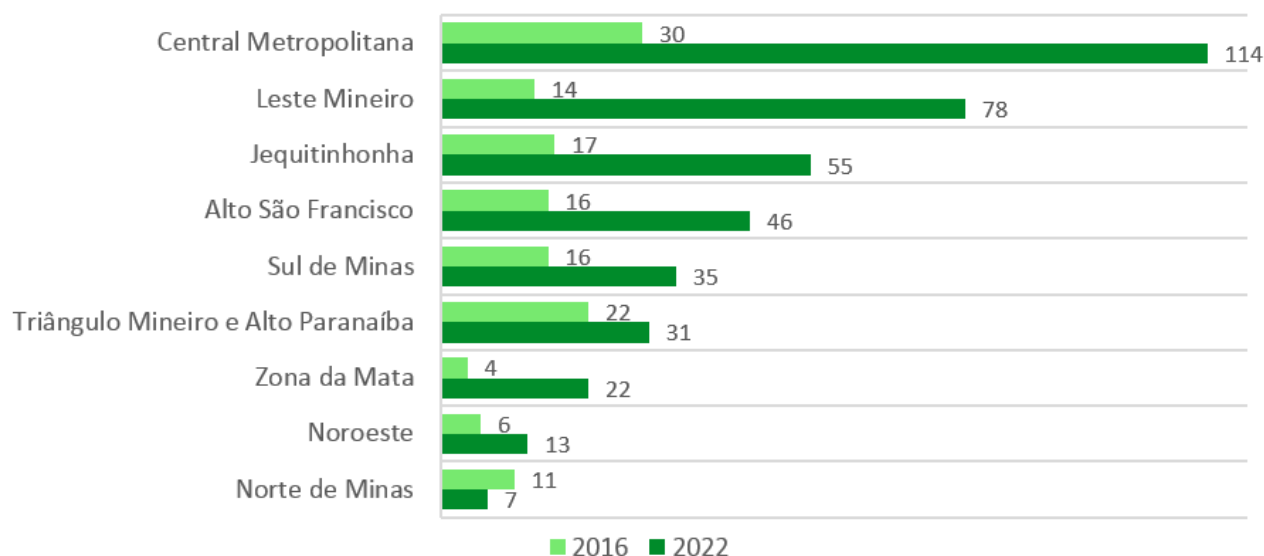
Até 2023, o estado de Minas Gerais era dividido em 10 áreas denominadas “Superintendências Regionais de Meio Ambiente” – SUPRAMs²³. Comparando os cadastros de 2016 e 2022, observa-se que o número

de minas paralisadas aumentou em todas as SUPRAMs, enquanto o número de minas abandonadas diminuiu em algumas delas.

A análise dos dados sugere que o número de minas abandonadas e paralisadas em Minas Gerais é um desafio significativo, tanto do ponto de vista ambiental quanto social. Enquanto a paralisação de uma mina pode não representar necessariamente um problema, o abandono dela sim, podendo acarretar consequências ambientais e socioeconômicas adversas. É interessante notar que, em um estado que, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), detinha 3.399 minas em operação em 2019, embora o número de minas paralisadas tenha aumentado ao longo do tempo, houve uma redução no número de minas abandonadas. O Gráfico 15 e o Gráfico 16 ilustram essa tendência, apresentando o número de minas paralisadas e abandonadas por SUPRAM, em 2016 e 2022, fornecendo *insights* sobre a distribuição geográfica dessas minas em diferentes regiões do estado ao longo do período analisado.

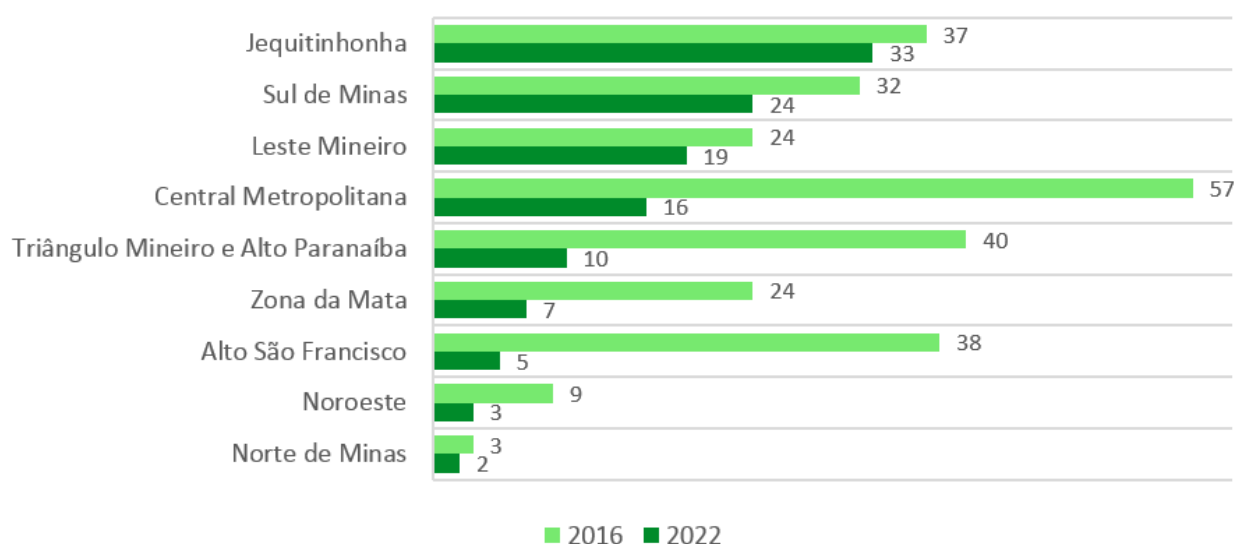
²³ A reorganização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), que transformou as Superintendências Regionais de Meio Ambiente (SUPRAMs) em Unidades Regionais de Regularização Ambiental (URAs), foi formalizada pelo Decreto nº 48.706, de 25 de outubro de 2023. Essa mudança visa descentralizar e agilizar a gestão ambiental no estado.

Gráfico 15 – Número de minas paralisadas por SUPRAM nos anos de 2016 e 2022



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em FEAM (2016; 2022)

Gráfico 16 – Número de minas abandonadas por SUPRAM nos anos de 2016 e 2022



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base em FEAM (2016; 2022)

O número de minas paralisadas em Minas Gerais quase triplicou entre 2016 e 2022, passando de 136 para 401 empreendimentos. Esse aumento ocorreu, entre outros fatores, devido à identificação de novos empreendimentos e à reclassificação de minas que, em 2016, eram consideradas abandonadas. Por outro lado, o número de minas abandonadas caiu significativamente no mesmo período, de 264 para 119. Essa redução foi impulsionada pelo primeiro relatório, de 2016, que levou muitos responsáveis a regularizar a situação de suas minas, alterando seu status de abandonadas para paralisadas.

A melhoria na partição de dados é positiva, pois indica que as empresas mineradoras estão tomando mais medidas de controle e monitoramento ambiental. Em 2016, 34% dos empreendimentos foram classificados como paralisados, enquanto, em 2022, esse percentual aumentou para 77%.

Com relação às substâncias minerais catalogadas, 16 novas entraram na lista das minas paralisadas em 2022. Dessas, 15 correspondem à lavra de rochas e minerais industriais (não metálicos), e uma corresponde à lavra de bens minerais metálicos. As minas de caulim e topázio merecem destaque, pois não havia nenhum registro de minas paralisadas em 2016, porém, em 2022, o número passou para seis e sete, respectivamente.

2.1.4.3 Garantias Financeiras para o Fechamento de Mina

O fechamento de uma mina pode ocorrer por diversos motivos, incluindo a exaustão de reservas, a falência da empresa, problemas de mercado ou o abandono do empreendimento. É importante que o planejamento do fechamento de uma mina seja realizado o mais cedo possível, pois os custos de fechamento podem ser elevados.

Garantias financeiras são instrumentos que asseguram que os custos de fechamento de uma mina serão cobertos, caso a empresa responsável pelo empreendimento venha a falir ou abandone a área. Portanto, trata-se de uma ferramenta importante para assegurar que as áreas mineradas sejam recuperadas em caso de falha do minerador, por abandono ou por declaração de falência, no cumprimento do plano de fechamento ou de recuperação da área minerada. O valor da garantia financeira deve ser calculado com base no custo estimado do fechamento da mina, que inclui a recuperação ambiental da área

A escolha do instrumento de garantia financeira mais adequado deve levar em consideração o risco de inadimplência da empresa, o prazo de fechamento da mina e a disponibilidade de recursos financeiros da empresa. As garantias financeiras podem ser classificadas em suaves ou rígidas. As garantias suaves são menos onerosas para as empresas, mas também oferecem um menor nível de segurança. As garantias rígidas são mais onerosas, mas oferecem um maior nível de segurança.

Os Cadastros da FEAM são uma fonte de dados valiosa para a compreensão do problema das minas abandonadas e paralisadas em Minas Gerais. O trabalho de catalogação do órgão ambiental é pioneiro no Brasil e permite o monitoramento desta situação no Estado, que vem somando esforços na implementação de medidas que minimizem o abandono de minas, por meio da intensificação da fiscalização, além do apoio técnico e orientação (via diretrizes ou guias) na elaboração de medidas de recuperação ambiental.

A abordagem deve ser distinta, considerando a diferenciação de porte das minas

- pequeno, médio e grande - e considerando a capacidade financeira das empresas para lidar com os custos associados à fase de encerramento das operações. Em geral, a maioria das empresas de mineração terá projetos mais alinhados aos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas, enquanto as de grande porte poderão dispor de Planos de Fechamento de Mina mais complexos e abrangentes.

O número de Planos de Fechamento de Minas (PAFEM) protocolados no estado, considerando os fluxos da DN COPAM nº 220/2018, ainda é baixo. Além disso, até o momento, nenhuma área foi considerada completamente fechada ou recuperada.

A análise do plano de fechamento de mina de acordo com o regime jurídico de aproveitamento de depósitos minerais pode fornecer orientações valiosas para o desenvolvimento de políticas públicas.

A integração entre as esferas ambiental e minerária em Minas Gerais é um aspecto relevante, uma vez que o Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, que trouxe alterações ao Código de Mineração, estipula que o fechamento de mina deve ser validado tanto pelo órgão regulador da mineração quanto pelo órgão ambiental responsável pelo licenciamento (FERNANDES et al., 2021).

2.1.4.4 Desafios e Oportunidades

Embora o debate sobre o fechamento de minas já ocorra há anos, o assunto permanece complexo, atual e fonte de preocupação para diversos setores, incluindo governo, ONGs, comunidades impactadas e a indústria da mineração. Isso se deve aos elevados custos envolvidos, à falta de critérios claros para o encerramento das operações e à questão dos valores das garantias financeiras. Além dos desafios relacionados aos passivos ambientais, o fechamento de minas acarreta impactos econômicos e sociais significativos, como a perda de receita para o governo, a eliminação de postos de trabalho e a emigração de pessoas ligadas à atividade mineradora, podendo resultar na ruptura de laços familiares e sociais.

A interseção complexa de questões ambientais, econômicas e sociais atribui ao Estado (Governos Federal e Estadual) a responsabilidade de fiscalizar e exigir que as empresas mineradoras se preparem devidamente para o fechamento de minas e que esse processo seja conduzido em conformidade com a legislação, visando minimizar os impactos socioambientais e atender aos direitos das partes envolvidas. Embora a preocupação com o fechamento de mina seja grande nos países mineradores, ainda há poucos exemplos desse processo que possam fundamentar melhores práticas do ponto de vista de regulamentação, implementação das leis e formas de garantia. Isso se dá, principalmente, porque ainda são raros casos oficiais de fechamento de grandes minas, com o retorno de áreas lavradas totalmente reabilitadas e adequadas para um uso alternativo posterior. No Brasil ainda não há exemplos de uma mina a céu aberto, de grande porte, fechada e com um uso futuro devidamente planejado e implementado.

O Estado de Minas Gerais publicou recentemente o Decreto n.º 48.848, de 25/06/2024, que altera as regras para a caução ambiental no estado. A medida modifica o Decreto n.º 48.747, de 29 de dezembro de 2023, que regulamentou a caução ambiental no estado de Minas Gerais, e visa garantir a descaracterização de barragens e custear ações emergenciais do Estado em caso de sinistro, reiterando a obrigação do empreendedor diante destes eventos. O novo decreto traz alterações que visam adequar as modalidades de fiança bancária e seguro garantia aos padrões de mercado vigente e estabelece uma metodologia de caução (MINAS GERAIS, 2024; GOVERNO..., 2024).

Entretanto, ainda não há exigência de garantia financeira, para fins de fechamento de mina, por parte dos governos federal e estadual. Em nível federal, a ANM foi cobrada pelo Ministério Público Federal, a requerer garantia financeira. Embora seja difícil administrar uma garantia financeira, independentemente do instrumento utilizado, é importante viabilizar a implementação dessa garantia, dado o risco de abandono de minas e/ou não cumprimento do plano de fechamento por parte do empreendedor.

Os dados disponíveis atualmente ainda são insuficientes para proporcionar uma visão completa e precisa da situação. Neste contexto, é essencial abordar não apenas as minas em operação, mas também aquelas paralisadas, abandonadas ou órfãs, por meio de colaboração efetiva entre as autoridades governamentais, as empresas mineradoras e outras partes interessadas.

Um procedimento que poderia mitigar o impacto ambiental no caso de paralisação ou abandono é o Fechamento Progressivo das Estruturas Geotécnicas. Caso o PFM apresentado por ocasião do Plano de Aproveitamento Econômico fosse planejado para ser executado ao longo da vida do empreendimento, um eventual abandono acarretaria um menor impacto ambiental. Ressalta-se que a prática do Plano Progressivo de Fechamento de Mina é adotada em muitos países.

Em 2013 o IBRAM lançou a publicação “Guia Para o Planejamento do Fechamento de Mina” e, em 2024, publicou o “Guia de Critérios de Sustentabilidade para Fechamento de Mina”, auxiliando as empresas de mineração na identificação de critérios de sustentabilidade essenciais para o fechamento da mina e apoiando a implementação de boas práticas que orientem decisões estratégicas nessa fase (IBRAM, 2024b). Exemplos de boas práticas são importantes para a adoção pelas empresas, visando a recuperação das áreas impactadas, tanto pelos estéreis e rejeitos como pelas cavas exauridas.



2.1.5 Principais Impactos Socioambientais e Medidas Mitigadoras Relacionadas ao Setor Mineral

A Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA (Lei Nº 6.938/1981) estabelece os fundamentos para a conceituação dos impactos ambientais, ainda que não os defina especificamente. No âmbito da PNMA, o meio ambiente é entendido como o conjunto dos fatores naturais relativos aos meios físico e biótico, acrescido dos fatores antrópicos, incorporados através do tempo e que caracterizam os meios socioeconômico e cultural²⁴.

Nos anos 90, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), desenvolveu o método Pressão-Estado-Resposta (PER) como sistema de indicadores ambientais, baseados no conceito da causalidade e, na sequência, do desenvolvimento sustentável (OCDE, 2003).

No PER, a componente “Pressão” refere-se às pressões exercidas pelas atividades humanas sobre os recursos ambientais presentes em uma dada região ou localidade; o “Estado” representa as condições ambientais da região, os fatores ambientais naturais e os antrópicos ali presentes, sua evolução através do tempo, suas fortalezas e fragilidades ambientais; e a “Resposta” corresponde às manifestações/respostas da sociedade frente às alterações e preocupações ambientais, e orientam as ações a serem desenvolvidas com vistas a prevenir, reduzir/mitigar, recuperar ou compensar, o meio afetado. Em 2007, o Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente – PNUMA incorporou ao modelo OCDE o componente “Impacto”, definido como a consequência entre as pressões ocasionadas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente. Assim, o novo modelo, passou a ser representado pela sigla PEIR²⁵.

Dessa forma, sendo os impactos ambientais consequências de ações (ou pressões) de natureza humana (suas causas), a relação causa x consequência, no âmbito de um empreendimento específico, fica bem caracterizada, inclusive nos termos da norma ABNT NBR ISO 14001:2015 – Sistemas de gestão ambiental – onde se conceitua:

- **Meio ambiente** – circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.
- **Aspecto Ambiental** – elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode interagir com o meio ambiente.
- **Organização** – pessoa ou grupo de pessoas com suas próprias funções com responsabilidades, autoridades e relações para alcançar seus objetivos.
- **Impacto ambiental** – modificação no meio ambiente, tanto adversa quanto benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização.

Por fim, Sánchez (2020) também postula que o impacto ambiental resulta de uma ação humana caracterizada por pressões de supressão e/ou de inserção de componentes no meio ambiente e/ou de sobrecargas à capacidade de suporte de um determinado território em relação a um determinado fator ambiental ou a vários. Essas consequências podem ser benéficas ou adversas, de maior ou menor magnitude e importância e, inclusive, representar impactos cumulativos – aqueles que se acumulam no tempo ou no espaço, como resultado da adição ou da combinação de impactos decorrentes de uma ou de diversas ações humanas.

²⁴ Entretanto, ao longo do tempo a dimensão ambiental passou a ser referenciada por diferentes autores, instituições e entidades, por exemplo, como dimensão socioambiental, ou ambiental, social e econômica, ou outras variações correlatas, a depender da ênfase específica que se pretenda dar ao tema.

²⁵ Como a palavra pressão contém significado negativo, a força motriz (FM) foi inserida como um quinto indicador a ser considerado neste modelo, visto ser capaz de produzir mudanças tanto negativas quanto positivas. “O modelo FMPEIR procura conectar as forças motrizes às pressões que estão ocorrendo no meio ambiente e que estão alterando o estado. Essas alterações podem, por sua vez, causar impactos que correspondem a uma interferência sobre determinados ambientes, intervenção essa que pode ser positiva ou negativa, ocasionada pela própria dinâmica natural ou pelas atividades socioeconômicas”. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/Geographis/article/view/7794/5826>. Acesso em: ago. 2023.

Há, ainda, a possibilidade de impactos sinérgicos – os que resultam da associação simultânea entre impactos que se combinam de maneira sinérgica resultando em um outro impacto. Daí a importância da abordagem integrada das dimensões ambiental, social e econômica para as diferentes unidades territoriais.

No Quadro 25, estão identificadas as principais características de cada um dos indicadores PEIR – Pressão, Estado, Impacto e Resposta.

Quadro 25 – Característica dos indicadores PEIR

Indicadores	Características
Pressão	Aspectos ambientais potencialmente significativos associados às atividades de mineração , consideradas as diferentes características mineralógicas, os métodos de extração e as etapas de projeto.
Estado	Atributos ambientais significativos associados às Regiões Intermediárias: disponibilidade hídrica, biodiversidade, força cultural, “perfis sociais”, entre outros.
Impacto	Modificação no meio ambiente , tanto adversa quanto benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos ambientais de uma organização/atividade.
Resposta	Extensão e intensidade das reações da sociedade em resposta às mudanças e às preocupações ambientais – com vistas à prevenção, mitigação, recuperação, adaptação, compensação, dos impactos negativos induzidos pela atividade de mineração. Incluem respostas voltadas à conquista continuada da sustentabilidade ambiental - ações regulatórias, políticas, planos, programas.

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

2.1.5.1 Aspectos Ambientais e a Atividade de Mineração

Quanto ao indicador Pressão, as efetivas intervenções no território associadas à atividade de mineração estão relacionadas às etapas de pesquisa, planejamento, implantação e operação do empreendimento, além da etapa de desativação dos processos/fechamento da mina. A cada uma dessas etapas estão associados processos específicos e, portanto, diferentes aspectos e impactos ambientais.

Na etapa de pesquisa mineral, os impactos ficam restritos às alterações localizadas nas áreas pesquisadas, as quais deverão ser recuperadas ao final do processo, caso os resultados da pesquisa não venham a ser positivos.

O planejamento de empreendimentos minerários é detentor de especial atenção, uma vez que nessa etapa é elaborado o plano estratégico do empreendimento, sua pré-viabilidade, estudos de engenharia, e definida a efetiva viabilidade do projeto para posterior implantação. A essa etapa usualmente está associada a geração de expectativas,

principalmente por parte dos municípios e comunidades passíveis de intervenção.

A etapa de implantação de empreendimentos minerários requer o uso contínuo de máquinas, equipamentos e veículos, demanda a contratação de mão de obra e/ou de serviços técnicos especializados, assim como contingente significativo de mão de obra para serviços gerais e por tempo determinado, além da aquisição e utilização de insumos diversos, de combustíveis e de energia. Demanda a movimentação de solo, o uso da água, gera resíduos sólidos diversos, sedimentos, efluentes líquidos sanitários e industriais. Requer o pagamento de impostos e taxas a esferas de governo federal, estadual e municipal.

A etapa de operação da atividade de mineração é significativamente diversificada, dependendo dos usos, dos perfis de consumo, da natureza geológica, geoquímica e mineralógica das reservas minerais. Diferentes rotas de

processo podem ser adotadas para o beneficiamento/tratamento do minério, intensificando ou minimizando aspectos ambientais associados a esses processos. Além disso, o porte do empreendimento, assim como seu nível de eficiência tecnológica, pode responder por diferenças quantitativas e qualitativas significativas em relação a esses aspectos.

O encerramento das atividades minerárias tem início com o Plano de Fechamento de Mina e vai além da simples desativação da mina, envolvendo a desmobilização das estruturas de suporte às operações de lavra e beneficiamento, a estabilização física e química das estruturas permanentes e a recuperação ambiental das áreas degradadas; abrange monitoramentos específicos, e ações voltadas à reabilitação da área minerada, com vistas a um novo aproveitamento mineral ou a outros usos. Auditorias sistemáticas e periódicas compõem as ações de pós-fechamento e devem se estender até a constatação da conformidade entre as ações propostas e as ações implantadas.

2.1.5.2 Os Atributos Ambientais Presentes nas Regiões Mineradoras

Conhecidas as pressões que a atividade de mineração pode exercer numa determinada região, o método PEIR requer a identificação de atributos ambientais significativos presentes nas áreas passíveis de intervenção pela atividade minerária, como condição precedente à identificação dos potenciais impactos ambientais associados. Trata-se de bem caracterizar a componente “estado”.

Em Minas Gerais, a complexa e diversificada estrutura física, biótica, socioeconômica e cultural resulta na ocorrência de atributos ambientais também bastante diferenciados, cuja distribuição geográfica se dá de forma particular e específica no território. Assim, o descritivo apresentado se ateve às Unidades Estratégicas de Gestão dos Recursos Hídricos, correlacionando-as com as RGInts do estado.

Destaque à região do Quadrilátero Ferrífero, abrangendo a porção das cabeceiras do Alto São Francisco e dos Afluentes do Rio Doce (RGInts de Belo Horizonte, Ipatinga e Divinópolis). Trata-se de área que concentra um conjunto de atributos significativos, com ênfase àqueles relacionados aos seus recursos hídricos, à presença de mananciais de abastecimento público de relevância regional (RMBH), à presença de ambientes raros associados aos campos rupestres e a remanescentes de Mata Atlântica de relevância regional. Em sua maior parte, abriga inúmeras operações minerárias que convivem e disputam espaço com áreas densamente ocupadas e urbanizadas e áreas de valor histórico, natural, paisagístico e arqueológico.

Da mesma forma, a Serra do Espinhaço, no trecho que se configura como divisor de águas das bacias do São Francisco, Rio Jequitinhonha e Rio Doce, com atributos que se assemelham à região anterior, é dotada de vulnerabilidade à inserção de novos empreendimentos – ainda que detenha maior grau de conservação em função de um menor índice de ocupação e uso do solo. Abrange parcelas das RGInts de Belo Horizonte, Governador Valadares e Teófilo Otoni.

Particularmente, a UEG do Médio São Francisco (RGInts de Patos de Minas e Montes Claros) e a UGE do Rio Jequitinhonha (RGInt Teófilo Otoni) ganham destaque, em função, sobretudo, da baixa oferta natural dos recursos hídricos, em área de restrições climáticas severas – associada a clima semi-árido, caracterizando potenciais conflitos pelo uso da água com outras atividades. Ambientes de veredas, Florestas Deciduais e Formações Savânicas (cerrado) são atributos relevantes dessas unidades.

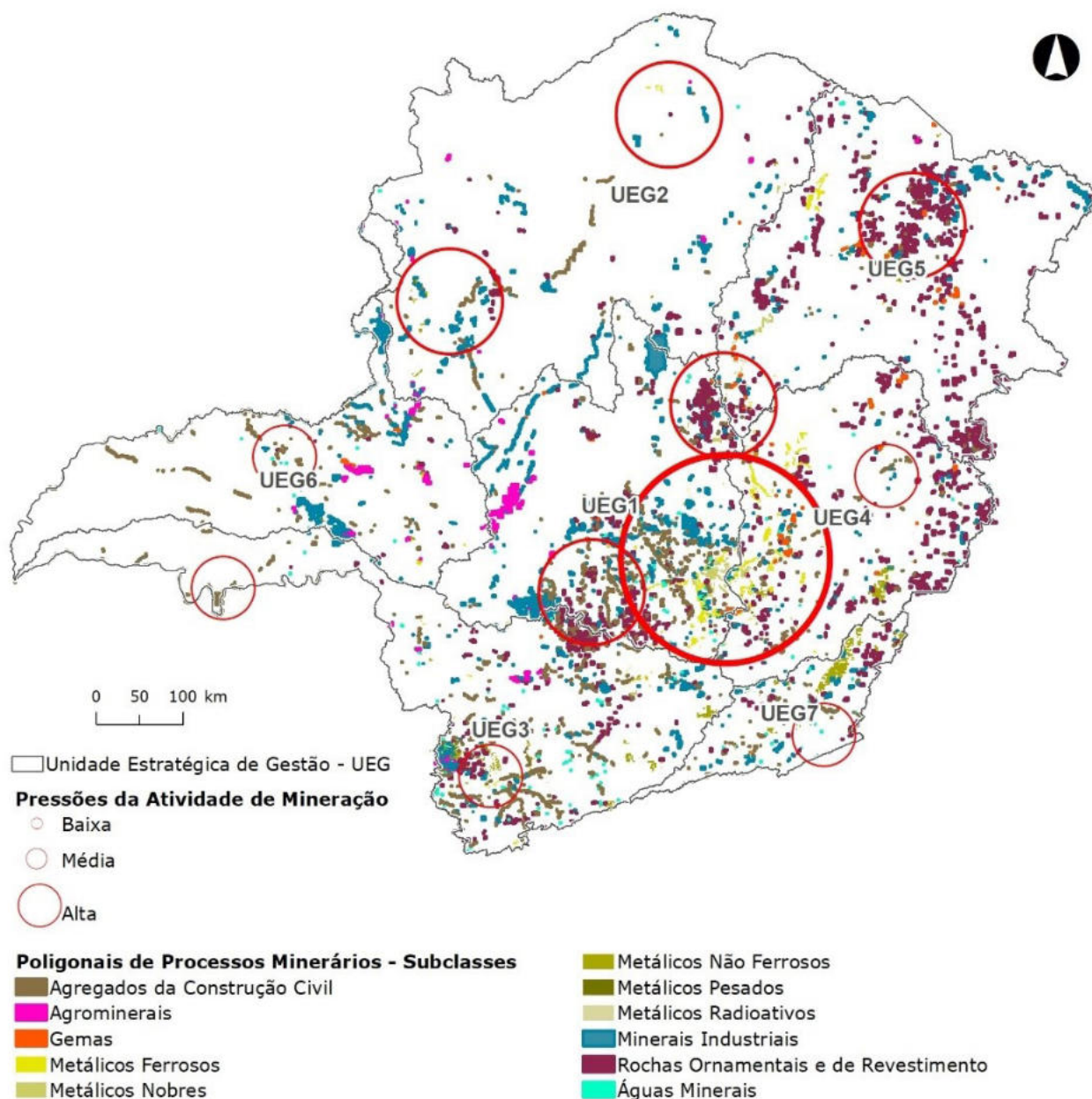
Os municípios dessas duas UEGs apresentam, em sua maioria, condições mais restritas para o desenvolvimento sustentável. Isso se deve à sua capacidade limitada de retorno aos investimentos realizados em áreas estratégicas ou em setores específicos, uma vez que são dependentes de assistência direta e constante do governo federal em áreas muito básicas de desenvolvimento (ZEE MG; 2008).

As bacias do Rio Paraíba do Sul (RGInt de Juiz de Fora), Alto Rio Grande (RGInts de Pouso Alegre, Varginha e Uberaba), Rio Paranaíba (RGInt de Uberlândia) e o restante da bacia do Rio Doce (RGInts Governador

Valadares e Ipatinga), encontram-se numa situação mais confortável, possuindo poucas áreas de mineração, e quase todas localizadas em áreas de baixa vulnerabilidade natural (ZEE MG; 2008).

De forma esquemática e consolidada, buscou-se diferenciar pressões impostas pela atividade de mineração nas diferentes UEGs, considerando a vulnerabilidade dos atributos ambientais significativos identificados (Figura 92).

Figura 92 – Pressões da atividade de mineração nas diferentes UEGs



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com base nos dados do IGAM (2023) e ANM (2023a)

2.1.5.3 Os Impactos Ambientais e a Atividade de Mineração

Os impactos ambientais associados à atividade de mineração são consequência de um conjunto de elementos que, interagindo entre si, podem ocasionar resultados adversos ou benéficos. Esse conjunto abrange (i) as etapas do projeto de mineração, (ii) o método de extração das reservas minerais, (iii) as características mineralógicas do minério, (iv) os atributos ambientais significativos presentes no território em questão.

Cabe mencionar que, conforme Sánchez (2020), os impactos ambientais decorrem: (i) da

supressão de certos componentes do ambiente – relativos aos meios físico, biótico, socioeconômico e cultural, e/ou (ii) da inserção de certos elementos nesse ambiente, e/ou (iii) da introdução de fatores que superem a sua capacidade de suporte do meio – a causação de estresse.

• Impactos Ambientais Associados à Etapa de Planejamento e Implantação

À etapa de implantação de empreendimentos minerários estão associados impactos ambientais qualitativamente similares entre os empreendimentos de mineração. Entretanto, podem ser expressivas as diferenças quanto à magnitude desses impactos – a depender do porte do empreendimento, dos atributos ambientais significativos presentes na região a ser interferida e de características operacionais específicas da própria atividade. No Quadro 26 são identificados exemplos de impactos associados à etapa de implantação de empreendimentos minerários.

Quadro 26 – Impactos associados ao planejamento e à implantação de atividades minerárias

Ação/Causa	Consequências/Potenciais Impactos (exemplos)
Supressão ²⁶	Alteração do relevo – com descaracterização topográfica, da paisagem, de drenagens; alteração de propriedades do solo – de suas camadas, da permeabilidade, de estabilidade, de sua físico-química, redução da cobertura vegetal – intervenção em habitats, redução da oferta de sementes e propágulos, redução da biodiversidade; alteração do uso e ocupação do solo na localidade e no seu entorno; intervenção em componentes significativos do ambiente construído; intervenção em patrimônio arqueológico; intervenção em cavidades subterrâneas; intervenção ou supressão de referências físicas à memória; desmobilização crescente de mão de obra a partir da fase de “pico da obra”.
Inserção	Demanda pelo uso da água – alteração da disponibilidade hídrica; alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; alteração do percurso das águas superficiais; alteração da qualidade do ar; perturbação do conforto sonoro; sobrepressão acústica pelo desmonte de rochas (quando aplicável); introdução de novos ambientes construídos, de áreas impermeabilizadas; introdução de novas vias de acesso – alteração do fluxo viário; intensificação do tráfego de veículos em geral; aumento na arrecadação de taxas e tributos; contratação crescente de mão de obra até a fase de “pico da obra”; injeção de recursos no mercado regional; geração de expectativas na sociedade em geral; intensificação da especulação imobiliária.
Sobrecarga	Aumento da demanda por bens e serviços públicos; alteração da capacidade de suporte dos recursos naturais da região.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com adaptação de Sánchez (2020)

• Impactos Ambientais Associados à Etapa de Operação

As especificidades associadas aos diferentes minerais se manifestam de forma contundente na etapa de operação da atividade de mineração. Os impactos ambientais associados a essa etapa decorrem das pressões exercidas pelos empreendimentos de mineração sobre os atributos ambientais significativos presentes na região específica. Essas pressões, por sua vez, estão correlacionadas à natureza dos processos de lavra e de beneficiamento associados aos diferentes bens minerais.

Nessa etapa, os impactos ambientais também implicam a supressão de elementos componentes do meio ambiente, a inserção de outros e a causação de estresse diante da capacidade de suporte do meio (SÁNCHEZ, 2020). Exemplos dessa avaliação de impactos ambientais, tanto positivos como negativos, no meio físico, biótico e socioeconômico, são apresentados no Quadro 27.

²⁶ Trata-se de um dos postulados de impacto ambiental, por exemplo, onde à Supressão correspondem componentes dos meios físico, biótico, socioeconômico e cultural que são alterados, suprimidos, ou destruídos, no caso, quando da viabilização da atividade mineral.

Quadro 27 – Impactos associados à operação de atividades minerárias

Ação/Causa	Consequências/Potenciais Impactos (exemplos)
Supressão	Alteração de propriedades do solo – de sua permeabilidade, estabilidade, de sua físico-química; redução da biodiversidade; alteração do uso e ocupação do solo na região do entorno ao empreendimento; alteração do uso e ocupação do solo na região do entorno ao empreendimento.
Inserção	Nova paisagem; novos componentes do relevo; resíduos da mineração; conservação da biodiversidade em decorrência de compensações; demanda de energia elétrica para o empreendimento; demanda pelo uso da água para o empreendimento; alteração da qualidade das águas superficiais; alteração do percurso das águas superficiais; regularização de águas superficiais; alteração do nível de água subterrânea; alteração da qualidade do ar; perturbação do conforto sonoro; sobrepressão acústica; danos estruturais em edificações e/ou em cavidades; alteração do conforto humano; ampliação de ambientes construídos, de áreas impermeabilizadas; introdução de novas vias de acesso; intensificação do tráfego local e regional – veículos leves e pesados; arrecadação de taxas e tributos; oportunidades de emprego e renda; arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM; aumento de recursos para a economia da região; aumento do poder aquisitivo da população; intensificação do tráfego local e regional - veículos leves e pesados; intensificação da especulação imobiliária.
Sobrecarga	Demanda por bens e serviços públicos; alteração da capacidade de suporte dos recursos ambientais da região.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ (2023) com adaptação de Sánchez (2020)

• Impactos Ambientais Associados à Etapa de Fechamento de Mina

Reitera-se que o fechamento de mina é processo que deve ser desenvolvido durante toda a vida da atividade de mineração e que, efetivamente, somente é considerado encerrado mediante a desativação dos processos de produção, a desmobilização das estruturas, a desmobilização da mão de obra, a recuperação/reabilitação da área interferida, o monitoramento, e a validação dos resultados auferidos mediante auditorias específicas.

Tanto quanto a fase de abertura, o fechamento de uma mina pode afetar o meio ambiente, a economia local, causar problemas ambientais, afetar o modo e a qualidade de vida das populações no entorno. Além disso, cada mina impõe desafios técnicos e socioeconômicos específicos a serem contemplados nos planos de fechamento.

O fechamento de mina é especialmente sintomático quando a atividade de mineração é desenvolvida em comunidades economicamente dependentes, com poucas possibilidades de diversificação econômica, quando a geração de empregos, renda e a arrecadação local estejam centrados na atividade mineradora (MANCINI; SALA, 2018; GOMIDE, 2018).

2.1.5.4 Respostas Institucionais

As Respostas Institucionais, obtidas pela metodologia PEIR²⁷, objetivam fundamentar o desenvolvimento de projetos de mineração de forma técnica, ambiental e economicamente viáveis, em conformidade com padrões legais e internacionais de sustentabilidade adotados pelo mercado.

É sob esse contexto que são consideradas as “Respostas Institucionais” previstas neste PEM-MG. São “respostas” advindas da Governança Institucional e Regulatória²⁸ do Estado de Minas Gerais, no exercício de sua função direcionadora, com vistas a regulamentar a hierarquia da mitigação como estratégia conceitual a ser adotada nos projetos de mineração, no que tange aos potenciais impactos ambientais adversos (Figura 93).

²⁷ Metodologia PEIR Pressão-Estado-Impacto-Resposta: desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), e adaptada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), é suporte para a compreensão dos impactos associados às atividades em geral e das respectivas respostas institucionais.

²⁸ Nos termos do Decreto no 9.203, de 33 de novembro de 2017, que dispõe ser a governança pública o “conjunto de mecanismos de liderança, estratégia e controle postos em prática para avaliar, direcionar e monitorar a gestão, com vistas à condução de políticas públicas e à prestação de serviços de interesse da sociedade”.

Figura 93 – O método PEIR aplicado à atividade de mineração



Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

A identificação de atributos ambientais significativos nas RGInts, passíveis de impor condições e/ou restrições à viabilidade técnica e econômica de empreendimentos minerários, é resposta institucional efetiva e eficaz. Arranjos operacionais otimizados e o emprego de tecnologias de controle ambiental, inerentes aos processos operacionais, são soluções que permitem evitar ou atenuar potenciais impactos ambientais adversos.

2.1.6 Articulação entre os Órgãos Federais, Estaduais e Municipais que atuam na Regulação Mineral e no Licenciamento Ambiental

O nosso ordenamento jurídico estabeleceu que os minérios são de titularidade da União, a quem cabe estabelecer regras gerais para a sua exploração. Por outro lado, todos os entes federativos têm interesse no desenvolvimento da atividade minerária, por se tratar de um bem cuja exploração enseja arrecadações em todas as esferas, contribuindo para o desenvolvimento econômico local. Por isso, tanto Estados como Municípios têm interesse em regular a atividade minerária.

Além disso, há deveres de todos os entes federativos envolvendo as atividades minerárias, referentes à proteção ambiental e segurança social, que fazem com que Estados e Municípios criem regras próprias para condicionar a atividade minerária, gerando, muitas vezes, uma complexidade de regras e conflitos que precisam ser dirimidos pelo setor mineral.

Diante desse cenário, para melhor instruir as ações governamentais destinadas à mineração faz-se necessário ter uma visão geral dos mecanismos de articulação entre os órgãos federais, estaduais e municipais que atuam na regulação mineral e no licenciamento ambiental, partindo-se do quadro de competências nessas searas e dos instrumentos estatais que possibilitam a interrelação na condução das missões públicas relacionadas às atividades minerárias.

O Quadro 28 apresenta, de forma sistematizada, possíveis mecanismos de articulação entre os diferentes entes federativos à luz dos fundamentos regulatórios das competências públicas de regulação e gerenciamento minerário, bem como do licenciamento ambiental, com base nas atribuições de cada órgão público de relevância para a atividade minerária.



Quadro 28 – Articulação entre os órgãos federais, estaduais e municipais que atuam na regulação mineral e no licenciamento ambiental

Órgãos competentes	Competências	Dispositivos	Entes envolvidos na articulação	Mecanismos de articulação/colaboração na regulação mineral e licenciamento ambiental de interesse do PEM-MG
ANM	Participação na exploração mineral dos recursos minerais de seus territórios.	Art. 20, §1º da CRFB/1988	União, Estados e Municípios	Regulamenta o necessário compartilhamento de informações entre os entes federativos sobre a atividade de mineração (art. 2, inciso XXXIV, da Lei Federal n. 13.575/2017). Competências da ANM podem ser exercidas por meio de convênios a serem celebrados com o Estado e termos de colaboração técnica.
Congresso Nacional	Legislação sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.	Art. 22, XII da CRFB/1988	União, Estados e Municípios	Deliberação e aprovação de projetos minerários em terras indígenas, com a audição das comunidades originárias e previsão de participação destas nos resultados.
Agência Nacional de Mineração (ANM) e Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Registro, acompanhamento e fiscalização das concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.	Art. 23, XI da CRFB/1988	União, Estados e Municípios	Integração de sistemas informatizados de concessão, para captação de informações a respeito de licenciamento ambiental. Estabelecimento de órgãos específicos para exercerem fiscalização e monitoramento das atividades minerárias no Estado.
Agência Nacional de Mineração (ANM)	Autorização ou concessão de pesquisa e lavra de recursos minerais.	Art. 176, §1º da CRFB/1988	União	Competências da ANM podem ser exercidas por meio de convênios a serem celebrados com o Estado e termos de cooperação técnica.
Congresso Nacional	Autorização de pesquisa e lavra de riquezas minerais em terras indígenas.	Art. 231, §3º da CRFB/1988	União	Audiências públicas e consultas à comunidade de interesse em território mineiro para desenvolver empreendimento ou preservar e mitigar danos causados pela atividade mineradora.
Ministério de Minas e Energia e Agência Nacional de Mineração (ANM)	Administração dos recursos minerais, da indústria de produção mineral e da distribuição, comércio e consumo de produtos minerais.	Art. 1º, caput do Decreto-Lei nº 227 (Código de Minas); Art. 4º do Decreto Federal nº 9.406/2018; Art. 2º da Lei nº 13.575/2017	União	Compartilhamento de informação e consultas para modular políticas federais alinhadas com os planos do Estado de Minas Gerais.
Agência Nacional de Mineração (ANM) e Secretarias Estaduais e Municipais competentes	Fiscalização das atividades de mineração e da arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).	Art. 2º, §4º da Lei nº 13.575/2017	União, Estados e Municípios	Convênio com os demais entes que possuam aparelhamento institucional para exercerem as atividades.
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD)	Administração do Cadastro Estadual de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários (CERM).	Art. 17 da Lei Estadual nº 19.976/2011	Estado	Compartilhamento de informações sobre pesquisa mineral, lavra, exploração e aproveitamento de recursos para identificar os padrões de cada empreendimento e guiar políticas.
Ministério de Minas e Energia e Agência Nacional de Mineração (ANM)	Estimular os empreendimentos destinados a aproveitamento de rejeitos, estéril e resíduos da mineração.	Art. 10, §2º do Decreto nº 9.406/2018	União	Aproveitamento de políticas públicas federais implementadas quanto ao aproveitamento de rejeitos, estéril e resíduos da mineração.

Órgãos competentes	Competências	Dispositivos	Entes envolvidos na articulação	Mecanismos de articulação/colaboração na regulação mineral e licenciamento ambiental de interesse do PEM-MG
Agência Nacional de Mineração (ANM)	Disciplina do aproveitamento do rejeito, do estéril e dos resíduos da mineração.	Art. 10, §3º do Decreto nº 9.406/2018	União	Segundo o Decreto Federal nº 9.406/2018, alterado pelo Decreto Federal nº 10.965/2022, em seu Art. 4º ²⁹ , o gerenciamento dos direitos minerários e a execução de políticas serão realizados mediante relação de supervisão entre a Agência Nacional de Mineração e o Ministério de Minas e Energia. Neste caso, a ANM deve observar e implementar as orientações, diretrizes e políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia.
Ministério de Minas e Energia e Agência Nacional de Mineração (ANM)	Outorga do regime de concessão de aproveitamento de recursos minerais.	Art. 13, I do Decreto nº 9.406/2018	União	Competências da ANM podem ser exercidas por meio de convênios a serem celebrados com o Estado e mediante termos de colaboração técnica.
Agência Nacional de Mineração (ANM)	Outorga dos seguintes regimes de aproveitamento de recursos minerais: autorização, licenciamento e permissão de lavra garimpeira.	Art. 13, II, III e IV do Decreto nº 9.406/2018	União	Competências da ANM podem ser exercidas por meio de convênios a serem celebrados com o Estado e mediante termos de colaboração técnicas.
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD)	Recebimento dos relatórios de paralisação temporária ou permanente de atividade minerária.	Deliberação Normativa Copam nº 220/2018	Estados	Avaliação das razões de paralisação temporária ou permanente de minas como parâmetros de futuros licenciamentos ambientais e elaboração de normas regulamentares da atividade minerária.
Conselho Nacional de Política Mineral (CNPM)	Definição do Plano Nacional de Mineração e do Plano de Metas e Ações e articulação entre programas do setor mineral e as políticas públicas setoriais da administração pública federal.	Art. 5º do Decreto Federal nº 11.108/2022	União, Estados e Municípios	Deliberações conjuntas.
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.	Art. 4º da Lei Federal nº 12.305/2010	União, Estados e Municípios	Convênios de cooperação.
Órgãos e entidades do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Agência Nacional de Mineração (ANM)	Licenciamento e fiscalização de barragens de rejeitos de mineração.	Art. 4º da Lei Federal nº 12.305/2010; Art. 5º, III da Lei nº 12.334/2010	União e Estados	Compartilhamento de informações necessárias para manutenção das barragens e orientações de políticas.
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Proteção do meio ambiente, combate à poluição e preservação das florestas, fauna e flora.	Arts. 23, VI e VII; 241 da CRFB/1988;	União, Estados e Municípios	Consórcios públicos, convênios de cooperação, acordos de cooperação técnica, Comissões Tripartite Nacional, Tripartites Estaduais e Bipartite do Distrito Federal e fundos públicos e privados.

²⁹ “Art. 4º Compete à Agência Nacional de Mineração – ANM observar e implementar as orientações, as diretrizes e as políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia e executar o disposto no Decreto-Lei nº 227, de 1967 – Código de Mineração, e nas normas complementares.”

Órgãos competentes	Competências	Dispositivos	Entes envolvidos na articulação	Mecanismos de articulação/colaboração na regulação mineral e licenciamento ambiental de interesse do PEM-MG
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Promoção do processo administrativo de licenciamento ambiental.	Arts. 4º, 7º, 8º, 9º, 10º e 15 da Lei Complementar nº 140/2011; Deliberação Normativa Copam nº 213/2017; Arts. 9º e 17-L da Lei nº 6.938/1981; Lei Estadual nº 21.972/2016; Resolução CONAMA nº 237/1997	União, Estados e Municípios	Consórcios públicos, convênios de cooperação, acordos de cooperação técnica, Comissões Tripartite Nacional, Tripartites Estaduais e Bipartite do Distrito Federal e fundos públicos e privados.
Unidades Regionais de Regularização Ambiental	Gerenciar e executar as atividades de regularização, fiscalização e controle ambiental na sua respectiva área de abrangência territorial, além de controlar as atividades administrativo-financeiras descentralizadas, a partir das diretrizes emanadas das subsecretarias da SEMAD.	Decreto Estadual nº 48.706, de 25/10/2023	Estado	Gerenciamento e execução das atividades de regularização, fiscalização e controle ambiental na sua respectiva área de abrangência territorial.
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Realizar análise dos estudos espeleológicos e avaliar o grau de impacto ao patrimônio espeleológico afetado, assim como classificar o grau de relevância da cavidade natural subterrânea.	Resolução CONAMA nº 347/2004, Instrução Normativa SEMAD nº 8/2017	União, Estados e Municípios	Convênios de cooperação voltados aos estudos desses impactos nas atividades mineradoras do Estado.
Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente	Promover ações de preservação dos recursos naturais, o Saneamento Ambiental e a preservação de Mata Seca, possibilitando a estes o acesso a parcelas maiores dos recursos financeiros arrecadados pelos Estados através do ICMS, em razão do atendimento a determinados critérios ambientais estabelecidos em normas estaduais.	Lei Estadual nº 18.030/2009, Resolução SEMAD nº 1273/2011	Estados e Municípios	A Lei Estadual nº 18.030/2009 dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios de modo a favorecer as municipalidades que atingirem maiores Índice de Meio Ambiente (IMA). O IMA é composto por três subcritérios: o Índice de Conservação, referente às Unidades de Conservação e outras áreas protegidas; o Índice de Saneamento Ambiental, referente aos aterros sanitários, estações de tratamento de esgotos e usinas de compostagem; e o Índice de Mata Seca, referente à presença e proporção em área da fitofisionomia Mata Seca no município. Por esse mecanismo, então, os Municípios são financeiramente estimulados a investir em projetos conservacionistas através desta ação estadual. Realização de deliberações conjuntas, compartilhamento de informações e políticas de incentivo pelas secretarias estaduais perante as municipais, no tocante ao cumprimento de objetivos e metas definidas no ICMS ecológico.

Órgãos competentes	Competências	Dispositivos	Entes envolvidos na articulação	Mecanismos de articulação/colaboração na regulação mineral e licenciamento ambiental de interesse do PEM-MG
Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)	Análise de atividades potencialmente capazes de afetar o patrimônio cultural brasileiro, assim como os procedimentos administrativos que devem ser observados no processo de licenciamento ambiental.	Arts. 3º e 5º da Lei Federal nº 3.924/61; Instrução Normativa IPHAN nº 001 de 2015.2/2002; Portaria Interministerial nº 60/2015; Decreto-lei nº 25 de 1937	União	Participação na forma de consultas, elaboração de pareceres e estudos de impactos sociais, culturais, históricos, artísticos, paisagísticos ou arquitetônicos dos empreendimentos minerários atuais e a serem implementados.
Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA/MG)	Pesquisa, proteção e promoção do patrimônio cultural do Estado de Minas Gerais.	Decreto-lei nº 25/1937 e Lei Estadual nº 5.775/1971; Lei Estadual nº 11.726/1994, Decreto Estadual nº 45.850/2011, Deliberação Normativa CONEP nº 07/2014	Estados	Participação na forma de consultas, elaboração de pareceres e estudos de impactos sociais, culturais, históricos, artísticos, paisagísticos ou arquitetônicos dos empreendimentos minerários atuais e a serem implementados.

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

2.2 Produção Mineral e seus Impactos na Economia

A produção mineral é uma atividade essencial para o desenvolvimento econômico de muitos países ao redor do mundo, desempenhando um papel fundamental em diversas indústrias e setores. A extração e o processamento de minerais são responsáveis por fornecer matérias-primas essenciais para a fabricação de uma ampla gama de produtos, desde materiais de construção até componentes eletrônicos sofisticados.

No contexto da economia, a produção mineral não apenas impulsiona a geração de receita e empregos, mas também desempenha um papel significativo no comércio internacional e na balança comercial de muitas nações. No entanto, embora seja uma fonte importante de riqueza e desenvolvimento, a extração mineral também pode acarretar uma série de impactos ambientais, sociais e econômicos, que precisam ser gerenciados de forma responsável e sustentável.

Recentemente, o debate sobre os impactos da produção mineral ganhou ainda mais destaque, inclusive com a elaboração, no Brasil, de propostas acerca do novo Código de Mineração. Em diversos países, a tendência de novos regulamentos visa modernizar as práticas de mineração, garantir uma distribuição justa dos benefícios econômicos e mitigar os impactos negativos sobre o meio ambiente e as comunidades locais.

A exploração de minerais estratégicos e críticos também se tornaram uma preocupação crescente para muitos países, devido à sua importância para setores-chave, como tecnologia, defesa e energia. A garantia do acesso a esses recursos, muitas vezes escassos, tornou-se uma prioridade estratégica para garantir a segurança econômica das nações.

Outro aspecto a ser considerado são as questões relacionadas à infraestrutura e logística necessárias para viabilizar a produção mineral. A falta de infraestrutura adequada pode limitar a capacidade de extração e exportação de minerais, afetando negativamente a competitividade e o crescimento do setor.

Neste contexto, são explorados os diversos impactos da produção mineral na economia, abordando as implicações do novo Código de Mineração, a importância dos minerais estratégicos e críticos, bem como as questões de infraestrutura e logística que moldam a indústria mineral brasileira.

2.2.1 Análise de Impacto da Proposta de Novo Código de Mineração na Produção Mineral

Em 26 de junho de 2022, foi instituído Grupo de Trabalho (GT) - “REL 2/2022 GTMINE22” - para debater e elaborar alterações ao Decreto-Lei nº 227 de 1967, o Código de Mineração.

O Relatório do GT menciona proposições de lei para alteração do Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227 de 1967) vigente, com destaque para a Medida Provisória nº 790, de 25 de julho de 2017, que capitaneou um debate amplo e abrangente no Congresso Nacional, contando com a participação de representantes do setor mineral, governo e sociedade.

Diante disso, foram analisados os possíveis impactos que as mais recentes proposições de alteração do Código de Mineração possam exercer na produção mineral, no ponto de vista regulatório. No caso, as análises de impacto se referem ao relatório final aprovado em dezembro de 2022, conforme tramitação disponível no site da Câmara dos Deputados.

O Quadro 29 consolida os pontos de vantagem que foram identificados entre as propostas de alteração ao Código de Mineração, de acordo com a posição do relatório final de dezembro de 2022.

Quadro 29 – Pontos de vantagem identificados entre as propostas de alteração do Código de Mineração

Tema	Elemento do Anteprojeto	Síntese da Proposta	Potencial Impacto
Fomento e estímulo à atividade minerária	art. 19	Possibilidade de recurso administrativo em caso de indeferimento de pedido de autorização de pesquisa ou de sua renovação.	Maior segurança jurídica.
	art. 26	Processo de disponibilização de área minerária.	Maior segurança jurídica.
	art. 81-C	Prescrição da pretensão indenizatória em caso de extinção do direito ou surgimento de fato impeditivo que impeça seu exercício.	Maior segurança jurídica.
	art. 30	Ações a serem tomadas em caso de indeferimento do relatório apresentado.	Maior segurança jurídica.
	art. 83-A	Possibilidade do titular de direitos minerários obter a Certificação de Recursos e Reservas Minerais a ser emitida conforme padrões internacionais.	Uniformidade e padronização.
	art. 26-A	Possibilidade de realização periódica de leilões sociais com o intuito de possibilitar o amplo aproveitamento de áreas com potencial de exploração mineral.	Estabelece as condições de prioridade entre garimpeiros e empresas de mineração em leilões sociais.
	§1º, art. 42	Estabelece critérios objetivos para a indenização pelas despesas realizadas com a pesquisa mineral e elaboração do Plano de Aproveitamento Econômico, em caso de recusa da autorização.	Segurança às atividades desempenhadas pelos titulares de autorizações de pesquisa.
	art. 81-B	Estabelece, de forma preliminar, modos de realização da atividade, sanções possíveis e a possibilidade de articulação entre órgãos de diferentes entidades federativas, assim como a contratação de empresas privadas que ofereçam esse tipo de serviço.	Regulamentação do exercício de fiscalização da atividade minerária.
	art. 14	Possibilidade de continuidade dos trabalhos de mineração mesmo quando encerrada a vigência da autorização de pesquisa.	Aumento da produção e vida útil da mina.
	art.47	Possibilidade de extração de substâncias minerais não indicadas na concessão de lavra, desde que possuam relevância econômica.	Diversificação da produção e aumento da vida útil da mina.

Tema	Elemento do Anteprojeto	Síntese da Proposta	Potencial Impacto
Prevenção ou mitigação de danos ambientais	art. 6-A e art. 81-A	Delimita de modo mais incisivo a responsabilidade civil, penal e administrativa dos agentes atuantes na produção mineral.	Diminuição de fraudes e não conformidades nos documentos apresentados à ANM e aos órgãos ambientais.
	art. 7	Atribui o dever, ao Poder Público, de incentivar os empreendimentos que se preocupem com os impactos ambientais da atividade minerária, bem como aqueles que contribuam para a recuperação de áreas com passivos ambientais e aproveitem rejeitos de mineração.	Maior alinhamento com pautas ambientais.
	art. 41-B	O minerador deve apresentar garantia financeira mínima, à ANM, para a execução do Plano de Fechamento de Mina.	Mitigação de irregularidades ou não observância dos procedimentos de fechamento de mina.
Segurança de barragens e mineração	art. 41-B	Possibilita que a ANM exija garantias suplementares para assegurar que o procedimento de fechamento de mina seja devidamente cumprido.	Aumento de segurança das barragens de rejeitos.
Inovação tecnológica	art. 70	Desvincula a atividade garimpeira do uso exclusivo de técnicas rudimentares.	Fomento à eficiência da atividade garimpeira.
Governança institucional	art. 1	Explicita as atividades compreendidas pelo termo “organização”, deixando claro que cabe à União mais do que administrar os recursos minerais, a sua produção, comercialização, distribuição e consumo, colocando também a seu encargo a formulação de políticas públicas, a regulação, a disciplina e a fiscalização.	Evidencia o caráter descentralizado para gestão dos atos de outorga da exploração.
	art. 2	Todos os títulos minerários passam a ser expedidos pela ANM, apenas a autorização para a concessão de lavra de minerais estratégicos estaria sob a autorização do poder executivo.	Maior aceleração dos processos minerários, bem como a autonomia da ANM.
	art. 2	Extingue exigência que prevê que instituições governamentais só poderiam extrair minerais com uso direto na construção civil para a execução exclusiva de obras públicas.	Corrige problemas em relação ao regime de monopólio, referentes (i) à abrangência das esferas federativas às quais se destina o título minerário e (ii) à execução de obras públicas.
	art. 88-A	Possibilidade de condicionantes para obtenção de direito minerário por parte de autoridade administrativa local.	Promove a eficiência administrativa dos órgãos locais.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+

Por sua vez, o Quadro 30 indica os pontos de atenção dentre as alterações propostas ao Código de Mineração.

Quadro 30 – Pontos de atenção identificados entre as propostas de alteração ao Código de Mineração

Tema	Elemento do Anteprojeto	Síntese da Proposta	Potencial Impacto
Fomento e estímulo à atividade minerária	art. 48	Estabelece que a caracterização de lavra ambiciosa deixe de abranger a correspondência ao plano preestabelecido, abrangendo apenas o comprometimento ao uso ulterior dos recursos minerais.	Tem o condão de estimular comportamentos discordantes ao plano de atividades apresentado, o que poderá gerar danos à segurança ambiental e perdas por vezes irreversíveis, de recursos minerais.
	art. 65	Aumenta o prazo para declaração da caducidade de um para dois anos em caso de não atendimento a repetidas notificações da fiscalização.	Permite um período maior para a prática de condutas potencialmente prejudiciais à atividade minerária.
	art. 81	Não estabelece quais documentos deverão ser apresentados ao órgão regulador e fiscalizador, atribuindo a posterior regulamentação a listagem desses documentos.	Substituiria artigo vigente no qual esta questão é melhor detalhada.
	art. 81	Não é mencionada possibilidade de sanção em caso de não cumprimento da exigência.	Substituiria artigo vigente no qual esta questão é melhor detalhada.
	art. 2	Remete o regime de licenciamento à Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978.	Restabelece uma questão passível de questionamento futuro.
	art. 70	Retira do Código atual a definição de que a garimpagem só pode ocorrer em depósitos minerais do tipo aluvião e eluvião, ou seja, em depósitos secundários, deixando claro que a garimpagem pode existir em depósitos primários e em jazidas.	Permitir que a garimpagem se dê em rochas primárias pode comprometer o bom aproveitamento dos recursos minerais, além de levar os garimpos a atingirem condições operacionais, como a profundidade da lavra, incompatíveis com a ausência de conhecimentos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos, podendo causar riscos à segurança dos trabalhadores, bem como ao meio ambiente.
Prevenção e mitigação de danos ambientais	art. 3-A	Permite a excepcionalidade do art. 3º do atual Código de Mineração mesmo em casos de comercialização de terra e de resíduos por parte do titular do terreno, quando se tratar do “estéril, que deverá ter destinação ambientalmente adequada”.	Necessidade de uma presença maior da fiscalização por parte dos órgãos reguladores e ambientais de forma a não se intensificar impactos indesejados ao meio ambiente e em lavra ilegal.
	art. 14	Possibilita a dispensa de licenciamento ambiental para pesquisa mineral, desde que a tecnologia empregada “não provoque impactos ambientais significativos e nos casos previstos na regulação do Poder Executivo”.	Enseja flexibilização que poderá favorecer comportamentos contrários às normas e boas práticas de mineração.
	art. 14	Prevê que a pesquisa mineral para as substâncias minerais de que trata a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, poderá ser dispensada ou ter seus procedimentos simplificados.	Enseja flexibilização que poderá favorecer comportamentos contrários às normas e boas práticas de mineração.
	art. 40	Estabelece a exigência de correspondência prevista no art. 40 do atual Código de Mineração apenas para aqueles planos que contemplem a construção de barragens.	Representa uma desconfiguração da importância, inclusive sob o ponto de vista de impactos ambientais, do “modus operandi” da atividade.

De início, nota-se o alinhamento dos dispositivos do anteprojeto de lei a parâmetros internacionais de boas práticas e de regulamentação da atividade minerária. Nesse sentido, inserem-se, por exemplo, os artigos sobre a Certificação de Recursos e Reservas Minerais e as disposições sobre sustentabilidade e meio ambiente, como os que versam acerca da segurança de barragens, recuperação de áreas degradadas e fechamento de minas. Tais diretrizes potencializam o exercício da atividade minerária brasileira e a tornam mais atraente aos olhos de investidores, visto que demonstram consonância com ações cada vez mais valorizadas pelo mercado.

Além disso, é importante ressaltar a frequente menção a regulamentos que seriam elaborados futuramente. Certas alterações estabelecem a necessidade de regulamentação específica para diversos assuntos, que vão desde a condução de processos administrativos até a relação de documentos a serem apresentados pelo titular do direito minerário para o órgão regulador e fiscalizador competente. Em que pese o fato de a edição de regulamentos específicos possibilitar um nível maior de detalhamento e clareza, a morosidade na elaboração dessas normas pode gerar um longo cenário de omissão legislativa e, conseqüentemente, de insegurança jurídica.

Também enseja atenção o cenário de flexibilização estimulado pelo anteprojeto. Como exemplo, pode-se citar os artigos 14, 47 e 65.

Tais disposições são justificadas pelo argumento de eliminação da burocracia e adoção de maior agilidade ao processo minerário; contudo, é importante resguardar, no aspecto regulador, a fiscalização na boa condução do agente privado diante dessas flexibilizações, de modo a evitar que isso possa acarretar maior risco de práticas nocivas ao meio ambiente e à segurança das áreas próximas ao empreendimento minerário.

Importante mencionar que as alterações também se inserem em um contexto de descentralização administrativa, exemplificado pelos artigos 1º (sobre a competência da União para organizar a administração dos recursos minerais); 6º, II (sobre a utilização do termo “poder concedente” em relação à competência de outorga do direito de lavra) e 7º (sobre a expedição de alvará, pela Agência Nacional de Mineração, para o aproveitamento das jazidas minerais no país). Assim, o texto retira atribuições de órgãos da administração direta, como o Ministério de Estado de Minas e Energia, e as confere a entidades da administração indireta ou autarquias e concessionárias.

2.2.2 Bens Minerais Estratégicos e Críticos

Ao longo do tempo, os conceitos “bens minerais estratégicos” e “bens minerais críticos” têm sido objeto de amplos debates e diferentes definições. No presente, prevalece o entendimento de que os dois conceitos abrigam intrínseca relatividade, associada às condições de suprimento do bem mineral em determinado contexto regional, visto não apenas pelas respectivas estruturas e comportamentos de oferta e demanda, mas também pelos correspondentes condicionamentos geopolíticos (CASTRO; PEITER; GÓES, 2022).

Atualmente o entendimento é que um determinado bem mineral que seja estratégico ou crítico para um determinado bloco econômico ou país pode não ser para outro. Da mesma forma, em um mesmo país, um determinado bem mineral pode ser



classificado como estratégico ou crítico em uma determinada província (ou estado), região ou sub-região e receber diferente classificação em outra (CASTRO; PEITER; GÓES, 2022).

Os bens minerais estratégicos são considerados essenciais para a segurança nacional, apresentando riscos relacionados à escassez, questões geopolíticas e regulamentações comerciais. Esses bens minerais estão associados a setores vitais, como defesa, agropecuária, infraestrutura, medicamentos e transição energética, sendo componentes fundamentais para a fabricação de produtos de alta complexidade tecnológica (CASTRO; PEITER; GÓES, 2022).

Os bens minerais críticos, por sua vez, assumem uma função vital nas cadeias produtivas, exercendo papel significativo no desenvolvimento econômico de um país. Essenciais para diversos setores, apresentam riscos consideráveis associados à interrupção do seu fornecimento, podendo acarretar impactos adversos na economia nacional (CASTRO; PEITER; GÓES, 2022).

O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030) também adota essa distinção, considerando três perspectivas sobre bens minerais estratégicos (Quadro 12). A primeira envolve a dependência do Brasil em importar minerais essenciais, como fosfato e potássio. A segunda destaca bens minerais que ganharão importância nas próximas décadas devido às aplicações em processos relativos à transição energética e em alta tecnologia, como terras raras, lítio, cobalto e tântalo. A terceira perspectiva refere-se aos bens minerais sobre os quais o país possui vantagens comparativas, como ferro e nióbio, contribuindo para a economia e gerando divisas, dependendo da evolução da demanda global e dos preços (BRASIL, 2010).

O Quadro 31 detalha os minerais estratégicos considerados pelo país, conforme definido pelo Ministério de Minas e Energia/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (MME, 2021).

Quadro 31 – Grupos de bens minerais estratégicos

I – Bens minerais dos quais o país depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia (<i>supply risk</i>)	II – Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia	III – Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit da balança comercial do país
1. Enxofre	1. Minério de Cobalto	1. Minério de Alumínio
2. Minério de Fosfato	2. Minério de Cobre	2. Minério de Cobre
3. Minério de Potássio	3. Minério de Estanho	3. Minério de Ferro
4. Minério de Molibdênio	4. Minério de Grafita	4. Minério de Grafita
	5. Minérios do grupo da Platina	5. Minério de Ouro
	6. Minério de Lítio	6. Minério de Manganês
	7. Minério de Nióbio	7. Minério de Nióbio
	8. Minério de Níquel	8. Minério de Urânio
	9. Minério de Silício	
	10. Minério de Tálcio	
	11. Minério de Tântalo	
	12. Minério de Terras Raras	
	13. Minério de Titânio	
	14. Minério de Tungstênio	
	15. Minério de Urânio	
	16. Minério de Vanádio	

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base na Resolução nº 2, de 18/06/2021, do Ministério de Minas e Energia.

2.2.2.1 Mercado Consumidor

O Brasil lidera a produção global de nióbio e é o segundo maior produtor de minério de ferro. A transição para energia renovável impulsiona a demanda por bens minerais estratégicos como lítio, níquel, cobalto, grafita e terras raras. Além disso, enxofre, potássio e fosfato são essenciais para a agricultura, enquanto alumínio, minério de ferro, ouro e nióbio têm relevância internacional.

A análise das cadeias de suprimento desses bens minerais é fundamental, considerando sua importância econômica. Com a aceleração da transição energética, garantir oferta sustentável é fundamental para atender às demandas crescentes das correspondentes cadeias produtivas e impulsionar o desenvolvimento econômico, mediante adensamento de fornecedores, verticalização com agregação de valor e diversificação da produção, seja em nível nacional, regional ou até mesmo local. Para tanto, faz-se necessário compreender a dinâmica da demanda, aproveitando as oportunidades sustentáveis no setor mineral.

Segundo previsões do Banco Mundial, para manter o aumento da temperatura média do planeta abaixo de 2º C, o esforço de expansão da geração de energias não renováveis exigirá expressivo aumento da demanda de bens minerais da transição energética, no período de 2020 a 2050, tais como: Grafita, deverá expandir a demanda em 494%; Lítio: 488%; Cobalto: 460%; Índio: 231%; Vanádio: 189%; Níquel: 99%; Prata: 56%; Neodímio: 37%; Chumbo: 18%; Molibdênio: 11%; Alumínio: 9%; Zinco: 9%; e Cobre: 7%.

De acordo com a IEA (2021), para que as metas estabelecidas no Acordo de Paris sejam alcançadas, será necessário aumentar a produção de cobre e ETRs em até 40%, enquanto para o níquel e o cobalto esse aumento pode chegar a 70% e, para o lítio, até 90%.

É importante ressaltar que a transição de fontes termelétricas para fontes de energia limpa impulsiona a busca por bens minerais estratégicos, fundamentais na fabricação de ímãs permanentes para motores elétricos, painéis solares e linhas de

transmissão. Observa-se que usinas eólicas *offshore* consomem aproximadamente 13 vezes mais minerais críticos por MW instalado em comparação com usinas térmicas a gás natural (IEA, 2021).

Em seguida, apresenta-se em detalhes a produção nacional e os diversos usos dos bens minerais estratégicos no contexto brasileiro.

2.2.2.1.1 Enxofre

O enxofre e seus derivados têm aplicações em diversos setores, como inseticidas, têxteis, pigmentação, celulose, baterias, detergentes, fungicidas, explosivos, tratamento de água, indústria metalúrgica e farmacêutica, com compostos notáveis como ácido sulfúrico (H_2SO_4), dióxido de enxofre (SO_2) e sulfeto de hidrogênio (H_2S) (FONSECA; BACIC, 2009). A produção global de ácido sulfúrico, responsável por mais de 90% do consumo mundial de enxofre, tem como principal aplicação a fabricação de fertilizantes agrícolas fosfatados (PETROBRAS, 2023).

Em 2019, a produção brasileira de ácido sulfúrico para fertilizantes atingiu aproximadamente 3,3 Mt, com Mosaic (47%), Yara (17%), CMOC (14%) e Paranapanema (8%) como principais produtores (PNF 2050, 2021). Em Minas Gerais, a produção de enxofre concentrou-se no município de São Tiago, alcançando aproximadamente 23 kt em 2020 (ANM, 2021). A empresa Nexa Resources, mediante o processamento do minério sulfetado de zinco, produz ácido sulfúrico em seus complexos metalúrgicos instalados em Três Marias e Juiz de Fora. Da mesma forma, a Anglo Gold Ashanti é produtora de ácido sulfúrico em Nova Lima, a partir do processamento do minério sulfetado de ouro, em sua planta metalúrgica do Queiroz (FONSECA; BACIC, 2009).

O mercado global de ácido sulfúrico está projetado para crescer em uma taxa constante de 4% (de taxa de crescimento anual composta, CAGR)³⁰ durante o período de previsão de 2022 a 2030. O crescimento desse mercado é impulsionado por regulamentações ambientais rigorosas que aumentam o uso de processos metalúrgicos que aproveitam o enxofre de minérios sulfetados para produzir o ácido sulfúrico e pela crescente utilização do ácido sulfúrico em várias aplicações, como fertilizantes e produtos químicos. Além disso, a demanda por ácido sulfúrico de alta pureza na indústria eletrônica também contribui para esse crescimento (OUTLOOK..., 2022).

2.2.2.1.2 Fosfato e Potássio

O fosfato desempenha um importante papel na agricultura de alto rendimento e na suplementação animal. Além disso, uma variedade de usos industriais, como a produção de detergentes, aditivos alimentares e de bebidas, tratamento de água e pasta de dentes, também depende do fosfato. Recentemente, as baterias de VE de cátodo com fosfato de ferro e lítio ganharam destaque devido ao ciclo de vida útil mais longo e maior estabilidade térmica (IFA, 2023).

O Brasil enfrenta desafios na agricultura devido à carência de fosfato e potássio nos solos. Com mais de 80% dos fertilizantes utilizados no Brasil sendo importados, a dependência externa é alta, gerando vulnerabilidade às oscilações do mercado global. Isso dificulta o planejamento tanto para os produtores quanto para o país (PNF 2050, 2021).

Nos próximos dez anos, a produção agrícola do Brasil projeta um aumento de 27%, passando de 250,9 Mtpa (2019/2020) para 318,3 Mtpa. Diante desse cenário, é importante expandir as pesquisas sobre insumos agrícolas, incluindo fertilizantes convencionais (como NPK) e alternativos, além de remineralizadores. O Projeto Fosfato Brasil, em sua terceira fase desde 2011, e o Programa Nacional de Fertilizantes (PNF), em 2022, buscam atuar nesse sentido, reduzindo a dependência externa e ampliando o acesso a fertilizantes (ABRAM *et al.*, 2016; MME, 2020).

Segundo o PNF 2050, é essencial otimizar o uso de fertilizantes, desenvolvendo métodos eficientes e descobrindo novos depósitos compatíveis com a produção. Destaca-se a importância de depósitos menores para atender à demanda local, como

fosfatos naturais. A produção de fertilizantes fosfatados deve ser incentivada por novos projetos para aumento da capacidade produtiva, considerando a necessidade de verticalização e o previsível aumento da importação de enxofre, já que possuem o enxofre e a amônia como parte da sua cadeia produtiva (PNF 2050, 2021).

Em 2021, o Brasil foi o segundo maior consumidor mundial de fosfato, atrás apenas da China. Quanto ao potássio, a produção brasileira provém quase exclusivamente de Sergipe, com pequena contribuição de Minas Gerais. Devido ao elevado consumo na agropecuária, o Brasil não é exportador de potássio, dependendo de importações para suprir a demanda interna (ANM, 2021; IFA, 2023).

Em 2020, Patrocínio liderou a produção (4,9 Mt) e reservas (84,0 Mt) de rocha fosfática, enquanto São Gotardo se destacou na produção de potássio em Minas Gerais. As maiores reservas de potássio do estado estão em Serra da Saudade (170,7 Mt).

2.2.2.1.3 Lítio

O lítio, mineral estratégico com potencial de expressivo aumento de demanda, destaca-se por sua essencialidade na fabricação de baterias para VE, equipamentos eletrônicos e acumuladores de energia, além de ser utilizado na produção de vidros e cerâmicas. Em 2022, a produção de baterias para VE demandou 77,0 kt, representando um aumento de 540% em relação aos cinco anos anteriores, resultando em um déficit de oferta de 2,0 kt (IEA, 2023a).

³⁰ $CAGR = \left(\frac{\text{valor final}}{\text{valor inicial}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$

A transição energética impulsiona o crescimento da demanda de lítio. Estima-se que até 2030 as vendas anuais de veículos elétricos alcancem 36,8 milhões de unidades, com a China contribuindo com quase 40% desse total. Esse aumento nas vendas, considerando uma média de 8,9 kg de lítio por veículo, pode resultar em uma demanda significativa de 328,0 kt, apenas para esse segmento, em 2030 (IEA, 2023a).

Apesar do estresse na cadeia produtiva do lítio, que operou em déficit em 2022, espera-se que projetos operacionais, anunciados e em construção, atendam à demanda até 2027, quando o mercado pode voltar a operar em déficit (CANACCORD, 2022).

Diante do potencial aumento do uso do lítio em baterias e acumuladores de energia para VE e do estresse previsto na cadeia de suprimentos global, países com depósitos viáveis, como Canadá, Austrália, Chile, Argentina e Brasil, desempenharão papel essencial no curto e médio prazo. A lavra de lítio de pegmatitos, retomada devido ao aumento dos preços, é promissora para o Brasil, que possui recursos e reservas em Minas Gerais, especialmente nos municípios de Itinga, Nazareno e Araçuaí, com reservas lavráveis de 220,4 kt, 88,2 kt e 20,9 kt, respectivamente. Entre 2016 e 2020, apenas Nazareno e Araçuaí tiveram produção registrada de lítio (ANM, 2021). Em 2022, a produção beneficiada de lítio em Minas Gerais foi de 143,7 kt. Em 2023, mesmo período do início das operações da Sigma em Itinga e Araçuaí, a produção no estado atingiu 263,9 kt (ANM, 2024b).

Nesse contexto, várias empresas estão acelerando suas pesquisas e projetos para investir grandes aportes de capital

na descoberta e quantificação de reservas, bem como no desenvolvimento e expansão da produção e na implantação de novas minas. Por enquanto, apesar de amplos esforços de pesquisa e desenvolvimento de outros padrões de baterias e acumuladores de energia que utilizem materiais substitutos e que atendam à performance requerida, com o mesmo ou menor custo de produção, as baterias de alta performance continuam dependendo do lítio.

O Projeto Lítio foi implementado pela CBL, que atua em Minas Gerais desde a década de 1980, nas reservas de pegmatitos litiníferos no Vale do Jequitinhonha, destacando-se com um potencial econômico significativo (SANTOS *et al.*, 2020; MME, 2022d).

O Projeto Vale do Lítio, do governo estadual, por meio de políticas públicas, visa impulsionar o desenvolvimento econômico sustentável na região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, promovendo a mineração responsável do lítio. Os empreendimentos instalados na região exportam concentrado, rejeito de espodumênio e sais de lítio. Planeja-se expandir significativamente a exportação de concentrado de espodumênio nos próximos anos, com várias empresas investindo consideráveis recursos em pesquisa, desenvolvimento, projetos de engenharia, expansão de produção, implantação de novas minas e incentivo à verticalização da cadeia.

A previsão de produção de lítio em Minas Gerais está representada na Tabela 13. O estado será responsável pela totalidade da produção nacional do mineral.

Tabela 13 – Previsão de produção de lítio em Minas Gerais por empresa

Município	Empresa	Produto	Previsão	Capacidade (kt)
Itinga e Araçuaí	Sigma Mineração	Concentrado de Lítio	A partir de 2025	520
Nazareno	AMG	Concentrado de Lítio	2024	130
Araçuaí (mina)	 CBL	Concentrado de Lítio	2024	45
			ND	90
Divisa Alegre (planta química)		Carbonato de Lítio e Hidróxido de Lítio	2024	1,7

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em MME (2022d); SIGMA (2023); AMG... (2024); BRASIL MINERAL (2024b)

Na mesma região, há três outros projetos: o da Atlas Lithium, em Araçuaí, licenciada recentemente, que pretende iniciar a produção em 2025; o da Latin Resources e o da Lithium Ionic, ambos em Salinas. Os dois últimos ainda estão dedicados à prospecção de reservas em suas áreas de concessão (RIBEIRO, 2024).

O desenvolvimento da cadeia do lítio no Brasil apresenta desafios que podem ser minimizados com políticas públicas em nível estadual e federal, não obstante as questões inerentes ao mercado internacional do lítio e sua cadeia produtiva. Entre os principais pontos estão a verticalização da produção em Minas Gerais, a formação de mão de obra qualificada, a melhoria da infraestrutura para escoamento dos produtos e energia, e a agilidade nos processos de licenciamento ambiental. O incentivo à fabricação de baterias e à transição para veículos elétricos e híbridos também é essencial para o avanço do setor.

2.2.2.1.4 Grafita

O uso versátil e indispensável da grafita, com suas propriedades únicas provenientes da estrutura em camadas e inércia química, abrange diversas indústrias, como a de refratários, baterias, lubrificantes, metalurgia e agricultura. A sua utilização predominante destaca-se na produção de eletrodos para a indústria metalúrgica, representando 32,5% (ou 314 kt) do consumo global (MME, 2022b). Entretanto, sua utilização de maior valor agregado encontra-se associada à sua função de anodo em baterias e acumuladores de energia, assim como de nanomaterial no nascente segmento do grafeno.

Embora o consumo atual de grafita proveniente de fontes sintéticas corresponda a cerca de 60% do consumo global, a aplicação em baterias de lítio, principalmente a partir de fontes naturais, é considerada vital no longo prazo devido à diferença significativa no custo de produção (entre 2 e 10 vezes menor) (OLSON *et al.*, 2016). Com uma média de 66,3 kg de grafita necessários para a produção de um veículo elétrico (VE), a demanda futura da grafita natural é diretamente impactada pela aceleração da produção de VEs, sendo a descarbonização do transporte o principal impulsionador (IEA, 2021).

O uso da grafita brasileira em setores promissores, como transição energética e nanomateriais, destaca sua importância estratégica. O Brasil possui a terceira maior reserva de grafita do mundo (70 Mt ou 21,6%), concentrada principalmente em Minas Gerais, sob titularidade da empresa Nacional de Grafite, principalmente no nordeste

do estado, na RGInt de Teófilo Otoni. Minas Gerais apresenta recursos ainda não aproveitados, como em Almenara e Mateus Leme, indicando claro potencial de expansão (ANM, 2022a).

Além disso, o estado se destaca no desenvolvimento de tecnologias de grafeno, com o MGgrafeno, projeto da Codemge, UFMG e CDTN, indicando perspectivas favoráveis para o desenvolvimento e implementação de uma cadeia de produtos de alto valor agregado e complexidade tecnológica (CODEMGE..., 2023).

2.2.2.1.5 Elementos Terras Raras

Os ETRs compreendem 17 elementos químicos com diversas aplicações, abrangendo setores como energia, iluminação, polimento e medicina (FORMOSO *et al.*, 2016). Embora compartilhem propriedades químicas similares, os ETRs possuem aplicações distintas, com níveis de produção diferenciados.

Uma parcela significativa da produção mundial provém de minas localizadas na China, especialmente na região sul, voltadas principalmente para a fabricação de ímãs. Atualmente, os ímãs constituem o principal consumidor de ETRs, representando 43% da demanda total, com um aumento expressivo ao longo da década de 2010 (CRS, 2013; GARSIDE, 2023).

Esse crescimento é impulsionado pela importância desses elementos na produção de ímãs permanentes, amplamente utilizados em equipamentos como

ressonância magnética, turbinas eólicas, ar-condicionado, motores elétricos e veículos elétricos. Os ímãs de neodímio-ferro-boro (NdFeB), os mais comuns, incluem neodímio, praseodímio, disprosio e térbio em sua composição, conferindo-lhes força magnética e resistência à desmagnetização em altas temperaturas (ALVES DIAS *et al.*, 2020).

Esses elementos tornam-se essenciais para a transição energética, uma vez que substitutos mais caros, como os ímãs de samário-cobalto, são menos viáveis. Diante da expectativa de demanda estável em outras aplicações, a previsão é que o aumento na demanda por ETRs esteja principalmente associado aos quatro elementos mencionados (ALVES DIAS *et al.*, 2020).

O *Joint Research Centre* (JRC) prevê, com base em projetos operacionais ou em fase de pré-operação, que a demanda global por ETRs ultrapasse a oferta, impactando preços e a estrutura do mercado internacional. Países como Mianmar e Austrália, com reservas e produção consolidadas, podem surgir como potenciais fornecedores.

Diante das possíveis pressões sobre a cadeia produtiva e o comércio internacional de ETRs, é necessário avaliar o potencial produtivo brasileiro, considerando

as significativas reservas existentes no país. Apesar da liderança chinesa na produção e na cadeia produtiva de ETRs, em 2021 o Brasil ocupava o terceiro lugar em relação às reservas mundiais (USGS, 2022). Araxá detém a principal reserva de minério lavrável em Minas Gerais, com 10 Mt (98,4%)(ANM, 2021). No entanto, de acordo com os dados divulgados pela ANM, não há produção significativa de ETRs no Brasil, o que reforça a importância de investimentos para transformar essas reservas em um polo produtivo. Embora não exista esse polo minerário industrial consolidado para ETRs em Minas Gerais, projetos em andamento indicam que o Brasil tem potencial para se tornar o terceiro maior produtor global desses elementos, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos (MME, 2022d).

Um protocolo de intenções foi assinado com a empresa Meteoric Resources NL para a extração de terras raras em Poços de Caldas, no sul de Minas Gerais. A empresa planeja investir mais de R\$ 1 bilhão no projeto de extração de argila iônica, com a expectativa de geração de 700 empregos (METEORIC...,2023).

Na Tabela 14 estão indicados os projetos em andamento e planejados no estado.

Tabela 14 – Panorama dos projetos em andamento e/ou planejados para a produção de Terras Raras e produtos de Terras Raras em MG

Empresa	Produção (kta)	Produtos	UF
LAB-FAB ITR	0,01	Ímãs Nd-Fe-B	MG
Meteoric Resources	-	Em pesquisa	MG
Viridis Mining and Metals	-	Em pesquisa	MG
MTR – Mineração Terras Raras	-	Em pesquisa	MG
Resouro Strategic Metals	-	Em pesquisa	MG

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em dados de MME (2022d); METEORIC... (2023); VIRIDIS... (2024); MTR (2024)

A empresa canadense Resouro Strategic Metals, por meio do seu Projeto Tiros, vem trabalhando na identificação, exploração, definição e desenvolvimento mineral com foco em terras raras e titânio no município de Tiros – MG. A empresa pretende apresentar uma estimativa de recursos em Minas Gerais e desde 2023 vem realizando sondagens por meio de perfurações com trado. Os resultados têm sido promissores, com diversos furos apresentando mineralização de alto grau de óxidos totais de terras raras (TREO), acima de 3000ppm, incluindo neodímio e praseodímio (NdPr), bem como de dióxido de titânio (TiO₂). O projeto abrangia em 2023 uma área de 477km² em três blocos de direitos minerais: Tiros, São Gotardo e Campos Altos, com expectativa de expansão (BRASIL MINERAL, 2023b; RESOURO..., 2023; PORTELA, 2024).

2.2.2.1.6 Alumínio

A produção e o consumo global de bauxita estão diretamente ligados à demanda de alumínio. A China é a maior consumidora de alumínio, representando 57% do total mundial em 2021. O uso do alumínio abrange setores de construção civil, transporte e embalagens, com projeções indicando um aumento global para 119,5 Mt em 2030 (CRU, 2022).

O setor de transportes tende a ser o principal impulsionador do aumento do consumo, especialmente devido à descarbonização e à substituição de veículos convencionais por elétricos, que são mais intensivos no uso do alumínio (CRU, 2022; IEA, 2023b). O setor elétrico, em processo de transição energética, também impactará a demanda, principalmente na construção de redes de transmissão, inclusive para usinas eólicas *offshore*, aumentando a demanda anual de alumínio em cerca de 5,2 Mt até 2030 (CRU, 2022; IEA, 2021).

A produção brasileira de bauxita é destinada, principalmente, para o abastecimento de unidades de produção de alumina, que, por sua vez, alimentam as plantas metalúrgicas que produzem o alumínio metálico. No Pará, principal polo brasileiro desse setor, tem-se a Mineração Rio do Norte na produção da bauxita, a Alunorte na alumina e a Albrás no metal alumínio (MME, 2022d).

Em Minas Gerais, onde parte da produção de bauxita atende à demanda por aplicações não metalúrgicas – como refratários, materiais cerâmicos e compostos químicos – destaca-se a produção de bauxita do Grupo Votorantim (CBA), que destina o minério de alumínio para processamento nas suas instalações no interior do estado de São Paulo, onde são produzidos produtos primários – como lingotes, placas, tarugos e vergalhões –, e produtos transformados, como rolos caster, chapas, folhas, perfis extrudados, peças e componentes (CBA, 2023).

É importante assinalar que Minas Gerais foi o estado precursor da indústria de alumínio no Brasil, com dois complexos integrados – o da AcTech em Ouro Preto (antigas ALCAN/Novelis/Hindalco) e o da ALCOA em Poços de Caldas. Em 2021, a produção de cada empresa foi de 101,4 kt e de 112,4 kt de alumina, respectivamente (MME, 2022d).

Cabe destacar as limitações nos processos a jusante, incluindo a produção do metal, especialmente em relação à acumulação de rejeitos nas refinarias e a elevada demanda de energia elétrica necessária para a obtenção do alumínio (MME, 2022d).

2.2.2.1.7 Minério de Ferro

A indústria siderúrgica é a principal consumidora do minério de ferro, absorvendo aproximadamente 98% da produção mundial. Portanto, a demanda de minério de ferro está intimamente ligada à produção global de aço, especialmente na China, que responde por cerca de 53% do total demandado em 2022 (WSA, 2022). No entanto, os esforços globais para reduzir emissões de CO₂ podem impactar a demanda por minério de ferro, em consequência da possível desaceleração do consumo *per capita* global de aço (JRC, 2022; MINING, 2023).

A implementação de diretrizes e práticas da denominada Economia Circular, principalmente na Europa, China e Estados Unidos – incentivando o reprocessamento de resíduos, a reciclagem e o reuso –, também pode desacelerar o consumo do minério de ferro. Por outro lado, há perspectiva de intensificação do consumo de aço em determinados países desenvolvidos devido à necessidade de reposição de suas infraestruturas anciãs, assim como a tendência de intensificação do consumo *per capita* em determinados países em desenvolvimento. Sob influência de tendências opostas, a



demanda global pelo minério de ferro deve ter um aumento modesto, com crescimento médio à taxa de 0,8% ao ano, prevendo-se atingir 2,75 Bt em 2030 (MCA, 2022).

O minério de ferro é a principal *commodity* mineral do Brasil, representando 59,6% do valor total da produção mineral e 75,2% das exportações minerais metálicas (ANM, 2023a; ANM, 2022a). Apesar da China liderar a produção mundial de minério de ferro, o destaque do Brasil reside no minério de alto teor, com mais de 66% de ferro e baixo teor de elementos deletérios aos processos siderúrgicos. Minas Gerais se destaca como um polo essencial na indústria estadual, contribuindo significativamente para a balança comercial, com aproximadamente 43,9% das exportações totais.

Na realização de estudos e projetos relativos a novos empreendimentos de minério de ferro, a avaliação de recursos e reservas deve considerar os seguintes critérios para seleção e decisão de investimentos: i) características do minério e concentrados compatíveis com as especificações de mercado; ii) depósitos de porte adequado; iii) reduzidos custos unitários relativos a CAPEX (*Capital Expenditure*) e OPEX (*Operational Expenditure*); e iv) localização com distância limitada a 700 km de um porto marítimo. A logística é indispensável para a mineração de ferro no Brasil, especialmente em Minas Gerais, onde corresponde a 2/3 do custo total de produção e venda por tonelada do minério (ROSIÈRE; ROLIM, 2016).

2.2.2.1.8 Ouro

Ao contrário de outros metais analisados, o ouro não é amplamente utilizado em vários setores da indústria, sendo predominantemente destinado à produção de joias ou como reserva de valor. O comportamento da demanda e dos preços evidencia uma volatilidade marcante, com a demanda para investimento sendo contracíclico e a demanda para produção de joias sendo pró-cíclico. Em períodos de crise global, como em 2020, a participação do ouro como investimento aumenta, enquanto a demanda por joias diminui. No que se refere à distribuição regional da demanda global do ouro, cabe destacar a Índia e a China com 29% e 27% do total mundial em 2022, respectivamente (WGC, 2023a; WGC, 2023b).



Classificado como o 14º maior produtor mundial de ouro em 2021, com aproximadamente 80t, o Brasil caracteriza-se como um mercado altamente fragmentado (USGS, 2021). Além da produção em unidades mineradoras, bem como em garimpos (formais e informais), uma parcela significativa da demanda é atendida pelo ouro reciclado, cuja viabilidade está intrinsecamente ligada ao preço internacional do metal e à disponibilidade de ouro recolhido, fatores correlacionados com períodos de instabilidade econômica, como evidenciado entre 2009 e 2011, no que diz respeito à participação relativa do ouro reciclado (WGC, 2023a; HEWITT *et al.*, 2015).

Assim, apesar da complexidade na estimativa da demanda do ouro a longo prazo, destaca-se a produção como vantajosa em momentos contracíclicos, especialmente devido ao aumento dos preços durante crises. Minas Gerais, detentora de 58,4% das reservas nacionais de ouro (ANM, 2021), emerge como um polo relevante. A base de dados SIGMINE/ANM (2022) revela 38 processos de requerimento de lavra para ouro no estado desde 2010, indicando um significativo potencial para novas fontes de produção desse metal.

2.2.2.1.9 Manganês

O manganês desempenha um papel essencial na indústria siderúrgica, na qual é utilizado em várias aplicações, como dessulfurante, desoxidante e como parte de ligas de aço e ferros-fundidos. O manganês é também utilizado na produção de pilhas e de baterias para veículos, convencionais ou elétricos. Cerca de 90% da demanda total por manganês está relacionada às aplicações siderúrgicas (MME, 2022d; BGS, 2022; WSA, 2022; IBM, 2023).

Minas Gerais, na região de Conselheiro Lafaiete, concentra a maior reserva de manganês do Brasil, embora seu teor seja relativamente baixo (22% a 24%). A produção estadual é caracterizada por operações de pequena escala, mas mesmo assim o país apresenta excedentes direcionados à exportação, uma vez que a demanda interna é inferior à produção (MME, 2022a).

A perspectiva inclui a possibilidade de reativação de operações antigas e a implementação de novos projetos, tanto em Minas Gerais quanto no Pará, conforme indicado no Plano Nacional de Mineração 2050 (MME, 2022a).

2.2.2.1.10 Nióbio

O Brasil se destaca como líder global na produção de nióbio, sendo este fundamental na fabricação de ligas metálicas, especialmente o ferronióbio (FeNb). A indústria siderúrgica representa 90% da demanda, apesar das possíveis aplicações em outros setores. O nióbio também é utilizado para melhorar a resistência térmica e a conformação mecânica do aço (CARNEIRO, 2016).

O consumo global de nióbio permaneceu estável até 2018, quando mudanças na regulamentação chinesa impulsionaram a demanda, substituindo o ferro-vanádio. A China foi responsável por 46% da demanda em 2020, destacando seu papel significativo no mercado (CBMM, 2021; MME, 2022a; BAKRY; LI; ZENG, 2022).

Além disso, o desenvolvimento da tecnologia de baterias veiculares de Li-Nb pode impulsionar o consumo de peróxido de nióbio. Apesar do aumento no consumo, espera-se estabilidade nos preços do nióbio, em torno de US\$ 45/kg, devido à capacidade produtiva e à presença de substitutos viáveis, como o ferro-vanádio (MME, 2022a; GMM, 2023).

As fontes de nióbio no Brasil variam conforme a região. Nas reservas de Minas Gerais e Goiás, o pirocloro é a principal fonte mineral, enquanto no Amazonas e Roraima predomina-se a columbita-tantalita. O pirocloro, originário de carbonatitos, possui teor máximo de 71% de óxido de nióbio (Nb_2O_5) (BRUZIQUESI *et al.*, 2020). Em Araxá (MG), estima-se um teor médio de 1,5% no minério

que compõe a reserva mineral (CARNEIRO, 2016). Em Minas Gerais, segundo a ANM (2021), os municípios de Araxá (7.774,4 Mt, 98,2%), Tapira (131,8 Mt) e Patrocínio (11,5 Mt) possuem reservas lavráveis de nióbio, com produção registrada apenas em Araxá, detentora da maior reserva mundial de pirocloro em carbonatitos.

Embora existam depósitos de nióbio em outras partes do mundo, a CBMM se destaca em Minas Gerais devido aos seus estudos e investimentos na região, desempenhando papel fundamental na produção global de nióbio, sendo líder no setor. Possui uma estrutura de produção verticalizada, pois, além de extrair e beneficiar o minério, produz e comercializa a liga ferronióbio, o óxido de nióbio, outras ligas de nióbio e o nióbio metálico (BRUZIQUESI *et al.*, 2020). A CBMM, junto à Codemig, detém os direitos minerários em Araxá, arrendados à COMIPA, sendo que a Codemig recebe 25% do resultado da operação da CBMM.

Mais de 90% da comercialização do nióbio é feita na forma de liga ferronióbio, utilizada na siderurgia, principalmente em aços microligados. O restante inclui o uso do óxido em cerâmicas funcionais e catalisadores e do metal em metais supercondutores (CBMM, 2021).

Na região da Amazônia, restrições legais, como áreas em terras indígenas ou em unidades de conservação, impedem a realização de lavra, como em São Gabriel da Cachoeira (AM), onde há uma reserva de nióbio associada a terras raras (TAKEHARA, 2019).

O mercado chinês, responsável por metade da produção de aço global, é fundamental para o futuro do nióbio, embora o consumo por tonelada de aço ainda seja relativamente baixo na China.

2.2.2.2 Sustentabilidade e Economia Circular

A economia circular tem ganhado destaque no setor mineral como um modelo de produção sustentável, que visa redesenhar a cadeia produtiva e evitar o padrão linear de "lavra-consumo-descarte". Esse modelo busca reduzir o consumo de matéria-prima, água, energia e emissões de poluentes, além de evitar a perda de valor material. Estudos apontam que a adoção da economia circular até 2030 pode diminuir significativamente a necessidade de extração de minerais, tanto metálicos quanto não metálicos, o que é especialmente importante para países exportadores, onde os impactos ambientais permanecem, enquanto os processos de reciclagem ocorrem nos países importadores (WIEBE *et al.*, 2019).

No setor mineral, a economia circular se baseia em pilares como eficiência produtiva, redução do uso de materiais e reaproveitamento de resíduos, que se manifestam mediante os "9 Rs": reduzir, reutilizar, reparar, reformar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar energia, além de "reminerar" (SCHÖGGL; STUMPF; BAUMGARTNER, 2020). Esses princípios podem ser aplicados em quatro áreas principais ao longo das etapas do processo produtivo: consumo de energia, uso da água, geração de resíduos e emissão de gases de efeito estufa, cada uma com suas próprias soluções, vantagens e desvantagens.

2.2.2.2.1 Energia

A sustentabilidade energética na mineração baseia-se no gerenciamento eficiente dos recursos e na ampliação do uso de fontes limpas e renováveis (MCLELLAN *et al.*, 2012). A energia elétrica desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade no setor mineral, especialmente quando proveniente de fontes renováveis. No entanto, a dependência excessiva de fontes hídricas, que estão sujeitas a riscos, destaca a necessidade de diversificação das fontes de geração (GLOBO, 2022).

A incorporação de fontes solares e eólicas é essencial para a sustentabilidade, embora enfrentem desafios devido à incerteza e intermitência da geração em alguns períodos. Assim, sistemas híbridos que combinam geração eólica e solar com fontes hídricas ou biomassa, ou o armazenamento de energia excedente, surgem como alternativas viáveis (VOTTELER; BRENT, 2016), atuando na redução da pegada de carbono. Iniciativas que incorporam biodiesel em combustíveis usados no transporte, exemplificam medidas neste sentido. A eficiência energética nos processos minerários também pode ser aprimorada pelo aproveitamento da energia utilizada nos rejeitos (MAYER; BHANDARI; GATH, 2019) e pela recuperação de energia térmica em processos industriais para uso em outras etapas (GAO *et al.*, 2018; SUN *et al.*, 2020).

Dentre as empresas mineradoras de Minas Gerais, há exemplos de avanços em direção ao aumento da eficiência energética. A Anglo American, tendo uma melhor gestão financeira dos seus gastos com energia, pretende melhorar sua eficiência energética em até 30% até 2030 (ANGLO AMERICAN, 2019). A Vale, por sua vez, visa um consumo de energia 100% renovável no Brasil até 2025, além de melhorar em 5% seu indicador de eficiência energética global (VALE, 2023a).

2.2.2.2.2 Água

A mineração depende fortemente dos recursos hídricos, utilizando grandes quantidades de água em diversas etapas do processo produtivo, como moagem, concentração, flotação, espessamento e filtragem, sendo essencial para a viabilidade e qualidade das operações de extração e beneficiamento mineral (IBRAM, 2017; OSSA-MORENO *et al.*, 2018). No entanto, o uso inadequado dos recursos pode causar o esgotamento de águas subterrâneas, desviar fluxos hídricos e comprometer a qualidade da água, tornando a gestão hídrica eficiente cada vez mais relevante, especialmente em um contexto de regulamentações mais rigorosas. Tecnologias e estratégias que promovem o reaproveitamento da água ou a redução do seu uso no processo produtivo são fundamentais para mitigar esses impactos.

O reaproveitamento da água na mineração não só reduz custos operacionais e de captação, como também facilita a recuperação de reagentes e diminui o volume de resíduos gerados. Métodos como espessamento e filtragem têm papel importante nesse contexto. O espessamento, que adensa a lama do beneficiamento por meio da sedimentação, permite recuperar até 75% da água utilizada nos processos anteriores (COSTA *et al.*, 2015), enquanto a filtragem, especialmente com o uso de filtro prensa, pode recuperar até 95% da água (CDE, 2023). Além disso, a substituição da água em algumas tecnologias de beneficiamento a seco, como a separação magnética, aumenta a sustentabilidade, sendo aplicável a minérios especiais.

Essas práticas evidenciam a tendência do setor mineral em adotar uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos. Em Minas Gerais, são observados avanços no cuidado dos recursos hídricos. No setor de extração do lítio, por exemplo, as operações da Sigma Lithium e da CBL possuem recirculação total da água utilizada (CBL, 2022; SIGMA LITHIUM, 2023).

2.2.2.2.3 Resíduos (Estéreis e Rejeitos)

A gestão de rejeitos na mineração, intensamente discutida após os rompimentos das barragens do Fundão e B1 na Mina Córrego do Feijão, é um desafio para a sustentabilidade e o gerenciamento de riscos ambientais. Contudo, também apresenta oportunidades significativas para o reaproveitamento de materiais descartados, podendo prolongar a vida útil dos empreendimentos e fornecer minerais críticos como cobalto, vanádio e ETRs. Essa estratégia de mineração sustentável possui um alto potencial econômico, contribuindo para a redução do impacto ambiental e promovendo a sustentabilidade do setor (KINNUNEN *et al.*, 2022).

Os rejeitos de mineração podem ser utilizados em diversas aplicações, como pavimentação de rodovias, produção de areia, fabricação de concreto, tratamento de águas residuais, produção de tijolos ecológicos e como pigmento para tintas. Essas práticas não apenas permitem o uso econômico dos rejeitos, mas também reduzem a extração de novas matérias-primas, diminuindo o impacto ambiental em setores como a indústria cimenteira (BASTOS *et al.*, 2016; ANDREW, 2018; FREITAS *et al.*, 2019; WEISHI, 2018; GALVÃO *et al.*, 2018). A CBA, por exemplo, desenvolveu o Tecnossolo, um processo que transforma rejeitos em substrato fértil para a agricultura. Além disso, a remineração, que



recupera matérias-primas como ferro, lítio, cobalto e outros minerais dos resíduos, é uma possibilidade promissora, embora ainda incipiente. A viabilidade econômica dessas tecnologias depende dos preços dos minerais recuperados e das regulações ambientais, especialmente em relação à gestão de barragens (KINNUNEN *et al.*, 2022).

No setor privado atuante no estado, observam-se boas práticas, como a da AngloGold Ashanti, que atingiu 100% de disposição de rejeitos a seco em 2022 (ANGLOGOLD ASHANTI, 2022). No ano de 2021, a Mineração Usiminas inaugurou o Sistema de Disposição de Rejeitos Filtrados (*Dry Stacking*) em Itatiaiuçu (MG). A nova planta permitirá encerrar o ciclo de uso das barragens para a disposição dos rejeitos gerados no processo de beneficiamento de minério de ferro (BRASIL MINERAL, 2021).

Embora grande parte das mineradoras estejam focadas em desenvolver métodos de beneficiamento a seco e empilhamento de material filtrado, há necessidade de contínuo desenvolvimento de estudos, regulamentação e adequação dos métodos em função da variabilidade dos rejeitos (granulometria e composição química/mineralógica), no sentido de maximizar a segurança no processo de disposição em pilhas.

2.2.3 Infraestrutura e Logística

Como um dos principais produtores de bens minerais do Brasil, sem acesso direto do seu território ao mar, Minas Gerais enfrenta o desafio de construir e manter uma infraestrutura produtiva e logística capaz de atender às demandas por deslocamento de grandes volumes de produtos de origem mineral. Assim, são discutidas as principais necessidades de infraestrutura para a produção e escoamento de tais produtos no estado.

2.2.3.1 Aspectos Gerais da Matriz de Transporte

A matriz de transporte de cargas nacional e do estado pode ser observada na Figura 94. Minas Gerais apresenta todos os cinco modais de transporte: ferroviário, rodoviário, hidroviário, dutoviário e aeroviário. Entretanto, para o transporte de produtos de origem mineral, apenas são usados os modais ferroviário, dutoviário e rodoviário.

Figura 94 – Matriz de transportes de Minas Gerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em SEINFRA/MG (2023) e IBGE (2014)

O minério de ferro se destaca pelo maior volume de produção beneficiada em Minas Gerais, sendo responsável por 75,8% dessa produção (Tabela 15). Portanto, a análise da logística do minério de ferro torna-se foco de análise deste capítulo.

Tabela 15 – Produção mineral beneficiada de Minas Gerais (2021)

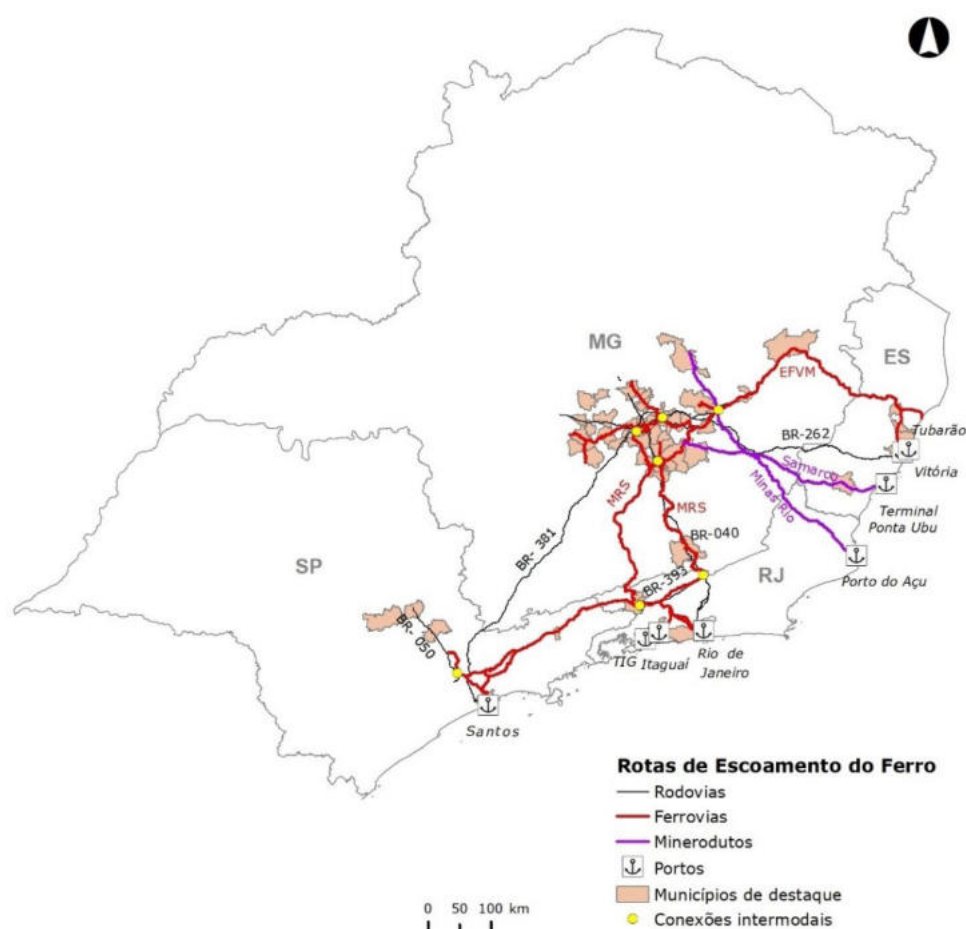
Mineral	Produção Beneficiada 2021 (Mt)	Participação (%)
Minério de Ferro	225,2	75,8
Calcário e Dolomito	42,5	14,3
Rochas (Britadas) e Cascalho	23,4	7,9
Argila	1,8	0,6
Areia	1,3	0,4
Bauxita	1,0	0,3
Outras Substâncias ³¹	1,9	0,7
Total	297	100

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2022a)

2.2.3.2 Rotas de Escoamento do Minério de Ferro

O minério de ferro possui grande destaque na logística mineral do estado, sendo transportado principalmente por ferrovias e minerodutos até os locais de transformação, ou diretamente para os portos de escoamento, situados na região Sudeste (Figura 95).

Figura 95 – Rotas de escoamento do minério de ferro



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+

³¹ As outras substâncias consideradas foram: areias industriais, zinco, manganês, feldspato, lítio, grafita, rochas ornamentais, ouro, gemas e diamantes.

Em seguida, são detalhadas as principais rotas, características e quantidades transportadas de minério de ferro e derivados em cada modal.

2.2.3.2.1 Rodovias

O modal rodoviário não é amplamente utilizado devido aos grandes volumes, distâncias e valores envolvidos na operação de transporte do minério de ferro. No entanto, ainda desempenha um papel importante no escoamento da produção de algumas minas sem acesso a outros modais, além de proporcionar conexões entre terminais ferroviários ou empresas de transformação de ferro. Os municípios que mais utilizam as conexões rodoviárias para escoar sua produção são Sete Lagoas, Nova Lima, Nova Serrana, Divinópolis e Pará de Minas que dependem de rodovias para se conectarem aos principais portos como Santos, Rio de Janeiro, Itaguaí e Vitória. Entre os trechos mais utilizados, vale destacar a BR-040, entre Nova Lima e Conselheiro Lafaiete. Neste último, o grande fluxo de veículos tem causado danos ao percurso, sendo proposto pelo Ministério Público, em conjunto com órgãos do executivo e mineradoras, a criação de uma nova rodovia exclusiva para o escoamento do minério de ferro (SOUZA, 2024).

2.2.3.2.2 Ferrovias

Em 2021, as únicas ferrovias que realizaram o transporte de produtos de origem mineral no estado de Minas Gerais foram a Malha Regional Sul (MRS), a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) e a Ferrovia Centro Atlântica (FCA). A FCA interliga municípios da região metropolitana de Belo Horizonte com a MRS, para o escoamento aos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, e se conecta com a EFVM para o transporte destinado ao Espírito Santo. Essas conexões facilitam o escoamento também de outras cargas. O minério de ferro correspondeu a 76,7% de toda a quantidade transportada. Quando considerado o transporte da produção da indústria siderúrgica, esse percentual atinge 83,2% (Tabela 16).

Tabela 16 – Distribuição percentual da produção transportada por ferrovias em Minas Gerais, pelo subgrupo mercadoria, em 2021

Subgrupo Mercadoria	MRS		EFVM		FCA	
	(TKU*)	(%)	(TKU)	(%)	(TKU)	(%)
Minério de Ferro	104.486,1	83,3	71.724,2	86,2	7.045,3	23,4
Ind. Siderúrgica	8.953,2	7,1	3.999,4	4,8	2.499,8	8,3
Cimento	1.375,8	1,1	0,0	0,0	56,2	0,2
Granéis Minerais	838,6	0,7	215,4	0,3	3.329,7	11,1
Ind. Cimenteira e Const. Civil	607,7	0,5	77,0	0,1	606,5	2,0
Carvão/Coque	3.371,0	2,7	4.217,8	5,1	4,2	0,0
Açúcar	2.175,5	1,7	0,0	0,0	4.804,3	15,9
Extração Vegetal e Celulose	1.316,0	1,0	1.910,9	2,3	200,1	0,7
Contêiner	1.247,7	1,0	72,0	0,1	624,5	2,1
Soja e Farelo de Soja	899,1	0,7	0,0	0,0	7.989,2	26,5
Produção Agrícola	133,3	0,1	0,0	0,0	1.145,5	3,8
Combustível, Derivado do Petróleo e Álcool	42,0	0,0	0,0	0,0	566,7	1,9
Carga Geral - Não Containerizada	10,8	0,0	0,0	0,0	23,3	0,1
Adubos e Fertilizantes	0,0	0,0	989,7	1,2	1.177,7	3,9
Demais Produtos	9,6	0,0	0,0	0,0	59,8	0,2
Total	125.466,4	100,0	83.206,3	100,0	30.132,5	100,0

*TKU: tonelada quilômetro útil

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANTT (2023)

2.2.3.2.3 Minerodutos

O mineroduto que transporta a maior quantidade de minério de ferro (68%) é o do Sistema Minas-Rio, da Anglo American, que liga as unidades de Conceição do Mato Dentro ao Porto do Açu, no estado do Rio de Janeiro. O mineroduto da Samarco, o segundo maior do estado, corresponde a 30% do volume transportado. Esse mineroduto foi o primeiro construído para transportar minério de ferro no mundo, escoando a produção das minas dos municípios de Ouro Preto e Mariana para o Terminal Marítimo Ponta Ubu, no estado do Espírito Santo (Tabela 17). O terceiro mineroduto, responsável por 2% da quantidade total transportada no estado, conecta o Complexo de Mineração de Tapira ao Complexo Industrial de Uberaba.

Tabela 17 – Quantidades transportadas de minério de ferro via mineroduto em 2022

Mineroduto	Mil TKU	%
Mineroduto Anglo American	6.706.037	68
Mineroduto Samarco	2.976.960	30
Mineroduto Complexo de Mineração de Tapira	160.642	2
Total Geral	9.843.640	100

*TKU: tonelada quilômetro útil

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2023c)

2.2.3.2.4 Portos

Os principais portos para a exportação da produção estadual de minério de ferro, ferro-gusa ou aço estão localizados no Rio de Janeiro e no Espírito Santo, em especial o Terminal de Tubarão, no Espírito Santo. Os outros portos são o de Itaguaí, o Terminal da Ilha Guaíba (TIG) e o Porto do Açu (Tabela 18). As interligações estão apresentadas na Figura 95.

Tabela 18 – Portos do Corredor Sudeste de escoamento do minério de ferro

Porto/TUP*	UF	Peso Carga Bruta Total (Mt)	Peso Carga de Minério de Ferro, Ferro e Aço (Mt)	% de Minério de Ferro, Ferro e Aço em Relação ao Peso Total
Terminal de Tubarão	ES	68,0	61,5	90,4
Itaguaí	RJ	50,6	44,9	88,6
Terminal da Ilha Guaíba – TIG	RJ	27,7	27,7	100,0
Porto do Açu	RJ	23,0	21,4	93,2
Terminal Marítimo Ponta Ubu	ES	8,3	8,2	98,7
Rio de Janeiro	RJ	11,3	1,5	13,3
Vitória	ES	7,2	1,1	15,0
Santos	SP	139,6	0,0	0,0
Total – Sudeste		335,7	166,2	49,5

* Terminal de Uso Privado

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANTAQ (2022)

2.2.3.3 Outras Rotas de Escoamento

Apesar de serem menos relevantes, o estado também possui rotas de escoamento de outros bens minerais, com a prevalência pelo modal rodoviário. Os principais destinos dos minerais metálicos são as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, com destaque para a bauxita, o manganês e o nióbio em 2021. No caso da bauxita, aproximadamente 87% da exportação do metal produzido em Minas Gerais

foi realizada pelo Porto de Santos. Quanto ao manganês, 51% do volume exportado foi escoado pelos portos do Rio de Janeiro e 32% pelos portos de São Paulo. Por último, todo o transporte voltado para a exportação do nióbio é conduzido pelo Porto de Santos, sendo integralmente realizado por meio de rodovias (COMEX STAT, 2022). De forma adicional, existe o escoamento de lítio proveniente do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, no norte do estado. O escoamento é feito pelo modal rodoviário, o que representa um gargalo na infraestrutura local (ALMG, 2023).

Dentre as substâncias minerais não metálicas, as rochas ornamentais se destacam pelos montantes extraídos e exportados (1,1 Mt e U\$ 116,1 milhões, respectivamente). O modal rodoviário predomina até os portos do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo (ABIROCHAS, 2018).

2.2.3.4 Gargalos Logísticos

O Quadro 32 apresenta a compilação dos principais gargalos logísticos em cada modal de transporte.

Quadro 32– Gargalos logísticos por modal

Modal	Gargalos Logísticos
Ferrovias	Acidentes de trânsito, especialmente nas áreas urbanas, ligadas a cruzamentos e passagens de nível.
	Falta de manutenção eficiente das linhas.
	Baixa densidade ferroviária, baixa velocidade de operação e falta de investimento.
	Falta de ligações com as minas, principalmente em projetos de novos depósitos minerais.
	Dificuldade de permissão para compartilhamento das vias.
Rodovias	A produção mineral escoada por caminhões resulta em sobrecarga das rodovias de acesso, devido à falta de infraestrutura adequada e de rodovias exclusivas às minas.
	Baixa taxa de pavimentação das rodovias de acesso às minas, impactando o transporte mineral, principalmente nos períodos de chuva.
	Tarifas de pedágio elevadas.
	Ausência de duplicação, sinalização precária e falta de segurança nas vias.
	Tráfego de veículos com excesso de peso.
	Necessidade de melhoria dos acessos aos portos, principalmente nos portos de Santos e do Rio de Janeiro.
Portos Marítimos	Falta de profundidade adequada em alguns portos.
	Carência de obras de dragagem, derrocagem, balizamento e sinalização, o que prejudica a navegação, especialmente para navios de maior calado.
	Algumas instalações portuárias enfrentam desafios na capacidade de armazenar e movimentar cargas.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em BRASIL (2018a); BRASIL (2020); FDC (2018); MME (2022e); EMBRAPA (2020); CINTRA (2022) e CONEXÃO... (2022)

A solução da maioria dos gargalos apresentados é complexa e requer investimentos constantes na infraestrutura de transporte e portuária para atender à demanda crescente de produtos de origem mineral.

2.2.3.5 Infraestrutura Energética

Em 2022, a indústria foi responsável por 34% do consumo energético no país, com a metalurgia responsável por 9,2% do total (274,6 TWh). Outras atividades que fazem parte da cadeia produtiva da indústria mineral também consumiram uma parcela da energia, como a produção de minerais não metálicos (95,1 TWh) e a extração mineral (26,34 TWh) (Tabela 19).

Tabela 19 – Consumo energético setorial no Brasil (2022)

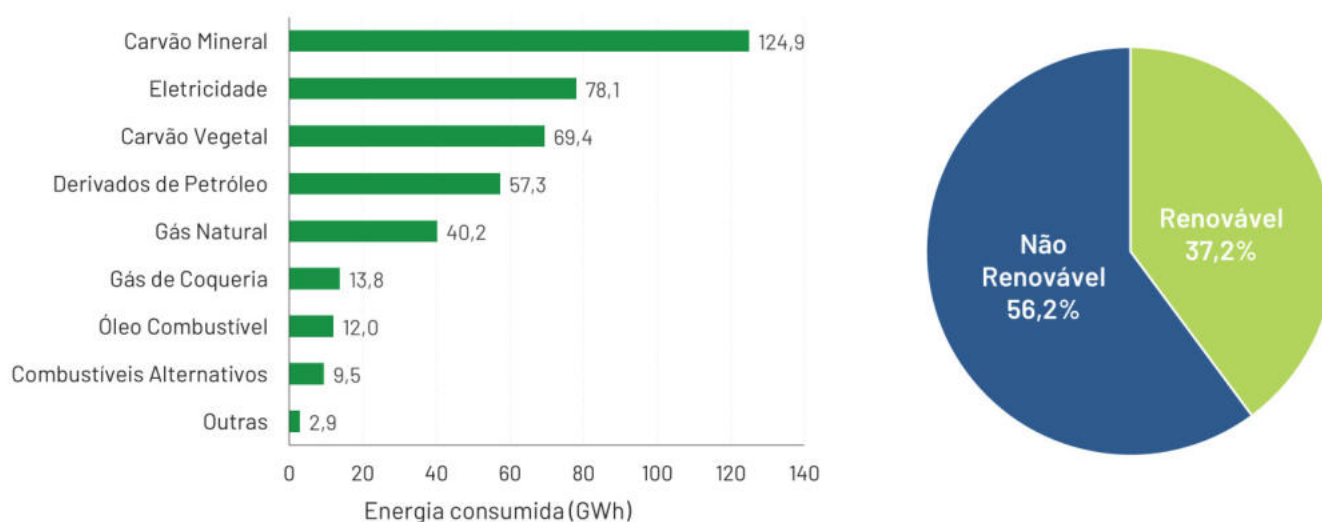
Setor	Consumo (10 ³ tep*)	Consumo (GWh)	Participação (%)
Serviços	102.885	1.196.553	40,3
Comércio e Outros	13.458	156.517	5,3
Transportes	89.426	1.040.024	35,0
Agropecuário	13.082	152.144	5,1
Indústria	86.949	1.011.217	34,0
Extrativa Mineral	2.265	26.342	0,9
Não Metálicos	8.181	95.145	3,2
Metalurgia	23.612	274.608	9,2
Química	6.382	74.223	2,5
Alimentos e Bebidas	22.519	261.896	8,8
Têxtil	794	9.234	0,3
Papel e Celulose	15.085	175.439	5,9
Outras Indústrias	8.112	94.343	3,2
Energético	23.496	273.258	9,2
Residencial	28.963	336.840	11,3
Consumo Final Energético	255.375	2.970.011	100

*Tep: tonelada equivalente de petróleo

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em EPE (2023)

A extração mineral, a produção de minerais não metálicos e, especialmente, a metalurgia consumiram, juntos, mais energia do que todas as residências do país, o que evidencia a demanda por recursos energéticos por parte da cadeia minerometalúrgica. Nesse sentido, o carvão mineral foi a principal fonte de energia utilizada pelo segmento (31,5%), seguido pela eletricidade (hidráulica) (19,7%), carvão vegetal (17,5%), derivados do petróleo (14,5%) e gás natural (10,1%) (Gráfico 17).

Gráfico 17 – Matriz energética da cadeia produtiva minerometalúrgica



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em EPE (2023)

A matriz energética da cadeia produtiva da indústria minerometalúrgica, com destaque para o setor metalúrgico, é majoritariamente não renovável, o que desencadeia uma série de questões ambientais, sociais e econômicas, associadas à finitude dos recursos naturais e à emissão decorrente da queima de combustíveis fósseis. Assim, o consumo de energia pelas atividades da cadeia produtiva requer a busca de eficiência energética, tanto no que se refere à sustentabilidade quanto aos custos elevados (EPE, 2023).

Frente a esse cenário, empresas integrantes da cadeia minerometalúrgica têm buscado tecnologias limpas por meio da assinatura de contratos de fornecimento de energia de longo prazo e investimentos em autoprodução, com foco em metas de descarbonização e utilização de energia renovável. Além dos benefícios ambientais, os contratos oferecem vantagens econômicas, proporcionando energia competitiva e previsibilidade de custos. Ressalta-se que a atividade extrativa mineral, exceto as operações de transporte que utilizam combustível fóssil, consome energia elétrica de fonte limpa (hidrelétrica). A mineração brasileira tem, na verdade, uma vantagem comparativa em relação a outros países, que utilizam carvão como insumo energético.

2.3 Diversificação Econômica

Há uma dicotomia que permeia as interações entre a indústria mineral e as políticas de desenvolvimento regional. O aproveitamento de recursos minerais gera benefícios econômicos significativos, por meio de receitas fiscais, empregos e investimentos em infraestrutura, que são capazes de impulsionar o desenvolvimento socioeconômico em áreas antes subdesenvolvidas. Por outro lado, a extração mineral também pode trazer desafios associados ao deslocamento de comunidades locais, conflitos socioambientais e, principalmente, dependência econômica excessiva da mineração (ENRIQUEZ, 2007).

Assim, para que a mineração possa gerar um crescimento econômico sustentável, alguns fatores são importantes, como a implementação de políticas públicas, a transparência na governança do setor produtivo, o envolvimento comunitário e a adaptação às particularidades locais, de modo a promover a diversificação produtiva e reduzir a dependência econômica (ENRIQUEZ, 2007).

No contexto regional, observa-se que um maior nível de diversificação econômica gera externalidades positivas, atraindo novas indústrias, especialmente as de alto nível tecnológico. Por outro lado, municípios caracterizados por baixa diversificação econômica tendem a atrair indústrias de nível tecnológico baixo a médio. A diversificação produtiva é mais eficaz para o crescimento quando envolve indústrias de setores complementares, pois indústrias tecnologicamente relacionadas promovem maior troca de conhecimentos e aproveitamento de externalidades do que aquelas de áreas diversas, impulsionando também o emprego local (FRENKEN *et al.*, 2007; ROMERO *et al.*, 2022).

O surgimento de novas indústrias em uma região está ligado às atividades já estabelecidas, com as oportunidades de diversificação sendo influenciadas pela composição produtiva atual. Novas indústrias podem se conectar às existentes por meio de mecanismos como transferência de conhecimentos, crescimento de firmas em áreas relacionadas, empreendedorismo local, mobilidade laboral e *networking* social entre atores com competências afins (ROMERO *et al.*, 2022).

A diversificação setorial ao longo do tempo é fundamental para evitar a estagnação econômica, pois a criação de novos setores permite a absorção de trabalhadores que, devido ao aumento de produtividade ou à saturação da demanda, se tornaram excedentes em setores já estabelecidos. Além de políticas regionais que incentivem a diversificação econômica baseada em setores relacionados, com foco na complexidade econômica, é igualmente importante adotar políticas nacionais complementares que promovam o desenvolvimento de tecnologias de base, devido ao seu impacto abrangente em diversas áreas da economia (FRENKEN *et al.*, 2007).

2.3.1 Dependência Econômica de Municípios Mineradores

A intensidade da dependência de um município em relação à atividade mineradora pode ser mensurada pela receita oriunda da mineração no total da renda municipal. Já a sua vulnerabilidade em relação à indústria mineral é expressa pelo risco de esgotamento das fontes diretas e indiretas de renda provenientes da mineração. Nesse sentido, o município será mais vulnerável quanto mais próximo estiver o esgotamento dessas fontes de renda, seja por motivos diversos ou pelo fechamento da mina (ENRÍQUEZ, 2007).

As principais consequências socioeconômicas do encerramento das atividades minerárias envolvem a perda de arrecadação tributária por parte dos municípios, o decréscimo de emprego e renda, a diminuição da atividade econômica local, a redução da qualidade dos serviços públicos prestados e a limitação da qualidade de vida da população (SÁNCHEZ, 2011).

O caso de Mariana exemplifica os danos causados pela interrupção da mineração em um município altamente dependente da indústria extrativa mineral. Após o rompimento da Barragem de Fundão, em 2015, o PIB *per capita* de Mariana caiu 32,1% em apenas um ano. Embora a Samarco não fosse a principal fonte da CFEM – posição ocupada pela Vale – a paralisação de suas atividades teve um efeito expressivo sobre a economia local, demonstrando a grande dependência do município em relação à mineração como um todo, e a dificuldade em absorver o impacto da interrupção dessa atividade (IBGE, 2021; FJP, 2023a).

Em 2019, o rompimento da barragem da Vale em Brumadinho levou à interrupção temporária de algumas operações da mineradora, dentre elas a mina da Alegria, no Complexo Mariana. A paralisação agravou ainda mais as dificuldades enfrentadas pelo município após o desastre em 2015, resultando no decreto de estado de calamidade financeira pela Prefeitura Municipal. Medidas de austeridade foram adotadas, como cortes

em educação, saúde e desenvolvimento social, e demissões em massa (APÓS..., 2019).

Itabira também ilustra alguns dos desafios enfrentados por um município altamente dependente da mineração, frente à aproximação do encerramento da atividade mineral em seu território. A extração do minério de ferro em Itabira começou no início do século XX e culminou no declínio de outros setores, como agricultura e têxteis. A mão de obra da cidade estava principalmente dedicada ao serviço da Vale, dificultando o desenvolvimento de outras indústrias (ENRÍQUEZ, 2007; GUIMARÃES; MILANEZ, 2017).o desenvolvimento de outras indústrias. A exemplo disso, duas fábricas têxteis fecharam devido à falta de trabalhadores qualificados (ENRÍQUEZ, 2007; GUIMARÃES; MILANEZ, 2017).

Ao longo dos anos, Itabira enfrentou um dilema entre buscar novas oportunidades econômicas ou aumentar a dependência da produção mineral, opção que geraria mais receitas no curto prazo. Com a proximidade da exaustão das minas operadas pela Vale em Itabira (prevista para 2040), o município passou a buscar alternativas para superar sua dependência econômica. As iniciativas visam manter na região a mão de obra da indústria extrativa que se tornou ociosa, evitando migrações e perda de interesse da população jovem em permanecer na cidade, além de criar novos mecanismos de geração e distribuição de renda (ENRÍQUEZ, 2007; CUNHA; GUEDES, 2017; ITABIRA, 2023).

Frente à forte ligação da economia de Minas Gerais com a mineração, foi criado o Projeto de Reconversão Produtiva em Territórios Minerados³², com a participação da SEDE, FIEMG, BDMG, IBRAM e AMIG, contemplando onze municípios mineradores. Seu objetivo é oferecer suporte aos municípios que possuem economias altamente dependentes da indústria extrativa mineral e contribuir para a diminuição da dependência econômica, buscando alternativas à

³² O Projeto é uma parceria entre a SEDE, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (SEBRAE/MG), a Federação das Indústrias de Minas Gerais (FIEMG), o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), IBRAM e a Associação dos Municípios Mineradores de Minas Gerais (AMIG).

mineração por meio da avaliação das potencialidades de cada município. O Projeto é de médio/ longo prazo e foca na melhoria do ambiente de negócios nos municípios, alterando a forma como eles geram, retêm e atraem riquezas (SEBRAE, 2021).

2.3.2 Destinação da CFEM e Orientações aos Municípios

Ao analisar as finanças municipais, é possível avaliar o impacto da CFEM na receita total, identificando sua relevância ou pequena representatividade. Uma alta dependência da CFEM pode indicar potencial vulnerabilidade econômica, que poderá atrelar o município ao desempenho da Indústria Mineral, sujeitando-o às flutuações do mercado de *commodities*. Por outro lado, uma menor dependência sugere, em princípio, maior diversificação econômica, promovendo estabilidade financeira e desenvolvimento de longo prazo.

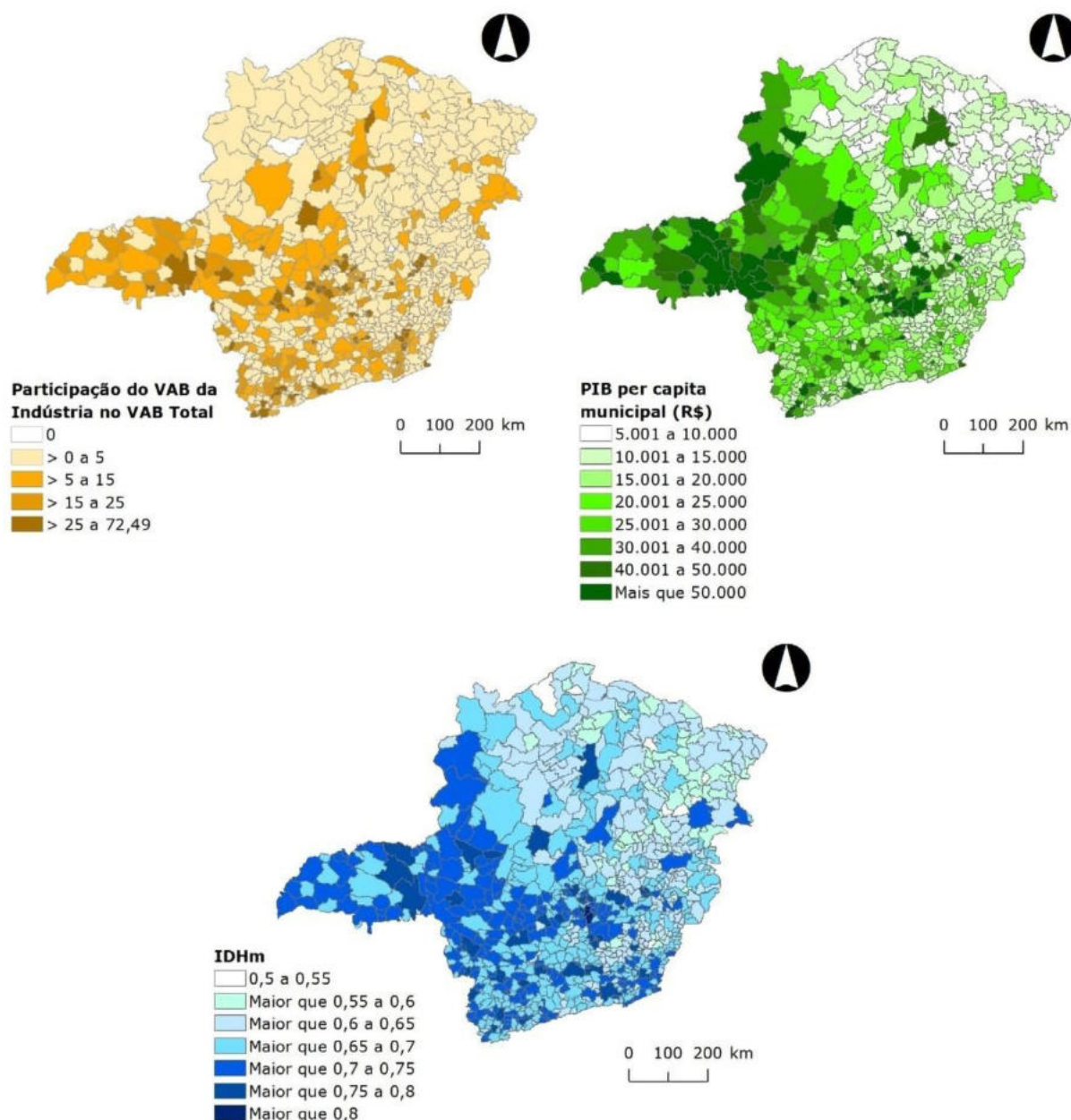
2.3.2.1 A CFEM e as Finanças Municipais

O aproveitamento econômico de depósitos minerais desempenha um papel significativo no aumento da receita municipal, manifestando-se por meio da arrecadação da CFEM, do crescimento do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN), do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e dos repasses de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Ao avaliar o papel das potencialidades socioeconômicas da mineração no processo de desenvolvimento local, observa-se a importância de investir os recursos provenientes da CFEM em capital humano ou físico, visando assegurar um fluxo de renda sustentável no futuro. Contudo, a utilização dos recursos oriundos da indústria mineral nem sempre se traduz automaticamente em desenvolvimento econômico e social dos municípios mineradores (ABREU, 2021).

Nota-se, por exemplo, que nos municípios onde a indústria representa grandes proporções na composição do Valor Agregado Bruto (VAB) total, o PIB *per capita* tende a ser elevado quando comparado à média estadual. Em contraponto, tal geração de renda não se traduz necessariamente na elevação dos índices de desenvolvimento humano, indicando que os benefícios da atividade econômica nem sempre são absorvidos pela população local (Figura 96). Essa é uma análise geral, uma vez que não há dados públicos disponíveis para desagregação da atividade mineral em nível municipal.



Figura 96 – Participação do VAB industrial, PIB per capita e IDH dos municípios de Minas Gerais



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em IBGE (2022) e ATLAS BRASIL (2016)

A análise da CFEM arrecadada³³ em 2020 pelos municípios agrupados por RGInt indica uma maior participação da mineração nas RGInts de Belo Horizonte (62,2%), com R\$ 1,7 bilhão, Barbacena (16,4%), com R\$ 446,9 milhões, e Ipatinga (8,8%), com R\$ 239,6 milhões. Pode-se analisar também o crescimento da arrecadação entre os anos de 2010 e 2020 em valores nominais no estado de Minas Gerais, que passou de R\$ 1,1 bilhão para R\$ 2,8 bilhões (ANM, 2023a).

Com base nos dados de 2021, a Tabela 20 apresenta a relação ordenada dos municípios de Minas Gerais mais dependentes da CFEM em suas finanças, além de suas respectivas RGInts.

³³ Os dados da CFEM são referentes à CFEM distribuída por quota-parte dos municípios, com base em ANM (2023c), para o ano de 2021, não inflacionados.

Tabela 20 – Municípios com participação acima de 10% da CFEM na Receita Corrente Líquida (RCL³⁴) (2021)

Municípios	RGInt	CFEM 2021 (R\$ milhão)	RCL 2021 (R\$ milhão)	Índice CFEM/RCL
Conceição do Mato Dentro	Belo Horizonte	387,3	540,5	71,7
Belo Vale	Barbacena	140,7	197,4	71,3
Itatiaiuçu	Divinópolis	140,1	242,1	57,9
Itabirito	Belo Horizonte	314,3	678,3	46,3
São Gonçalo do Rio Abaixo	Ipatinga	196,5	425,8	46,2
Mariana	Belo Horizonte	236,0	526,1	44,9
Congonhas	Barbacena	334,5	755,9	44,2
Catas Altas	Belo Horizonte	27,1	74,9	36,2
Itabira	Belo Horizonte	227,3	841,8	27,0
Antônio Dias	Ipatinga	16,6	62,9	26,5
Brumadinho	Belo Horizonte	101,3	400,6	25,3
Santa Bárbara	Belo Horizonte	38,7	170,2	22,8
Piracema	Divinópolis	6,7	33,5	20,0
Sarzedo	Belo Horizonte	34,8	176,1	19,8
Rio Acima	Belo Horizonte	16,3	84,1	19,4
Rio Piracicaba	Ipatinga	15,0	78,4	19,1
Bela Vista de Minas	Ipatinga	7,5	47,0	16,0
Barão de Cocais	Belo Horizonte	26,4	168,9	15,6
Passa Tempo	Divinópolis	5,6	36,1	15,6
Desterro de Entre Rios	Barbacena	5,0	32,0	15,6
Tapira	Uberaba	7,4	53,7	13,7
Paracatu	Patos de Minas	51,4	462,5	11,1
Nazareno	Barbacena	4,3	39,8	10,7

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ a partir de dados da ANM (2023a) e FJP (2023)

Embora não haja critérios específicos para alocar recursos da CFEM, a Lei n.º 13.540/2017 orienta que pelo menos 20% sejam destinados a atividades relacionadas à diversificação econômica, desenvolvimento mineral sustentável e pesquisa científica e tecnológica. A ANM recomenda a priorização de projetos que beneficiem a comunidade local, contribuindo para melhorias na infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação (ANM, 2023a).

Para entender as finanças públicas dos municípios mineradores, utilizou-se a análise do Índice Firjan de Gestão Fiscal (IFGF), composto por quatro indicadores: Autonomia, Gastos com Pessoal, Liquidez e Investimentos. Esse índice permite a comparação relativa e absoluta dos resultados ao longo dos anos, sendo construído com base em dados fiscais fornecidos pelas prefeituras diretamente à Secretaria do Tesouro Nacional (STN). Esses indicadores variam de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a gestão fiscal do município. Foram selecionados os dez municípios com maior arrecadação da CFEM em 2020, mesmo ano de referência do IFGF.

O IFGF-Autonomia avalia a relação entre as receitas geradas pela atividade econômica do município e os custos para manter sua estrutura administrativa. Embora todos os municípios mineradores analisados estejam acima da média estadual, os resultados mostram que a mineração, por si só, não garante bom desempenho no IFGF-Autonomia. Conceição do Mato Dentro, apesar de ter a maior arrecadação de CFEM, apresenta baixo desempenho entre os municípios selecionados. Isso sugere que fatores como a eficiência na gestão das receitas e dos custos administrativos também impactam a autonomia financeira municipal, além da arrecadação mineral (Tabela 21).

³⁴ A Receita Corrente Líquida corresponde à soma das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, industriais, agropecuárias e de serviços, transferências correntes e outras receitas correntes. A CFEM é classificada como uma transferência corrente.

Já o IFGF-Investimentos avalia a parte da receita total dos municípios destinada a investimentos (Tabela 21), refletindo despesas para o bem-estar da população e melhoria do ambiente de negócios local. Dentre os principais municípios em arrecadação da CFEM, Itabirito, Nova Lima e Mariana ficaram aquém da média do estado nesse indicador, indicando uma menor aplicação de investimentos quando comparada à arrecadação da CFEM. Por outro lado, diversos municípios apresentam este indicador com o melhor resultado possível relativo aos investimentos.

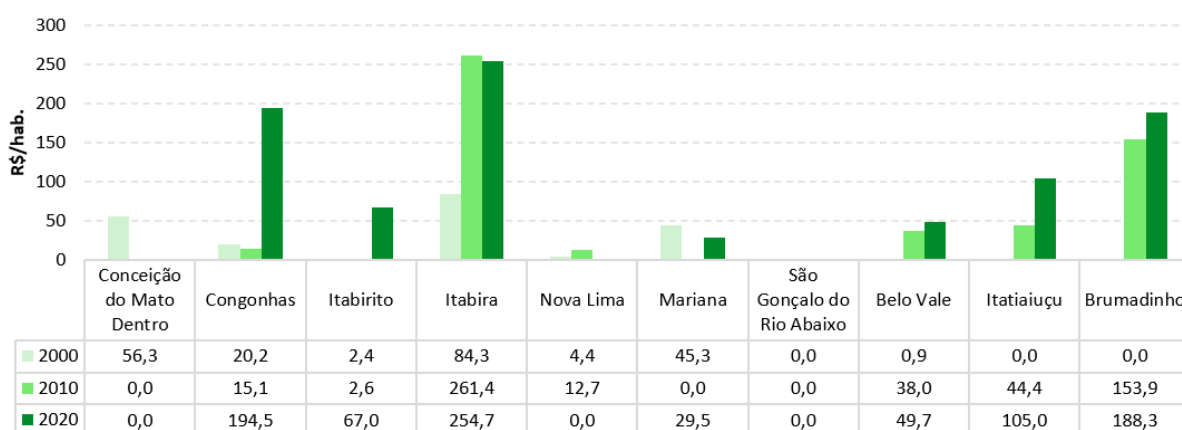
Tabela 21 – Principais municípios em arrecadação da CFEM e resultados dos indicadores IFGF Autonomia e IFGF Investimentos (2020)

Ranking Arrecadação CFEM 2020	RGInt	CFEM 2020 (M R\$)	IFGF Autonomia 2020	IFGF Investimentos 2020
Conceição do Mato Dentro	Belo Horizonte	411,83	0,59	1,00
Congonhas	Barbacena	303,80	0,87	0,76
Itabirito	Belo Horizonte	292,69	1,00	0,46
Itabira	Belo Horizonte	244,71	1,00	1,00
Nova Lima	Belo Horizonte	243,96	1,00	0,44
Mariana	Belo Horizonte	204,62	0,86	0,60
São Gonçalo do Rio Abaixo	Ipatinga	155,64	nd	nd
Belo Vale	Barbacena	125,72	0,48	1,00
Itatiaiuçu	Divinópolis	122,62	1,00	1,00
Brumadinho	Belo Horizonte	97,71	1,00	1,00
Média MG			0,35	0,68

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ a partir de dados da ANM (2024a) e IFGF (2023)

De forma complementar, utilizou-se o subíndice “gasto *per capita* com desenvolvimento econômico” do Índice de Desenvolvimento Socioeconômico Municipal, que mostra uma média de R\$ 37,0/habitante em Minas Gerais entre 2000 e 2020. Três dos dez municípios selecionados não apresentaram aumento do gasto *per capita* com desenvolvimento econômico no período: Conceição do Mato Dentro, Nova Lima e Mariana. Seis municípios performaram significativamente acima da média estadual, indicando uma maior preocupação com desenvolvimento econômico (Gráfico 18).

Gráfico 18 – Evolução do esforço orçamentário com desenvolvimento econômico nos municípios de Minas Gerais agregados por RGInt para 2000, 2010 e 2020 (%)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ a partir de dados da FJP (2022b)

O ISDEL, Índice Sebrae de Desenvolvimento Econômico Local, é uma ferramenta do Sebrae Minas que guia as estratégias de Desenvolvimento Econômico Local (DEL) desde 2015. Ele engloba cinco dimensões essenciais: Capital Empreendedor, Tecido Empresarial, Governança para o Desenvolvimento, Organização Produtiva e Inserção Competitiva, com 135 indicadores. O

índice classifica os territórios numa escala de 0 a 1, representando os níveis mínimo e máximo de desenvolvimento.

Considerando a CFEM 2021, mesmo ano base do ISDEL, os municípios foram classificados a partir de sua maior concentração desses *royalties* minerais, e analisados os valores para os indicadores do ISDEL. O município de Nova Lima destaca-se positivamente em todos os indicadores do ISDEL, assim como a maioria dos municípios supera a média estadual em Capital Empreendedor, Tecido Empresarial, Governança para o Desenvolvimento e Organização Produtiva. No entanto, Belo Vale apresenta desempenho abaixo da média em alguns indicadores, como Tecido Empresarial, Governança e Inserção Competitiva, resultando em um ISDEL inferior à média (Tabela 22).

Tabela 22- ISDEL e suas dimensões (principais municípios em arrecadação da CFEM)

Ranking arrecadação da CFEM	Município	Capital Empreendedor	Tecido Empresarial	Governança para o Desenvolvimento	Organização Produtiva	Inserção Competitiva	ISDEL
1	Conceição do Mato Dentro	0,365	0,314	0,655	0,440	0,589	0,473
2	Congonhas	0,442	0,442	0,722	0,456	0,531	0,518
3	Itabirito	0,483	0,479	0,641	0,508	0,632	0,549
4	Mariana	0,449	0,441	0,591	0,491	0,538	0,502
5	Itabira	0,437	0,519	0,608	0,524	0,607	0,539
6	São Gonçalo do Rio Abaixo	0,496	0,346	0,458	0,472	0,505	0,455
7	Nova Lima	0,566	0,733	0,724	0,528	0,753	0,661
8	Belo Vale	0,289	0,368	0,222	0,423	0,242	0,309
9	Itatiaiuçu	0,461	0,384	0,428	0,416	0,454	0,429
10	Brumadinho	0,487	0,546	0,596	0,472	0,616	0,543
Média MG		0,405	0,378	0,394	0,390	0,319	0,377

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ a partir de dados do SEBRAE-MG (2019)

2.3.2.2 Institucionalização do Destino da CFEM

A implementação de políticas voltadas para o fomento à inovação, ao empreendedorismo e à cooperação entre empresas revela-se uma estratégia fundamental para o fortalecimento econômico regional, mitigando a dependência de setores específicos e aumentando a resiliência frente aos desafios futuros. A análise da gestão municipal, no que tange ao planejamento, à destinação e à transparência no uso dos recursos, constitui um eixo central para a identificação de possíveis ajustes, a introdução de programas mais eficazes de promoção do desenvolvimento e a diminuição da dependência da indústria extrativa. Municípios com maior rigor no planejamento tendem a adotar medidas compensatórias mais eficientes, impulsionando o crescimento regional de forma sustentável (ABREU, 2021).

Foram analisadas as iniciativas de diversificação produtiva adotadas pelos municípios mineradores, com o objetivo de identificar as capacidades estatais necessárias para viabilizar



políticas públicas voltadas à diminuição da dependência econômica da mineração, como órgãos municipais voltados ao desenvolvimento econômico, programas de diversificação, fundos de desenvolvimento e incentivos fiscais. A análise considerou todos os municípios mineiros com a razão entre a CFEM e a RCL superior a 10% e com iniciativas de diversificação (Quadro 33).

Quadro 33– Iniciativas de diversificação econômica dos municípios dependentes da mineração

Município	RGInt	Iniciativa	Detalhamento
Conceição do Mato Dentro	Belo Horizonte	Reserva de recursos para diversificação econômica	Lei 2.175/2017 estabelece uma cota de 20% da CFEM para ser investida em diversificação econômica em setores diversos e para um fundo intergeracional.
Belo Vale	Barbacena	Estudos em andamento para iniciativas de diversificação industrial e agrícola	Estudo para estruturação de um distrito industrial e avaliação de diversificação da agricultura.
Itatiaiuçu	Divinópolis	Programa de Desenvolvimento Econômico – Itatiaiuçu Conecta	Objetiva a diversificação econômica. Realizou o Diagnóstico Situacional do município que permitiu a criação de políticas de fomento a novos empreendimentos.
Itabirito	Belo Horizonte	Iniciativas da prefeitura; Projeto Horizonte	Tentativa de atrair empresas de outros setores. Projeto da Vale de apoio a empreendedores locais de diversos setores, com capacitação e aceleração de negócios.
Mariana	Belo Horizonte	Plano de Apoio à Diversificação Econômica (PADE)	Plano das prefeituras de Mariana e Ouro Preto em parceria com a Samarco a fim de identificar as potencialidades econômicas da região.
Congonhas	Barbacena	Projetos de diversificação e fomento do empreendedorismo	Criação de aparato legislativo, reestruturação da secretaria de desenvolvimento, parceria com institutos de educação técnica e superior locais.
Catas Altas	Belo Horizonte	Criação de conselho e fundo para a diversificação econômica; Programa de Desenvolvimento Territorial	Lei 769/2022 institui o Fundo Municipal de Diversificação Econômica e Desenvolvimento Sustentável. Parceria com o Sebrae.
Itabira	Belo Horizonte	Criação de agência e fundo para a diversificação econômica; Plano de Diversificação Econômica de Itabira	Projeto Itabira 2025, que estabelece a Agência de Desenvolvimento de Itabira e o Fundo de Desenvolvimento Econômico e Social de Itabira. Não atingiu os resultados esperados até então. Focalizado na transformação da infraestrutura e no reposicionamento da cidade como polo de serviços.
Brumadinho	Belo Horizonte	Criação de um Distrito Industrial	Projeto Investa Mais da Fiemg e Instituto Euvaldo Lodi investiram no Distrito Industrial em Brumadinho com urbanização, capacitação e apoio à Economia Criativa.
Santa Bárbara	Belo Horizonte	Criação de fundo para diversificação econômica	Fundo Municipal da Integração Tecnológica e Desenvolvimento Econômico (FUMIDE) voltado para diversificação e pesquisa.
Barão de Cocais	Belo Horizonte	Projeto Horizonte	Projeto da Vale de apoio a empreendedores locais de diversos setores, com capacitação e aceleração de negócios.
Paracatu	Patos de Minas	Plano de Desenvolvimento Sustentável de Paracatu - Paracatu 2030	Conjunto de estratégias para o desenvolvimento sustentável que incluem a diversificação econômica. Criação do Sistema Local de Inovação e Diversificação Econômica.

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ a partir de dados divulgados pelas prefeituras municipais

Em 48% dos municípios analisados não foi encontrado nenhum tipo de medida por parte das prefeituras para promover a diversificação econômica local (Sarzedo, Rio Acima, Rio Piracicaba, Bela Vista de Minas, Passa Tempo, Desterro de Entre Rios, Tapira e Nazareno).

2.3.3 Caracterização Econômica e Vocação Mineral das RGInts

A seguir é apresentada uma caracterização das RGInts de Minas Gerais em termos de atividades setoriais e relevância econômica. Para isso, foi analisada a composição do PIB, os municípios de destaque e os setores-chave de cada região. São considerados setores-chave aqueles com maior capacidade de gerar emprego, renda, valor adicionado e arrecadação tributária.

A repercussão desses setores pode ser verificada através do multiplicador de produção, que indica o impacto sobre a produção da economia regional ao aumentar a demanda desses setores. Ou seja, o aumento da demanda em R\$ 1,00 para o setor significa a geração do valor do multiplicador na economia de determinada região. Setores chave com altos multiplicadores de produção tendem a possuir fortes encadeamentos, isto é, estarem conectados a diferentes setores na cadeia produtiva tanto como demandantes (encadeamentos para trás) quanto como ofertantes (encadeamentos para frente).

Por fim, apresenta-se também os municípios que possuem vínculos com a indústria mineral, de forma a melhor compreender a atual distribuição e diversificação econômica dessas regiões (FJP, 2021a). Para referência, todos os dados apresentados a seguir referentes ao PIB têm como fonte o IBGE (2021). Os dados da CFEM são referentes à CFEM distribuída por cota-parte dos municípios, coletados da ANM (2023c) para o ano de 2021, não inflacionados. Os dados de multiplicadores de produção e setores chave por RGInt são da FJP (2023b). Os dados de Receita Corrente Líquida (RCL) são da FJP (2023).

2.3.3.1 RGInt de Barbacena

- PIB (2020): R\$ 24,7 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 3,5%.
- Municípios de destaque: Ouro Branco (19,4% do PIB da RGInt), Barbacena (13,4%), São João Del Rei (12,7%), Conselheiro Lafaiete (10,8%) e Congonhas (10,7%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 11,2%
 - Agropecuária: 6,3%
 - Indústria: 30,4%
 - Serviços: 52,1%.
- CFEM (2021): R\$ 500,5 milhões (18,0% do total do estado; 2ª maior arrecadação).

A Tabela 23 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Barbacena.

Tabela 23 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Barbacena

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,45
Indústria extrativa	1,39
Transporte, armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	1,32

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

A RGInt de Barbacena possui três setores-chave, sendo um deles a indústria extrativa, que se mostrou muito relevante na estrutura produtiva da região com um multiplicador de produção de 1,39. A produção mineral na RGInt é uma das mais representativas do estado, o que se reflete por ser a segunda maior em arrecadação de CFEM. Em 2019, a participação da atividade no PIB da região analisada era de 4,0%, mesmo valor comparado ao peso desse segmento no produto do estado no mesmo ano (IBGE, 2021; FJP, 2023b). Essa produção concentra-se majoritariamente nos municípios de Congonhas e Belo Vale. A região se destaca por conter 52,6% das reservas lavráveis de manganês de Minas Gerais, 13,3% das reservas lavráveis de ferro e 26,8% das reservas de lítio do estado.

Em 2021, os municípios com as maiores arrecadações da CFEM em relação à RCL, na RGInt de Barbacena, foram:

- Belo Vale (R\$ 140,7 milhões da CFEM; 9ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 71,3\%$).
- Congonhas (R\$ 334,5 milhões da CFEM; 2ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 44,2\%$).
- Desterro de Entre Rios (R\$ 5,0 milhões da CFEM; 33ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 15,6\%$).

Juntos, os três municípios foram responsáveis por 95,9% do total arrecadado com CFEM na RGInt, no ano em análise. Os índices apresentados revelam uma intensa dependência econômica da atividade minerária, principalmente em Belo Vale, que possui a segunda maior razão $\frac{CFEM}{RCL}$ do estado. Essa razão alta indica que a CFEM é a principal fonte de financiamento público do município, tornando-o altamente dependente dos ganhos advindos dessa atividade econômica.

Percebe-se, a partir da razão $\frac{CFEM}{RCL}$, que a indústria extrativa mineral possui alta relevância em Congonhas e Belo Vale, por ser parte importante das receitas correntes líquidas. A indústria mineral nesses municípios está vinculada principalmente à produção de minério de ferro na mina Casa de Pedra, da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), situada nos dois municípios, e na mina de Fábrica, da Vale, que se localiza na fronteira entre Ouro Preto, Congonhas e Belo Vale. A CSN estima que as operações na mina Casa de Pedra se encerrem em 2052. Enquanto isso, o Complexo Paraopeba, onde a mina de Fábrica está situada, tem previsão de encerramento em 2043. Dada a proximidade da exaustão das operações e da elevada dependência econômica de Congonhas e Belo Vale, os municípios foram escolhidos como duas das 11 sedes do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados (CSN, 2020; Vale, 2023b).

Essas informações mostram que o setor mineral tem alto impacto sobre a economia da RGInt, ao estar entre os setores-chave, e particularmente sobre os municípios com alta participação da CFEM sobre a RCL. Isso significa que paralelamente ao incentivo da indústria mineral como setor capaz de impulsionar a economia da RGInt, é fundamental se pensar em estratégias de diversificação econômica nas localidades altamente dependentes do setor extrativo, a fim de garantir a saúde socioeconômica de longo prazo nessas localidades.

Por fim, vale destacar que Ouro Branco, município com maior PIB da RGInt de Barbacena, tem a siderurgia como principal atividade econômica. Isso atrelado ao segmento metalúrgico, especificamente à fabricação de laminados longos de aço, em razão da maior usina da Gerdau no mundo, situada em seu território. A planta possui capacidade instalada de 4,5 Mt de aço líquido por ano e destaca a integração da cadeia produtiva siderúrgica com a extração de matéria prima nos municípios vizinhos. Essas informações reforçam a importância da siderurgia para a economia do município, tanto em geração de receitas, quanto em criação de empregos (FJP, 2023c; USINA..., 2023).

2.3.3.2 RGInt de Belo Horizonte

- PIB (2020): R\$ 267,6 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 35,9%.

- Municípios de destaque: Belo Horizonte (39,7% do PIB da RGInt), Contagem (12,0%), Betim (10,7%), Nova Lima (5,0%) e Sete Lagoas (3,6%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 12,2%
 - Agropecuária: 0,6%
 - Indústria: 28,1%
 - Serviços: 59,1%.
- CFEM (2021): R\$ 1,7 bilhão (61,4% do total do estado; 1ª maior arrecadação).

A Tabela 24 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Belo Horizonte.

Tabela 24 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Belo Horizonte

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Construção	1,57
Serviços de informação e comunicação	1,57
Transporte, armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	1,55
Refino de petróleo e coquearias	1,49
Comércio atacadista e varejista	1,36
Intermediação financeira, seguros e previdência	1,34

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

O setor extrativo mineral é responsável pelo protagonismo da RGInt de Belo Horizonte no setor industrial. Em 2020, a participação setorial da indústria no VAB da RGInt era de 32,0%, enquanto a média estadual era de 27,6%. Os municípios com maior VAB da indústria extrativa mineral em Minas Gerais para o ano em análise foram Nova Lima, Itabirito, Itabira e Conceição do Mato Dentro, todos pertencentes à RGInt de Belo Horizonte FJP (2023a).

Em relação às substâncias minerais metálicas no território de Minas Gerais, a RGInt de Belo Horizonte detém 74,3% das reservas lavráveis de minério de ferro, 39,9% das reservas de ouro e 20,2% das reservas de manganês. Quanto às substâncias minerais não-metálicas do estado, a RGInt é responsável por 35,4% dos depósitos de areia para construção civil, 27,3% dos recursos totais de rochas britadas e cascalhos, 41,1% das reservas lavráveis de calcário e dolomito, 17,1% das reservas lavráveis de areias industriais, 26,0% das reservas lavráveis de rochas ornamentais e de revestimento e 38,2% das reservas minerais de gemas.

Em 2021, das 20 maiores arrecadações de CFEM em Minas Gerais, 13 foram de municípios situados na RGInt de Belo Horizonte:

- Conceição do Mato Dentro (R\$ 387,3 milhões; 1ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 71,7\%$).

Conceição do Mato Dentro foi o município de Minas Gerais que arrecadou o maior montante da CFEM em 2021, devido à produção de minério de ferro no Complexo Minerário do Sistema Minas-Rio, da Anglo American. O expressivo valor arrecadado levou o município ao posto de maior dependência econômica da mineração em Minas Gerais, considerando a razão $\frac{CFEM}{RCL}$.

- Itabirito (R\$ 314,3 milhões; 3ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 46,3\%$).

A arrecadação de Itabirito se deve à retomada da produção do minério de ferro na mina do Pico, do Complexo Vargem Grande, após a desativação de parte das operações da Vale em 2019. A volta da mineração em Itabirito levou ao crescimento de outros setores como construção civil, serviços de transporte de carga e armazenagem, serviços prestados às empresas e o comércio local (FJP, 2023a).

- Mariana (R\$ 236,0 milhões; 4ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 71,7\%$)

O expressivo volume da CFEM arrecadado por Mariana ocorreu devido à produção de minério de ferro pela Vale, que opera o Complexo Mariana, e pela Samarco. A exaustão das minas do Complexo de Mariana é prevista para 2039 e a do Complexo de Germano para 2042 (SAMARCO, 2023; VALE, 2023b).

- Itabira (R\$ 277,3 milhões; 5ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 27,0\%$).

Itabira, quinta maior arrecadação da CFEM em Minas Gerais, comporta o Complexo de Itabira, da Vale, composto pelas minas Cauê, Periquito e Conceição. O município foi pioneiro em vincular recursos provenientes da mineração a uma estratégia de diversificação produtiva, com projetos como o Fundo de Desenvolvimento Econômico e Social de Itabira (FUNDESI). No entanto, as iniciativas parecem ser ainda pouco efetivas, uma vez que muitas empresas não conseguiram se viabilizar economicamente (ENRÍQUEZ, 2007; GUIMARÃES; MILANEZ, 2017).

- Nova Lima (R\$ 198,4 milhões; 6ª maior do estado; RCL não disponível).

Segundo o IBRAM (2022), a CFEM contribuiu com 18% das receitas municipais em 2021. O instituto afirmou que duas empresas são proprietárias de 40% do território: a Anglogold Ashanti e a Vale. A prefeitura estima que a capacidade de arrecadação de royalties da mineração em Nova Lima dure mais quatro décadas e, em parceria com o IBRAM e a AMIG, desenvolveu um plano de diversificação de investimentos para se tornar mais sustentável financeiramente no futuro (RONAN, 2022).

- Brumadinho (R\$ 101,3 milhões; 10ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 25,3\%$).

Mesmo após o rompimento da barragem da mina Córrego do Feijão, Brumadinho ainda conta com os royalties da mineração para compor mais de um quarto das suas receitas municipais. Em 2018, a Vale pagou R\$ 16,5 milhões em CFEM para Brumadinho, o que representou 26,4% do total arrecadado e 10,5% das receitas do município. No mesmo ano, as principais fontes de CFEM para o município foram a Vallourec e a Minerações Brasileiras Reunidas (empresa controlada pela Vale), com R\$ 18,9 milhões cada. Atualmente, o município também abriga a mina Esperança e a mina Córrego do Feijão, pertencentes ao Complexo Paraopeba da Vale, com previsão de encerramento em 2043 (COELHO, 2020; VALE, 2023b).

- Santa Bárbara (R\$ 38,7 milhões; 12ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 22,8\%$).

Destaca-se também a elevada minerodependência de Santa Bárbara, oriunda da produção de ouro pela Anglogold Ashanti e da lavra de minério de ferro da mina Capanema, pertencente ao Complexo Mariana, da Vale.

- Ouro Preto (R\$ 37,9 milhões; 13ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 8,3\%$).

Em Ouro Preto, a extração mineral está historicamente associada ao desenvolvimento econômico local. Atualmente, os royalties minerais do município têm origem principalmente na produção de minério de ferro pela Vale, na mina de Fábrica, do Complexo Paraopeba, e na mina de Timbopeba, do Complexo Mariana.

- Sarzedo (R\$ 34,8 milhões; 14ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 19,8\%$).

Já em Sarzedo, a arrecadação da CFEM é proveniente da produção de minério de ferro pela Itaminas e também da mina Jangada do Complexo Paraopeba, da Vale, com previsão de encerramento para 2043 (VALE, 2023b).

- Catas Altas (R\$ 27,1 milhões; 15ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 36,2\%$).

Em Catas Altas, a mineração está associada à lavra de minério de ferro no Complexo Mariana, da Vale, por conta da mina Fazendão, parcialmente situada em seu território, e ao Complexo de Germano, da Samarco, localizado a 20 km do município.

- Barão de Cocais (R\$ 26,4 milhões; 16ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 15,6\%$).

Em Barão de Cocais, os *royalties* da mineração têm origem na extração de minério de ferro na mina de Gongo Soco, operada pela Vale.

- Sabará (R\$ 25,8 milhões; 17ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 7,0\%$).

Em Sabará, a maior parte da arrecadação da CFEM advém da produção de ouro na mina Morro Velho, pela AngloGold Ashanti.

- Rio Acima (R\$ 16,3 milhões; 19ª maior do estado; $\frac{CFEM}{RCL} = 19,4\%$).

O município de Rio Acima conta com a Rio Preserv, na extração de areia, cascalho e ouro; a CSN, com a mina de Fernandinho, extraíndo minério de ferro; e a Vale, na mina de Abóbora, pertencente ao Complexo Vargem Grande, localizada na divisa com o município de Nova Lima.

Das cidades analisadas, apenas em Ouro Preto e Sabará a CFEM não representa mais de 10% das receitas correntes municipais, o que sugere uma elevada dependência econômica dos *royalties* da mineração para os demais municípios. Nesse sentido, a RGInt de Belo Horizonte engloba quatro das 11 cidades-sede do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados (Catas Altas, Conceição do Mato Dentro, Itabira e Itabirito), como uma estratégia do Governo de Minas Gerais para ajudar os municípios a reduzir a sua excessiva dependência econômica da mineração.

A partir dos dados apresentados a respeito da participação da CFEM sobre a RCL de alguns dos principais municípios mineradores mineiros e sobre a dimensão das reservas minerais na RGInt de Belo Horizonte, conclui-se que a mineração é uma importante atividade econômica para a região. Ressalta-se a necessidade de iniciativas de diversificação econômica, particularmente nos municípios com alta dependência medida pela razão $\frac{CFEM}{RCL}$. Isso não implica, necessariamente, na redução da atividade minerária, dado que ela é importante fonte de recursos na RGInt, mas indica que a diversificação é um caminho importante para a saúde financeira e econômica dos municípios. A partir dos dados de setores-chave, percebe-se que há potencialidades na RGInt para além do setor mineral, que podem e devem ser exploradas em uma estratégia de diversificação.

2.3.3.3 RGInt de Divinópolis

- PIB (2020): R\$ 42,2 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 5,9%.
- Municípios de destaque: Divinópolis (17,4% do PIB da RGInt), Itaúna (9,2%), Pará de Minas (8,4%), Nova Serrana (5,9%) e Lagoa da Prata (4,8%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 10,8%
 - Agropecuária: 8,4%

- Indústria: 25,0%
- Serviços: 55,8%.
- CFEM (2021): R\$ 176,5 milhões (6,3% do total do estado; 4ª maior arrecadação).

A Tabela 25 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Divinópolis.

Tabela 25 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Divinópolis

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,63
Serviços de informação e comunicação	1,45
Pecuária	1,42
Indústrias extrativas	1,40
Transporte, armazenagem e correio	1,32

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

A indústria extrativa foi a atividade com maior VAB dentre os setores-chave da RGInt. Em relação às substâncias minerais presentes no território de Minas Gerais, a RGInt de Divinópolis detém 9,0% das reservas lavráveis de ferro, 58,5% das reservas lavráveis de potássio, 12,7% dos recursos totais de rochas britadas e cascalho, 25,0% das reservas lavráveis de argilas industriais e 31,0% das reservas lavráveis de calcário e dolomito.

Em 2021, a CFEM foi responsável por mais de 10,0% da RCL em três municípios: Itatiaiuçu (produção de minério de ferro; 57,9%), Piracema (produção de minério de ferro e de granito; 20,0%) e Passa Tempo (produção de minério de ferro e de cascalho; 15,6%).

Frente à importância da mineração para a economia de Itatiaiuçu, a prefeitura do município desenvolveu uma robusta iniciativa de diversificação econômica, com o objetivo de diminuir a dependência da indústria extrativa por meio da ampliação de fontes de emprego e de renda para a população. Inicialmente, foi realizado o diagnóstico situacional, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre as características da economia local e auxiliar na identificação de setores promissores. Em seguida, foram criadas ferramentas de fomento para atrair novos empreendimentos, além de uma legislação de destinação de uma parcela dos recursos da CFEM para financiar a implantação de políticas de desenvolvimento econômico.

Em suma, sendo identificada como um setor chave da RGInt, pode-se considerar a indústria extrativa como fundamental para a RGInt de Divinópolis, com um multiplicador de 1,40. No entanto, as informações apresentadas também apontam para a importância de estratégias de diversificação econômica nos municípios de maior dependência do setor.

2.3.3.4 RGInt de Governador Valadares

- PIB (2020): R\$ 14,3 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 1,94%.
- Municípios de destaque: Governador Valadares (49,2% do PIB da RGInt); Guanhães (5,8%), Aimorés (4,2%), Mantena (3,1%) e Conselheiro Pena (2,4%).
- Composição do PIB (2020):

- Impostos: 7,7%
- Agropecuária: 6,8%
- Indústria: 11,7%
- Serviços: 73,8%.

- CFEM (2021): R\$ 18,2 milhões (0,7% do total do estado; 7ª maior arrecadação).

A Tabela 26 apresenta os setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Governador Valadares.

Tabela 26 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Governador Valadares

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,60
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,42
Serviços de informação e comunicação	1,42
Pecuária	1,38
Construção	1,29
Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	1,28
Comércio varejista e atacadista	1,26
Transporte, armazenamento e correio	1,26

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Exceto pela geração de eletricidade, outras atividades industriais, como a extração mineral e a indústria de transformação, têm uma presença menos significativa na economia da RGInt de Governador Valadares não estando presente entre os setores-chave, e considerando-se a pequena participação da indústria no PIB, composto majoritariamente pelo setor de serviços. Em relação às substâncias minerais presentes em Minas Gerais, a RGInt de Governador Valadares se destacou por deter 22,1% dos depósitos de areia para construção civil e 20,3% das reservas minerais de gemas (ANM, 2021).

O município polo de Governador Valadares foi responsável pela maior arrecadação da CFEM nessa RGInt em 2021 (R\$ 6,7 milhões; 26º do estado), ficando na 121ª colocação no ranking estadual de $\frac{CFEM}{RCL}$, com 0,6%.

As informações indicam que a indústria mineral tem presença menos relevante na economia da RGInt de Governador Valadares, considerando sua ausência entre os setores-chave e a baixa participação dessa indústria no PIB. A questão da diversificação econômica em municípios mineradores, consequentemente, não parece ser urgente, dado que não foram identificados municípios dependentes da mineração a partir dos dados de $\frac{CFEM}{RCL}$. No entanto, ainda é importante pensar no incentivo aos setores-chave como forma de impulsionar a economia da região.

2.3.3.5 RGInt de Ipatinga

- PIB (2020): R\$ 34,2 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 4,8%.
- Municípios de destaque: Ipatinga (34,0% do PIB da RGInt), Timóteo (11,1%), João Monlevade (10,2%), São Gonçalo do Rio Abaixo (7,6%) e Caratinga (6,1%).

- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 9,3%
 - Agropecuária: 2,0%
 - Indústria: 36,7%
 - Serviços: 52,0%.
- CFEM (2021): R\$ 248,8 milhões (8,9% do total do estado; 3ª maior arrecadação).

A Tabela 27 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Ipatinga.

Tabela 27 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Ipatinga

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	1,29
Construção	1,14
Indústrias extrativas	1,11
Transporte, armazenamento e correio	1,04
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,03
Comércio varejista e atacadista	1,01

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

A indústria de transformação minerometalúrgica possui papel fundamental na economia da RGInt de Ipatinga, destacando-se como principal setor da região. Os municípios de Ipatinga, Timóteo e João Monlevade se destacam pela siderurgia, marcados pela presença de importantes empresas, como Usiminas, Aperam South America e ArcelorMittal, respectivamente.

As indústrias extrativas também figuram como setor-chave da RGInt de Ipatinga. A região se destaca por conter 31,6% das reservas minerais de gemas (ANM, 2021). Em 2021, São Gonçalo do Rio Abaixo representou a maior arrecadação da CFEM na RGInt (R\$ 196,5 milhões; 79,0% do total da região) e a sétima de Minas Gerais, oriunda da operação no complexo de Brucutu, maior mina da Vale em Minas Gerais. O município apresenta o índice $\frac{CFEM}{RCL}$ de 46,2%.

Os municípios Rio Piracicaba, Bela Vista de Minas e Antônio Dias também se sobressaíram na extração mineral na RGInt. Rio Piracicaba arrecadou R\$ 15,0 milhões da CFEM (19,1% da RCL), devido à produção de minério de ferro pela Vale e Apollo Resources.

Bela Vista de Minas arrecadou R\$ 7,5 milhões da CFEM em 2021 (47,0% da RCL), oriundos da operação da ArcelorMittal na mina do Andrade. Em Antônio Dias, foram arrecadados R\$ 16,6 milhões da CFEM em 2021 (26,5% da RCL municipal), provenientes da produção de minério de ferro na mina Baratinha, operada pela Bemisa. Frente à dependência econômica da mineração de alguns municípios da RGInt de Ipatinga, São Gonçalo do Rio Abaixo e Rio Piracicaba também foram escolhidos como cidades-sede do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados.

As informações apresentadas mostram que o setor mineral é de grande importância na RGInt de Ipatinga, principalmente no setor de transformação mineral, com a presença de grandes empresas da siderurgia. Tanto o setor extrativo quanto de siderurgia são setores chave na economia local, tendo multiplicadores de 1,11 e 1,29, respectivamente. A RGInt também possui o maior VAB da indústria como percentual do PIB no estado, com 36,7%, frente à média estadual de 24,3%. Alguns municípios, no entanto, apresentam alta participação da CFEM na RCL, indicando a necessidade de iniciativas de diversificação de forma a diminuir essa dependência.

2.3.3.6 RGInt de Juiz de Fora

- PIB (2020): R\$ 55,9 milhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 7,9%.
- Municípios de destaque: Juiz de Fora (31,5% do PIB da RGInt), Ubá (6,2%), Manhuaçu (5,6%), Muriaé (4,5%) e Ponte Nova (3,7%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 10,7%
 - Agropecuária: 5,8%
 - Indústria: 16,4%
 - Serviços: 67,1%.
- CFEM (2021): R\$ 21,9 milhões (0,8% do total do estado; 6ª maior arrecadação).

A Tabela 28 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Juiz de Fora.

Tabela 28 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Juiz de Fora

Setores-chave	Impacto na economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Serviços de informação e comunicação	1,47
Fabricação de alimentos	1,28
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	1,11
Construção	1,07
Transporte, armazenamento e correio	1,07
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,05
Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	1,00

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Apesar da presença da indústria, da agricultura e do setor de serviços dentre as atividades-chave da RGInt, não foi possível estabelecer uma relação direta entre elas e as cadeias produtivas minerais. Ainda assim, a RGInt de Juiz de Fora concentra 77,9% das reservas de bauxita em massa lavrável em Minas Gerais e 12,6% das reservas de manganês do estado (ANM, 2021).

Quanto à CFEM, destacou-se o município de Andrelândia, que arrecadou R\$ 3,0 milhões em 2021 (13,8% do total da RGInt; 40ª maior arrecadação do estado) devido à mineração de bauxita pela CBA. Em termos de dependência econômica, a arrecadação da CFEM correspondeu a 5,7% da RCL do município.

Percebe-se que, apesar da presença do setor mineral na RGInt, ele não ocupa uma posição dinamizadora da economia regional, estando fora dos setores-chave. A questão da dependência da mineração também não parece ser urgente, pois o município líder em arrecadação da CFEM, Andrelândia, não possui uma participação alta da CFEM na RCL. No entanto, a identificação de setores chave pode ser utilizada como insumo para a tomada de decisão de políticas públicas voltadas à diversificação e impulsionamento econômico. A presença de componentes dos três setores – indústria, agropecuária e serviços – é um indicativo das possibilidades de diversificação multissetorial da RGInt.

2.3.3.7 RGInt de Montes Claros

- PIB (2020): R\$ 29,8 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 4,2%.
- Municípios de destaque: Montes Claros (33,9% do PIB da RGInt), Pirapora (7,9%), Janaúba (4,1%), Bocaiuva (3,7%) e Várzea da Palma (3,1%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 9,3%
 - Agropecuária: 9,0%
 - Indústria: 15,8%
 - Serviços: 65,8%.
- CFEM (2021): R\$ 7,1 milhões (0,3% do total do estado; 9ª maior arrecadação).

A Tabela 29 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Montes Claros.

Tabela 29 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Montes Claros

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,41
Serviços de informação e comunicação	1,38
Construção	1,31
Transporte, armazenamento e correio	1,25

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Apesar de não configurar como setor-chave, a indústria extrativa se faz presente na RGInt de Montes Claros, especialmente no município de Riacho dos Machados, onde houve arrecadação de R\$ 3,0 milhões da CFEM (42,4% do total da RGInt; 41ª maior arrecadação do estado). Esse valor foi referente principalmente à produção de ouro pela empresa canadense Equinox Gold e correspondeu a 5,7% da receita líquida do município em 2021. Destaca-se que Riacho dos Machados foi também escolhida como uma das cidades-sede do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados.

A RGInt de Montes Claros foi responsável por 9,4% da produção beneficiada de ouro em Minas Gerais em 2020. Além disso, a região contém 14,8% dos recursos totais de rochas britadas e cascalhos do estado (ANM, 2021).

O setor mineral é relevante para a economia da RGInt de Montes Claros, porém não é considerado um dos setores chaves capazes de dinamizar a economia local. No entanto, os setores-chave identificados estão ainda concentrados em três municípios – Montes Claros, Pirapora e Grão Mogol. Portanto, o principal desafio é expandir o desenvolvimento para outros municípios dessa RGInt.

2.3.3.8 RGInt de Patos de Minas

- PIB (2020): R\$ 32,6 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 4,6%.

- Municípios de destaque: Paracatu (17,8% do PIB da RGInt), Patos de Minas (17,3%), Unai (10,6%), Patrocínio (10,5%) e João Pinheiro (5,9%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 7,7%
 - Agropecuária: 24,5%
 - Indústria: 18,2%
 - Serviços: 49,6%.
- CFEM (2021): R\$ 68 milhões (2,4% do total do estado; 5ª maior arrecadação).

A Tabela 30 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Patos de Minas.

Tabela 30 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Patos de Minas

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,70
Pecuária	1,48
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,41
Agricultura	1,34
Construção	1,31
Transporte, armazenagem e correio	1,30

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Apesar da indústria possuir menor relevância na RGInt quando comparada com a média do estado em 2020, a indústria extrativa mineral tem participação superior na estrutura produtiva da região. A região detém 48,1% das reservas lavráveis de ouro do estado, 80,5% das reservas lavráveis de potássio e 62,5% das reservas de fosfato. Ademais, a RGInt concentra toda produção beneficiada de zinco de Minas Gerais (ANM, 2021).

Em Paracatu, município de maior relevância econômica da RGInt, a indústria extrativa mineral relacionada à mineração das substâncias minerais metálicas não ferrosas e, principalmente, de metais preciosos (ouro), foi a atividade de maior contribuição para o valor agregado local. Em 2020, o município arrecadou R\$ 51,4 milhões referentes à CFEM (75,7% do total da RGInt; 11ª maior do estado). Os *royalties* minerais representaram 11,1% da receita corrente de Paracatu.

Considerando a finitude da atividade mineradora na região, a cidade implantou um conjunto de estratégias para atingir um processo efetivo de desenvolvimento sustentável. Destacam-se a elaboração do Plano Paracatu 2030 e a formação do Conselho Municipal de Desenvolvimento Sustentável. O plano destaca os pontos de vulnerabilidade do município, propondo medidas como o Sistema Local de Inovação e Diversificação Econômica, e conta com a criação do Fundo para o Desenvolvimento Sustentável, financiado pela arrecadação da CFEM (SÉRGIO, 2018).

O município de Vazante também se destaca dentre os demais em relação à mineração na RGInt. Em 2021, foram arrecadados R\$ 5,9 milhões da CFEM referentes à lavra de minério de zinco pela Nexa Resources. O valor corresponde a 7,3% da receita corrente do município.

Os dados e informações apresentados indicam que o setor extrativo mineral apresenta

relevância na economia da RGInt, apesar de não estar entre os setores chave, em função do alto número de reservas minerais. Isso indica possibilidades de expansão da atividade, ainda bastante concentrada no município de Paracatu. A questão da diversificação econômica dos municípios mineradores já é alvo de iniciativas locais no município.

2.3.3.9 RGInt de Pouso Alegre

- PIB (2020): R\$ 54,4 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 7,6%.
- Municípios de destaque: Extrema (22,1% do PIB da RGInt), Pouso Alegre (15,6%), Poços de Caldas (15,3%), Itajubá (6,3%) e Cambuí (3,5%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 17,4%
 - Agropecuária: 4,4%
 - Indústria: 20,3%
 - Serviços: 58,0%.
- CFEM (2021): R\$ 3,3 milhões (0,1% do total do estado; 12ª maior arrecadação).

A Tabela 31 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Pouso Alegre.

Tabela 31 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Pouso Alegre

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,31
Serviços de informação e comunicação	1,13
Pecuária	1,12
Transporte, armazenagem e correio	1,04
Comércio varejista e atacadista	1,01

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

A RGInt de Pouso Alegre, apesar de não apresentar elos produtivos significativos com a maior parte das cadeias produtivas da mineração, destaca-se na produção de águas minerais. Segundo o SIGMINE/ANM (2022), a RGInt concentra 34,3% das unidades produtivas de águas minerais do estado. Os municípios de Jacutinga (R\$ 747,7 mil; 22,8% da região) e São Lourenço (R\$ 379,3 mil; 11,6% da região) concentraram 58,9% dos *royalties* oriundos da produção de águas minerais em Minas Gerais.

Em termos de massa lavrável, a RGInt de Pouso Alegre detém 93,9% das reservas de feldspato de Minas Gerais, 17% das reservas de bauxita, 14% das reservas de rochas ornamentais e de revestimento, além de 13% das reservas de areias industriais (ANM, 2021).

As informações apresentadas indicam que o setor mineral possui menor relevância na economia da RGInt de Pouso Alegre, destacando-se, no entanto, a produção de águas minerais na região. A questão da dependência da mineração não foi mapeada entre os municípios da RGInt, uma vez que o destaque da região fica com a indústria alimentícia.

2.3.3.10 RGInt de Teófilo Otoni

- PIB (2020): R\$ 17,4 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 2,5%.
- Municípios de destaque: Teófilo Otoni (16,8% do PIB da RGInt), Nanuque (5,1%), Diamantina (5,0%), Capelinha (4,4%) e Almenara (3,8%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 6,2%
 - Agropecuária: 11,8%
 - Indústria: 9,4%
 - Serviços: 72,7%.
- CFEM (2021): R\$ 6,6 milhões (0,2% do total do estado; 10ª maior arrecadação).

A Tabela 32 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Teófilo Otoni.

Tabela 32 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Teófilo Otoni

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Construção	1,57
Serviços de informação e comunicação	1,57
Transporte, armazenamento e correio	1,55
Comércio varejista e atacadista	1,36
Fabricação de alimentos	1,35
Intermediação financeira, seguros e previdência complementar	1,34
Pecuária, inclusive apoio à pecuária	1,27

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Apesar da baixa complexidade da indústria mineral na RGInt, Teófilo Otoni se destaca na produção de grafita e lítio. O município de Pedra Azul arrecadou a maior parcela da CFEM na RGInt em 2021 (R\$ 2,0 milhões; 30,1%), referente principalmente à produção de grafita.

A RGInt detém cerca de 84,9% das reservas lavráveis estaduais de grafita e 73,2% das reservas de lítio contido de Minas Gerais, distribuídas nos territórios de Itinga e Araçuaí. A RGInt de Teófilo Otoni também é responsável por 29,2% das reservas lavráveis de areias industriais, 17,2% dos recursos totais de rochas britadas e cascalhos, 25,2% das reservas lavráveis de rochas ornamentais e de revestimento e 61,7% das reservas lavráveis de diamantes em Minas Gerais. Ademais, a RGInt de Teófilo Otoni compreende em seu território o APL homônimo, especializado na produção de gemas e joias.

Apesar de o setor mineral não ter sido identificado como setor chave na RGInt de Teófilo Otoni, e da participação do VAB da indústria no PIB da região ser pequena, segundo dados de 2020, o setor tem grandes possibilidades de expansão devido à presença de reservas de lítio e grafita, dois minerais considerados estratégicos para a transição energética. Vale destacar, nesse sentido, o Projeto Vale do Lítio, do Governo do Estado de Minas Gerais, que tem como objetivo promover o desenvolvimento econômico da região por meio do aproveitamento sustentável das reservas de lítio

da região, com esforços na atração de investimentos, negócios e empregos para a região do Vale do Jequitinhonha. Cabe ressaltar que, em 2023, a arrecadação de CFEM desta RGIInt teve um aumento significativo, em função do início de operação da Sigma Lithium, em Araçuaí.

2.3.3.11 RGIInt de Uberaba

- PIB (2020): R\$ 43,5 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 6,1%.
- Municípios de destaque: Uberaba (41,3% do PIB da RGIInt), Araxá (14,6%), Iturama (5,5%), Frutal (5,2%) e Sacramento (3,9%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 11,2%
 - Agropecuária: 12,1%
 - Indústria: 31,7%
 - Serviços: 45,0%.
- CFEM (2021): R\$ 18,1 milhões (0,6% do total do estado; 8ª maior arrecadação).

A Tabela 33 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGIInt de Uberaba.

Tabela 33 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGIInt de Uberaba

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,73
Pecuária	1,52
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,44
Agricultura	1,43
Transporte, armazenagem e correio	1,41
Refino de petróleo e coquerias	1,37
Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros	1,35

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Apesar de não figurar dentre os setores-chave da RGIInt de Uberaba, as atividades relacionadas à mineração são significativas para a economia de municípios da região. O município de Araxá, maior produtor global de nióbio, liderou a arrecadação de CFEM da RGIInt (R\$ 7,9 milhões; 44,1% do total da região). O montante correspondeu à 23ª maior arrecadação municipal do estado e representou 1,5% da RCL do município.

Outro destaque regional foi Tapira, que arrecadou R\$ 7,4 milhões da CFEM (40,8% do total da RGIInt; 25ª maior arrecadação do estado) pela lavra de rocha fosfática e beneficiamento do concentrado fosfático. Os *royalties* da mineração corresponderam a 13,7% da RCL do município, o que sugere a dependência econômica da atividade minerária. Frente a isso, Tapira também é uma das cidades-sede do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados.

Em relação às substâncias minerais presentes no território de Minas Gerais, a RGIInt de Uberaba detém 36,8% das reservas lavráveis de fosfato, 99,7% das reservas lavráveis de nióbio, 16,2% das reservas lavráveis de diamantes e 9,7% dos recursos totais de minério de manganês (ANM, 2021).

A mineração não configura atividade econômica de alta relevância na RGInt de Uberaba, embora seja uma atividade central de alguns municípios, como Tapira e Araxá. A presença de reservas lavráveis de fosfatos, nióbio, diamante e minério de manganês indicam novas possibilidades para o setor.

2.3.3.12 RGInt de Uberlândia

- PIB (2020): R\$ 59,6 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 8,4%.
- Municípios de destaque: Uberlândia (65,9% do PIB da RGInt), Araguari (10,4%), Ituiutaba (6,3%), Araporã (2,6%) e Monte Carmelo (2,2%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 17,4%
 - Agropecuária: 6,9%
 - Indústria: 24,8%
 - Serviços: 50,9%.
- CFEM (2021): R\$ 1,3 milhão (0,05% do total do estado; 13ª maior arrecadação).

A Tabela 34 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Uberlândia.

Tabela 34 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Uberlândia

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,72
Pecuária	1,52
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,44
Serviços de informação e comunicação	1,43
Transporte, armazenagem e correio	1,41
Refino de petróleo e coquerias	1,37

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Nenhum dos setores-chave da RGInt está diretamente atrelado às cadeias produtivas da mineração, sugerindo que a economia da região não depende destas. O município polo, Uberlândia, arrecadou a maior parcela da CFEM da RGInt (R\$ 561,6 mil; 43,6% do total da região). Em termos relativos, o valor é pouco expressivo, correspondendo à 97ª arrecadação do estado e a 0,02% da RCL do município de Uberlândia. O setor mineral não tem relevância econômica na RGInt de Uberlândia, na qual tem destaque a indústria alimentícia.

2.3.3.13 RGInt de Varginha

- PIB (2020): R\$ 48,1 bilhões.
- Participação no PIB de MG (2020): 6,7%.

- Municípios de destaque: Varginha (13,6% do PIB da RGInt), Alfenas (5,9%), Lavras (5,8%), Passos (5,7%) e Três Corações (5,7%).
- Composição do PIB (2020):
 - Impostos: 11,1%
 - Agropecuária: 12,2%
 - Indústria: 16,8%
 - Serviços: 60%.
- CFEM (2021): R\$ 6,2 milhões (0,2% do total do estado; 11ª maior arrecadação).

A Tabela 35 apresenta as atividades consideradas setores-chave, com fortes encadeamentos como fornecedores de insumos e como demandantes na economia da RGInt de Varginha.

Tabela 35 – Multiplicadores de produção dos setores-chave da RGInt de Varginha

Setores-chave	Impacto na Economia (R\$ gerado a cada R\$1 investido)
Fabricação de alimentos	1,74
Pecuária, inclusive apoio à pecuária	1,51
Serviços de informação e comunicação	1,45
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	1,44
Transporte, armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio	1,34

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em FJP (2023b)

Nenhuma atividade diretamente relacionada à cadeia produtiva mineral foi elencada como setor-chave para a economia da RGInt de Varginha. A região se destaca pelas reservas lavráveis de areias industriais (28,3% do total do estado), de argilas (18,3%) e de rochas ornamentais e de revestimento (16,7%). Em termos da CFEM, o município de Itaú de Minas arrecadou o maior montante da RGInt em 2021 (R\$ 1,6 milhão; 26,1% do total da RGInt; 59ª maior valor do estado), advindo da produção de minerais industriais, como areia e cimentos.

Da mesma forma que a RGInt de Uberlândia, o setor mineral dessa RGInt apresenta pouca relevância econômica. No entanto, a região é destaque em reservas lavráveis de alguns minerais, como areias industriais, argilas e rochas ornamentais e de revestimentos. A questão da dependência econômica da mineração não indica ser um problema nos municípios mineradores da RGInt de Varginha.

2.3.4 Atividades Promissoras e Conexões primárias

Uma economia com a habilidade de gerar uma ampla variedade de produtos é aquela que dispõe de uma extensa diversidade de conhecimentos produtivos, sendo capaz de combiná-los de diversas maneiras. Assim, pode-se afirmar que economias mais diversificadas são também mais sofisticadas. Além disso, produtos de difícil produção geralmente demandam a integração de uma quantidade mais extensa e especializada de conhecimento, em comparação com itens de fabricação mais simples. Esses produtos

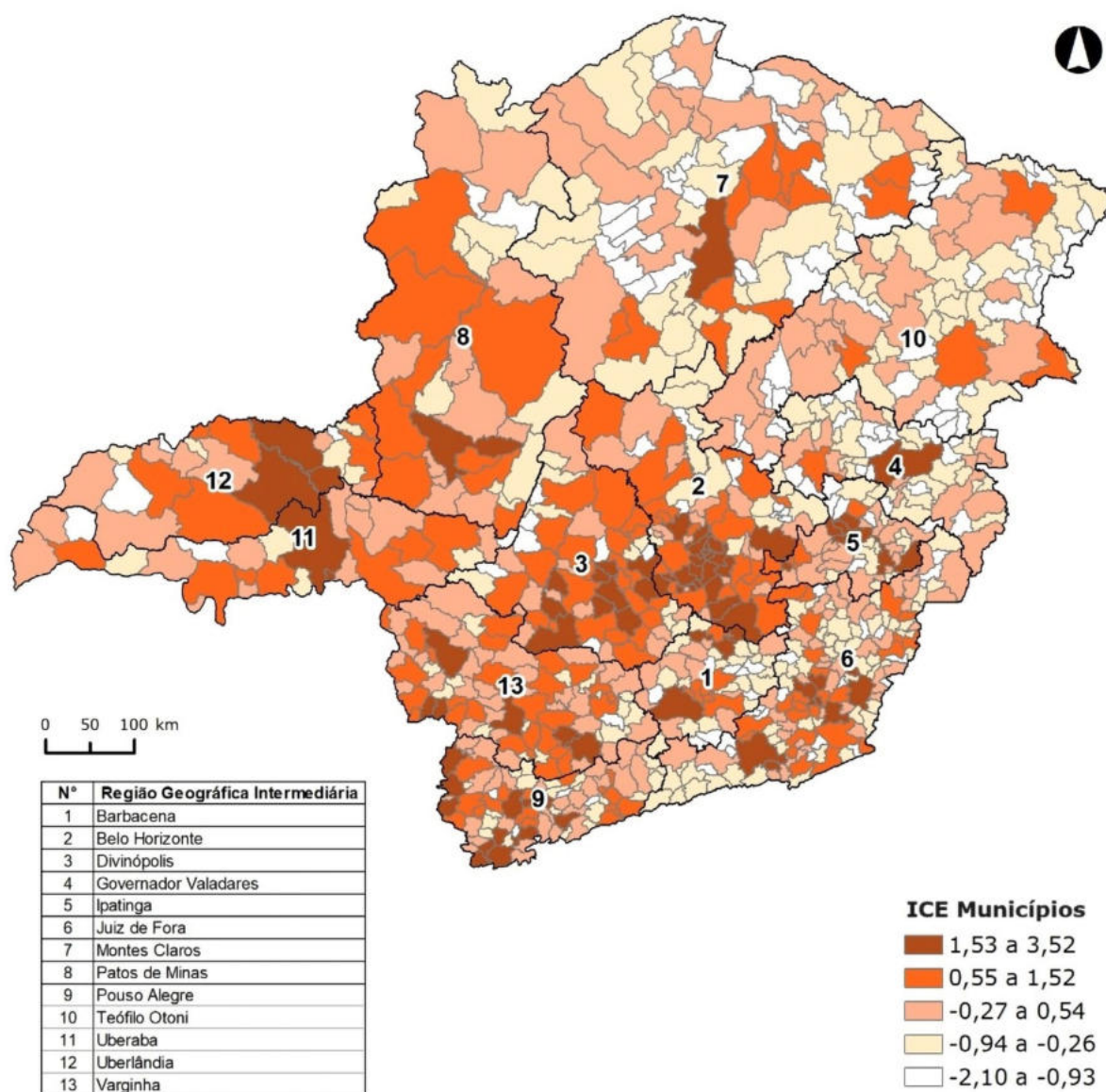
também requerem tipos mais específicos de conhecimento que não estão disponíveis em todos os lugares.

Com base nesses conceitos, foram calculados os Índices de Complexidade Econômica (ICE) para os municípios de Minas Gerais. Esse índice é utilizado na literatura de desenvolvimento regional para medir as capacidades produtivas de uma região com base no nível de complexidade de suas principais atividades econômicas.

Ele leva em consideração dois princípios. Primeiro, que economias que produzem uma grande diversidade de bens possuem uma ampla gama de conhecimentos produtivos, tornando-as mais sofisticadas. Segundo, que a produção de bens mais complexos requer a combinação de conhecimentos específicos, muitas vezes únicos a certas regiões, tornando-os difíceis de replicar e refletindo maior sofisticação econômica. Os índices de complexidade podem ser entendidos como uma medida do nível de sofisticação das estruturas produtivas, que é determinado pela trajetória histórica de acúmulo de conhecimento produtivo das regiões, que deriva das decisões das firmas de operarem em determinado local. Ou seja, capta-se a multidimensionalidade atrelada ao desenvolvimento produtivo das regiões. O cálculo dos índices de complexidade segue a metodologia de Hidalgo e Hausmann (2009). Quanto maior o valor encontrado para o índice, mais complexa é a economia de uma região. Quanto menor, menos complexa. Portanto, valores mais altos tendem a ser melhores.

O esquema de cores da ilustração indica as faixas de valores do ICE nos 853 municípios mineiros, de modo que, quanto mais escura, maior é a complexidade econômica do município, e, quanto mais clara, menor é seu ICE (Figura 97).

Figura 97 – Complexidade econômica dos municípios de Minas Gerais (2021)



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Parte da especialização de diversos municípios e regiões mineiras está pautada nas atividades extrativas e demais etapas da cadeia produtiva mineral. Portanto, a análise dos índices de complexidade, além de mostrar quais RGLnts tem essas como principais atividades econômicas,

também demonstra quais os municípios mais complexos da região e quais precisam de maior atenção quanto à diversificação econômica.

Quase todas as RGInts, com exceção de Teófilo Otoni, possuem pelo menos um município com alta complexidade econômica, com destaque notável para as RGInts de Belo Horizonte, Divinópolis e Ipatinga. Isso indica que essas regiões possuem estruturas produtivas mais sofisticadas, além de registrar as maiores participações no VAB da Indústria Extrativa, maiores PIB per capita e IDH municipais. Vale ressaltar que o aumento da complexidade regional está associado ao futuro crescimento nas taxas de renda per capita e emprego formal (HIDALGO; HAUSMANN, 2009).

A Tabela 36 apresenta o indicador de complexidade econômica das treze RGInts de Minas Gerais, ranqueadas em ordem decrescente.

Tabela 36 – Ranking de complexidade econômica das RGInts

Ranking	RGInt	ICE
1ª	Belo Horizonte	3,15
2ª	Uberlândia	0,33
3ª	Ipatinga	0,22
4ª	Juiz de Fora	-0,08
5ª	Governador Valadares	-0,18
6ª	Uberaba	-0,19
7ª	Pouso Alegre	-0,21
8ª	Teófilo Otoni	-0,23
9ª	Barbacena	-0,36
10ª	Montes Claros	-0,45
11ª	Patos de Minas	-0,55
12ª	Varginha	-0,65
13ª	Divinópolis	-0,81

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

As três RGInts mais complexas são caracterizadas por uma concentração significativa de municípios de alta complexidade, destacando-se especialmente a RGInt de Belo Horizonte, que apresenta uma estrutura produtiva mais sofisticada em comparação às demais. No entanto, a RGInt de Divinópolis, embora tenha vários municípios com alta complexidade, registrou a menor complexidade das RGInts, indicando uma notável heterogeneidade nas estruturas produtivas dos municípios que a compõem.

Ao examinar as atividades especializadas e setores-chave de desenvolvimento, apontados na seção anterior, nota-se que, em grande parte, os municípios com alta complexidade ainda mantêm dependência de diversas atividades de baixa complexidade. Portanto, há oportunidade para aprimorar as estruturas produtivas, incorporando atividades mais complexas que possam aproveitar a estrutura já estabelecida, promovendo assim uma diversificação direcionada pela complexidade econômica (Tabela 37).

Tabela 37 – Ranking de complexidade econômica (2021) dos municípios com os maiores ICE

Maiores ICE			
Ranking	RGIInt	Município	ICE
1º	Belo Horizonte	Betim	3,52
2º	Pouso Alegre	Extrema	3,41
3º	Divinópolis	Nova Serrana	3,11
4º	Belo Horizonte	Contagem	3,03
5º	Belo Horizonte	Belo Horizonte	2,83
6º	Belo Horizonte	Nova Lima	2,73
7º	Juiz de Fora	Juiz de Fora	2,69
8º	Uberlândia	Uberlândia	2,68
9º	Pouso Alegre	Pouso Alegre	2,67
10º	Pouso Alegre	Santa Rita do Sapucaí	2,60
11º	Belo Horizonte	Vespasiano	2,54
12º	Divinópolis	Itaúna	2,53
13º	Varginha	Varginha	2,52
14º	Pouso Alegre	Itajubá	2,52
15º	Divinópolis	Divinópolis	2,50
16º	Belo Horizonte	Sete Lagoas	2,46
17º	Belo Horizonte	Juatuba	2,40
18º	Pouso Alegre	Camanducaia	2,40
19º	Belo Horizonte	Matozinhos	2,36
20º	Uberaba	Uberaba	2,36

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

De acordo com esses resultados, a análise das potencialidades e setores-chave de desenvolvimento destaca que Betim apresenta um alto nível de especialização em diversas atividades econômicas, comparativamente ao restante do estado, evidenciando sua diversificação, inclusive no setor de refino de petróleo, parte integrante da cadeia produtiva mineral. Para os demais municípios, a importância da especialização local foi notada especialmente em atividades da indústria extrativa mineral e na indústria de transformação diretamente vinculada à mineração (DATAVIVA, 2023).

A Tabela 38 apresenta os indicadores de complexidade econômica dos 10 municípios que lideraram, em 2021, a arrecadação de CFEM no estado. Observa-se que estes municípios podem ser agrupados nos dois maiores níveis de complexidade econômica. O grupo de municípios enquadrados na categoria “muito alto ICE” (cor mais escura na Figura 97) é composto por Nova Lima, Itabirito Itabira e Ouro Preto; e com um “alto ICE” (segunda cor mais escura na Figura 97), por São Gonçalo do Rio Abaixo, Congonhas,

Itatiaiuçu, Brumadinho, Mariana e Conceição do Mato Dentro. Essas categorias de ICE são relativas aos resultados encontrados na análise de Minas Gerais, isto é, o considerado “alto” ou “muito alto” é relativo ao restante do estado. Importante ressaltar que estes municípios se destacam no recorte selecionado para a análise, pois os dados consideram somente o estado de Minas Gerais. Se comparada em relação a todo o Brasil, por exemplo, a complexidade desses municípios poderia não ser tão alta. No entanto, essa comparação não é o objeto deste estudo.

Os resultados estão alinhados com a análise local de desenvolvimento do ISDEL, indicando que esses municípios mantêm níveis elevados de desenvolvimento relativamente ao restante do estado de MG. A especialização em atividades econômicas minerais, especialmente no setor extrativista mineral, impulsiona o crescimento econômico, mas pode também resultar na formação de enclaves produtivos com limitada capacidade de encadeamento da atividade primária exportadora, conforme proposto por Hirschman (1958).

Tabela 38 – Complexidade econômica dos 10 municípios com maior arrecadação de CFEM em Minas Gerais (2021)

Município	ICE
Nova Lima	2,73
Itabirito	1,83
Itabira	1,81
Ouro Preto	1,76
São Gonçalo do Rio Abaixo	1,48
Congonhas	1,35
Itatiaiuçu	1,29
Brumadinho	1,18
Mariana	1,17
Conceição do Mato Dentro	1,12

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

A análise da complexidade econômica das RGInts e dos municípios mineiros destaca a relação entre complexidade e crescimento associado ao desenvolvimento regional. Considerando o conceito da "maldição dos recursos"³⁵, a diversificação econômica é um caminho que deve ser incentivado. A abordagem da complexidade econômica desempenha um papel fundamental na caracterização, ranqueamento e previsão de atividades com potencial de desenvolvimento local. Essas são atividades com alto grau de complexidade já existentes nos municípios, com muitas conexões na cadeia produtiva. Não necessariamente essas atividades estão relacionadas diretamente à cadeia produtiva mineral, tendo em vista a busca pela diversificação e diminuição da dependência da mineração nos municípios mineradores.

A análise detalhada da complexidade das atividades econômicas, considerando competências locais, busca alternativas de diversificação. Assim, por essas técnicas podem ser identificadas atividades promissoras nas RGInts, destacando a importância de considerar a estrutura produtiva existente para orientar caminhos de diversificação rumo à maior complexidade produtiva.

A estratégia de diversificação *Smart Specialization Strategies* (S3) é adotada por

vários países em seus planos de desenvolvimento. A S3 propõe concentrar intervenções de desenvolvimento em setores nos quais as regiões já possuem competências, visando impulsionar o crescimento da produtividade. Essa abordagem busca criar vantagens competitivas, aproveitando as dinâmicas locais e estruturas socioeconômicas ou institucionais existentes.

Este estudo utilizou três dimensões da literatura de complexidade econômica para calcular um score que identifica atividades promissoras nas RGInts do estado. Os parâmetros incluem o índice de vantagem comparativa revelada (VCR), a complexidade de setores (PCI) e o índice de densidade da atividade (IDA). Cada índice orienta características específicas de competitividade nas atividades produtivas de cada RGInt. O VCR indica quais atividades empregam mais na região em relação à média de Minas Gerais. O PCI classifica as atividades com base nas competências necessárias para produção competitiva. O IDA mostra a proximidade de uma atividade se tornar uma nova especialidade com base nas competências já presentes na região.

O Quadro 34 resulta da análise da estrutura produtiva de Minas Gerais, destacando a atividade mais promissora em cada

³⁵ A maldição de recursos, ou "doença holandesa", a depender da abordagem, é um fenômeno em que economias abundantes em recursos naturais tendem a se especializar na produção de *commodities* em detrimento dos bens manufaturados de maior conteúdo tecnológico. Como resultado, o setor de bens manufaturados perde fatores de produção (capital e trabalho) que são deslocados para os setores de bens não comercializáveis e intensivos em recursos naturais. Ao final do processo, os setores de não comercializáveis e recursos naturais são ampliados, enquanto o setor de bens comercializáveis, especialmente a indústria, sofre uma retração. Com isso, essas economias são menos diversificadas e tendem a apresentar um desempenho socioeconômico inferior (Bresser-Pereira; Marconi, 2008).

RGInt, com exceção de Belo Horizonte. Essa RGInt não apresenta produtos promissores nesse contexto, pois é considerada a região mais complexa e dinâmica entre as analisadas. Importante destacar que as atividades e conexões aqui identificadas foram originadas de estudo preliminar e, embora fundamentadas, é importante que tais estudos sejam aprofundados para melhor indicação e discussão das potencialidades de cada região ou município.

Quadro 34 – Principal atividade promissora por RGInt de Minas Gerais

RGInt	CNAE	Descrição da Atividade Promissora
Uberlândia	43223	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração
Ipatinga	85414	Educação profissional de nível técnico
Juiz de Fora	36006	Captação, tratamento e distribuição de água
Governador Valadares	65502	Planos de saúde
Uberaba	36006	Captação, tratamento e distribuição de água
Pouso Alegre	87123	Atividades de fornecimento de infraestrutura de apoio e assistência a paciente no domicílio
Teófilo Otoni	82113	Serviços combinados de escritório e apoio administrativo
Barbacena	71120	Serviços de engenharia
Montes Claros	29492	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores não especificados anteriormente
Patos de Minas	42928	Montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas
Varginha	28291	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral não especificados anteriormente
Divinópolis	95118	Reparação e manutenção de computadores e de equipamentos periféricos

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

A RGInt de Uberlândia se destaca como a segunda mais complexa. A atividade promissora escolhida para essa região, envolvendo instalações hidráulicas, sistemas de ventilação e refrigeração, possui elevada complexidade e não está vinculada à indústria mineradora, o que sugere um potencial para aumentar sua diversificação econômica.

Além da análise das atividades promissoras, a plataforma DataViva revela os grupos de atividades econômicas associados a cada uma delas, fornecendo um indicativo significativo da direção de diversificação para cada região com base na atividade promissora identificada.

Conexões primárias para “Instalações Hidráulicas e de Sistemas de Refrigeração” (Uberlândia):

- Instalações Elétricas
- Montagem de Instalações Industriais e de Estruturas Metálicas
- Outras Obras de Instalações em Construções
- Manutenção de Equipamentos Eletroeletrônicos

As atividades promissoras para as RGInts de Pouso Alegre e Governador Valadares estão focadas na área da saúde. A atividade de “Planos de Saúde”, recomendada para Governador Valadares, possui amplas conexões que facilitam a diversificação a partir da sua especialização. Por outro lado, a atividade sugerida para Varginha pode ter vínculos com a mineração, mas também oferece diversas alternativas que indicam direções distintas.

Conexões para “Planos de Saúde” (Governador Valadares):

- Seguros, Previdência Complementar e dos Planos de Saúde

- Corretoras de Títulos de Valores Mobiliários
- Consultorias em Gestão Empresarial
- Seguros Não Vida
- Previdência Complementar Fechada
- Atacado de Fármacos para Uso Humano e Veterinário

Conexões para “Fabricação de Máquinas e Equipamentos” (Varginha):

- Fabricação de Máquinas para as Indústrias de Alimentos, Bebidas e Fumo
- Fabricação de Geradores e Transformadores
- Metalurgia de Outros Metais Não Ferrosos e suas Ligas
- Fabricação de Componentes Eletrônicos
- Fundição de Ferro e Aço
- Fabricação de Vidro Plano
- Fabricação de Máquinas de Refrigeração e Ventilação
- Fabricação de Equipamentos para Distribuição de Energia Elétrica
- Fabricação de Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos
- Fabricação de Outras Máquinas e Equipamentos para Uso Industrial Específico
- Fabricação de Máquinas-Ferramenta
- Fabricação de Máquinas para a Indústria Metalúrgica

As demais RGLnts apresentaram um nível baixo de desenvolvimento da sua estrutura produtiva.

Considerando os municípios com participação superior a 10% da CFEM na RCL (Quadro 35), têm-se as seguintes áreas que englobam as atividades promissoras: 1) Saúde, 2) Serviços Financeiros, 3) Tecnologia, 4) Metalúrgica e 5) Atividades Regionais.

Quadro 35 – Atividade promissora por município com participação da CFEM superior a 10% na RCL

Município	CNAE	Descrição da Atividade Promissora	Área
Desterro de Entre Rios	86305	Atividades de Atenção Ambulatorial Executadas por Médicos e Odontólogos	Saúde
Conceição do Mato Dentro	65502	Planos de Saúde	
Itabira	65502	Planos de Saúde	
Belo Vale	64221	Bancos Múltiplos com Carteira Comercial	Serviços Financeiros
Catas Altas	64221	Bancos Múltiplos com Carteira Comercial	
Rio Piracicaba	64221	Bancos Múltiplos com Carteira Comercial	
Passa Tempo	64221	Bancos Múltiplos com Carteira Comercial	
Bela Vista de Minas	64247	Crédito Cooperativo	
Antônio Dias	64247	Crédito Cooperativo	

Município	CNAE	Descrição da Atividade Promissora	Área
Itatiaiuçu	24512	Fundição de Ferro e Aço	Metalurgia
Itabirito	42928	Montagem de Instalações Industriais e de Estruturas Metálicas	
Congonhas	20932	Fabricação de Aditivos de Uso Industrial	
Brumadinho	28402	Fabricação de Máquinas-Ferramenta	
Santa Bárbara	25993	Fabricação de Produtos de Metal Não Especificados Anteriormente	
Piracema	25993	Fabricação de Produtos de Metal Não Especificados Anteriormente	
Sarzedo	25993	Fabricação de Produtos de Metal Não Especificados Anteriormente	
Rio Acima	25993	Fabricação de Produtos de Metal Não Especificados Anteriormente	
Barão de Cocais	23419	Fabricação de Produtos Cerâmicos Refratários	
Paracatu	62031	Desenvolvimento e Licenciamento de Programas de Computador Não Customizáveis	Tecnologia
Tapira	36006	Captação, Tratamento e Distribuição de Água	Regional
Nazareno	71120	Serviços de Engenharia	

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+

Em relação à área da Saúde, as atividades de “Planos de Saúde” possuem alta complexidade. No entanto, a atividade identificada para Desterro de Entre Rios, “Atividades de Atenção Ambulatorial Executadas por Médicos e Odontólogos”, apresenta baixa complexidade e contribui minimamente para o aumento da complexidade do município. Essa característica não representa um problema, uma vez que a metodologia visa identificar atividades com potencial de conexão com setores mais complexos e dinâmicos, trazendo benefícios para a região em uma perspectiva de longo prazo.

Conexões para “Atividades de Atenção Ambulatorial, Executadas por Médicos e Odontólogos”:

- Serviços de Diagnóstico e Terapia
- Atividades de Outros Profissionais da Área da Saúde
- Outras Atividades de Atenção à Saúde Humana
- Atendimento Hospitalar

A área de “Serviços Financeiros” destaca-se por abrigar atividades promissoras, como “Bancos Múltiplos com Carteira Comercial” e “Cooperativas de Crédito”. Essas atividades são especialmente indicadas para a diversificação econômica desses municípios. Tais estratégias, em geral, buscam fomentar o empreendedorismo, criar um ambiente competitivo nos negócios e incentivar investimentos em setores não dependentes de recursos naturais.

Ressalta-se que os resultados obtidos não devem ser considerados infalíveis. A metodologia empregada tem como objetivo aprimorar a focalização das políticas ao identificar atividades promissoras para a diversificação, com base nas evidências empíricas disponíveis. No entanto, como no caso de “Serviços Financeiros”, outras restrições podem reduzir a atratividade da atividade selecionada. Ao se tratar de uma atividade-meio, torna-se imperativo ponderar acerca de outras atividades produtivas que possam ser identificadas para os municípios em questão. A metodologia pode ser utilizada para criar um ranking completo das atividades, desde as mais promissoras até as menos promissoras. A partir desse ponto, porém, seria necessário realizar estudos de caso mais específicos para avaliar a viabilidade das atividades identificadas.

Conexões para “Atividades de Bancos Múltiplos com Carteira Comercial”:

- Bancos de Investimento
- Bancos de Câmbio
- Bancos Múltiplos, sem Carteira Comercial
- Bolsas de Valores e Mercadorias
- Bancos Comerciais
- Seguros de Vida
- Crédito Cooperativo

Conexões para “Atividades de Crédito Cooperativo”:

- Corretoras de Títulos de Valores Mobiliários
- Bancos Comerciais
- Bancos Múltiplos, com Carteira Comercial

A área da Metalurgia abrange as atividades promissoras, principalmente da Indústria de Transformação. Apesar da ligação intrínseca das seis atividades metalúrgicas com a mineração, observa-se uma crescente diversificação de conexões com outras atividades econômicas, como indicado pelas conexões primárias de cada atividade.

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Fundição de Ferro e Aço”:

- Fabricação de Outros Produtos de Metal
- Fabricação de Máquinas e Equipamentos de Uso Geral
- Fabricação de Outras Peças e Acessórios para Automóveis
- Metalurgia de Outros Metais Não Ferrosos e suas Ligas
- Produção de Artefatos Estampados de Metal
- Fabricação de Máquinas para a Agropecuária

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Montagem de Instalações Industriais e de Estruturas Metálicas”:

- Instalações Hidráulicas e de Sistemas de Refrigeração
- Instalações Elétricas
- Outras Obras de Engenharia Civil
- Outras Obras de Instalações em Construções
- Fabricação de Estruturas Metálicas
- Construção de Embarcações e Estruturas Flutuantes

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Montagem da Fabricação de Aditivos de Uso Industrial”:

- Fabricação de Desinfetantes

- Fabricação de Defensivos Agrícolas
- Fabricação de Tintas de Impressão
- Fabricação de Medicamentos para Uso Humano
- Fabricação de Medicamentos para Uso Veterinário
- Fabricação de Produtos Farmoquímicos

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Montagem da Fabricação de Máquinas-Ferramenta”:

- Fabricação de Máquinas para as Indústrias de Papel e Celulose
- Fabricação de Máquinas para as Indústrias do Vestuário, do Couro e de Calçados
- Fabricação de Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos
- Fabricação de Válvulas e Registros
- Fabricação de Motores e Turbinas
- Fabricação de Equipamentos de Transmissão
- Fabricação de Máquinas e Equipamentos de Uso Geral

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Montagem da Fabricação de Produtos de Metal”:

- Fabricação de Móveis de Metal
- Fabricação de Outros Artefatos de Material Plástico
- Fabricação de Estruturas Metálicas
- Fabricação de Produtos de Trefilados de Metal
- Produção de Artefatos Estampados de Metal
- Fabricação de Artigos de Metal para Uso Doméstico
- Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte

Conexões para “Atividade Promissora Relacionada à Montagem da Fabricação de Produtos Cerâmicos Refratários”:

- Metalurgia de Outros Metais Não Ferrosos e suas Ligas
- Fabricação de Outros Produtos de Minerais Não Metálicos
- Fabricação de Cal e Gesso

Uma alternativa que se distancia ainda mais do setor de mineração é estimular atividades alinhadas à trajetória de desenvolvimento indicada para a RGIInt do município. Dessa forma, a diversificação assume um caráter regional, considerando setores de atividades relacionados com um nível de esforço de deslocamento espacial.

Paracatu destaca-se como o único município da lista com uma atividade voltada para a tecnologia. Essa atividade apresenta alta complexidade e representa um significativo avanço de sofisticação para o município. Contudo, a densidade e os conhecimentos prévios na região indicam um esforço relativamente elevado, dependente de incentivos para tornar-se competitivo nessa atividade.

Conexões para “Desenvolvimento e Licenciamento de Programas de Computador Não Customizáveis”:

- Suporte Técnico em Tecnologia da Informação
- Serviços de Hospedagem na Internet
- Aluguel de Equipamentos para Escritório
- Varejo de Equipamentos e Suprimentos de Informática
- Desenvolvimento de Programas de Computador Sob Encomenda
- Manutenção de Computadores e Periféricos
- Consultoria em TI

Para os municípios de Tapira e Nazareno, as atividades promissoras indicadas seguem a orientação delineada para suas respectivas RGInts. A atividade de “Captação, Tratamento e Distribuição de Água”, recomendada para a RGInt de Uberaba, contribui modestamente para a complexidade do município de Tapira. Assim, a estratégia de diversificação deve focar em atividades relacionadas, fortalecendo a estrutura local a partir do setor indicado. Dessa forma, políticas regionais de diversificação são essenciais para estimular conexões espaciais.

A mesma lógica se aplica aos “Serviços de Engenharia”, indicados para a RGInt de Barbacena. Essa atividade não impulsiona diretamente a sofisticação do município de Nazareno, portanto a estratégia de diversificação deve se concentrar em atividades interligadas e no fortalecimento do setor em termos regionais, promovendo conexões espaciais por proximidade.

2.4 Pequenos e Micromineradores

2.4.1 Perfil dos Pequenos e Micromineradores

Na Resolução n.º 129 da ANM, é definido minerador de pequeno porte como aquele com faturamento anual de até R\$ 16,8 milhões. A classificação do porte da lavra é feita de acordo com a produção bruta de minério (ROM), e o Anuário Mineral Brasileiro detalha categorias de minas, sendo consideradas grandes as minas com produção de ROM anual maior que 1 milhão de toneladas; médias, as minas com ROM anual entre 100 mil e 1 milhão de toneladas; pequenas as minas com produção bruta anual entre 10 mil e 100 mil toneladas; e micro, as minas com produção bruta anual menor que 10 mil toneladas. Importante ressaltar que a mineração, principalmente secundária, de substâncias minerais de alto valor, especialmente ouro, diamante e gemas (pedras preciosas e semipreciosas), dificulta tal classificação (DNPM, 2016).

O porte da atividade também pode ser definido pelo viés da mão de obra envolvida, porém todos esses conceitos usados para a definição do micro e pequeno empreendimento de mineração acabam por não atender de forma ampla a definição desse segmento da atividade mineral. Há várias razões para essa dificuldade, como a grande diversidade de substâncias minerais produzidas, as diferenças de valor de mercado desses produtos e as diferentes formas de lavra e beneficiamento que cada substância mineral demanda. Ressalta-se, ainda, que o setor mineral também faz uso do termo “mineração artesanal” para conceituar pequenos ou microempreendimentos, individuais ou em associativismo.

Devido ao nível de tecnologia e recursos aplicados, é ocasionada uma baixa recuperação do recurso mineral, reduzido retorno econômico e potencial impacto ambiental. Sendo assim, os depósitos explorados pela mineração em pequena escala são, geralmente, depósitos secundários, sendo possível a utilização de equipamentos não especializados para a lavra (MINERAÇÃO..., 2019).

O documento publicado pelo *International Council on Mining and Metals* (ICMM, 2010) incorpora diversas considerações sobre a mineração artesanal e de pequena escala, oriundas de autores como Al-Hassan (1997 *apud* HILSON, 2002) e Noestaller (1994):

- I. A mineração artesanal e em pequena escala inclui atividades formais e informais;
- II. É fundamental para a economia mineral, possuindo contribuição significativa na produção global de minerais não combustíveis;
- III. É fundamental para a redução da pobreza, aumento do capital comunitário e diversificação da economia local, principalmente em áreas rurais de países em desenvolvimento.

O Projeto Meta, parceria do Banco Mundial com o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2018b), destaca a contribuição da mineração em pequena escala para a redução da pobreza, principalmente em regiões rurais, por meio da geração de emprego, geração de renda e desenvolvimento dos sistemas econômicos locais. Do ponto de vista social, a mineração em larga escala gera mais empregos, porém com restrição de absorção da mão de obra local, uma vez que trabalha com bases tecnológicas mais modernas, exigindo níveis diferenciados de especialização (SALUM, 2022).

De acordo com o *Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development* (IGF), mundialmente, mais de 40 milhões de pessoas dependem da mineração artesanal e em pequena escala, atingindo a marca de 150 milhões de pessoas ao considerar quem depende indiretamente das atividades do setor. No Brasil, em 2018, levando em conta a informalidade, a quantidade de trabalhadores da mineração atuando em micro e pequenos empreendimentos correspondia a 40% do total de trabalhadores da atividade (BRASIL, 2018b).

Apesar da sua baixa produtividade, é uma fonte importante de substâncias minerais metálicas, não metálicas e gemas (Brasil, 2018b), tendo grande relevância econômica. Segundo Hilson (2002), a mineração em

pequena escala é social e economicamente importante, contribuindo para o desenvolvimento de regiões de limitado potencial econômico, com maior integração e articulação da economia local, inclusão social, menor requisito de infraestrutura e balanço líquido de divisas favorável (DNPM, 2005). Uma compreensão mais aprofundada sobre a relevância econômica das micro e pequenas empresas é dificultada pela elevada informalidade, em que as estatísticas oficiais não retratam a realidade (BRASIL, 2018b).

A maior parte dos problemas encontrados estão associados às limitações técnicas e financeiras. Além disso, aspectos relacionados à natureza familiar, ao nível educacional, ao despreparo gerencial, acesso ao crédito e carga tributária são comuns à mineração em pequena escala, o que pode contribuir para a informalidade das operações, menor segurança e maior impacto ambiental (VALE, 2000).

As características setoriais fazem com que o perfil dos pequenos produtores de areia ou de argila seja diferente daqueles que produzem os chamados minerais garimpáveis – e mesmo dentre esses há diferenças. O valor econômico do bem mineral, sua natureza geológica e processos de beneficiamento utilizados fazem com que os garimpeiros de gemas sejam mais locais, enquanto os de ouro vêm de todas as partes do país, a partir do momento em que é anunciada a sua ocorrência em algum sítio geológico. Especificamente em Minas Gerais, os garimpeiros de gemas dos Vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha têm exatamente a característica de serem locais, usualmente com baixo nível de escolaridade, de idades diferenciadas e, predominantemente, do sexo masculino (SALUM, 2005).

Há em torno dos pequenos produtores de minerais garimpáveis uma organização própria, cujos atores se diferenciam em termos de recursos financeiros e de direito sobre a produção. Em termos gerais, eles se dividem entre: o dono da terra (superficiário), o titular do direito minerário, o financiador do garimpo e o garimpeiro propriamente dito. O percentual da produção que cabe a cada um deles varia muito de região para região e em função do tipo de bem mineral,

com o garimpeiro recebendo parte da produção, quase sempre a menor. Por outro lado, os financiadores do garimpo fornecem uma cesta básica ou algum recurso financeiro de subsistência para o garimpeiro até que ele encontre o bem mineral. Essa é, em tese, uma estrutura que não difere essencialmente de uma pequena empresa de mineração, mas que na realidade muito pode prejudicar o que poderia ser chamado de uma organização socialmente justa (SALUM, 2003).

A formação de cooperativas de garimpeiros³⁶ tem sido apontada como uma solução para a redução das injustiças sociais e dos impactos ambientais, para a melhoria da segurança no trabalho, e, em especial, para a diminuição da informalidade (OCB, 2022). A despeito das vantagens do cooperativismo, ainda hoje este não tem sido o modelo adotado de forma ampla nos garimpos (BRASIL, 2018b).

Para os minerais da construção civil, argila e areia, o modelo de trabalho associativo é o mais comum, enquanto o de rochas ornamentais atua, preferencialmente, em estruturas um pouco mais robustas, como empresas de pequeno a médio porte, devido à necessidade de trabalho mais especializado. No caso específico do diamante, o perfil do setor agrega associações, cooperativas, pequenas e médias empresas. No passado, o perfil dos produtores de diamante era semelhante ao descrito anteriormente para os garimpeiros de gemas, mas esse quadro mudou a partir da instituição do Certificado Kimberley, ou certificado de origem do diamante. A recente possibilidade de rastreamento da origem do ouro, ainda em estágio experimental, deverá contribuir para uma maior organização desse segmento e, como aconteceu com o diamante, para a redução da informalidade.

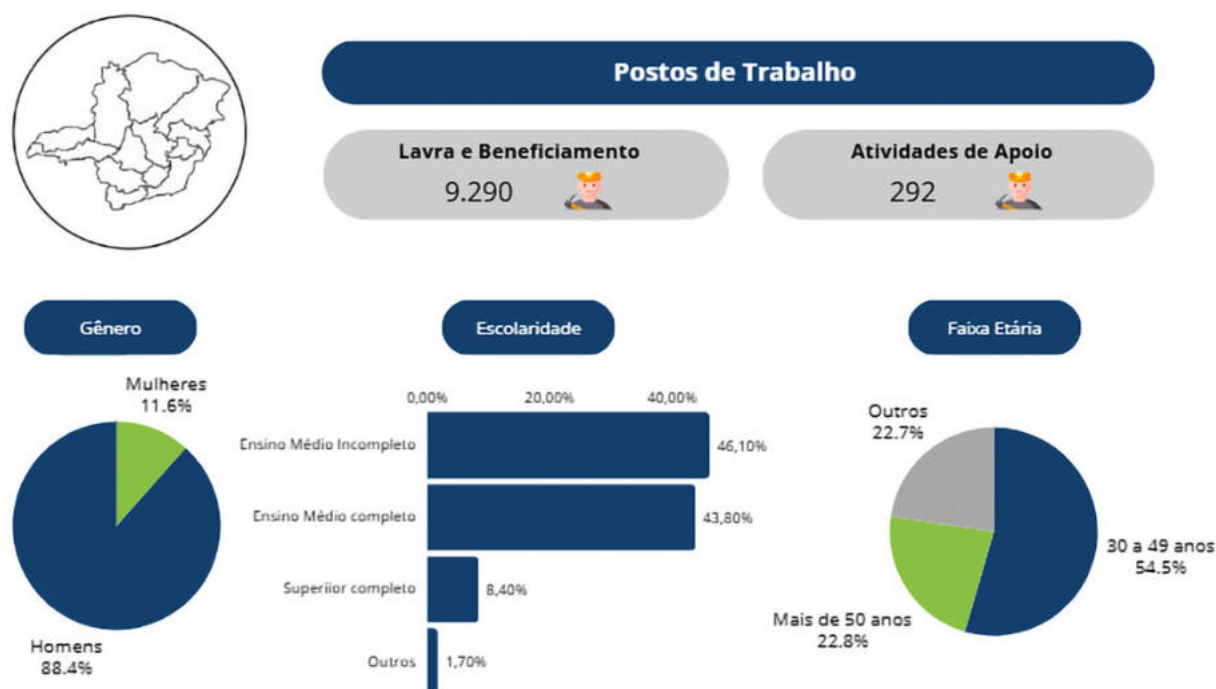
Tem sido comum entre profissionais da área e do próprio governo diferenciar os empreendimentos informais dos ilegais, considerando que, para os últimos, ações

e políticas governamentais ou de iniciativa própria dos empreendedores não permitiriam suas formalizações devido a impeditivos legais, tais como sua localização em terras indígenas e unidades de conservação da natureza (UCs), onde a atividade mineral possui restrições. Formalmente, entretanto, a legislação brasileira não respalda essa diferenciação, o que tem colocado sob questionamento jurídico políticas governamentais que apoiam a formalização da exploração mineral (SALUM, 2022; MME, 2009).

Para realizar o recorte do perfil socioeconômico de caráter mais geral, foi utilizada a base de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Nela, foram selecionados os estabelecimentos que possuíam até 49 funcionários, número máximo segundo o qual uma empresa pode ser considerada de pequeno porte segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (BRASIL, 2006), dentre as atividades de lavra, beneficiamento e atividades de apoio à mineração em Minas Gerais³⁷. Como observado na Figura 98, foram encontrados 9.290 postos de trabalho relacionados à lavra e beneficiamento e 292 relacionados às atividades de apoio. Em relação ao gênero, as MPEs são majoritariamente masculinas, correspondendo a 88,5% da participação (8.222) ao considerar atividades de lavra e beneficiamento. No caso das atividades de apoio, a participação de mulheres aumenta, chegando a 16,1% (47) (RAIS, 2022). No quesito faixa etária, 54,5% de todos os trabalhadores estão entre os 30 e 49 anos e 22,8% dos postos de trabalho são ocupados por pessoas acima dos 50 anos (RAIS, 2022). Por fim, em relação ao nível de escolaridade dos trabalhadores, 46,1% (4.421) não completou o ensino médio, 43,8% (4.199) possui o ensino médio completo e 8,4% concluiu o curso superior (RAIS, 2022).

³⁶ O Modelo criado das PLGs (Permissão de Lavra Garimpeira) – experiência de regulação da questão garimpeira introduzida na Constituição de 1988 – prevê exatamente que a titularidade das áreas de “minerais garimpáveis” seja conferida a Cooperativas de Garimpeiros.

Figura 98 – Consolidação do perfil dos pequenos e microminерadores



Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em RAIS (2022)

O perfil das empresas de mineração em pequena escala em Minas Gerais é, de modo geral, relacionado a duas características principais: aquelas que extraem minerais que possuem alto valor econômico agregado, como metais preciosos, gemas e diamantes, que são encontrados em depósitos de aluvião ou coluvião, permitindo uma lavra que utilize equipamentos rudimentares; e aquelas que atuam na extração de minerais agregados da construção civil, com baixo valor agregado e custos logísticos de transporte elevados que, para se tornarem viáveis, dependem de uma certa proximidade entre o local da lavra e o mercado consumidor, o que gera polos de mineração perto dos centros urbanos.



³⁷ **Atividades de lavra:** areia, cascalho, pedregulho, calcário, dolomita, gemas, grafita, granito, ferro, cobre, chumbo, zinco, manganês, nióbio, titânio, saibro, outros materiais de construção civil, outros minerais metálicos, alumínio, mármore, metais preciosos e ardósia. **Atividades de beneficiamento:** alumínio, manganês, metais preciosos, cobre, chumbo, zinco e outros minerais metálicos não ferrosos. **Atividades de apoio** à lavra de: ferro, minerais metálicos não ferrosos e não metálicos.

2.4.2 Identificação dos Principais Desafios

Os principais desafios da mineração em pequena escala dizem respeito (i) à baixa inserção tecnológica, (ii) à mão de obra sem qualificação técnica, (iii) ao alto nível de informalidade e (iv) à dificuldade de acesso ao crédito (SALUM, 2022).

Em 2005, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual ANM, já havia apresentado os principais desafios futuros no âmbito da mineração em pequena escala:

- (i) desenvolvimento de projeto de formalização das pequenas minerações;
- (ii) simplificação do processo de legalização das operações;
- (iii) apoio aos APLs para adoção de tecnologia e estruturação empresarial;
- (iv) fomento da atividade com abertura de linhas de crédito com recursos de programas de desenvolvimento social para modernização da operação, reduzindo custos, tornando-a competitiva e ampliando acesso ao mercado;
- (v) orientação à pequena mineração com o objetivo de cumprimento dos regulamentos de segurança no trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente;
- (vi) verticalização da cadeia produtiva.

Hentschel, Hruschka e Priester (2003) corroboram a ideia apresentada anteriormente, identificando os sete principais problemas na mineração artesanal e em pequena escala: falta de informações geológicas, dificuldades de legalização, insegurança jurídica, acesso limitado a capital, pouca viabilidade econômica, dependência de intermediários para o mercado e falta de cooperação. Apesar da situação precária e pouco tecnológica, Buxton (2012) destacou o aumento expressivo de mineradores artesanais de 2002 a 2012, mas

apontou que o desenvolvimento sustentável não acompanhou esse crescimento, com esforços internacionais focados em questões como uso de mercúrio e trabalho infantil, sem avanços significativos em acesso a mercados, crédito e assistência técnica.

De forma análoga, entre setembro de 2016 e março de 2017, o Consórcio Projekt-Consult/RCS Global (BRASIL, 2018b) realizou visitas a unidades de mineração em pequena escala em todas as regiões do Brasil, revelando desafios técnicos e socioambientais. As dificuldades incluem resistência à inovação tecnológica, falta de competitividade e incentivos de mercado, além de entraves burocráticos e altos custos para regularização legal. Mineradores relataram demora nos processos da ANM, falta de orientação e qualificação na fiscalização e pouca integração com políticas de sustentabilidade. Frente aos processos burocráticos e complexidade para obtenção da concessão mineral e do licenciamento ambiental, muitos decidem conscientemente pela informalidade, visto que não percebem benefícios de tais exigências (BRASIL, 2018b).

Em uma pesquisa feita pelo Consórcio Ceres-Tetra+ junto ao SEBRAE, em junho de 2023, a entidade pontuou que os principais desafios das pequenas empresas mineradoras estão relacionados à logística para escoamento da produção, preço fixado pelas grandes empresas, impacto causado nas comunidades do entorno – poeira, tráfego pesado, impactos sobre vegetação e recursos hídricos –, piora das rodovias, dificuldade de diálogo com órgãos ambientais e autoridades locais, pouca representatividade nas entidades ligadas ao setor mineral, práticas de ESG muito incipientes e a imagem negativa da mineração como um todo.

2.5 Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)

Dentre as importantes frentes de inovação adotadas recentemente nas principais empresas, destaca-se o *Smart Mining*, uma abordagem tecnologicamente avançada da mineração que faz uso de IoT (Internet das coisas), inteligência artificial e análise de dados para aprimorar eficiência, segurança e sustentabilidade. Projetando-se para um expressivo crescimento nos próximos anos, o mercado de *Smart Mining* sinaliza uma transformação significativa dentro do setor (MARKETS AND MARKETS, 2022).

Nesta seção são abordadas as principais tendências de inovação no setor mineral, destacando as complexas relações entre empresas, estado e outros agentes, incluindo hubs de inovação.

2.5.1 Transformação Digital

No contexto global de mineração, a busca por eficiência diante da intensidade energética e da volatilidade nos preços das matérias-primas tem sido conduzida mediante esforços significativos para a inserção de tecnologias que possibilitem alcançar esse objetivo. A digitalização da produção surge como alternativa fundamental para o alcance de padrões superiores de eficiência, compreendendo a redução de perdas de recursos na cadeia produtiva da mineração.

A transformação digital na mineração permeia toda a indústria, desde a lavra até a obtenção de produtos finais, comercialização e fechamento das operações, sendo denominada Mineração 4.0. Outra definição bastante utilizada na Mineração 4.0 é a de *Smart Mining*, que faz referência à digitalização das operações e processos que compreendem os diferentes segmentos da cadeia produtiva da indústria mineral (VIAL, 2019).

No âmbito do conceito da Mineração 4.0, sobressaem tecnologias como a automação e robotização dos procedimentos e equipamentos, empregando sensores inteligentes. Adicionalmente, destaca-se a operação remota, visando a redução de custos e aumento da segurança, bem como o monitoramento em tempo real da qualidade do produto, do desempenho das máquinas e da segurança dos trabalhadores. O processo de digitalização na mineração tem apresentado resultados promissores. Na Rússia, por exemplo, tomando como base as principais empresas mineradoras, a transição possibilitou a redução da perda de minerais em 12%-15%, do número de acidentes industriais

em 25% e dos custos em 10%-15%, aumentando a rentabilidade em cerca de 5% (ZHIRONKINA & ZHIRONKIN, 2023).

No contexto da mineração em Minas Gerais, algumas importantes empresas vêm inserindo esse tipo de tecnologia em suas atividades de forma gradativa nos últimos anos. Entre elas, a Anglo American investiu R\$ 25 milhões em inovação aberta, visando o conceito de *Future Smart Mining* (ANGLO AMERICAN, 2021). A Vale, por sua vez, destacou-se no desenvolvimento, testes e implantação de veículos autônomos em algumas de suas minas, contando com 72 unidades até meados de 2022 (VALE, 2022). A CSN lançou o CSN Inova Tech, braço da empresa focado na eficiência e produtividade associadas à Indústria 4.0 (CSN, 2022).

Entretanto, a formação de mão de obra qualificada no estado de Minas Gerais apresenta desafios. Cursos historicamente relevantes, como Geologia e Engenharia de Minas, têm enfrentado uma redução na oferta de vagas e na captação de alunos.

Apesar da diminuição de vagas, observou-se um avanço na produção científica, de acordo com dados do CNPQ (2016), com aumento do número de linhas de pesquisa, pesquisadores e grupos vinculados a essas áreas.

2.5.2 Hubs de Inovação

Hubs de inovação são ambientes projetados para fomentar a colaboração e o desenvolvimento de soluções inovadoras, reunindo *startups*, empresas consolidadas, pesquisadores e investidores. No Brasil, os *minings hubs* desempenham um papel importante na promoção da inovação aberta nos setores de mineração, metalurgia e siderurgia, engajando ativamente as principais empresas do país em busca de soluções e parcerias para desafios específicos ou gerais (SEBRAE, 2022).

A competição constante entre empresas na construção de espaços de inovação aberta pode ser um desafio, pois muitas vezes estão disputando os mesmos recursos e mercado, dificultando a colaboração e a troca de informações. Portanto, é essencial estabelecer uma cadeia de valor que una as empresas em torno de objetivos comuns, envolvendo diferentes etapas da cadeia produtiva da mineração, desde a lavra até a comercialização do produto final. Essa abordagem mais abrangente visa promover a colaboração e criar sinergias para aumentar a eficiência e produtividade de toda a cadeia, além de contribuir para o desenvolvimento de um ecossistema focado na inovação dentro do setor (MUNOZ, 2023).

Nesse contexto, destacam-se no Brasil *hubs* de inovação, como o *Mining Hub* e o FIEMG Lab (ambos com sede em Belo Horizonte), que são responsáveis por projetos com importantes empresas do setor de mineração, exercendo influência nacional. Fora do Brasil, alguns ecossistemas de inovação também podem ser destacados, apresentando pioneirismo no setor, como é o caso do *Center for Excellence in Mining Innovation*, fundado no Canadá, do *Austmine*, com sede na Austrália, e dos *hubs* de inovação *Expande Minería* e *Peru Mining Hub*, localizados no Chile e Peru, respectivamente.

2.5.2.1 Mining Hub

Fundado em 2019 e localizado em Belo Horizonte, o Mining Hub Brasil é uma iniciativa pioneira voltada para fomentar a

inovação e o desenvolvimento sustentável na indústria minerária nacional. Esse foi o primeiro *hub* de inovação aberta no setor de mineração em nível global e seu propósito é estabelecer conexões entre empresas mineadoras, *startups*, instituições de pesquisa e fornecedores de tecnologia, buscando colaboração aberta para o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis para o setor (IBRAM, 2022).

O projeto conta com muitas das principais mineradoras presentes no país e apresenta resultados expressivos, sendo capaz de atrair soluções de *startups* de todo o mundo em busca de alternativas para os problemas conjuntos das empresas de mineração do Brasil. Atualmente, o *Mining Hub* possui oito programas distintos, os quais oferecem soluções direcionadas para mineradoras, *startups* e a sociedade.

O principal programa do *hub*, o “M-Start”, foi para o seu décimo ciclo em outubro de 2024, buscando conectar mineradoras e *startups* para o desenvolvimento de soluções para as seguintes temáticas: Descarbonização, Desenvolvimento Social, Eficiência Operacional, Fontes de Energia Alternativas, Gestão de Água, Gestão de Resíduos (Estéreis e Rejeitos) e Saúde e Segurança Ocupacional. Esse ciclo contou com a participação da Vale, Mosaic Fertilizantes, Mineração Morro do Ipê, Itaminas e Nexa.

2.5.2.2 FIEMG Lab

O FIEMG Lab é um centro de inovação aberta mantido pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) em colaboração com empresas e instituições de ensino. Seu propósito é impulsionar o progresso de soluções inovadoras que abordem os desafios enfrentados pela indústria por meio do estabelecimento de conexões entre *startups*, pesquisadores e empresas já estabelecidas. O centro oferece suporte no desenvolvimento de novos produtos, serviços e processos, além de fornecer espaços de trabalho nas instalações do Centro de Inovação e Tecnologia do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), orientação

³⁸ Cada ciclo tem duração de 6 meses, sendo o primeiro mês destinado ao planejamento e o restante para as Provas de Conceito (PoCs).

especializada, oportunidades de capacitação e acesso a recursos financeiros para projetos selecionados (FIEMG LAB, [20—]).

O FIEMG Lab conta com cinco programas distintos focados na aceleração de startups e desenvolvimento de inovação aberta em todo o país, e, apesar de não ser um hub restrito à inovação dentro do setor mineral, grandes empresas de mineração têm aumentado sua participação nos últimos anos. Dentro da 5ª jornada do FIEMG Lab 4.0, que é a principal frente do hub e aconteceu em dezembro de 2023 e março de 2024, estavam presentes empresas relevantes dentro do setor de mineração e siderurgia, como é o caso da Anglo American, Gerdau, RHI Magnesita, Vale e Usiminas.

2.5.2.3 Ecossistemas de Inovação Internacionais

Analisando o comportamento e tendências do cenário global de mineração, o estabelecimento de centros de inovação surge como significativa oportunidade para os diversos participantes ao criar um espaço propício para apoiar empresas consolidadas, governos e *startups* com abordagens e soluções inovadoras.

Dentre os principais ambientes de inovação da mineração internacional, podem ser citados o *Center for Excellence in Mining Innovation* (CEMI) e o *Austmine*, presentes no Canadá e na Austrália, respectivamente. São ambientes inovadores tradicionais que foram criados e apresentam relevância há muitos anos. Essas iniciativas são capazes de promover a interação entre as empresas, governos e universidades de forma fluida, possibilitando que a inovação ocorra de maneira rápida e eficiente. Uma indicação importante da contribuição dessas organizações é o fato de que tanto a Austrália quanto o Canadá passaram a ser considerados polos de inovação dentro do setor da mineração.

Nesse contexto, é relevante ressaltar a disseminação dos centros de inovação aberta, sobretudo na região da América Latina. O *Mining Hub*, estabelecido no Brasil em 2019 como pioneiro global nesse domínio, parece ter exercido impacto no cenário inovador

circundante. Vários projetos semelhantes surgiram na América Latina, exemplificados pelo *Expande Minería*, *El Hub de Innovación Minera* e diversas outras organizações similares existentes.

2.5.3 Linhas Disponíveis

O setor de mineração é um pilar fundamental da economia brasileira, não somente como setor exportador, mas também por ser fornecedor doméstico de algumas matérias-primas de qualidade a preços competitivos, às vezes bem abaixo da média mundial, se considerados os custos de logística, contribuindo para o aumento da competitividade de outros setores da indústria, a jusante nas cadeias. A inovação é uma chave para o seu desenvolvimento sustentável. Para apoiá-la, várias instituições financeiras e de pesquisa, como o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) oferecem linhas de crédito e programas de financiamento específicos para empresas do setor. Esses programas visam apoiar uma ampla gama de projetos inovadores na mineração, cada um com suas próprias condições e critérios de financiamento.

Nesta seção serão abordadas as principais linhas de financiamento disponíveis no país para questões relacionadas à inovação e que podem ser utilizadas para financiar a inovação no setor de mineração. Destaca-se que as informações apresentadas podem variar com novos editais, linhas inativas como o “Inova Mineral” e o “Mineração e Desenvolvimento” podem ser reativadas, assim como as linhas que serão apresentadas a seguir podem se tornar inativas no futuro.

2.5.3.1 Pró-Inovação

A linha de crédito “Pró-Inovação” foi criada pelo BDMG e pela FAPEMIG com o objetivo de financiar projetos inovadores de empresas localizadas em Minas Gerais. O Pró-Inovação conta com quatro linhas distintas, para micro, pequenas e médias empresas, atração de investimentos P&D e

³⁹ As Jornadas são rodadas de apresentações de projetos.

setores estratégicos, e busca trazer condições competitivas, com carência de 18 meses e prazo de até cinco anos para o pagamento do financiamento.

Considerando um pedido de apoio direto ao BNDES para financiamento de investimentos em inovação pela linha “Crédito Inovação Direto”, empresas de todos os tamanhos podem tentar o financiamento para os inúmeros projetos, com valor entre R\$ 10 milhões e R\$ 20 milhões. Os tipos de investimentos contemplados pela linha de crédito são: estudos, obras, insumos, despesas com mão de obra, máquinas e equipamentos, software, eventos, difusão de conhecimento de P&D, despesas de P&D, aumento de escala de processos e ajuste de parâmetros, parques tecnológicos e investimentos fabris (BNDES, [20–]).

2.5.3.2 Programa FINEP Startup

O programa FINEP *Startup* tem o objetivo de fortalecer empresas com tecnologias e modelos de negócios inovadores no país. Seu foco reside nas chamadas *startups*, empresas com grande potencial de crescimento e que ainda não possuem alto escalonamento de suas atividades. Diferentemente das outras formas de financiamento, utiliza-se de um contrato de opção de compra entre a FINEP e a empresa que deseja receber os recursos, prática comum observada entre investidores em *startups* (FINEP, 2022).

As *startups* passam por três fases de avaliação para estarem aptas a receber os recursos: (i) elegibilidade e mérito, (ii) técnica e (iii) documentação jurídica (FINEP, 2022).

A primeira fase inclui critérios, como mercado, inovação, equipe, viabilidade econômico-financeira e participação em programas anteriores da FINEP. A segunda fase aprofunda o modelo de negócio, enquanto a terceira analisa a documentação jurídica, eliminando *startups* que não atendam aos requisitos (FINEP, 2022).

2.5.3.3 FINEP Crédito Inovação Direto

A FINEP é uma fonte importante de financiamento reembolsável para Planos Estratégicos de Inovação (PEI),

disponibilizando valores expressivos, acima de R\$ 15 milhões, a fim de impulsionar a inovação em empresas brasileiras. Suas quatro linhas de ação abordam áreas específicas: “Inovação Crítica” visa a iniciativas de importância estratégica para o país, especialmente aquelas alinhadas com demandas governamentais e prioridades nacionais; “Inovação Pioneira” concentra-se em propostas altamente inovadoras, incentivando o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços inéditos para o Brasil; “Inovação para Competitividade” destina-se a impulsionar empresas por meio do desenvolvimento significativo de produtos, processos ou serviços, visando impactar positivamente sua posição no mercado; e “Inovação para Desempenho” busca melhorar a produtividade, a estrutura de custos e o desempenho geral de produtos e serviços dentro das empresas.

No processo de seleção, a FINEP considera dois pilares fundamentais: o grau de inovação e a relevância dessa inovação para o setor econômico específico. Dessa forma, o financiamento é direcionado a projetos que não apenas promovam avanços tecnológicos, mas também tenham impacto significativo no desenvolvimento econômico do país e na competitividade das empresas beneficiadas.



2.5.3.4 BNDES FUNTEC Parceria EMBRAPII

O BNDES, em parceria com a EMBRAPII, disponibiliza financiamento não reembolsável para projetos de economia circular e materiais avançados na mineração (EMBRAPII, [20–]). O montante concedido varia com o porte da empresa, com grandes corporações limitadas a um terço do valor do projeto e empresas menores aptas a receber até 50%. Exceções aplicam-se a empresas na região Norte e projetos ligados às Forças Armadas, que podem obter até 50% em recursos reembolsáveis (EMBRAPII, [20–]).

Na economia circular, o enfoque está no aproveitamento de rejeitos minerais para agrominerais e novas substâncias. As áreas temáticas elegíveis englobam eficiência de bens de capital, bens de consumo duráveis, desenvolvimento de rotas para rejeitos, tratamento de resíduos e manejo sustentável de resíduos e águas (EMBRAPII, [20–]).

Os projetos de materiais avançados, direcionados a indústrias com materiais metálicos, grafeno ou terras raras, tem como objetivo desenvolver novos materiais, tecnologias e química. As áreas temáticas contêm soluções tecnológicas para materiais metálicos, tecnologias baseadas em grafeno e métodos de lavra e aplicação de terras raras (EMBRAPII, [20–]).



3 CENÁRIOS E CONDICIONANTES

FUTUROS



3.1 Impactos de Possíveis Medidas Políticas e Regulatórias

As políticas e medidas regulatórias cumprem papel importante nas atividades da cadeia produtiva mineroindustrial, dado que direcionam e formalizam o conjunto de regras e procedimentos a partir dos quais os empreendimentos irão atuar. Mudanças de legislação e normativas são, portanto, importantes condicionantes futuros para o planejamento do setor. Para o estado de Minas Gerais, assumem relevância a legislação estadual e as proposições ativas no âmbito da União, muitas delas influenciadas pelas principais tendências regulatórias internacionais para a indústria mineral, incorporando boas práticas de produção e incrementando a competitividade da mineração brasileira frente ao mercado internacional.

3.1.1 Âmbito Nacional

3.1.1.1 Instrumentos de Fomento e Estímulo à Atividade Minerária Aplicáveis ao Estado de Minas Gerais

O incentivo ao minerador, por meio da valorização e do aproveitamento racional dos recursos minerais, é um dos princípios estabelecidos na Política Mineral Brasileira (art. 2º, do Decreto Federal n.º 11.108/2022).

O incentivo à atividade minerária pode ser pautado por três diretrizes estratégicas: (i) incentivos fiscais indutores da produtividade; (ii) a priorização do incentivo a minerais estratégicos; e (iii) a desburocratização dos processos de licenciamento e regulação mineral

- **Incentivos fiscais:** é inegável que o mecanismo direto de fruição social dos benefícios da mineração é a própria arrecadação sobre o produto da atividade minerária, e não propriamente a dinamização econômica decorrente disso. Nesse contexto, é importante registrar que, com a criação da Lei Kandir (Lei Complementar n.º 87/1991), o Estado perdeu grande parte da sua capacidade arrecadatória em face da atividade minerária, considerando a desoneração imposta por essa lei para as exportações de *commodities* minerais.

Nesse aspecto, a busca pelo incentivo à atividade minerária, por meio de incentivo fiscal, poderia se dar, por exemplo, por meio de uma desoneração inteligente, buscando-se premiar o minerador por metas de atendimento de produtividade, desde que respeitados os indicadores de proteção ambiental, segurança nas fases de pesquisa e produção e metas de redução ou compensação de emissão de gases de efeito estufa (GEE). Assim, estimula-se maior fiscalização estatal realizada a partir de um inventário das emissões de GEEs estabelecido em um momento posteriormente definido, tornando possível quantificar as variações nas emissões de GEE. Esse seria o caso, por exemplo, das pretensões por trás do Projeto de Lei nº 3.052/2022, em trâmite no Congresso Nacional, que tem, dentre seus objetivos, a promoção do desenvolvimento da indústria de gás natural e da ideia de regulamentação, por performance, dos empreendedores minerários.

Dessa forma, as medidas políticas e regulatórias no âmbito de incentivos fiscais impactariam no aumento da capacidade arrecadatória em face da atividade minerária, somado ao estímulo à redução da emissão de GEEs pelos empreendedores.

- **Incentivos a minerais estratégicos:** ações governamentais direcionadas ao incentivo específico de mineral estratégico são fundamentais para otimizar, com maior valor agregado, a produção de minérios mais raros e de grande valor comercial, atendendo às particularidades do estado de Minas Gerais. Nesse sentido, é válido mencionar o Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG) mineiro, referente ao intervalo 2020-2023, no qual há grande enfoque nas ações aqui tratadas. Considerando a abundância de minerais como nióbio, lítio, grafita, titânio, dentre outros, o desenvolvimento e a verticalização das cadeias produtivas ganharam um espaço relevante nas projeções das ações governamentais mineiras (PPAG), especialmente no que diz respeito à Ação 1077, referente à gestão da política minerária.

A promoção da sustentabilidade das atividades minerárias já estruturadas também é uma das finalidades apontadas na Ação 1077, incluindo mineradoras de médio e pequeno porte, bem como o garimpo.

O incentivo à exploração de minerais estratégicos poderá incrementar a competitividade do produto mineiro no mercado, pautado, especialmente, no aumento do valor agregado ao minério comercializado, em relação ao volume. Ademais, essas medidas poderão resultar no fortalecimento dos setores minerários correspondentes.

- **Desburocratização:** a desburocratização de procedimentos é medida essencial para que haja, por meio do poder público, uma redução de custos e facilitação do acesso ao mercado pelo agente minerador.

Para tanto, no tocante à competência estadual, o processo de licenciamento ambiental mais célere e seguro, no que diz respeito aos aspectos técnicos e legais, poderia trazer maior atratividade de investimentos em longo prazo e maior benefício financeiro direto e indireto para o estado de Minas Gerais.

Nesse contexto, a desburocratização pode ser incentivada também por meio de medidas a serem adotadas que visem o comando e controle de operações irregulares, de forma a estimular a legalização da atividade mineral do minerador irregular.



Aponta-se, ainda, esforços no sentido de ampliar a regularização referente à mineração de pequeno porte. Atualmente, há um claro movimento dessa parcela do setor minerário em busca de reconhecimento de suas reivindicações. Uma possível solução para tal problema poderia ser a criação de procedimentos simplificados para empreendedores até determinado porte, sem comprometer, entretanto, a qualidade dos procedimentos de licenciamento. Sobre tal, tramita no Congresso Nacional o PL 3.729/2004 (aguardando apreciação pelo Senado Federal), ao propor a Lei Geral do Licenciamento Ambiental, que introduz medidas que podem beneficiar pequenos mineradores, como a simplificação e a uniformização dos processos de licenciamento. Destaca-se a possibilidade de classificação de empreendimentos de baixo impacto ambiental, como muitas atividades de mineração de pequeno porte, que podem ter processos mais céleres. O projeto também estabelece prazos máximos para análise e emissão de licenças, reduzindo a espera e agilizando o início das operações.

Além disso, o PL incentiva a descentralização do licenciamento para estados e municípios, permitindo a aplicação de normas mais ajustadas às condições regionais. Algumas atividades podem até ser dispensadas de licenciamento, desde que consideradas de baixo impacto. Essas mudanças visam equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, embora críticos apontem riscos de flexibilização excessiva em determinados casos.

Cabe salientar que são também importantes os investimentos em infraestrutura de transporte, pois esse é um ponto sensível para os objetivos de incentivo minerário. Inclusive, o Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM) confere relevante atenção a essa questão, de modo que seria vantajoso associar o PEM-MG também ao Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais.

O estado de Minas Gerais é majoritariamente estruturado sobre o modal rodoviário, contudo, salienta-se que o desenvolvimento do modal ferroviário facilitaria enormemente o escoamento da produção de minério pela sua melhor relação de custo-benefício para o transporte de carga. Ademais, uma rede ferroviária abrangente permitiria explorar locais anteriormente considerados inacessíveis devido às dificuldades logísticas relacionadas ao transporte do material pelo meio rodoviário.

3.1.1.2 Instrumentos que Visam a Dinamização Econômica dos Municípios Mineradores em Minas Gerais

O recurso mineral é finito e, portanto, as reservas em determinado local possuem um prazo final para seu respectivo esgotamento. Diante dessa particularidade da mineração, a legislação brasileira buscou resguardar a necessidade de dinamização econômica do município minerador. O instrumento utilizado para incentivar essa dinamização é a Compensação Financeira sobre Exploração Mineral (CFEM), a qual possui a natureza de *royalties* estatais cobrados em razão da produção mineral. Para tanto, a Lei Federal n.º 7.990/1989 estabelece a obrigatoriedade de cobrança desse tributo sobre o valor do faturamento líquido da venda do produto mineral (art. 6º). Nesse cenário, a Lei Federal n.º 8.001/1990 estabelece os percentuais de distribuição da CFEM, tendo definido, como regra geral, a participação de 60% da arrecadação direcionados aos municípios produtores, 15% para o estado produtor, 15% para os municípios afetados e 10% para a União (7% ANM, 1% FNDCT; 1,8% CETEM e 0,2% IBAMA).

Com o propósito de reduzir a dependência do orçamento público municipal com a atividade minerária, o art. 8º da Lei Federal n.º 7.990/1989 estabeleceu vedações para a utilização das compensações financeiras oriundas da extração de recursos minerais “em pagamento de dívida e no quadro permanente de pessoal”. Ainda, do orçamento municipal decorrente da CFEM, a preocupação com a dinamização econômica assumiu grande realce, quando a Lei Federal n.º 8.001/1990, no §6, do art. 2º, determinou que os municípios e os estados produtores destinem pelo menos 20% do recebimento da CFEM “para atividades relativas à diversificação econômica, ao desenvolvimento mineral sustentável e ao desenvolvimento científico e tecnológico”.

Nesse contexto, ainda há discussões sobre quais despesas podem ser cobertas pela CFEM, havendo a criação de celeumas jurídicas. Ainda, é de se notar o interesse do Estado de Minas Gerais na promoção da diversificação econômica dos municípios mineradores.

Com base nas contribuições oriundas dos *workshops* realizados ao longo da execução do projeto, bem como nas recomendações de especialistas da área foi possível enumerar cenários de aplicação da CFEM, para melhor atender aos seus objetivos institucionais de dinamização econômica, do município minerador, cabendo destaque às seguintes sugestões:

- Ajustar as alíquotas da CFEM para que os recursos gerados cubram os impactos socioambientais das atividades minerárias, destinando uma parte significativa a projetos de recuperação ambiental, desenvolvimento sustentável e melhoria das condições sociais das comunidades afetadas.

- Melhorar os sistemas de fiscalização e transparência na aplicação da CFEM e da TFRM, incluindo prestação de contas periódica e mecanismos que permitam o acompanhamento pela população local.
- Investir em programas de educação ambiental e capacitação profissional, promovendo alternativas econômicas sustentáveis e fortalecendo a administração dos recursos pelas municipalidades, com foco em infraestrutura, saúde, educação e recuperação ambiental.
- Implementar planos de desenvolvimento local que integrem ações de mitigação ambiental e qualidade de vida, estimulando a participação das comunidades na definição das prioridades de investimento da CFEM.

3.1.1.3 Medidas Regulatórias para a Prevenção ou Mitigação de Danos Ambientais Provocados Pela Mineração

A Lei n.º 6938/1981 dispõe sobre os instrumentos aplicáveis à prevenção do dano ambiental, e o seu art. 9º consiste no estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, avaliação de impactos ambientais nas suas várias modalidades, o cadastro de atividades potencialmente poluidoras e o próprio licenciamento ambiental, dentre outros. Todavia, entre esses instrumentos, o que melhor exemplifica uma aplicação prática do princípio da prevenção é o licenciamento ambiental.

A esse respeito, a Constituição da República confere a todos os entes federativos a competência para licenciar empreendimentos potencialmente poluidores, sendo que a Lei Complementar n.º 140/2011 balizou de que modo isso deve ser exercido. No âmbito estadual, a Reforma Administrativa de Minas Gerais, promovida pela Lei nº 24.313/2023, trouxe mudanças significativas na estrutura do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), que engloba a SEMAD, a FEAM, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Salienta-se, também, que a Lei nº 24.313/2023 subordinou administrativamente o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) à SEMAD, entretanto o COPAM mantém as competências definidas pela legislação estadual, com especial atenção para a articulação entre as políticas públicas ambientais e os objetivos do SISEMA. As competências do COPAM incluem, entre outras, a definição das diretrizes e políticas ambientais a serem adotadas pelos órgãos que compõem o SISEMA, o licenciamento de atividades com impactos ambientais relevantes, a análise e aprovação de planos e projetos relativos à proteção ambiental e à gestão de recursos hídricos no Estado, bem como a promoção do controle e fiscalização das atividades econômicas e sociais que impactem o meio ambiente.

Desta forma, a Lei nº 24.313/2023 reorganizou as funções e competências dessas entidades para fortalecer a governança ambiental, priorizar a eficiência administrativa e facilitar o cumprimento de suas atribuições no contexto das políticas públicas estaduais. É o que ocorreu, por exemplo, com a SEMAD e FEAM, cujos processos de tomada de decisão, em matéria de fiscalização e de licenciamento ambiental foram reestruturados, a fim de promover maior integração entre suas ações e agilidade na prestação do serviço público.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, é o órgão responsável por implementar e acompanhar as políticas públicas para a conservação, preservação, a recuperação e a fiscalização dos recursos ambientais, visando ao desenvolvimento sustentável, melhoria da qualidade ambiental, mitigação das emissões de gases de efeito estufa e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas, em articulação com os demais órgãos e entidades. A SEMAD tem a competência para planejar, elaborar, deliberar, coordenar, gerir e supervisionar as ações setoriais a cargo do Estado. Ainda segundo a referida lei, cabe à Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM desenvolver e implementar as políticas públicas relativas à regularização ambiental e à gestão ambiental das barragens de resíduos ou de rejeitos da indústria e da mineração e das áreas contaminadas, competindo-lhe promover a aplicação de instrumentos de gestão ambiental, dentre outras atribuições, ressalvadas as competências do COPAM.

No que diz respeito à mitigação de eventuais danos ambientais, considera-se importante promover estímulos à implantação de planos de fechamento progressivo de mina e de planos de recuperação ambiental, com ênfase nas particularidades de cada segmento produtivo, tipo de depósito mineral e modelo de empreendimento.

3.1.1.4 Medidas de Sustentabilidade

A contínua implementação de medidas sustentáveis no setor minerário é o caminho para uma produção mais conectada com pautas ambientais. Iniciativas regulatórias que incentivam promover a mineração sustentável já existem, como o PNM 2030, que destaca a reciclagem de resíduos sólidos industriais, o reflorestamento simultâneo de áreas desmatadas e a recuperação de áreas impactadas.

Diversas normas apresentam alternativas para a reestruturação do setor minerário, de modo a evitar a ocorrência de externalidades negativas da atividade, tais como a emissão de gases de efeito estufa ou o comprometimento da fauna/flora locais, envolvendo propostas que vão desde a pauta energética àquela dos resíduos sólidos. Por exemplo, o Plano Plurianual de Ação Governamental 2024-2027 (PPAG) propõe, mediante a Ação 1075, que se alavanque o protagonismo do estado de Minas Gerais no setor de fontes renováveis, visando a eficiência energética, tornando a matriz mais dependente de fontes renováveis de energia do que da queima de combustíveis fósseis.



3.1.1.5 Medidas Regulatórias para a Garantia da Segurança das Barragens de Mineração

A respeito da segurança de barragens, é importante a constante atualização do cadastro de barragens, a fim de setorizar as ações estatais para a aplicação adequada dos instrumentos de comando-controle. A criação de Planos de Ação de Emergência (PAE), em um viés preventivo, é uma providência em discussão no Congresso Nacional via o PL 2.790/2019, que propõe incluir entre os princípios da Política Nacional de Segurança de Barragens a elaboração de Planos de Ação de Emergência, além de reforçar o monitoramento preventivo para evitar desastres. Este projeto está em tramitação conjunta com o PL 2.257/2023 no Senado e segue sob análise das comissões competentes. Ademais, menciona-se o PL 2.788/2019, que estabelece a Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens (PNAB). Além de listar direitos, exige que empreendedores criem programas específicos para populações impactadas e prevê medidas preventivas, como a implementação de PAEs. O projeto já foi aprovado na Comissão de Meio Ambiente (CMA) e segue para a Comissão de Infraestrutura (CI).

Por outro lado, buscam-se mecanismos para que a sociedade seja notificada e atualizada a respeito da evolução dos empreendimentos, por meio de informações acerca da implementação de melhorias em barragens já existentes e da abertura de novos empreendimentos que envolvam o armazenamento de rejeitos – Projetos de Lei n.º 889/2023, n.º 839/2023 e n.º 74/2023, em curso na Assembleia Legislativa do estado (aguardando parecer em Comissão), que dispõem a respeito da proteção das populações afetadas pelas barragens, com o uso da informatização.

O uso de mecanismos de identificação de zonas de risco como forma de comunicação e alerta nas localidades em torno das barragens é uma providência materializada no Projeto de Lei n.º 3.455/2022, em trâmite na Assembleia Legislativa de Minas Gerais.

3.1.1.6 Possíveis Instrumentos e Políticas para a Inovação Tecnológica

No que diz respeito aos instrumentos e às políticas para a inovação tecnológica de interesse do setor minerário, o apoio ao desenvolvimento de Instituições Científicas e Tecnológicas e a valorização da carreira de pesquisador geram estímulo ao desenvolvimento tecnológico no setor, estando previsto no Plano Nacional de Mineração 2030, ou seja, deve ser incorporado à instalação das novas metas no âmbito da mineração estadual.

No atual cenário legislativo de medidas voltadas à atividade minerária, é possível que novas tecnologias sejam implementadas em outros procedimentos tangentes à mineração. É o caso de tecnologias para rastreio de compra, venda e transporte de ouro comercializado em território nacional, objeto do Projeto de Lei n.º 936/2023, em trâmite no Congresso Nacional (CN), cuja implementação visa auxiliar no controle do exercício irregular da mineração, de forma a abranger desde a mitigação de impactos socioambientais até a segurança e integridade de trabalhadores em condições ilegais.

A tecnologia pode ajudar a aumentar a transparência e a segurança nas operações de extração mineral, usando a geolocalização subterrânea dos trabalhadores. Essa é a intenção do PL n.º 2.540/2021 da ALMG, que obriga as empresas do setor de mineração e de atividades subterrâneas estabelecidas no Estado, a utilizarem dispositivos eletrônicos de localização para seus trabalhadores e colaboradores em atividades com risco de acidentes no subsolo.

3.1.1.7 Tendências Futuras Nacionais, Estaduais e Internacionais Relevantes

No que diz respeito às tendências futuras para o PEM-MG, foram avaliadas as medidas regulatórias a serem adotadas por potências internacionais, como o Canadá e a Austrália, bem como as atuais tendências brasileiras, federais e estaduais.

Percebe-se também a tentativa de reformulação do Código de Mineração, objeto do PL n.º 1.295/2022 (apensado ao PL 5263/2016; aguardando criação de comissão temporária pela Mesa e aguardando deliberação no Plenário), com vistas à simplificação, desburocratização e modernização dos processos minerários, visando mais agilidade e clareza nos atos estatais.

Além disso, a mesma reforma tem o condão de reforçar o incentivo de criação de uma cadeia emergente de remineralizadores, a fim de fomentar a produção interna para diminuir a dependência de aquisição externa de fertilizantes, destacando a necessidade de ampliar a oferta para estados brasileiros com relevantes índices de produção agrícola.

Ademais, cabe mencionar que ocorrem discussões legislativas a respeito do instituto de permissões garimpeiras e permissão de lavra indígena, ora objeto de discussão do PL n.º 1.737/2020, em trâmite na União. Trata-se de iniciativa que visa combater a marginalização social e jurídica associada à atividade garimpeira, promovendo a regulamentação adequada e o respeito às tradições culturais das comunidades indígenas. Além disso, o projeto tem por objetivo criar condições mais seguras e estruturadas para a extração mineral por pequenos produtores, promovendo o desenvolvimento sustentável e respeitando a identidade cultural das populações envolvidas.

O Projeto de Lei n.º 3.880/2021 (que está aguardando designação de Relator(a) na Comissão de Finanças e Tributação), em âmbito federal, dispõe de incentivos à pequena mineração, direcionando tratamento específico aos pequenos empreendedores minerários e garimpeiros – solução esta que, uma vez aprovada, poderá vir a ser referência para as políticas estaduais no setor minerário.

No mesmo sentido, a temática da mineração em pequena escala, especialmente a extração artesanal – cuja discussão está em curso perante a Casa Legislativa nacional, no âmbito do Projeto de Lei n.º 3.880/2021 –, caso regulamentada, impactará diretamente no contexto regulatório atual do estado, uma vez que o reconhecimento dessa modalidade pelo ordenamento jurídico implicará, necessariamente, na designação de competências de fiscalização e controle, retomando a discussão inicial de adaptação do atual aparato regulatório para eficiência do cumprimento processual minerário.

Outra tendência para o setor minerário é o tratamento a ser dado para o beneficiamento de rejeitos e estéréis de minerais, voltados para o uso em outras cadeias produtivas. Esta discussão apresenta-se na pauta de potenciais instrumentos legislativos federais, tais como no PL n.º 4.299/2019, envolvendo a destinação da CFEM para financiamento de pesquisas nesse ramo.

Em âmbito internacional, a técnica de drenagem para o adensamento de rejeitos minerais é uma tendência futura ressaltada pelo Departamento de Indústria, Ciência e Recursos (DISR) do governo australiano. Esse método inclui tecnologias de baixo custo que, além de recuperar a água e produtos químicos, conferem mais estabilidade estrutural para o resíduo. Consequentemente, é capaz de reduzir o volume de armazenamento dos rejeitos e os níveis de infiltração de substâncias inadequadas, de forma a minimizar a contaminação por eventuais substâncias tóxicas.

Destaca-se que, para sua regular implementação, requer-se não só aparato jurisdicional, como também fomento à pesquisa científica e tecnológica, para que a tecnologia seja testada e implementada no tratamento de rejeitos acumulados em barragens, como solução sustentável e economicamente acessível, passível de adoção por vários tipos e portes de empreendimentos minerários.

Ademais, uma tendência com alto grau de possibilidade de implementação é a obrigatoriedade de contratação de seguro contra rompimento ou vazamento de barragens de rejeitos e comprovação de idoneidade econômico-financeira da empresa para recuperação das áreas impactadas, então objeto do Projeto de Lei n.º 1.021/2019, em âmbito federal. Pretende-se, com esse ato legislativo, o enrijecimento dos critérios para construção de barragens em prol de maior garantia de segurança social e ambiental.

Vale destacar, nesse sentido, o Decreto mineiro nº 48.848/2024, que regulamenta a caução ambiental no âmbito dos licenciamentos ambientais de barragens abrangidas pela Política Estadual de Segurança de Barragens (“PESB”). Pelas disposições do referido decreto, a caução ambiental é obrigatória para barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração, que apresentem, no mínimo: i) altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 10m; ii) capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000m³; iii) reservatório com resíduos perigosos; iv) potencial de dano ambiental médio ou alto, conforme regulamento.

A norma expande as modalidades de garantia para a caução ambiental e ainda introduz mecanismos de reavaliação e atualização periódica desse instrumento legal. Também está prevista a ampliação do rol de modalidades de caução ambiental, para abranger a possibilidade de hipoteca de bens imóveis, sendo eles urbanos ou rurais, e a alienação fiduciária de bens imóveis. O novo decreto determina que a hipoteca ou alienação fiduciária somente poderão corresponder a 50% do valor da caução ambiental, sendo que

o empreendedor deverá complementar os outros 50% do valor com outra modalidade de caução.

Por fim, no âmbito econômico-financeiro, é importante destacar os impactos da Reforma Tributária sobre a Lei Kandir (Lei Complementar n.º 87/1996), especialmente no que se refere à desoneração das exportações. A criação do imposto sobre valor agregado sobre bens

e serviços (IBS), aliado à adoção do princípio do destino, pode favorecer a competitividade do Brasil no comércio internacional. Esse novo cenário tem o potencial de estimular a demanda por bens minerais provenientes de Minas Gerais, dada a relevância do estado como produtor mineral. Consequentemente, a reforma poderá influenciar a dinâmica minerária local, criando oportunidades de expansão para o setor.

3.1.2 Âmbito Internacional

O cenário internacional da mineração, no que diz respeito à regulação, apresenta como principal tendência o enrijecimento regulatório, prezando pelos princípios de Governança Social e Ambiental (ESG). A proteção do meio ambiente, a boa relação com as comunidades locais e a transparência ocupam papel central nas proposições legislativas e recomendações de políticas públicas de organismos internacionais e países de intensa atividade mineradora. Além disso, o mapeamento dos principais riscos e oportunidades da mineração em nível mundial, feito anualmente pela Ernest Young (2023), mostrou que as questões ligadas ao ESG e à Licença Social para Operar (LSO) estavam entre os três temas mais importantes.

O Acordo de Escazú (Acordo Regional sobre Acesso à Informação, Participação Pública e Acesso à Justiça em Assuntos Ambientais na América Latina e no Caribe), firmado em 2018, tem como objetivo garantir a implementação plena e efetiva dos direitos de acesso à informação ambiental irrestrita à população, da participação pública nos processos de tomada de decisões ambientais e do acesso à justiça em questões ambientais (CEPAL, 2018).

Atualmente em aprovação no Congresso Nacional, o Acordo vai ao encontro das discussões atuais a respeito da LSO na mineração, em que a sociedade pode conceder ou recusar o apoio a um empreendimento com base em sua percepção de impacto social e ambiental local. Apesar de a LSO não ser formalizada, o diálogo e boa relação com comunidades locais tem sido uma demanda latente do setor, sendo possível que as pressões para a implementação de processos formais de aval social se intensifiquem à medida que a exigência pela adoção dos princípios de ESG cresça.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), elaborou um guia, intitulado *Managing Mining for Sustainable Development* (PNUD; PNUMA, 2018), cujo objetivo é prover orientações e instrumentos de política e boas práticas para a sustentabilidade ambiental, social e econômica na atividade minerária a formuladores de políticas públicas, no âmbito nacional e municipal. No guia, a proteção das pessoas (comunidades locais e trabalhadores) e a proteção do meio ambiente ocupam papel prioritário no futuro da mineração e devem ser efetivadas por meio de um quadro legislativo, em contrapartida a acordos contratuais. O guia ressalta que regimes baseados em uma legislação forte, completa e de acordo com as normas internacionais são fundamentais para a garantia do cumprimento de diretrizes que abarquem aspectos socioambientais. Conforme as recomendações do PNUD, entende-se que as tendências regulatórias para a mineração indicam um crescimento de projetos de lei de perspectivas condicionantes da mineração, particularmente a seus aspectos ambientais e sociais.

Por fim, vale ressaltar as tendências regulatórias internacionais no que diz respeito à gestão de resíduos e água na mineração. Após o desastre de Brumadinho, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a iniciativa Princípios para o Investimento Responsável (PRI) e o Conselho Internacional para Mineração e Metais (ICMM) desenvolveram conjuntamente o *Global*

Industry Standard on Tailings Management (Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos). Nele foi estabelecido um criterioso padrão de gestão de rejeitos para a indústria mineral em escala global e foram criados mecanismos de incentivo para que as empresas mineradoras o adotem, por meio de auxílio político governamental (via PNUMA), financeiro (via PRI) e técnico (via ICMM)(NEW..., 2020).

Os princípios norteadores do Padrão se dividem em 6 eixos: i) Comunidades Afetadas; ii) Base Integrada de Conhecimentos; iii) Projeto, Construção, Operação e Monitoramento de Estruturas de Disposição de Rejeitos; iv) Gestão e Governança; v) Resposta às Emergências e Recuperação de Longo Prazo; vi) Divulgação Pública e Acesso à Informação (PNUMA; PRI, 2020). A tendência geral é por um endurecimento nas exigências de protocolos de segurança e, principalmente, no acesso à informação pública, confiável e de qualidade a respeito das estruturas de disposição de rejeitos, planos de ação emergenciais, prestação de contas e responsabilização pública.

O mesmo se aplica às recomendações para gestão responsável da água do ICMM (2014). Os princípios para um bom manejo dos recursos hídricos incluem: transparência e responsabilidade na divulgação de relatórios de risco hídrico, gestão e performance; engajamento das partes interessadas no processo decisório, inclusive comunidades locais; compreensão do valor social, econômico e ambiental das bacias hidrográficas; e gestão eficiente dos recursos na captação, uso e saída. A avaliação de performance tende a se balizar de forma crescente por esses princípios, cujo cumprimento passa a ser cada vez mais exigido dentro da regulação.

3.2 Projeções e Demandas, Investimentos e Empregos

Nesta seção, são discutidos os principais impulsionadores da demanda na indústria mineral, com foco nas perspectivas qualitativas e quantitativas que influenciam a produção global e de Minas Gerais das substâncias minerais mais relevantes para a economia estadual. Além disso, são projetados investimentos e empregos para cada substância.

A análise das substâncias baseou-se em dados e informações da ANM, do PNM 2030 e 2050, do Plano Nacional de Fertilizantes 2050, dos Relatórios Parciais do PEM-MG, em projeções do PIB e da população, bem como expectativas qualitativas de relatórios de mercado.

As projeções de produção mineral abrangem o período de 2023 a 2050, alinhado com o escopo do PNM 2050. Considerou-se os cenários em que a tecnologia manterá uma constância ao longo

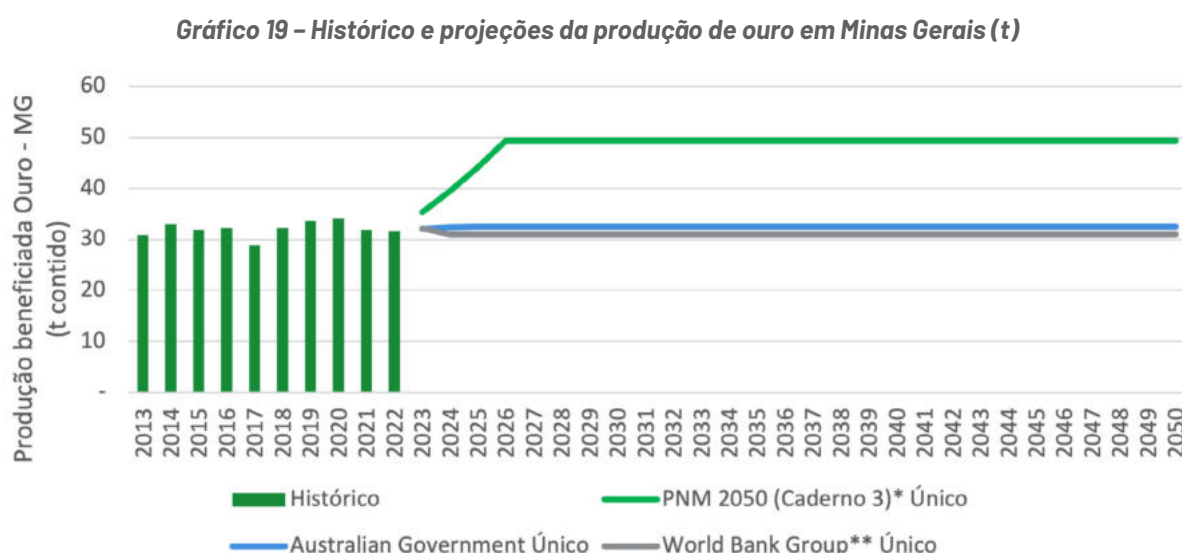


do tempo, e, por outro lado, incorporará automação, ilustrada pela mineração 4.0, bem como pelas inovações em geração e utilização de energia, associadas a princípios de ESG e Economia Circular. Nesse último cenário, prevê-se impactos significativos sobre a produtividade, a escalabilidade, a melhoria dos padrões gerenciais e a introdução de novos produtos no mercado.

3.2.1 Ouro

A demanda por ouro varia de acordo com os ciclos econômicos, sendo contracíclica como reserva de valor e pró-cíclica no consumo de joias. A volatilidade dos preços do metal é particularmente elevada durante crises econômicas, quando a demanda por investimento cresce e a procura por joias diminui.

A análise das taxas de crescimento esperadas para a produção de ouro foi baseada em projeções fornecidas por diversas fontes, incluindo o *World Bank Group* (CMO, 2023), o Departamento da Indústria, Ciência e Recursos da Austrália (DISR, 2023) e o Caderno 3 do PNM 2050 (MME, 2022d) (Gráfico 19). Enquanto as projeções realizadas pelo governo australiano e pelo Banco Mundial adotaram progressões mais conservadoras, que se aproximam da média histórica recente (32 t de ouro contido), os estudos do Plano Nacional de Mineração projetaram expansão da produção nos próximos anos, seguida de uma estabilização perene até 2050.

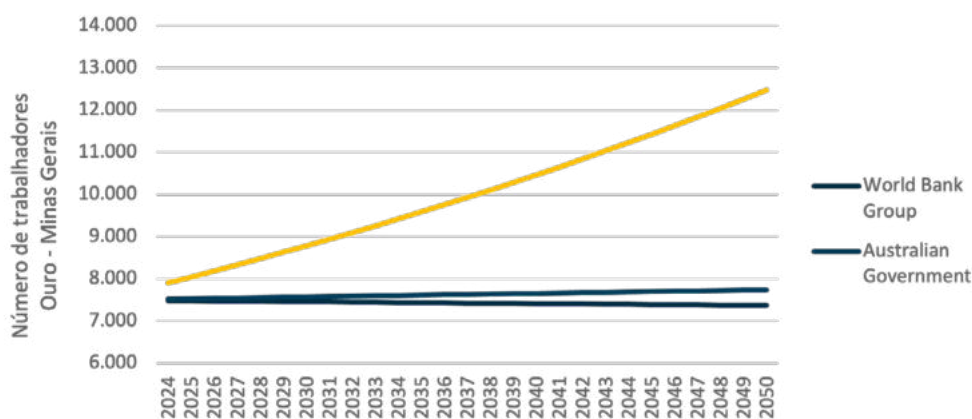


Fonte: ANM (2023a); Fonte da projeção: CMO (2023), DISR (2023) e MME (2022d)

Quanto às perspectivas de emprego, a variação nos níveis de produção impacta no número de trabalhadores alocados na extração de ouro. Com base nos dados da RAIS para o ano de 2021, constatou-se que havia 7.498 trabalhadores na atividade econômica de extração de minério de metais preciosos. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção mais otimista, elaborada para o PNM 2050 com CAGR da produção de 1,77%, estima-se que o emprego atinja os níveis de 8.781 e 10.465 trabalhadores nos anos

de 2030 e 2040, respectivamente. Já para o caso mais pessimista, a partir das projeções do *World Bank Group*, com CAGR da produção de -0,06%, estima-se que o emprego chegue a 7.458 e 7.413 trabalhadores, nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Gráfico 20).

Gráfico 20 – Projeções de emprego – Ouro, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A partir de investimentos mapeados pelo IBRAM, tem-se R\$ 14,23 bilhões a serem investidos na extração de ouro entre 2023 e 2027 no Brasil. Proporcionalmente, considerando a participação de Minas Gerais na produção comercializada de ouro nacionalmente, projeta-se um investimento-base de cerca de R\$ 5,77 bilhões. Considerando este valor-base, a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção intermediária realizada pelo *Australian Government* para o aumento da produção, estima-se um investimento de R\$ 1,16 bilhão e R\$ 1,17 bilhão, nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 39).

Tabela 39 – Projeções de investimento – Extração de ouro, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2023 a 2027 (IBRAM)	2030	2040
World Bank Group	5.772,3	1.151,0	1.144,1
Australian Government	5.772,3	1.160,8	1.173,7
PNM 50	5.772,3	1.259,9	1.501,6

Fonte do histórico: IBRAM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.2.2 Lítio

O mercado global de lítio é impulsionado pelo seu uso em baterias para veículos elétricos, acumuladores de energia, eletrônicos, vidros, graxas e fármacos. A demanda crescente está especialmente relacionada à descarbonização e à transição energética, com ênfase em novos sistemas de geração e acumulação de energia, assim como na transição para a mobilidade sustentável. A China lidera esse impulso, seguida pela Europa, Estados Unidos e Brasil. As projeções de mercado foram fornecidas pela *International Energy Agency* (IEA, 2023a), Departamento da Indústria, Ciência e Recursos da Austrália (DISR, 2023) e Caderno 3 do PNM 2050 (MME, 2022d) (Gráfico 21). A projeção com menor produção a longo prazo de lítio é a realizada no cenário conservador do PNM 2050, que considera a não produção da substância mineral a partir do ano de 2037, enquanto o governo australiano propõe uma estimativa mais moderada, com progressão linear até o ano de 2043 e estabilização a partir desse período.

⁴⁰ A fórmula do CAGR está na seção 2.2.2.1.1.

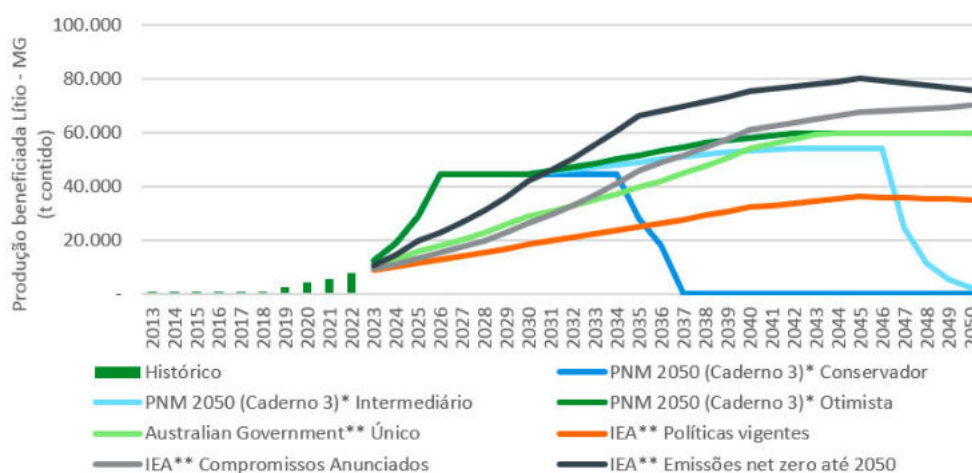
⁴¹ O cálculo considerou a seguinte fórmula: multiplicou-se o número inicial de empregos pela taxa de crescimento anual composta (CAGR) da produção, obtendo-se assim o resultado final estimado.

⁴² O cálculo considerou a seguinte fórmula: multiplicou-se o investimento-base (primeira coluna) estimado pelo IBRAM pela taxa de crescimento anual composta (CAGR) da produção, obtendo-se assim o resultado final estimado.

Por se tratar de material cujas aplicações são alvo de desenvolvimento e pesquisas de inovação, as projeções de crescimento médio são mais elevadas do que as do minério de ferro e do ouro.

A cadeia de produção do lítio demonstra um grande potencial para verticalização, incluindo processos avançados de transformação para a fabricação de matérias-primas com maior valor agregado, como carbonato e hidróxido de lítio. Essa tecnologia já está em operação no município de Divisa Alegre, na RGInt de Teófilo Otoni. No entanto, é necessário elevar o nível tecnológico dos produtos exportados para aproveitar o crescimento expressivo do mercado de baterias veiculares. Atualmente, parte desses produtos é exportada diretamente para a China, uma vez que a indústria de transformação nacional ainda não consegue absorvê-los para a produção de baterias e o desenvolvimento da cadeia do lítio.

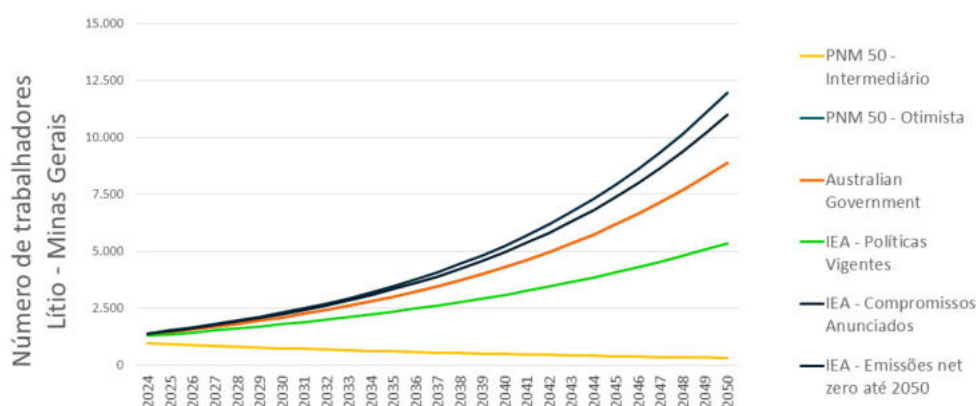
Gráfico 21 – Projeção da produção de lítio em Minas Gerais (t)



Fonte: ANM(2023a); Fonte da projeção: CMO(2023), DISR(2023) e MME(2022d)

Quanto às perspectivas de emprego, a variação nos níveis de produção pode impactar no número de trabalhadores alocados na extração de lítio. Segundo informações das empresas CBL, AMG Brasil e Brasil Mineral, em 2023 havia 1.085 trabalhadores empregados. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção otimista, elaborada pelo IEA, com CAGR da produção de 8,63%, estima-se que o emprego atinja os níveis de 2.285 e 5.230 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040, respectivamente. Para o cenário pessimista, a partir das projeções elaboradas para o PNM 50, com CAGR da produção de -4,25%, estima-se que os empregos atinjam, respectivamente, a 703 e 475 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040 (Gráfico 22).

Gráfico 22 – Projeções de emprego – Lítio, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS(2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+(2024)

A partir de investimentos estimados pelo Ministério de Minas e Energia (MME), obtém-se a expectativa de R\$ 15 bilhões investidos em lítio entre 2023 e 2030. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção intermediária, realizada pelo *Australian Government* para o aumento da produção do lítio, estima-se um investimento de R\$ 4,91 bilhões em 2040 (Tabela 40).

Tabela 40 – Projeções de investimento – Lítio, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2023 a 2030 (MME)	2040
PNM 50	15.000,0	1.038,1
Australian Government	15.000,0	4.915,9
IEA – Políticas Vigentes	15.000,0	3.906,6
IEA – Compromissos Anunciados	15.000,0	5.417,4
IEA – Emissões net zero até 2050	15.000,0	5.630,4

Fonte do histórico: MME (2022c); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

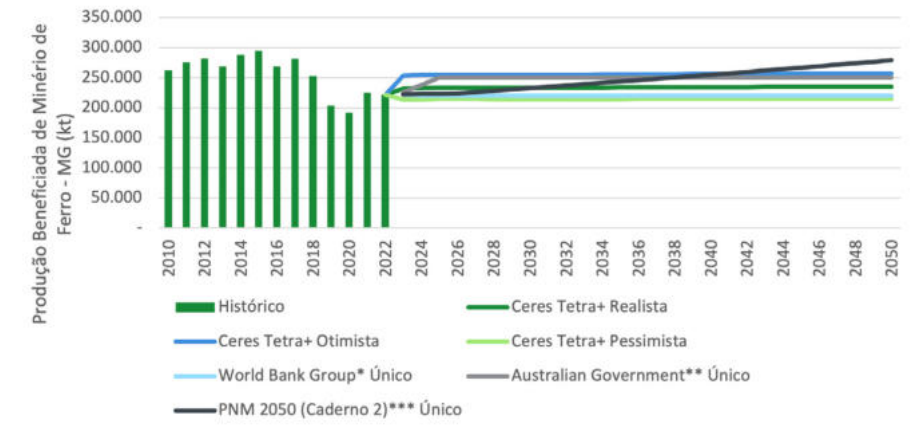
3.2.3 Minério de Ferro

O mercado global de minério de ferro, influenciado pela demanda chinesa, pelo uso mais intensivo de sucata e pela descarbonização, afeta não apenas o desempenho da produção do minério, mas também a economia brasileira, especialmente a de Minas Gerais.

O crescimento econômico da China, especialmente no setor imobiliário, vem impulsionando a demanda por aço e metais básicos e elevando os preços das commodities mineroindustriais (CHEUNG; MORIN, 2007; YU, 2011). O preço internacional do minério de ferro reflete o crescimento do PIB chinês (MELE; MAGAZZINO, 2020), diretamente relacionado à demanda por moradias na China e, consequentemente, por aço e minério de ferro.

Foram simulados três cenários de projeção da produção beneficiada de minério de ferro: o realista, que reflete as premissas assumidas pelo Consórcio Ceres-Tetra+; o otimista, baseado na projeção do cenário transformador do IPEA no Caderno 4 dos estudos do PNM 2050 (MME, 2022e) e 50% a mais de crescimento na importação chinesa; e o pessimista, com o PIB equivalente a dois desvios-padrão abaixo das projeções do Banco Central do Brasil (BCB, 2023) e 50% a menos de crescimento na importação chinesa em comparação às projeções do modelo VAR (Modelos Vetoriais Autorregressivos)(Gráfico 23). Das projeções adotadas, a do Caderno 2 do PNM 50 se mostra a mais otimista a longo prazo, por ser crescente em todos os anos da série. A estimativa de produção de menor valor é a do cenário pessimista projetado pelo Consórcio.

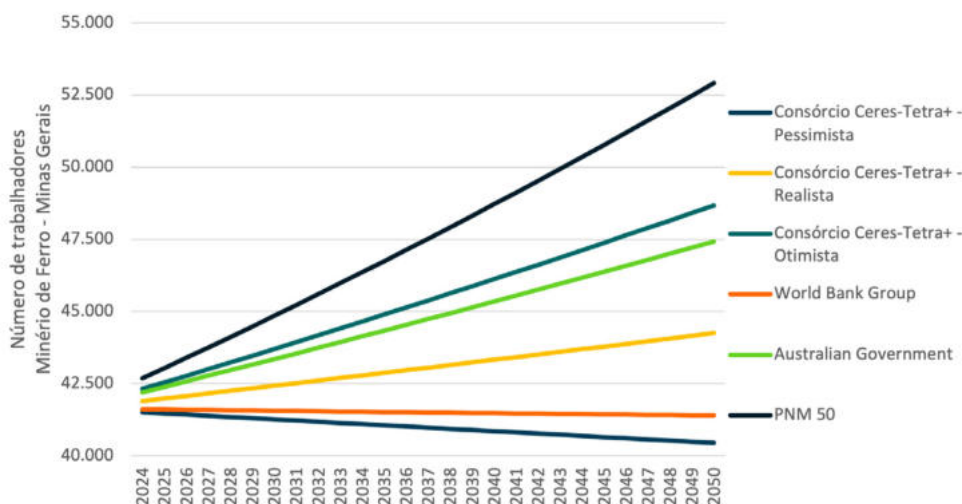
Gráfico 23 – Histórico e projeções da produção beneficiada de minério de ferro em MG (kt)



Fonte do histórico: ANM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+, CMO (2023), DISR (2023) e MME (2022e)

No que se refere às perspectivas de emprego, infere-se que a variação nos níveis de produção impacta no número de trabalhadores alocados na extração de minério. Segundo estatísticas da RAIS em 2021, havia 41.636 trabalhadores dedicados à atividade econômica de extração de minério de ferro em Minas Gerais. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção otimista, elaborada para o PNM 2050, com CAGR da produção de 0,83%, estima-se que o emprego atinja os níveis de 44.851 e 48.716 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040, respectivamente. No caso pessimista, a partir das projeções do *World Bank Group*, com CAGR da produção de -0,02%, estima-se que chegue a 41.561 e 41.478 postos de trabalho, respectivamente em 2030 e 2040 (Gráfico 24).

Gráfico 24 – Projeções de emprego – Minério de ferro, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

Com base em dados do IBRAM, obtém-se a expectativa de investimento de R\$ 84,61 bilhões na extração de minério de ferro entre 2023 e 2027 no Brasil. Proporcionalmente, considerando a participação do estado de Minas Gerais na produção nacional comercializada de minério de ferro, projeta-se investimento de aproximadamente de R\$ 39,32 bilhões no estado. Estima-se investimentos de R\$ 7,95 bilhões e R\$ 8,11 bilhões nos anos de 2030 e 2040, respectivamente, considerando-se a projeção realista (Tabela 41).

Tabela 41– Projeções de investimento – Minério de ferro, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2023 a 2027 (IBRAM)	2030	2040
Consórcio Ceres-Tetra+ – Pessimista	39.318,0	7.824,4	7.746,5
Consórcio Ceres-Tetra+ – Realista	39.318,0	7.946,5	8.114,9
Consórcio Ceres-Tetra+ – Otimista	39.318,0	8.078,0	8.525,0
World Bank Group	39.318,0	7.855,7	7.840,0
Australian Government	39.318,0	8.042,0	8.411,3
PNM 50	39.318,0	8.194,8	8.901,0

Fonte do histórico: IBRAM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

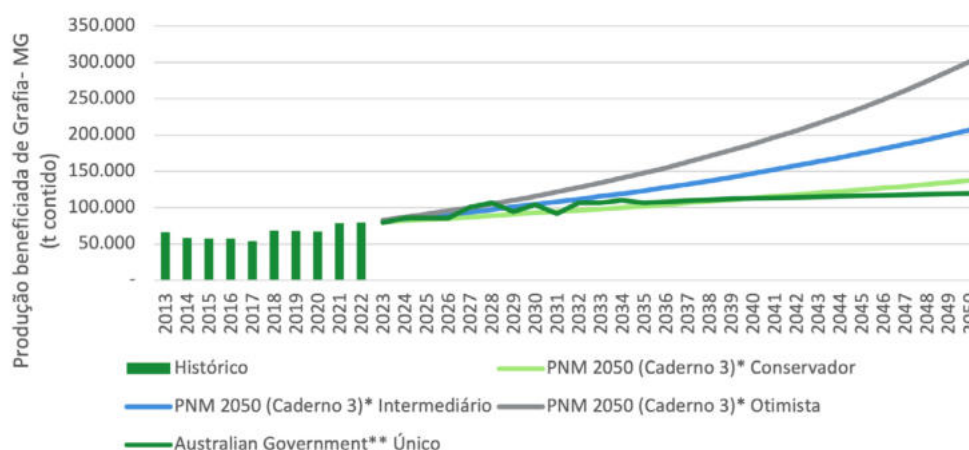
3.2.4 Grafita

A análise das perspectivas do mercado global da grafita considera seu uso em eletrodos, refratários, siderurgia, lubrificantes e agricultura, além da sua tradicional aplicação em energia portátil (pilhas e baterias) – atualmente potencializada com a utilização intensiva em baterias de veículos elétricos e em acumuladores de energia que servem aos sistemas de autogeração. As perspectivas de mercado consideram ainda o subproduto grafeno, que deverá servir a outras

aplicações, parte destas ainda em desenvolvimento.

As projeções das taxas de crescimento para a produção de grafita foram compiladas e analisadas a partir de dados do mercado de mineração, do Departamento da Indústria, Ciência e Recursos da Austrália (DISR, 2023) e do Caderno 3 do PNM 2050 (MME, 2022d) (Gráfico 25). A projeção otimista com maior elevação da produção é estimada no PNM 2050, enquanto a mais conservadora é a adotada pelo governo australiano, que prevê um crescimento contido para os próximos anos.

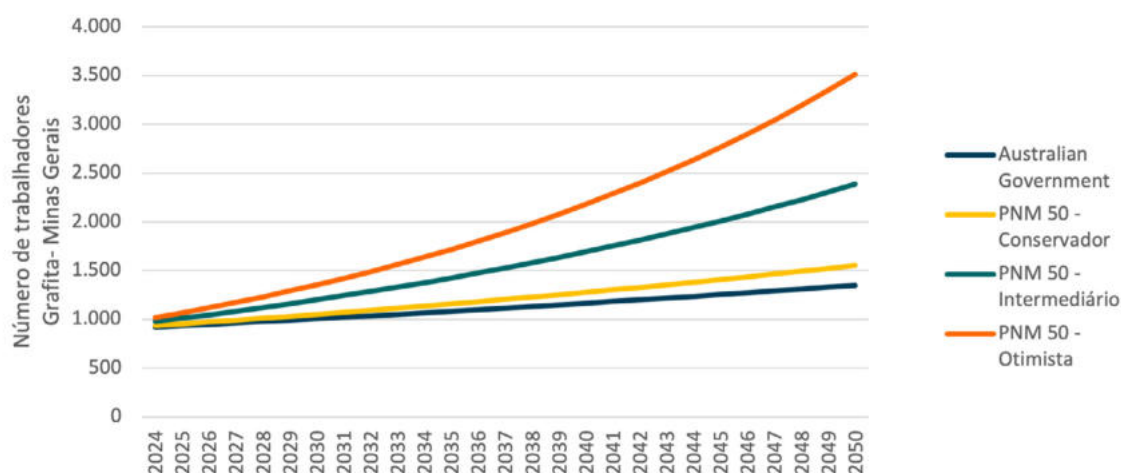
Gráfico 25 – Projeção da produção de grafita em Minas Gerais (t)



Fonte: ANM (2023a); Fonte da projeção: DISR (2023) e MME (2022d)

Quanto às perspectivas de emprego, a variação nos níveis de produção pode impactar no número de trabalhadores alocados na extração de grafita. Com base nos dados da RAIS para 2021, havia 882 trabalhadores dedicados à atividade econômica de extração de grafita naquele período. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção otimista do PNM 2050, com CAGR da produção de 4,88%, estima-se que os empregos atinjam, nos anos de 2030 e 2040, 1.354 e 2.181 trabalhadores respectivamente. Já para o caso pessimista, a partir das projeções do *Australian Government*, com CAGR da produção de 1,48%, estima-se que o emprego chegue a 1.007 e 1.166 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040 (Gráfico 26).

Gráfico 26 – Projeções de emprego – Grafita, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A partir dos investimentos totais do setor de mineração mapeados pelo IBRAM (2023a) e a participação da grafita mineira na produção mineral no Brasil, obtém-se a expectativa de R\$ 387 milhões investidos na extração de grafita de 2024 a 2028 em Minas Gerais. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção intermediária realizada para o PNM 50

para o aumento da produção, são estimados investimentos de R\$ 88,7 milhões e R\$ 125 milhões nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 42).

Tabela 42 – Projeções de investimento – Grafita, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2024 a 2028 (IBRAM)	2030	2040
Australian Government	387,0	82,1	95,1
PNM 50 – Conservador	387,0	83,6	101,7
PNM 50 – Intermediário	387,0	88,7	125,0
PNM 50 – Otimista	387,0	93,4	150,5

Fonte do histórico: IBRAM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.2.5 Nióbio

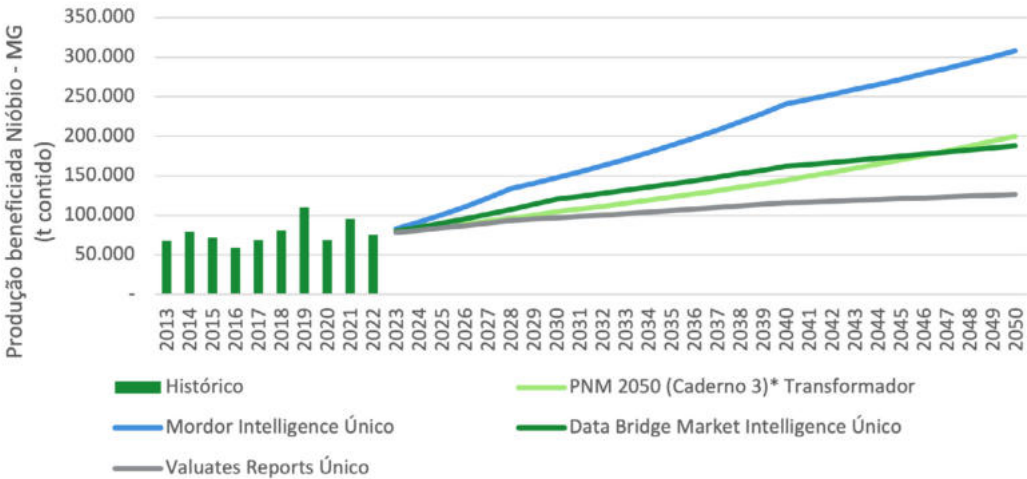
O Brasil lidera a produção global de nióbio, representando 89,9% do total mundial em 2022 (USGS, 2023). O nióbio é essencial como aditivo em ligas metálicas e aço inoxidável, melhorando suas propriedades para várias aplicações, como motores a jato e construção de dutos (RSC, 20[–]). A demanda futura pode aumentar com o uso do óxido de nióbio em baterias que demandam maior utilização de grafita, conforme planejado pela CBMM, com expectativa de 25% da receita proveniente desses materiais até 2030 (ROSTÁS, 2023).

Neste contexto, foi inaugurada em novembro/2024, a unidade industrial na CBMM, em parceria com a Echion Technologies, para produção de ânodo de nióbio, para uso em baterias de íon de lítio, com carregamento ultrarrápido, o que representa uma etapa importante na transição energética no estado. O investimento foi de

R\$ 2,2 bilhões, com expectativa de gerar mais de 130 empregos diretos (NIÓBIO..., 2024).

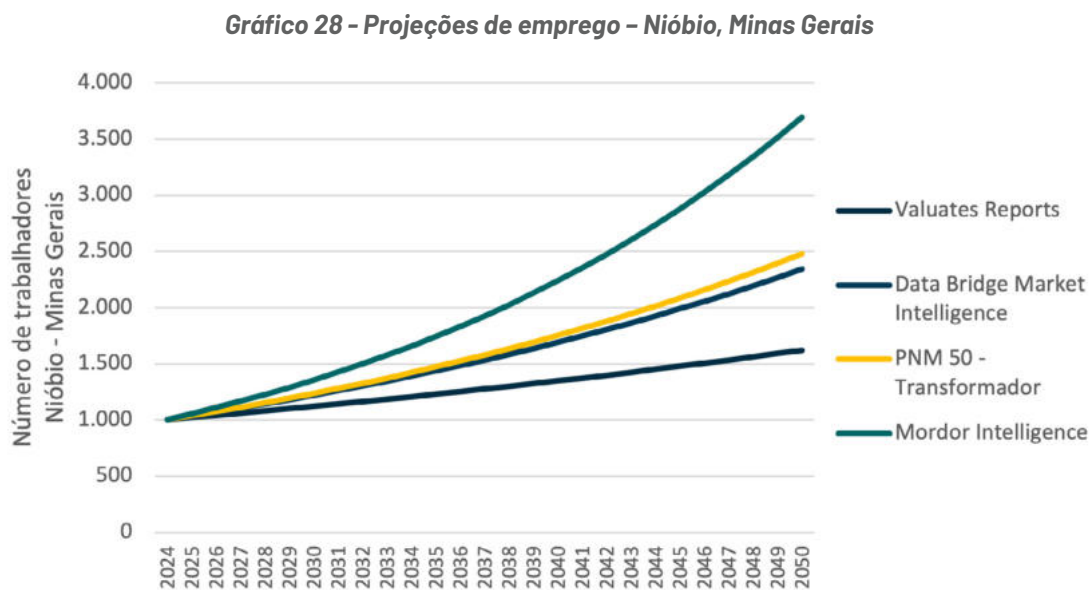
A compilação e a análise das taxas de crescimento esperadas para a produção de nióbio foram obtidas a partir de projeções do mercado de mineração, do *Mordor Intelligence* (MORDOR INTELLIGENCE, 2023a), *Data Bridge Market Research* (DBMR, 2023), *Valuates Reports* (VALUATES REPORTS, 2021) e o Caderno 3 do PNM 2050 (MME, 2022d) (Gráfico 27). A projeção mais otimista é a realizada pela *Mordor Intelligence*, com crescimento superior a duas vezes das demais estimativas; o cenário mais conservador é o previsto pela *Valuates Reports*, que prevê pequeno crescimento nos próximos anos e estabilização nos anos finais da série. As projeções de crescimento deste metal são inferiores às do lítio, porém superiores às projeções para o ouro e o minério de ferro.

Gráfico 27 – Projeção da produção de nióbio em Minas Gerais (t)



Fonte: ANM (2023a); Fonte da projeção: Mordor Intelligence (2023a), DBMR (2023), Valuates Reports (2021) e MME (2022d)

Quanto às perspectivas de emprego, a variação nos níveis de produção pode impactar no número de trabalhadores alocados na extração de nióbio. Segundo a CBMM, em 2021 havia 1.004 empregados. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção otimista da *Mordor Intelligence*, com CAGR da produção de 5,14%, estima-se que o emprego atinja os níveis de 1.576 e 2.602 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040, respectivamente. No caso pessimista, a partir das projeções do *Valuates Reports*, com CAGR da produção de 1,86%, projetam-se 1.185 e 1.425 trabalhadores nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Gráfico 28).



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A CBMM previu investimentos em P&D e Capex da ordem de R\$ 1 bilhão, em sua planta em Araxá, em 2024 (BRASIL MINERAL, 2024a). Mantendo a taxa de investimento e adotando a projeção intermediária realizada pelo *Australian Government* para o aumento da produção, estima-se investimento de R\$ 1,16 bilhão e R\$ 1,17 bilhão nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 43).

Tabela 43 – Projeções de investimento – Nióbio, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2024 (CBMM)	2030	2040
Valuates Reports	1.000,0	1.117,0	1.343,0
Data Bridge Market Intelligence	1.000,0	1.216,0	1.684,0
PNM 50 – Transformador	1.000,0	1.232,0	1.745,0
Mordor Intelligence	1.000,0	1.351,0	2.230,0

Fonte do histórico: CBMM... (2024); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

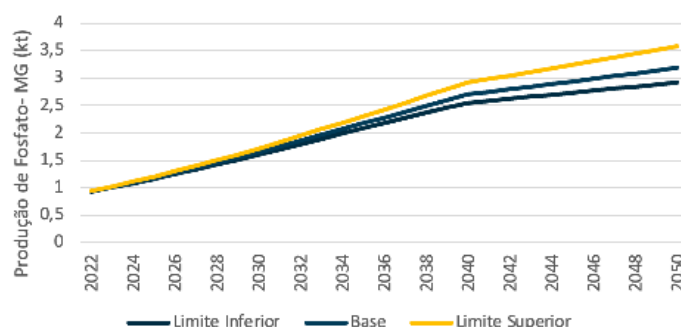
3.2.6 Agrominerais

As projeções do PNF 2050 contemplam a oferta e a demanda de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos. Para estimar a produção brasileira de fertilizantes nitrogenados, considerou-se o aumento de ocupação da atual capacidade instalada de produção, chegando a 100% de utilização em 2030, e a redução da dependência de importações e de 96% (em 2020) para 85,5% até 2030, mantendo constante a capacidade produtiva brasileira ao longo do período.

No caso dos fertilizantes fosfatados, a projeção levou em conta a evolução do percentual de importações, conforme indicado pela Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos (SEAE, 2021), esperando-se uma redução de 68% (em 2019) para 26% em 2050. Essas projeções buscam fundamentar estrategicamente a expansão da produção nacional, almejando reduzir a dependência externa.

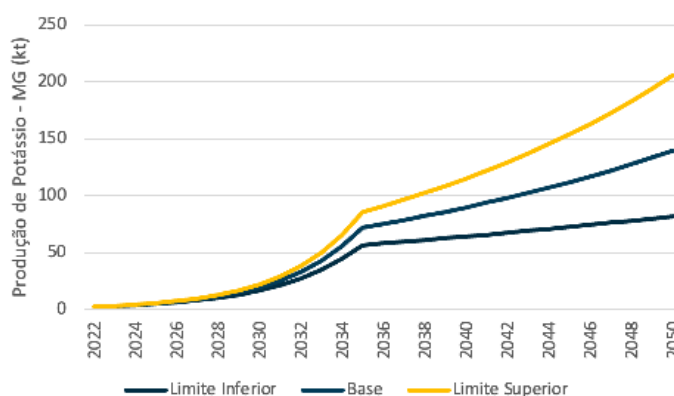
Para as projeções do potencial de produção de fertilizantes e agrominerais (nitrogênio, fosfato e potássio) em Minas Gerais, foram considerados os percentuais históricos observados em 2022 com base nos dados de produção beneficiada disponíveis na ANM (2023a), que correspondem a 0% para nitrogênio, 37,39% para fosfato (Gráfico 29) e 0,83% para potássio (Gráfico 30).

Gráfico 29 – Projeção da produção de fosfato em Minas Gerais (kt)



Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos dados de SEAE (2021)

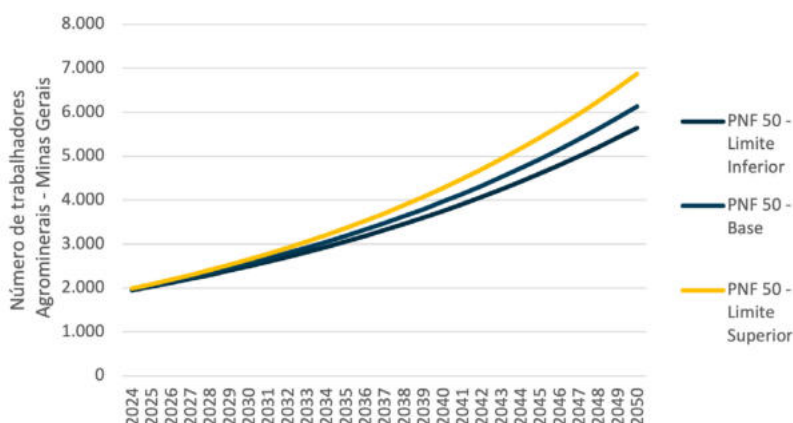
Gráfico 30 – Projeção da produção de potássio em Minas Gerais (kt)



Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos dados de SEAE (2021)

Quanto às perspectivas de emprego, segundo dados da RAIS para o ano de 2021, havia 1.726 trabalhadores dedicados à atividade econômica de extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos. Considerando que a tecnologia seja constante ao longo do tempo e utilizando projeções do PNF 50, é possível avaliar dois cenários. O otimista, com CAGR da produção de 4,88%, em que o setor empregaria 2.650 em 2030 e 4.268 em 2040. No caso pessimista, com CAGR da produção de 4,17%, os empregos chegariam a 2.493 e 3.751 em 2030 e 2040, respectivamente (Gráfico 31).

Gráfico 31 – Projeções de emprego – Agrominerais, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

Projeções do IBRAM (2023a) estimam investimentos de R\$ 26,11 bilhões na extração de minérios para a produção de fertilizantes entre 2023 e 2027 no Brasil. Para Minas Gerais, os investimentos seriam de aproximadamente R\$ 12,56 bilhões, uma vez que o estado é o maior produtor nacional de fertilizantes. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção intermediária realizada no PNF 50 para o aumento da produção, estima-se investimentos de R\$ 3,12 bilhões e R\$ 4,83 bilhões nos anos de 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 44).

Tabela 44 – Projeções de investimento – Agrominerais, Minas Gerais (R\$ milhão)

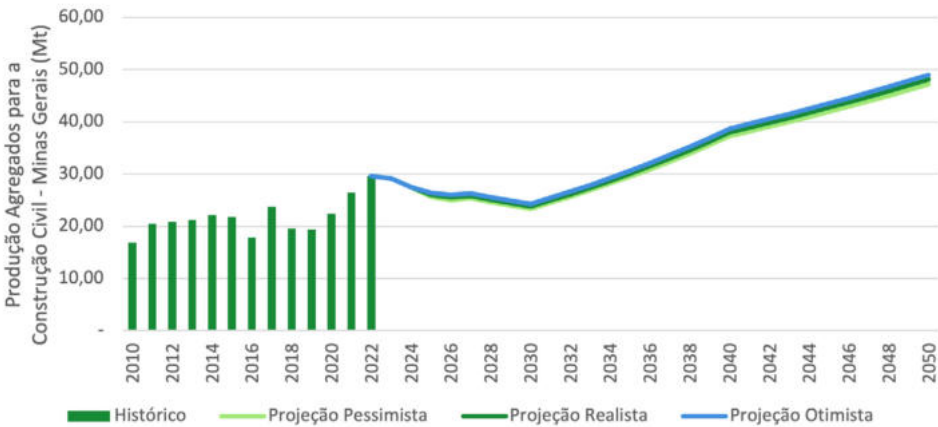
Anos	2023 a 2027 (IBRAM)	2030	2040
PNF 50 – Limite Inferior	12.558,9	3.075,9	4.628,0
PNF 50 – Base	12.558,9	3.119,7	4.830,9
PNF 50 – Limite Superior	12.558,9	3.180,2	5.121,4

Fonte do histórico: IBRAM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.2.7 Agregados para a Construção Civil

A projeção dos agregados destinados à construção civil baseou-se na análise da variação média da produção dessas substâncias minerais em relação ao nível dessa atividade. Tal relação foi avaliada por meio do PIB Construção, um componente do PIB Industrial (Gráfico 32). Os três cenários analisados (pessimista, realista e otimista) possuem valores próximos, em razão da metodologia utilizada, e indicam queda até 2030, com recuperação seguida de crescimento nos anos finais da série.

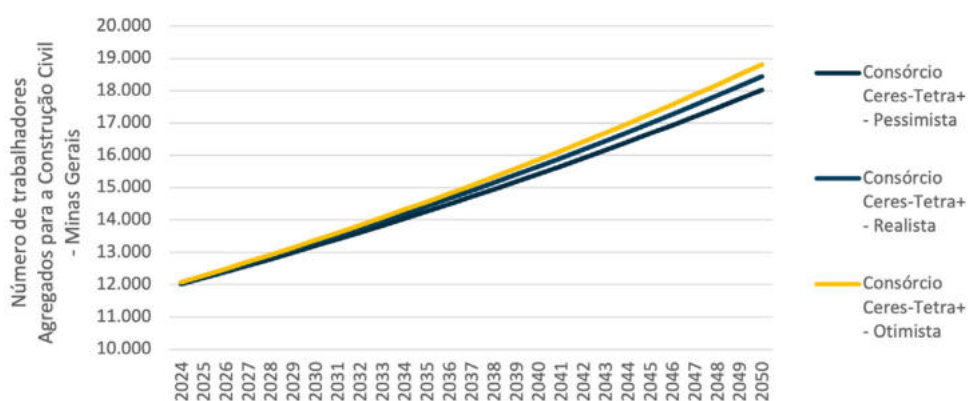
Gráfico 32 – Projeção da produção de agregados para a construção civil em Minas Gerais (Mt)



Fonte do histórico: ANM (2023a); Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+

Com base nos dados da RAIS para 2021, havia 11.470 postos de trabalho dedicados à atividade econômica de extração de rocha (rocha britada e cascalho), areia e argila. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e os ciclos econômicos adotados pelo modelo, foram elaborados dois cenários. No otimista, projeta-se 10.520 e 16.786 empregos para 2030 e 2040, respectivamente. No cenário pessimista, estima-se 10.142 e 16.183 empregos em 2030 e 2040, respectivamente (Gráfico 33).

Gráfico 33 – Projeções de emprego – Agregados para a construção civil, Minas Gerais



Fonte do histórico: IBGE (2018); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A expectativa de aportes na extração de agregados, realizada a partir dos investimentos totais do setor de mineração identificados pelo IBRAM (2023a) e da participação dos agregados para construção civil do estado na produção mineral no Brasil, é de R\$ 1,49 bilhão entre 2024 e 2028 em Minas Gerais. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção intermediária para o aumento da produção, estima-se recursos de R\$ 273,52 milhões e R\$ 436,42 milhões em 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 45).

Tabela 45 – Projeções de investimento – Agregados para a construção civil, Minas Gerais (R\$ milhão)

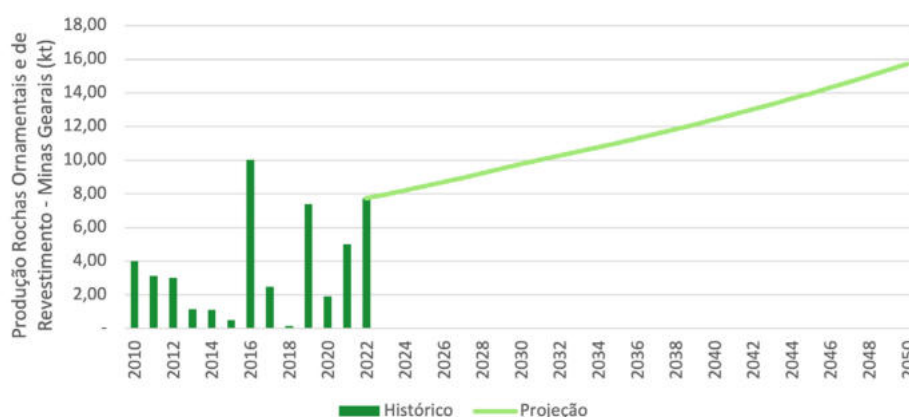
Anos	2024 a 2028 (IBRAM)	2030	2040
Consórcio Ceres-Tetra+ – Pessimista	1.492,5	272,2	434,4
Consórcio Ceres-Tetra+ – Realista	1.492,5	273,5	436,4
Consórcio Ceres-Tetra+ – Otimista	1.492,5	274,9	438,5

Fonte do histórico: IBRAM (2023a); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.2.8 Rochas Ornamentais e de Revestimento

Para as rochas ornamentais e de revestimento, estima-se taxas de crescimento anual de 3,0%, de 2022 a 2030, e de 2,4%, de 2030 a 2050, com base nos dados do Caderno 2, volume 2, do Plano Nacional de Mineração 2050 (MME, 2022b). Essas taxas foram aplicadas aos patamares de produção apurados na base histórica da ANM (2023a) (Gráfico 34). A projeção realizada estima um crescimento condizente com o observado nos anos anteriores, prevendo um patamar pouco inferior a 16 kt no ano de 2050, no fim da série.

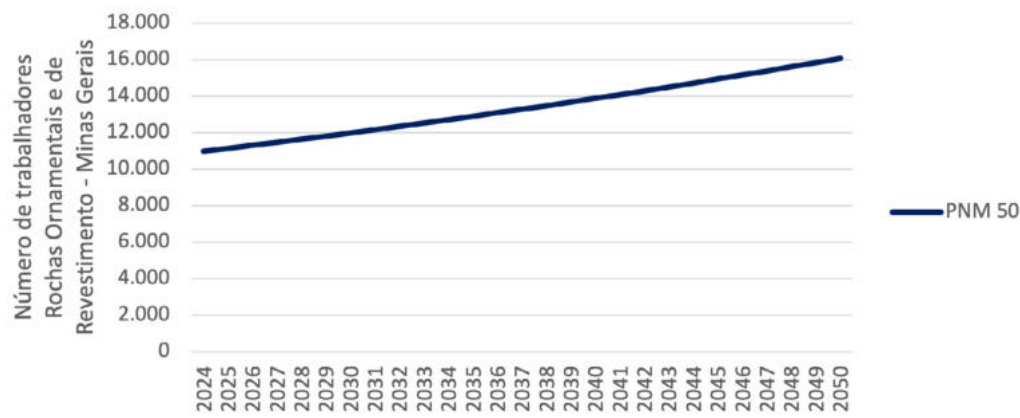
Gráfico 34 – Projeção da produção de rochas ornamentais e de revestimento em MG (kt)



Fonte do histórico: ANM (2023a) e MME (2022b); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+

Em 2021, havia 10.109 trabalhadores dedicados à atividade econômica de extração de ardósia, granito e mármore, com base nos dados da RAIS. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção elaborada para o PNM 2050, com CAGR da produção de 2,57%, espera-se atingir 11.370 e 13.169 empregos em 2030 e 2040, respectivamente (Gráfico 35).

Gráfico 35 – Projeções de emprego – Rochas ornamentais e de revestimento, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A partir dos investimentos totais do setor de mineração (IBRAM, 2023a) e da participação das rochas ornamentais na produção mineral do Brasil, estima-se, em Minas Gerais, a alocação de R\$ 644 milhões no setor entre 2024 e 2028. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção realizada no PNM 50 para o aumento da produção, são previstos investimentos de R\$ 136,6 milhões e R\$ 158,2 milhões em 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 46).

Tabela 46– Projeções de investimento – Rochas ornamentais e de revestimento, Minas Gerais (R\$ milhões)

Anos	2024 a 2028 (IBRAM)	2030	2040
PNM 50	644,0	136,6	158,2

Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)



3.2.9 Águas Minerais

A projeção da produção de águas minerais em Minas Gerais foi calculada com base na relação histórica entre o crescimento populacional do Brasil, fornecida pelo IBGE, e os dados da produção de água mineral no estado (ANM, 2023c). A análise foi realizada entre 2013 e 2021, período em que foi

observado um comportamento linear simples entre as variáveis analisadas (Gráfico 36). Na projeção, observa-se uma tendência logarítmica no valor estimado de produção, dado que essa acompanha o crescimento populacional previsto pelo IBGE.

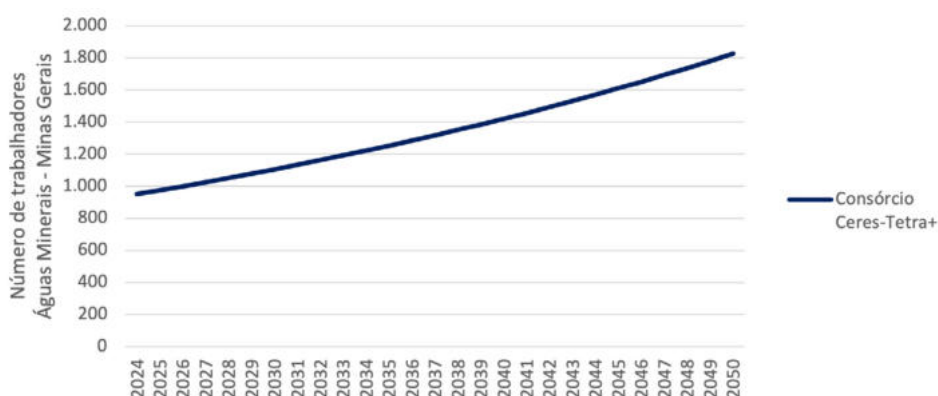
Gráfico 36 – Projeção da produção de águas minerais – Minas Gerais (kL)



Fonte: ANM (2023c) e IBGE (2018); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+

De acordo com os dados da RAIS para 2021, havia 882 empregos diretos na atividade econômica de perfuração e construção de poços de água. Considerando a tecnologia constante ao longo do tempo e utilizando a projeção, com CAGR da produção de 2,54%, em 2030 e 2040 estima-se que se tenham 1.105 e 1.421 postos de trabalho (Gráfico 37).

Gráfico 37 – Projeções de emprego – Águas minerais, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A partir dos investimentos totais na extração de águas minerais mapeados pelo MME (2022c) e da participação de Minas Gerais (ASSIRATI, 2018) na produção brasileira, projetam-se aportes de R\$ 12,5 milhões na extração de águas em 2024 no estado. A projeção para o aumento da produção indica investimentos de R\$ 13,6 milhões e R\$ 15,8 milhões em 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 47).

Tabela 47 – Projeções de investimento – Águas minerais, Minas Gerais (R\$ milhões)

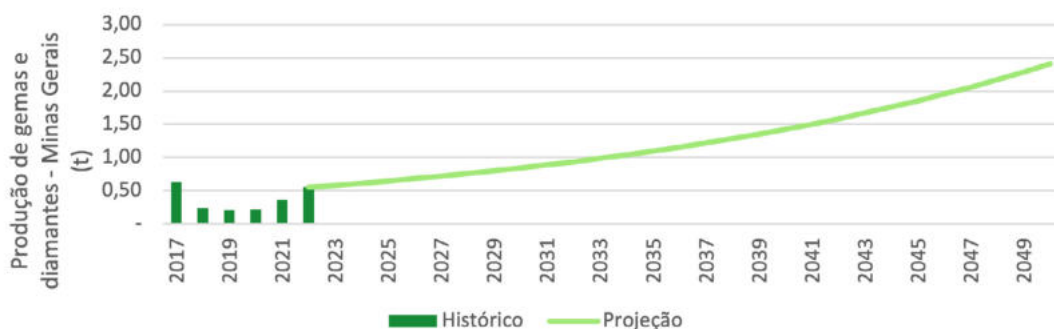
Anos	2024 (SGB)	2030	2040
Consórcio Ceres-Tetra+	12,5	13,6	15,8

Fonte do histórico: SGB (2017); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.2.10 Gemas e Diamantes

A projeção para o mercado de gemas e diamantes nos próximos anos sugere um crescimento substancial, impulsionado pelo aumento da renda da população, principalmente nos países da região Ásia-Pacífico, com destaque para a China. O crescimento estável da China nos últimos anos (CAGR de 7% de 2016 a 2021) tem resultado em um significativo aumento no consumo de gemas pela classe média do país (MORDOR INTELLIGENCE, 2023b; FMI, 2023). No entanto, devido ao seu uso predominante na indústria de joalheria e decoração, é importante notar que o mercado de gemas e diamantes é altamente suscetível a crises e flutuações acentuadas. Para Minas Gerais, adotando o crescimento previsto pela Mordor Intelligence (2023b), projeta-se incremento na produção até 2050 (Gráfico 38).

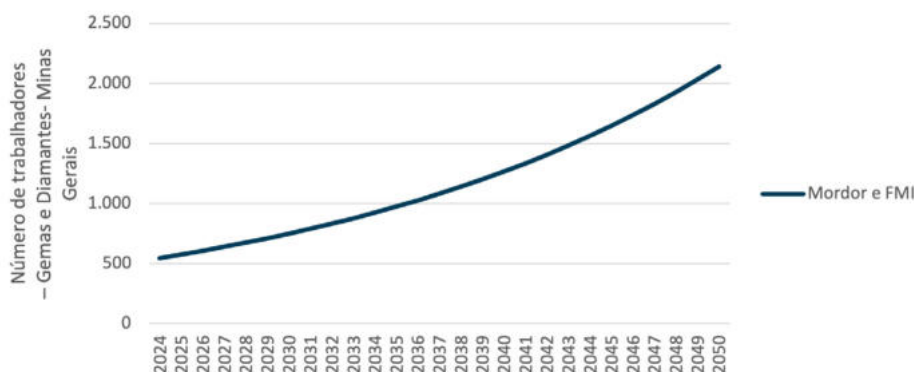
Gráfico 38 – Projeção da produção de gemas e diamantes, Minas Gerais (t)



Fonte: ANM (2023a), MORDOR INTELLIGENCE (2023b) e FMI (2023); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+

Quanto aos postos de trabalho, segundo dados da RAIS, em 2021, havia 466 trabalhadores dedicados à atividade econômica de extração de gemas (pedras preciosas e semipreciosas). A projeção, com CAGR da produção de 5,4%, estima 748 empregos em 2030 e 1.266 em 2040 (Gráfico 39).

Gráfico 39 – Projeções de emprego – Gemas e diamantes, Minas Gerais



Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

A partir dos investimentos totais do setor de mineração identificados pelo IBRAM (2023a) e da participação das gemas e diamantes do estado na produção mineral do Brasil, espera-se o investimento de R\$ 129 milhões na extração de gemas e diamantes entre 2024 e 2028 em Minas

Gerais. Considerando a manutenção da taxa de investimento e adotando a projeção realizada pela Mordor Intelligence e FMI para o aumento da produção, são previstos investimentos de R\$ 31,8 milhões e R\$ 53,7 milhões em 2030 e 2040, respectivamente (Tabela 48).

Tabela 48 – Projeções de investimento – Gemas e diamantes, Minas Gerais (R\$ milhão)

Anos	2024 a 2028 (IBRAM)	2030	2040
Mordor e FMI	129,0	31,8	53,7

Fonte do histórico: RAIS (2021); Fonte da projeção: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

3.3 Avaliação do Futuro dos Recursos Humanos no Setor Mineral

O setor mineral requer uma ampla gama de conhecimentos e especializações para assegurar sua operação eficiente. Isso decorre da multiplicidade das suas atividades, que englobam desde a pesquisa mineral até a fase de encerramento das operações das minas, envolvendo diversas escalas e processos dos empreendimentos. Tal complexidade demanda uma equipe diversificada de profissionais qualificados para lidar com as responsabilidades sociais e ambientais específicas desse setor, além dos aspectos técnicos envolvidos na operação. Na mineração contemporânea, observa-se uma crescente demanda por habilidades específicas de áreas diversas do conhecimento, tais como geologia, engenharia em diferentes modalidades, além de ciências humanas e sociais (SALUM, 2023).

3.3.1 ESG e Recursos Humanos

As questões de Governança Ambiental, Social e Corporativa são os principais riscos e oportunidades no setor da mineração nos últimos três anos (ERNST YOUNG 2021; 2022; 2023b). Isso reflete a importância dessas práticas para as empresas e stakeholders, que precisam adaptar sua força de trabalho e recursos humanos para enfrentar as mudanças atuais, como transição energética, descarbonização e digitalização.

Segundo Salum (2023), a integração dos princípios do ESG na mineração é essencial e requer a consideração de variáveis complexas como tratamento de rejeitos e impactos sociais locais. Entre as abordagens que propõem a incorporação do ESG, destacam-se:

- (i) O remodelamento do processo de planejamento da lavra de forma a não interferir em Área de Preservação Permanente, apenas em situações justificadas;
- (ii) A reorientação do local de disposição de estéril e rejeitos, quando possível, considerando menor impacto social e ambiental, em contraste à escolha atualmente orientada pelo menor custo econômico;
- (iii) A criação de programas sociais planejados pelas empresas, preconizando a autossuficiência econômica das comunidades do entorno; e
- (iv) A implantação de infraestrutura não somente para viabilizar o empreendimento, como é hoje, mas para melhorar as condições de vida da comunidade local, tais como captação de água e melhoria de rodovias, entre outros, e que também incentivem surgimento de outras cadeias produtivas.

3.3.2 Mão de obra na Mineração 4.0

O perfil dos profissionais demandados tende a mudar conforme as inovações, e o futuro apresenta um cenário de demanda crescente por alta qualificação e integração tecnológica em razão da Indústria 4.0. Prevê-se que recursos, informações, objetos e indivíduos farão parte de uma rede interconectada conhecida como Internet das Coisas (IoT) (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHWAB, 2015). Os principais objetivos buscados pela adoção de novas tecnologias são aumento de produtividade e eficiência, aumento da segurança, redução dos impactos ambientais e aumento da longevidade das minas (JANG; TOPAL, 2020).

A Mineração 4.0 demanda profissionais com habilidades gerais, como criatividade, habilidades analíticas, empreendedorismo e trabalho em equipe, em combinação com conhecimentos altamente específicos e domínio de tecnologia, especialmente nas áreas de matemática, tecnologia da informação e ciência da computação. O aprendizado contínuo é importante para se adaptar às rápidas mudanças tecnológicas. A constante revisão das práticas e da estrutura organizacional é essencial para melhorar a eficiência e a segurança, especialmente com a crescente ênfase em supervisão e controle remoto. Essas mudanças oferecem a oportunidade de criar um ambiente de trabalho mais dinâmico e inclusivo (KURT, 2019; LUND et al., 2024).

Estima-se que, no Brasil, 42% do tempo do trabalhador de mineração poderá ser automatizado e 49% poderá ser dinamizado pela tecnologia, enquanto apenas 10% não será impactado (Accenture, 2020). O desenvolvimento de um corpo de trabalhadores altamente qualificado é um desafio para muitos países mineradores, incluindo o Brasil, onde a indústria de mineração é composta por muitas micro e pequenas empresas. Embora as empresas enfrentem dificuldades em seguir padrões técnicos rigorosos e em contar com pessoal altamente capacitado, há um reconhecimento de que elas podem se beneficiar da adoção de melhores práticas e do aprimoramento contínuo de suas operações (FUTURO..., 2019; BEZERRA; TOMI; TICHAUER, 2022).



3.3.3 O Cenário em Minas Gerais

A discussão sobre a Mineração 4.0 destaca a necessidade de contextualizar a transição na realidade brasileira, especialmente em Minas Gerais. Com a crescente automação e digitalização, existe o risco de substituição de postos de trabalho por máquinas, o que pode ter um efeito negativo em municípios dependentes da mineração para absorção de mão de obra (LÖÖW et al., 2019).

O Brasil está investindo em iniciativas de inovação e modernização na mineração, como o Mining Hub, uma colaboração entre mineradoras associadas ao IBRAM para impulsionar a inovação no setor. As grandes empresas do setor também estão comprometidas com a digitalização e automação para aumentar a segurança e eficiência de suas operações, ofertando cursos e capacitações gratuitos, em parceria com o SENAI, para acelerar a qualificação profissional em regiões onde atuam (ARCELORMITTAL..., 2022; VALE, 2022; USINA..., 2023; MINING HUB, 2023; ABM, 2024).

3.4 Panorama das Novas Tecnologias

A indústria de mineração está cada vez mais integrada às tecnologias digitais, como a mina digital que incorpora inteligência artificial, *analytics*, *machine learning*, IoT, entre outras, resultando em melhorias na eficiência operacional, segurança, redução das emissões de carbono, economia de combustível e produtividade (DELOITTE, 2017). No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios, como a escassez de mão de obra qualificada e barreiras financeiras e tecnológicas, tornando a transição para a transformação digital um investimento arriscado (WEF, 2020; ROCHA; KISSIMOTO, 2022). Apesar disso, essas tecnologias são essenciais para reduzir custos, aumentar a produtividade e melhorar as margens das empresas de mineração, além de oferecer soluções para desafios específicos como a gestão de barragens, contribuindo para a segurança e redução do impacto ambiental e social.

Como exemplo, o processo de beneficiamento mineral incorre, geralmente, em alto consumo de água. Com isso, busca-se a adoção de práticas para minimizar impactos ambientais, como o processamento a seco, evitando o uso de barragens para a disposição dos rejeitos gerados, e o método de processamento em umidade natural, minimizando o uso de água no processo. No caso do beneficiamento do minério de ferro em Minas Gerais, é gerada uma quantidade considerável de rejeitos, representando cerca de 41% do total gerado no estado (VALE..., 2019; ITM, 2019; REJEITO ZERO, [20–]).

O aproveitamento de rejeitos é um dos desafios enfrentados pelas novas tecnologias, com o objetivo de reduzir seu volume e os impactos associados. Entre as alternativas, destaca-se o reprocessamento dos rejeitos para recuperar minerais valiosos ou sua reutilização em outras aplicações, diminuindo a necessidade de disposição em barragens. Essas soluções ajudam a mitigar os riscos e impactos ambientais decorrentes do acúmulo de rejeitos.

A transição energética é fundamental para reduzir a dependência de combustíveis

fósseis e promover fontes renováveis. No Brasil, destaca-se uma matriz elétrica majoritariamente renovável, com 61,9% da energia vinda de usinas hidrelétricas, totalizando cerca de 85% de fontes renováveis na matriz energética, em contraste com a média global de 27% (MME, 2022d; IEA, 2024; ACCENTURE, 2022). Nesse contexto, os empreendimentos da cadeia produtiva mineiro-industrial no Brasil enfrentam desafios específicos relacionados à eficiência energética e à redução das emissões de carbono, concentrando esforços na minimização das emissões diretas e indiretas associadas à cadeia de produção de minerais, como transporte, distribuição e uso dos produtos pelos clientes (ACCENTURE, 2022). A implementação de tecnologias como análise de dados, inteligência artificial, IoT e sensores inteligentes pode aumentar significativamente a eficiência operacional das mineradoras, impulsionando o alcance das metas de descarbonização (ACCENTURE, 2022; SÁNCHEZ; HARTLIEB, 2020; MORAIS, 2023).

A eletrificação dos veículos e ferramentas de transporte nas minas desempenha papel fundamental na redução das emissões de carbono das empresas de mineração. Algumas tecnologias com esse fim podem ser citadas, como o Sistema *Trolley*, que utiliza eletricidade como combustível em momentos de maior exigência do ciclo de trabalho do caminhão, e a substituição de caminhões por correias transportadoras (*Truckless Mines*) (ACCENTURE, 2022; MORAIS, 2023). Além disso, novas tecnologias como o hidrogênio verde e os briquetes verdes estão sendo exploradas para reduzir as emissões de carbono no setor no curto prazo. Algumas empresas brasileiras estão avançando em estudos para a aplicação dessas tecnologias, o que pode impactar significativamente as emissões de CO₂ (RIBEIRO, 2022; GOÉS, 2023; VALE ..., 2021).

O setor global de mineração está em transição devido à demanda crescente por tecnologias de energia limpa, o que abre oportunidades em Minas Gerais, onde a

indústria de mineração tem perspectivas de ampliação da exploração do lítio e abertura de frentes de exploração de terras raras. Projetos notáveis, como a Grota do Cirilo, o projeto Vale do Lítio, do Governo de Minas, e o projeto de expansão de terras raras pela *Meteoric Resources* são exemplos dessas oportunidades emergentes, ressaltando o potencial do estado como fornecedor de minerais críticos no futuro (METEORIC ..., 2023; BARICH; KEEN, 2023).

3.5 Avaliação das Principais Questões Socioambientais

As questões socioambientais são examinadas em relação a:

- Condições sociais e culturais;
- Biodiversidade;
- Recursos hídricos; e,
- Eventos Extremos.

Considerou-se nessa análise as RGInts onde se destaca a exploração dos minérios de ferro e ouro, com base na arrecadação da CFEM (ANM, 2022b), e dos minérios estratégicos, tanto para transição energética (nióbio, grafita e lítio) como para produção de fertilizantes.

Os demais minerais incluídos nas projeções (agregados da construção civil, água mineral, rochas ornamentais e de revestimento, gemas e diamantes) apresentam operações via de regra consolidadas, muitas vezes envolvendo empresas de pequeno e médio porte, com processos produtivos menos intensivos em uso de recursos naturais. As taxas de crescimento de longo prazo da produção são relativamente baixas e não devem repercutir significativamente na dinâmica socioambiental e suas questões específicas. Assim, não se antevê a longo prazo o surgimento de transformações socioculturais significativas, capazes de repercutirem em questões sociais, econômicas e culturais importantes.

A Tabela 49 apresenta as RGInts onde ocorre, atualmente, a exploração das substâncias minerais selecionadas para análise.

Tabela 49 – RGInts onde ocorre a exploração das substâncias minerais em análise

Minério	RGInt
Minério de Ferro	Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga e Juiz de Fora
Minério de Ouro	Montes Claros, Patos de Minas, Belo Horizonte, Divinópolis, Juiz de Fora
Minério de Nióbio	Uberaba
Lítio	Teófilo Otoni, Barbacena
Grafita	Teófilo Otoni
Agrominerais	Patos de Minas, Uberaba, Varginha, Pouso Alegre

Fonte: elaboração Consórcio Ceres-Tetra+ com base em ANM (2022b)

3.5.1 Perspectivas de Comportamento das Condições Sociais e Culturais

As perspectivas de comportamento relativas às questões socioculturais são de difícil previsibilidade em médio e longo prazo, até 2040. São fenômenos complexos que envolvem relações causais entre a dinâmica de mercado da produção minerária e as especificidades territoriais das economias regionais de interesse, entre tantos outros aspectos. De qualquer forma, algumas suposições e sinalizações podem ser levantadas.

Nesse sentido, em termos das condições sociais gerais, com maior ou menor intensidade, a dinâmica da extração mineral poderá repercutir nas seguintes situações, de acordo com a análise dos especialistas:

- De maneira geral, nos municípios mineradores, pode-se antecipar melhorias no mercado de trabalho, com desdobramentos positivos nos níveis de emprego do setor de extração mineral e de renda das famílias envolvidas e no aumento da receita orçamentária municipal com maior participação da CFEM, favorecendo, assim, a provisão de bens e serviços públicos;
- Nos principais municípios responsáveis pela extração de minério de ferro e arrecadação da CFEM, pertencentes às RGIInts de Belo Horizonte e Barbacena, espera-se o aumento da minerodependência, por se tratar de atividade produtiva dominante;
- Nas RGIInts de Teófilo Otoni e Montes Claros, em municípios específicos, pode-se antever transformações favoráveis no emprego, na renda e na receita orçamentária, entre outros, à medida que a população seja absorvida na expansão da extração de minérios estratégicos;
- Nas RGIInts de Patos de Minas, Juiz de Fora, Belo Horizonte e Teófilo Otoni podem ocorrer desdobramentos socioeconômicos positivos (emprego, renda e receita orçamentária) associados à expansão das minerações de ouro, regularizadas na ANM;
- Associado à produção de agrominerais, antecipa-se, em longo prazo, significativo desenvolvimento econômico de forma mais concentrada na RGIInt de Patos de Minas;
- Nos territórios em que atividades minerárias convivem com elementos culturais diferenciados como comunidades tradicionais e bens tombados, podem ocorrer situações de não alinhamento de posições e falta de consenso entre os grupos envolvidos.

Em termos de tendências, em médio e longo prazo, as questões socioculturais serão consideradas nas políticas de desenvolvimento regional, especialmente nas situações envolvendo municípios ou regiões minerodependentes, em especial o minério de ferro. No caso de outras substâncias como o lítio, a grafita e o nióbio, será decisiva a adoção de políticas públicas de diversificação econômica para evitar situações de concentração produtiva.

Na sequência, as principais questões socioculturais específicas para alguns territórios são antevistas, com foco na exploração do minério de ferro, do minério de ouro e dos minerais estratégicos, tanto para a transição energética quanto para a produção de fertilizantes.

• **Exploração do minério de ferro, dominante na RGIInt de Belo Horizonte**

Em termos prospectivos, no médio e longo prazo, os processos minerários (ANM, 2023a) de minério de ferro, em todas as suas fases, sinalizam o futuro da mineração na RGIInt de Belo Horizonte e apontam para uma expansão e concentração na sua produção, podendo acentuar a situação da minerodependência nos municípios mineradores.

Essa tendência é esperada, especialmente nos municípios mineradores, onde estão localizadas as principais reservas do minério. Municípios como Ouro Preto, Itabirito, Brumadinho, Itatiaiuçu, entre outros, deverão receber grande parte dos futuros investimentos relacionados ao minério de ferro.

Por outro lado, o fechamento de minas poderá trazer consequências expressivas no mercado de trabalho com redução na oferta de empregos e renda da população dependente da mineração. Igualmente, a receita orçamentária poderá reduzir, dada a importância da CFEM na sua composição, o que afetará a provisão de bens e serviços públicos à população.

A dependência econômica dos municípios em relação às empresas líderes de mineração de ferro poderá se acentuar, até 2040, diante da necessidade de incorporação de novas tecnologias de produção e adoção das práticas ESG (Environmental, Social and Governance).

Nos municípios mineradores de pequeno porte e vulneráveis socialmente, não são previstas mudanças e devem continuar evoluindo lentamente, ou seja, não se percebe efeitos de espraiamento de renda da atividade minerária. Certamente outras atividades produtivas a serem implantadas poderão reduzir esse efeito.

Nesse cenário de forte concentração setorial e espacial, é de se esperar um aumento dos conflitos locais entre a mineração, comunidades tradicionais, o patrimônio cultural, paisagístico e turístico (GOVERNO DO ESTADO DE MINAS; TETRA-MAIS, 2024).

• Exploração do minério de lítio, dominante na porção norte de Minas Gerais

Os processos minerários em análise na ANM (2023a), nas fases finais (Concessão de Lavra e Requerimento de Lavra), são em número reduzido (12 processos), porém, devido à movimentação recente do mercado de lítio, observa-se um elevado quantitativo de processos nas fases iniciais (Requerimento e Autorização de Pesquisa), totalizando 1.174 processos, com grande destaque nas RGLnts de Teófilo Otoni (818 processos) e Montes Claros (295 processos), posicionando tais regiões como potenciais centros produtores de minerais estratégicos para a transição energética.

A RGLnt de Teófilo Otoni reúne processos minerários associados a três minerais estratégicos – lítio, grafita e nióbio. Trata-se de possibilidade promissora para a sua produção minerária, contribuindo para alterar sua participação econômica no Estado.

Dessa forma, essas duas regiões passam a ter função importante na transição energética. Ainda que os processos minerários se encontrem em fase de Autorização de Pesquisa, no médio prazo, transformações podem acontecer, com efeitos positivos sobre o emprego e renda, melhorando os indicadores sociais nessas regiões.

Na dimensão cultural, o desenvolvimento da mineração nessas regiões, provavelmente, demandará a necessidade de identificação, reconhecimento oficial e solução fundiária das comunidades tradicionais (GOVERNO DO ESTADO DE MINAS; TETRA-MAIS, 2024).

• Exploração de ouro e presença de garimpos

O número de processos de minério de ouro em fases finais é particularmente expressivo nas RGLnts de Teófilo Otoni e de Belo Horizonte, respectivamente, com um pouco mais de 70 e 90 processos. Nas RGLnts Montes Claros e Patos de Minas, onde a mineração de ouro é atualmente dominante em termos de recolhimento de CFEM, estão em andamento cinco e dez processos minerários em fases finais, respectivamente.

As perspectivas de aumento de exploração do ouro e de outras substâncias (minerais estratégicos e ferro), podem gerar uma busca simultânea pelos recursos limitados disponíveis nas RGLnts de Teófilo Otoni e Montes Claros, principalmente em relação aos recursos hídricos e mão de obra. Tal efeito também poderá ser sentido nos garimpos regularizados.

• Exploração de agrominerais para a produção de fertilizantes

Em termos prospectivos, os processos minerários (ANM, 2023a) das substâncias que compõem os agrominerais (fosfato e potássio) são sinalizadores do futuro da mineração na RGLnt de Patos de Minas, apontando para uma maior concentração da sua produção beneficiada.

As projeções de fosfato em Minas Gerais (item 3.2.6) indicam a expansão da produção nacional de agrominerais, em busca da redução da dependência externa. Com essa perspectiva positiva, pode-se vislumbrar estímulos para a verticalização da cadeia de fertilizantes na região.

Nesse cenário otimista, se os processos minerários nas fases iniciais se concretizarem em investimentos, pode-se antecipar melhorias no mercado de trabalho, com desdobramentos

positivos nos níveis de emprego do setor de extração mineral e de renda das famílias envolvidas, na formação da receita orçamentária pela maior arrecadação da CFEM, favorecendo a provisão de bens e serviços públicos.

3.5.2 Tendências de Pressões sobre a Biodiversidade

As RGInts analisadas apresentam contextos conservacionistas, biogeográficos e dinâmicas socioeconômicas específicas. Dessa forma, foram observadas intensidades diferenciadas de transformação da paisagem, seja pela conversão de áreas naturais em mineração, com potencial perda de biodiversidade, seja pelo crescimento econômico decorrente da mineração e/ou de outras atividades, em especial.

As RGInts de Belo Horizonte, Ipatinga, Barbacena, Divinópolis, Governador Valadares e, em menor escala, Juiz de Fora estão sob influência da dinâmica decorrente da exploração de ferro. Por sua vez, as pressões diretas sobre a biodiversidade se expressam sobre remanescentes de floresta estacional semidecidual e, em especial, sobre campos rupestres endêmicos.

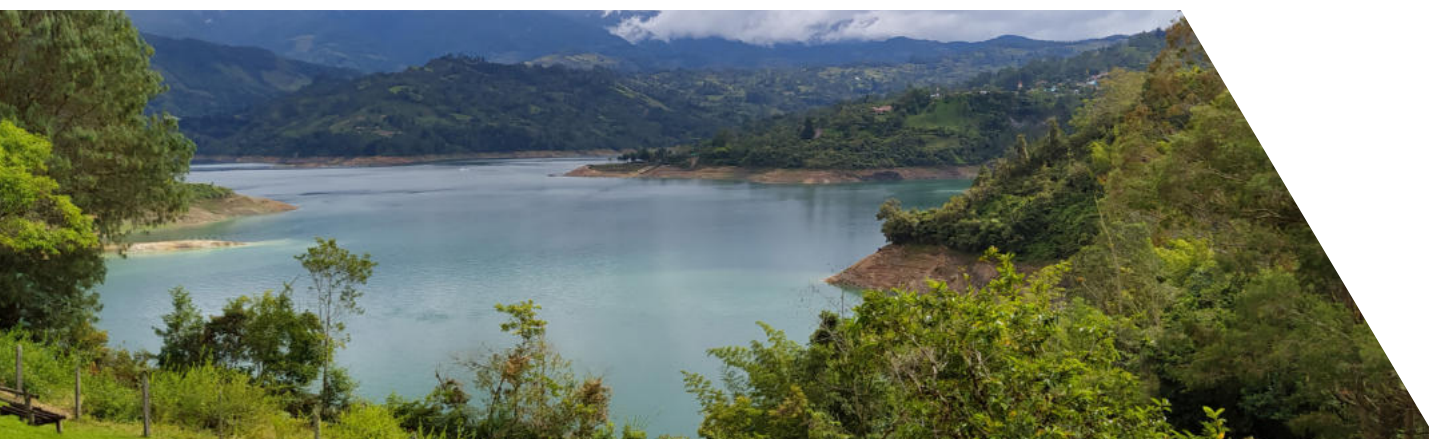
Ambas as formações, quando inseridas no bioma Mata Atlântica, encontram-se sob proteção legal, na maioria dos casos. Entretanto, a rigidez locacional das jazidas e o interesse conservacionista pelos campos rupestres, criam condições de conflito. A solução dessa questão pressupõe compensações durante o processo de licenciamento ambiental e uma adequada gestão ambiental e territorial. As Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (APCBs) são instrumentos auxiliares para essa gestão.

A RGInt de Teófilo Otoni, por sua vez, tem como principais minerais o lítio e a grafita, que podem, ainda no curto prazo, atrair novos investimentos, alterando a dinâmica

socioeconômica. O planejamento da extração desses minerais deve considerar a manutenção de formações vegetais remanescentes, as indicações das APCBs e as áreas de proteção legal de forma a manter e ampliar os níveis de conectividade do ecossistema. A extração de gemas e diamantes também são expressivas nessa RGInt, mas, de forma geral, de menor impacto na biodiversidade, quando comparada com as demais substâncias. Entretanto, torna-se necessário o apoio na gestão ambiental aos micros, pequenos e médios mineradores.

As RGInts de Montes Claros e Patos de Minas destacam-se pela mineração de ouro e fosfato, com ocorrências atualmente localizadas. Portanto, não se espera um incremento significativo nas pressões sobre a biodiversidade decorrentes da atividade minerária.

Uberlândia, Pouso Alegre e Varginha são RGInts com menor relevância em termos da atividade de mineração, sem a preponderância de nenhum dos minérios de forma tão evidente quanto nas demais regiões analisadas. Não se espera, portanto, expressivas transformações no quadro conservacionista nessas regiões em decorrência das atividades de mineração. Já na RGInt de Uberaba, onde os depósitos de nióbio vêm sendo extraídos há décadas, as dinâmicas socioeconômicas decorrentes dessa atividade poderão gerar impactos e afetar ecossistemas remanescentes de importância conservacionista.



3.5.3 Tendências de Pressões sobre os Recursos Hídricos

A análise das informações referentes às condições de uso da água nas circunscrições hidrográficas do estado mostra algumas bacias que já apresentam maior demanda pelo uso da água, em função de maior concentração de outorgas e vazões demandadas por todos os setores usuários.

De uma forma geral, as bacias com maior concentração de uso de águas superficiais foram as do rio Doce, em sua porção mais alta (D01, D02 e D03), rio São Francisco, também em sua porção mais alta (SFs 2, 3, 4, 5 e 7), Alto Paranaíba, rio Pomba e Muriaé. Apesar de terem sido identificados grandes usos, a demanda para mineração nesses locais é baixa, inferior a 8% do total utilizado em cada bacia.

No caso das águas subterrâneas, a demanda é mais evidente na região do Alto São Francisco e na bacia do rio Doce, na região do Quadrilátero Ferrífero, em trechos em que podem ser identificados usos importantes para a mineração, relacionados à necessidade operacional de rebaixamento de nível do lençol freático, o que pode ocasionar conflito com outras demandas de uso.

No que se refere ao balanço hídrico, observa-se que algumas RGInts apresentam condição predominantemente confortável, com a maior parte de suas ottobacias⁴³ com comprometimento hídrico inferior a 30% da vazão de referência adotada nas análises, como é o caso das RGInts de Barbacena, Divinópolis, Juiz de Fora, Pouso Alegre e Varginha.

Por outro lado, outras RGInts apresentam parte importante de suas ottobacias em condição com alto comprometimento hídrico, como é o caso de Belo Horizonte, Governador Valadares, Montes Claros, Patos de Minas, Teófilo Otoni, Uberaba, Uberlândia e Ipatinga. No entanto, observa-se que a atividade minerária não é a principal responsável por esse comprometimento, considerando que a maior parte delas apresenta como principal demanda o uso da água para irrigação. Exceção pode ser verificada no caso da RGInt de Belo Horizonte, em que há intenso uso industrial e de abastecimento público.

No que se refere ao uso de água para a mineração, observa-se que já ocorre, de forma consolidada, em todas as bacias, prevendo-se uma tendência de reutilização e otimização do seu uso no beneficiamento mineral em decorrência de melhorias tecnológicas.

3.5.4 Eventos Extremos: preocupações para o futuro

O enfrentamento às mudanças climáticas, que se relacionam diretamente com o padrão de distribuição e frequência de eventos extremos, requer uma abordagem abrangente e coletiva, com a colaboração de diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas e a sociedade civil, envolvendo ações de proteção e recuperação ambiental, alterações da matriz energética e padrões de consumo, dentre outras.

Com base nos resultados do estudo “Avaliação de Impactos de Mudanças Climáticas sobre a Economia”, elaborado pela Feam em 2011, foi analisada a suscetibilidade das RGInts a eventos climáticos extremos:

- Nas RGInts das porções central e sul (Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Uberlândia, Uberaba, Varginha, Barbacena, Juiz de Fora e Pouso Alegre), antevê-se o incremento da pluviometria (volume, intensidade e duração) e processos relacionados, podendo aumentar a frequência de movimentos de massa, erosão e de processos hidrológicos. Essas dinâmicas poderão afetar diretamente os sistemas de armazenamento de resíduos (estéreis e rejeitos), a estabilidade dos taludes de cavas e vias de acesso e a integridade de sistemas de captação de água para beneficiamento. Esse aumento da

⁴³ Unidades de gerenciamento hídrico definidas com base na hierarquia de drenagem de bacias hidrográficas, divididas em diferentes níveis (ou ordens), de acordo com a metodologia Otto Pfafstetter.

pluviosidade pode ainda afetar a infraestrutura rodoviária utilizada para o transporte de insumos e escoamento da produção. Essa condição pode resultar em aumento do tempo de transporte e dos custos associados à manutenção da frota, além de prejudicar outras atividades econômicas da região.

- Nas RGInts das porções norte e extremo oeste (Montes Claros, Teófilo Otoni e Patos de Minas), antevê-se o incremento da temperatura média e eventos relacionados ao estresse hídrico, devido à diminuição da disponibilidade de água, aumento dos dias consecutivos sem chuva e processos de desertificação. Essa situação pode afetar diretamente as operações que utilizam recursos hídricos de forma intensiva, como o beneficiamento de minérios e o transporte por mineroduto. Nesse contexto, a previsão de extração de substâncias minerais na porção norte poderá ser mais afetada.

Para o horizonte de 2040, é essencial que as cadeias produtivas mineroindustriais de Minas Gerais incorporem avanços tecnológicos e inovações que aprimorem a sua produtividade e a segurança dos processos. Nesse cenário, destacam-se a transição para a descarbonização das operações, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e a adoção de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, especialmente considerando a projeção de eventos extremos.

De acordo com a plataforma AdaptaClima (BRASIL, 2024) algumas medidas para a mineração podem contribuir na redução de riscos associados à mudança do clima:

- Identificação e monitoramento de variáveis climáticas;
- Disponibilização de ferramentas para acesso aos dados da rede de monitoramento e alertas em uma linguagem gerencial;
- Mapeamento de áreas de risco e do parque industrial em expansão, a fim de garantir que tal expansão não ocorra em áreas vulneráveis;
- Investimentos em medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE);
- Investimentos em reuso, dessalinização e fontes alternativas de obtenção de água e energia;
- Inclusão do risco climático em todas as ações de planejamento das indústrias. Aprofundamento do conhecimento sobre impactos, vulnerabilidades e medidas de adaptação para subsetores industriais;
- Sensibilização das empresas para introdução do tema de adaptação na agenda de sustentabilidade, especialmente das micro e pequenas empresas, que constituem o maior número de empreendimentos industriais e frequentemente são as mais vulneráveis.

A adoção de melhores práticas de mineração, facilitada por avanços tecnológicos e apoio institucional, podem contribuir significativamente para a minimização dos riscos e dos impactos associados aos eventos extremos, desdobrando-se em efeitos positivos para a reputação do setor.

4 AÇÕES ESTRATÉGICAS



As Ações e Programas Estratégicos foram concebidos para a efetivação dos principais objetivos do Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG) e para subsidiar políticas públicas do Governo do Estado para estimular, regular, induzir e capacitar a atividade mineral em Minas Gerais, contemplando as dimensões governamental, de mercado, social e ambiental.

Para tanto, foram, inicialmente, coletadas e sumarizadas diversas informações de estudos que fizeram parte do projeto, tais como: workshops temáticos e seminários com a sociedade civil, empresas do setor, academia e governo, além de entrevistas junto às empresas e recomendações extraídas dos estudos técnicos que compuseram os relatórios intermediários do PEM-MG.

Posteriormente, foram definidas quatro macroestratégias segmentadas em áreas (Quadro 36), com seus respectivos objetivos e proposição de ações, baseadas nos principais resultados dos Workshops e em referências nacionais e internacionais do setor. As principais referências utilizadas foram: a cartilha de orientação para a mineração sustentável do PNUD (PNUD; PNUMA, 2018); os estudos do Plano Nacional de Mineração 2050; o Plano Estadual de Mineração do Pará (PARÁ, 2013); Planos, Programas e Projetos do Estado de Minas Gerais (notadamente o Invest Minas, o Programa BDMG Municípios Mineradores e o Plano de Governo do Estado); e a iniciativa canadense *Toward Sustainable Mining* (IBRAM, 2024).

Quadro 36 – Macroestratégias e áreas definidos para o PEM-MG

Macroestratégia	Áreas
Estímulo Econômico	Diversificação Econômica
	Minerais Estratégicos e Críticos
	Funding
	Micro e Pequenos Mineradores
	Infraestrutura e Logística
Inovação	Inovação e Tecnologia
Sustentabilidade e Responsabilidade	Desenvolvimento Sustentável
	Responsabilidade Social
	Gestão de Riscos
	Recursos Hídricos
	Biodiversidade
	Patrimônio e Cultura
	Reprocessamento e Destinação de Resíduos
Regulação	Jurídico-Institucional

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+

A partir das 192 ações propostas, consolidadas mediante os resultados dos workshops e a avaliação da equipe de consultores, foi aplicada uma estratégia de priorização, com a participação dos especialistas, utilizando-se o método *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Posteriormente, foram feitos novos alinhamentos e validação com a SEDE, o que resultou nas **32 ações estratégicas para o PEM-MG**, agrupadas em sete Programas.

As ações estratégicas selecionadas, as justificativas para sua inclusão, os meios, os instrumentos e os prazos de implementação, divididas por macroestratégia e área, estão reunidas em quadros e são apresentadas no item 4.1. Os agrupamentos dessas ações em Programas encontram-se no item 4.2.

4.1 Ações Estratégicas Prioritárias

Do Quadro 37 ao Quadro 40, são apresentadas as ações estratégicas prioritárias selecionadas para o PEM-MG, divididas por macroestratégias e áreas.

Quadro 37 – Ações da macroestratégia Estímulo Econômico

Ações prioritárias	Justificativa e Resultados Esperados	Meios	Instrumentos	Prazo
1 - Estímulo Econômico - Objetivo geral: Promoção do desenvolvimento da indústria mineral de forma sustentável e competitiva.				
1.1 - Diversificação Econômica				
Objetivo específico: Estímulo à diversificação econômica e ao desenvolvimento socioeconômico dos municípios mineradores.				
1 - Consolidar a implementação de políticas e programas de estímulo a redes de cooperação voltadas à inovação tecnológica, organizacional e de gestão.	A constituição de um ambiente proativo para a inovação tecnológica, organizacional e de gestão contribui para a diversificação econômica, a verticalização, o adensamento de cadeias produtivas e o desenvolvimento sustentável dos municípios mineradores.	Disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado), com metodologias apropriadas a serem disseminadas pelos gestores do PEM.	Elaboração e divulgação de documentos orientativos (manuais, guias, cartilhas, etc.) por meio de articulação da SEDE com os diversos órgãos envolvidos nessa questão.	CP
			Elaboração de estudos específicos para a diversificação econômica por meio de articulação com os órgãos envolvidos.	CP-LP
2 - Estimular estudos de identificação e seleção de atividades promissoras e conexões primárias, por RGIInt e municípios mineradores.	Os estudos têm como objetivo o mapeamento, tanto de possibilidades de verticalização produtiva e expansão de atividades e setores ligados à indústria mineral quanto o mapeamento e estímulo ao desenvolvimento de outros setores produtivos que permitam a diversificação econômica dos municípios.	Promoção de cooperações e articulações com entidades de estudos, pesquisa e desenvolvimento regional, públicas e privadas, com destaque à implementação do Projeto de Reconversão Produtiva em Territórios Minerados.	Articulação com lideranças municipais para sensibilização com relação ao tema e identificação de potencialidades a serem estimuladas, no bojo do Projeto de Reconversão Produtiva de Territórios Minerados	MP-LP
			Estímulo à realização de estudos de análise do potencial geoeconômico regional.	CP-LP
3 - Estimular a criação de um fórum de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral.	Assim como já ocorre no âmbito federal, a formação de um diretório informativo sobre os APLs de base mineral do estado servirá de base a partir da qual diferentes estudos de comportamento e análises prospectivas, poderão ser efetuados. Será também relevante considerar a formação de uma Rede Cooperativa Estadual dos APLs de Base Mineral, visando promover a troca de experiências entre os APLs consorciados e a capacitação continuada em todos eles.	Cadastramento dos APLs existentes e formação de uma correspondente Rede Cooperativa.	Constituição de um diretório informativo sobre os APLs de base mineral do estado, por meio de articulação com o órgão governamental envolvido nesta questão.	CP-MP
			Estímulo à realização de estudos regulares de análise de comportamento, perspectivas e tendências.	CP-LP

Objetivo específico: Estímulo ao ordenamento territorial geomineiro (OTGM) dos municípios e aos consórcios de municípios mineradores organizados em torno de uma mesma província geoeconômica e/ou distrito mineiro.				
4 - Promover o apoio a estudos que analisem a estrutura econômica dos municípios (ou consórcio de municípios) para organização de seu próprio plano municipal/regional de desenvolvimento para a mineração.	A melhoria de percepção e de compreensão das lideranças municipais, com relação à mineração e à sua capacidade de contribuição para o desenvolvimento regional competitivo e sustentável, é fator relevante para propiciar a elaboração de Planos Municipais de Desenvolvimento da Mineração e, por esta via, estimular a atração de investimentos na expansão da produção mineral do município, assim como na sua diversificação econômica.	O Estado poderá estimular estudos de OTGM (ordenamento territorial geomineiro).	Incentivar a elaboração de Planos Municipais de Desenvolvimento da Mineração (PMDMs), com visão aprofundada de OTGM.	CP-LP
Objetivo específico: Promoção da adoção de boas práticas em termos de planejamento e gestão do orçamento fiscal/financeiro dos municípios mineradores.				
5 - Promover a capacitação institucional de boa governança junto aos municípios mineradores.	Propiciar aos governos locais condições básicas para o planejamento e implementação de políticas públicas e programas voltados para o desenvolvimento econômico de seus territórios.	Disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado), com metodologias apropriadas a serem disseminadas pelos gestores do PEM.	Articulação com a SEPLAG/FJP, IBRAM e AMIG e/ou outras entidades (quanto à proposição de elaboração e disseminação de documentos orientativos).	CP-LP
1.2 - Minerais Estratégicos e Críticos				
Objetivo específico: Promoção do desenvolvimento das cadeias produtivas dos bens minerais de grande dependência de importações ou de grande potencial para a transição energética.				
6 - Estimular a verticalização das cadeias produtivas da grafita, do lítio, das terras raras e dos agrominerais, dentre outros.	Em se tratando de bens minerais estratégicos para o estado e para o país – os três primeiros, minerais da transição energética, para os quais Minas Gerais apresenta notável potencial geoeconômico, e o último, essencial para suprir demandas do agronegócio – a intensificação da verticalização das respectivas cadeias mineroindustriais constitui medida de amplos efeitos estruturantes, tendo em vista as repercussões intersetoriais associadas aos referidos bens minerais.	Apoio institucional e fundos de financiamento focados na verticalização de cadeias produtivas da minerais estratégicos e críticos	Articulação junto a órgãos (ex.: MDIC/MME/SGM, etc.) e agências específicas (ex. APEX, BNDES, CETEM, FINEP, Invest Minas etc.).	CP-LP
			Avaliação quanto à criação de fundos de financiamento lastreados em recebíveis e alavancados por CFEM e ICMS.	MP-LP
7 - Expandir e divulgar as pesquisas relacionadas aos insumos agrícolas, abrangendo os fertilizantes convencionais e alternativos.	Estimular a expansão da produção e a redução da dependência externa, assim como a redução de custos.	Apoio institucional e a PD&I; e disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado), com metodologias apropriadas.	Articulação junto a órgãos de pesquisa, inovação e financiamento.	CP-LP
			Apoio a instituições de PD&I voltadas às etapas de verticalização da cadeia produtiva dos agrominerais.	MP-LP

Objetivo específico: Promoção de melhorias de eficiência, produtividade, competitividade e sustentabilidade nos polos de produção da indústria mineral.				
8 - Estimular o compartilhamento de informações geoeconômicas e de produção mineral, especialmente no âmbito municipal.	O compartilhamento de informações geoeconômicas e de produção mineral é fator decisivo para a promoção de oportunidades e atração de investimentos. A disponibilização de tais informações, se torna ainda mais assertiva, na medida em que desperta os gestores e lideranças municipais para as oportunidades de investimento e de promoção do desenvolvimento local, mediante o planejamento sistemático do conhecimento e aproveitamento de correspondentes potencialidades geoeconômicas.	Articulação institucional com ANM e SGB.	Acordos de Cooperação Técnica entre as instituições e o Governo de Minas Gerais para disponibilização de dados/informações acordadas.	MP-LP
9 - Incentivar estudos visando alternativas para a descarbonização da cadeia de insumos e produtos siderúrgicos.	Adotar alternativas tecnológicas em substituição à rota tradicional de produção de aço, de forma progressiva, permitirá contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do tempo.	Articulação com entidades tais como ABM, BNDES, EPE, IABr, IBRAM, MCTI, MDIC e SGM, visando a avaliação das rotas tecnológicas alternativas.	Levantamento de estudos técnico-econômicos comparativos sobre as rotas tecnológicas consideradas.	MP-LP
			Articulação com empresas siderúrgicas e/ou entidades representativas do setor, visando avaliar a viabilidade de adoção das referidas rotas tecnológicas.	MP-LP
1.3 - Funding				
Objetivo específico: Minimização de gargalos de financiamento, especialmente em áreas com potencial produtivo e restrição de capital.				
10 - Analisar alternativas e promover soluções visando o apoio financeiro à verticalização e adensamento das cadeias de produção mineroindustriais do estado.	A dificuldade de acesso a fontes adequadas de recursos financeiros constitui um dos principais obstáculos à expansão e desenvolvimento das empresas de mineração, principalmente as de médio e pequeno porte, e dos mineradores artesanais. Portanto, a idealização e implementação de linhas de financiamento constitui medida importante para viabilizar o adensamento e a verticalização produtiva.	Apoio institucional a fundos de investimento focados nas cadeias de produção mineroindustrial do estado.	Articulação junto a instituições e agências de financiamento.	MP-LP
			Avaliar a viabilidade de criação de fundos de financiamento.	MP-LP
11- Reavaliar e consolidar as linhas de financiamento do BDMG e outras agências de fomento e programas governamentais, priorizando o crédito simplificado, condições especiais e processos agilizados.	A dificuldade de acesso a fontes de financiamento constitui um dos entraves ao desenvolvimento das empresas de mineração de médio e pequeno porte, bem como dos mineradores artesanais. A consolidação de linhas de financiamento do BDMG ajustadas às especificidades de cada segmento da indústria mineral, será medida de larga repercussão e benefício para o setor.	Reavaliação, por meio de articulação com o BDMG e entidades do setor, do perfil de demanda de financiamentos na indústria mineral do estado.	Avaliar o atual perfil de demanda de financiamentos com as entidades do setor.	CP
			Avaliar e propor as medidas de estímulo financeiro a serem consideradas para atendimento às demandas do setor mineral de Minas Gerais.	CP-MP
			Articulação com o BDMG para verificar eventuais ajustes nas linhas de financiamento.	CP-MP

12 - Estimular as ações do Invest Minas relacionadas ao setor mineral.	O Invest Minas, ligado ao governo estadual, tem como finalidade viabilizar o acesso a investimentos no estado de Minas Gerais, sendo importante a criação e/ou aprimoramento de iniciativas e linhas de crédito voltadas especificamente para o setor mineral.	Articulação com os responsáveis pelo Invest Minas para viabilização de ações específicas para o setor.	Avaliar a adequação das medidas que se encontram em discussão às demandas do setor mineral de Minas Gerais.	CP
			Participação no grupo de trabalho e nos debates do Invest Minas.	CP-MP
1.4 - Micro e Pequenos Mineradores				
Objetivo específico: Formalização dos micro e pequenos mineradores.				
13 - Mapear necessidades e apoiar programas de formalização e capacitação (técnica, gerencial e financeira) direcionados para micro e pequenos mineradores.	Melhoria de capacitação dos pequenos mineradores e dos mineradores artesanais.	Disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado) com metodologias apropriadas a serem disseminadas pelos gestores do PEM.	Interação com empresas e entidades representativas do setor para levantamento de demandas quanto à capacitação na indústria mineral e divulgação dos cursos oferecidos, mediante articulação com os órgãos envolvidos.	MP-LP
	Acesso à informação e ao conhecimento necessários à formalização e melhoria de eficiência de seus empreendimentos.			
14 - Estimular a implementação de redes cooperativas de instituições relacionadas à geração e disseminação de conhecimento, especialmente aos médios, pequenos e micro mineradores.	Diversas experiências nacionais e internacionais atestam que a eficácia dos sistemas de PD&I depende diretamente da efetividade dos arcabouços institucionais – dentre os quais as redes cooperativas - que participam do processo de geração e difusão do conhecimento.	Apoio institucional e PD&I; e disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado), com metodologias apropriadas.	Articulação junto a órgãos de pesquisa e inovação (Subsecretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação/SEDE).	MP-LP
			Estimular a criação de cooperativas minerais, por meio de articulação com os órgãos envolvidos.	MP
1.5. Infraestrutura e Logística				
Objetivo específico: Minimização dos problemas logísticos da cadeia produtiva do setor mineral.				
15 - Realizar estudos e estimular o desenvolvimento e compartilhamento dos modais de logística e de infraestrutura.	A abertura de novas rotas de transporte e de novas conexões multimodais é fator essencial para a atração de investimentos direcionados para a consolidação e melhoria da posição competitiva da indústria mineral do estado.	Estruturação de consórcios regionais com empresas e municípios, visando o planejamento de melhorias de infraestrutura, segundo prioridades consensuadas.	Seleção de regiões prioritárias para estudos e planejamento do desenvolvimento de sistemas logísticos, por meio de articulação da SEDE com os órgãos pertinentes, incluindo SEINFRA.	CP-MP
			Articular o planejamento com empresas e os órgãos responsáveis nas esferas federal, estadual e municipal.	CP-MP
16 - Promover estímulos à geração de energia renovável no setor mineral.	A produção de energia por fontes renováveis pode ser uma alternativa viável para suprir as demandas energéticas do setor mineral, reduzir custos e assegurar o suprimento, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável, mediante a redução da pegada de carbono do setor mineral.	Avaliação das alternativas tecnológicas existentes e dos estímulos necessários para a expansão do autossuprimento de energia renovável na indústria mineral do estado.	Articulação com organismos oficiais e entidades representativas do setor de energia e de mineração.	CP-LP

Observações: CP (Curto prazo): até 2 anos; MP (Médio prazo): de 2 a 5 anos; LP (Longo prazo): acima de 5 anos

Quadro 38 – Ações da macroestratégia Inovação

Ações prioritárias	Justificativa e Resultados Esperados	Meios	Instrumentos	Prazo
2 - Inovação - Objetivo geral: Promoção do desenvolvimento da indústria mineral com práticas inovadoras, mediante a utilização de tecnologias adequadas e sustentáveis.				
2.1 - Inovação e Tecnologia				
Objetivo específico: Fomento a programas de PD&I em minerais considerados prioritários (estratégicos e críticos).				
17 - Estimular PD&I visando o aproveitamento dos recursos minerais de destaque, ao longo de sua cadeia produtiva, visando à obtenção de produtos com alto valor agregado.	Desenvolvimento de processos e tecnologia voltados ao melhor aproveitamento dos bens minerais prioritários, tais como: - Minerais de titânio: rota tecnológica para produção de artefatos de titânio metálico; - Lítio: verticalização, visando a produção, desde sais de lítio até baterias; - Nióbio: ligas para uso em baterias; - Rochas ornamentais e de Revestimento: integração da cadeia produtiva; - Agrominerais; - Minério de ferro: processos e produtos voltados à descarbonização da cadeia siderúrgica; - Terras raras: estímulo ao aproveitamento de depósitos minerais; - Grafita: aplicações com ênfase em baterias e produção de grafeno; - Gemas e diamantes: estimular a lapidação e a integração da indústria de joalheria.	Apoio governamental a PD&I e disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado) com metodologia apropriada.	Articulações junto à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação e a organismos federais, tais como: MDIC, MME/SGM, BNDES, CETEM, EMBRAPA, EMBRAPII, MCTI, FINEP, ICTs, ETs etc.	CP-LP
18 - Fomentar parcerias intergovernamentais voltadas a práticas em economia circular e transição energética.	A economia circular é um modelo de produção e consumo que visa estender a vida útil dos produtos e materiais, minimizando o desperdício e a necessidade de novos recursos, por meio de reutilização, reparo, reciclagem e regeneração. É importante considerá-la no contexto da mineração, com vistas à redução e ao aproveitamento de resíduos e o aperfeiçoamento tecnológico dos processos produtivos.	Articulação de programas de cooperação com organismos e entidades públicas e privadas, visando a definição e implementação de uma pauta de projetos prioritários de desenvolvimento tecnológico voltado para economia circular e transição energética.	Articulação com organismos oficiais e entidades representativas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico da indústria mineral.	CP-LP

Objetivo específico: Fomento à aplicação de tecnologias para otimização do processo produtivo e do aproveitamento dos recursos minerais.				
19 - Incentivar linhas de PD&I em tecnologias de mineração sustentável, em especial redução e/ou aproveitamento de resíduos de mineração.	O processamento/aproveitamento de estéréis e de rejeitos, segundo os fundamentos da Economia Circular e critérios ESG, constitui diretriz de elevados efeitos de geração de valor, seja sob a ótica privada (melhoria de competitividade), ou sobre a ótica pública (sustentabilidade).	Apoio institucional e a PD&I e disseminação de ICA (informação, conhecimento e aprendizado) com metodologia apropriada.	Apoio a programas e projetos específicos, mediante desenvolvimento tecnológico por meio de articulações com entidades nacionais e estrangeiras.	CP-LP
20 - Estimular a colaboração entre empresas mineradoras (micro, pequenas e médias) mediante programas e projetos cooperativos e participativos, constituição de redes e consórcios de pesquisa em temas de interesse comum, tendo por diretriz prioritária a inovação aberta.	Essa abordagem não apenas fortalece a competitividade das micro, pequenas e médias empresas, mas também facilita a troca de conhecimento e a criação de soluções conjuntas para desafios comuns. Além de promover o desenvolvimento tecnológico, essas iniciativas contribuem para o crescimento sustentável e a resiliência do setor mineral, incentivando a economia local e regional.	Disseminação da importância e benefícios das práticas de cooperação e de união de esforços, por meio de redes cooperativas e de outros arranjos organizacionais apropriados	Promoção de redes cooperativas entre micro, pequenas e médias empresas mineradoras.	CP-MP
			Identificação de arranjos organizacionais eficientes, como consórcios de pesquisa e parcerias público-privadas, que possam ser adotados pelas empresas para fomentar a colaboração e a inovação.	MP

Observações:

CP (Curto prazo): até 2 anos; MP (Médio prazo): de 2 a 5 anos; LP (Longo prazo): acima de 5 anos

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+

Quadro 39 – Ações da macroestratégia Sustentabilidade e Responsabilidade

Ações prioritárias	Justificativa e Resultados Esperados	Meios	Instrumentos	Prazo
3 - Sustentabilidade e Responsabilidade - Objetivo geral: Promoção de um ambiente harmonioso, integrativo e cooperativo entre a mineração, o meio ambiente e a sociedade.				
3.1 - Desenvolvimento Sustentável				
Objetivo específico: Estímulo à adesão aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).				
21 - Incentivar o desenvolvimento das operações dos empreendimentos de minerais estratégicos relacionados à transição energética, contemplando os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).	Os minerais de transição energética (MTEs) são fundamentais não apenas para a descarbonização da economia, mas também devido às previsões de significativo crescimento na produção até 2050.	Promover as oportunidades estaduais no campo dos minerais de transição energética (MTEs), estimular a atração de novos investimentos, acompanhar e apoiar projetos em fase de pesquisa e empreendimentos em implantação, além de analisar alternativas para a expansão e verticalização de operações já existentes.	Articulação da SEDE, por meio da Invest Minas, para incentivo ao desenvolvimento do setor de MTEs (minerais de transição energética) e divulgação das oportunidades.	MP
3.2 - Responsabilidade Social				
Objetivo específico: Promoção de aprimoramentos de estruturas de governança estadual e locais, relativas a APLs e polos geomineiros do estado, com simultâneas melhorias de sistemas e processos de planejamento e gestão.				
22 - Incentivar, consolidar e disseminar boas práticas para o planejamento e gestão de empreendimentos mineroindustriais.	A disseminação de boas práticas através de um sistema de gestão ESG é fundamental para transformar a percepção e o comportamento das empresas em relação à sustentabilidade.	Disseminação de informações e critérios ESG.	Elaboração e disseminação de informações relativas a ESG por meio de articulação com entidades representativas da indústria mineral.	CP
			Estimular o aprimoramento do processo de consulta, diálogo e compartilhamento de informações com partes interessadas.	MP
			Realizar a articulação institucional para coleta de dados tendo em vista a formulação de indicadores de sustentabilidade, no que se refere a questões socioeconômicas.	LP

3.3 - Gestão de Riscos

Objetivo específico: Aprimoramento dos sistemas de gestão de resíduos de mineração.

23 - Aprimorar os mecanismos de gestão dos sistemas de disposição de rejeitos da mineração.	A busca de melhorias dos métodos e procedimentos adotados nos sistemas de gestão de resíduos da mineração constitui medida de largo alcance, para reduzir riscos associados à ocorrência de eventos e impactos indesejáveis.	Acompanhamento junto aos órgãos responsáveis sobre a situação referente à segurança dos sistemas de disposição de resíduos da mineração.	Apoio a programas e projetos específicos, envolvendo sistemas de gestão de resíduos, por meio de articulação com os órgãos envolvidos.	CP
			Disseminação de documentos orientativos (manuais, guias, cartilhas, etc.), por meio de articulação com a SEMAD.	CP-MP

Objetivo específico: Promoção da resiliência a eventos climáticos extremos no setor de mineração.

24 - Apoiar as ações do Plano Estadual de Ação Climática – PLAC MG (2023).	Envidar esforços para garantir a incorporação de avanços tecnológicos e inovações no setor de mineração, relacionados à descarbonização dos processos geradores de gases de efeito estufa à adaptação às mudanças climáticas e à gestão responsável dos recursos hídricos e do uso do solo.	Apoiar as ações do Plano Estadual de Ação Climática – PLAC MG (2023) , tendo em vista: o planejamento e a gestão climática do estado.	Articular com a coordenação do PLAC (SISEMA) as ações de mitigação de mudanças climáticas pertinentes à indústria mineral e à SEDE.	MP-LP

3.4 - Recursos Hídricos

Objetivo específico: Incentivo a usos eficientes e sustentáveis dos recursos hídricos, em seus aspectos quantitativos e qualitativos.

25 - Incentivar a conservação dos recursos hídricos do estado, com foco nas bacias em que se localizam empreendimentos minerários.	A conservação dos recursos hídricos cumpre relevante papel na sustentabilidade ambiental e econômica de Minas Gerais. Garantir a disponibilidade e a qualidade da água não apenas fortalece a segurança hídrica do estado, mas também contribui para a mitigação de impactos ambientais e para o apoio ao desenvolvimento socioeconômico regional de maneira sustentável.	Articulação com os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos com enfoque nos programas existentes.	Estimular o monitoramento das bacias associadas aos principais Polos de produção mineral do estado de MG, em articulação com órgãos responsáveis (SISEMA).	MP
			Alinhamento entre os planos e programas relacionados aos recursos hídricos e à segurança hídrica e o PEM-MG, no que tange as bacias nas quais se localizam empreendimentos minerários.	MP
26 - Integrar dados de monitoramento dos empreendimentos de mineração junto às bases de dados da rede de monitoramento do MIRA - Sistema de Monitoramento Remoto Integrado das Águas.	A integração proposta das bases de dados assinaladas, através de uma plataforma que as disponibilize com atualização regular, permitirá acesso facilitado a informações essenciais para o planejamento público e privado, com relação ao uso da água nos empreendimentos de mineração localizados no estado.	Integração dos dados de monitoramento de recursos hídricos nas mineradoras, à rede MIRA (ou outra plataforma digital estadual/federal), de forma a fortalecer o acompanhamento da evolução, comportamento e tendências dos parâmetros de gestão das bacias hidrográficas do estado.	Articulação junto ao SISEMA para detalhar e viabilizar os meios e instrumentos pertinentes a esta ação.	CP
			Articulação junto ao SISEMA para divulgação de material informativo e orientação às empresas.	MP-LP
			Levantamento e integração dos dados de monitoramento nas bacias hidrográficas associadas aos principais polos de produção mineral do estado de MG.	MP-LP

3.5 - Biodiversidade

Objetivo específico: Conciliar a manutenção do capital natural e dos serviços ecossistêmicos no setor mineral.

27 - Considerar as informações referentes às Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (APCBs) nos instrumentos de planejamento da atividade da mineração e de implantação de áreas de compensação e reservas legais.	Utilização das informações referentes às APCBs na condução de estudos de ordenamento territorial geomineiro (OTGM) nos polos de produção mineral	Análises dos estudos existentes/ disponíveis sobre as APCBs visando a conciliação das diretrizes de ordenamento territorial e de desenvolvimento sustentável com as demandas dos empreendimentos de mineração.	Articulação junto ao SISEMA para detalhar e viabilizar a implementação desta ação.	CP-MP
			Incorporação das informações das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs) nos instrumentos de planejamento da atividade minerária.	MP

3.6 - Patrimônio e Cultura

Objetivo específico: Estímulo à preservação e valorização do patrimônio histórico, cultural e artístico e ao desenvolvimento da atividade turística local e regional.

28 - Incentivar-políticas públicas de desenvolvimento do turismo e salvaguarda do patrimônio cultural compatíveis com a atividade minerária.	Integrar políticas de turismo e proteção do patrimônio cultural em áreas geomineiras e de produção mineral.	Articular com as Secretarias e Órgãos relacionados às ações de desenvolvimento do turismo e de proteção do patrimônio cultural em distritos geomineiros selecionados.	Articulação com entidades afins (SECULT, CODEMGE e IEPHA), visando elencar as ações prioritárias para estimular a proteção do patrimônio cultural e o turismo geomineiro nas correspondentes regiões.	MP-LP

3.7 - Reprocessamento e Destinação de Resíduos

Objetivo específico: Estímulo ao desenvolvimento da economia circular.

29 - Incentivar estudos e pesquisas visando o aproveitamento de resíduos.	Em sintonia com os princípios da Economia Circular e critérios ESG – o aproveitamento de estéreis e de rejeitos constitui diretriz que pode aumentar a geração de valor.	Incentivo à realização de Estudos e Pesquisas visando o aproveitamento de resíduos.	Articulação da SEDE com o SISEMA para definir ações/programas viáveis visando incentivar a economia circular na mineração.	CP-MP
			Articulação da SEDE com as instituições de classe para verificar eventuais ações pertinentes a esta macroestratégia.	CP-MP

Observações:CP (Curto prazo): até 2 anos; MP (Médio prazo): de 2 a 5 anos; LP (Longo prazo): acima de 5 anos

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

Quadro 40 – Ações da macroestratégia Regulação

Ações prioritárias	Justificativa e Resultados Esperados	Meios	Instrumentos	Prazo
4 - Regulação - Objetivo geral: Promoção de contínua avaliação e aperfeiçoamento dos aspectos regulatórios relacionados à indústria mineral.				
4.1 - Jurídico-Institucional				
Objetivo específico: Atualização da legislação a padrões ambientais de respaldo internacional e de expectativas sociais crescentes, considerando os planos de fechamento progressivo de minas.				
30 - Estimular a melhoria/revisão da regulamentação referente aos planos de fechamento progressivo de mina e de recuperação ambiental.	A legislação atual prevê a realização do plano de fechamento de mina próximo ao prazo de encerramento das atividades e não ao longo de sua operação, sendo importante regulamentar a prática do fechamento progressivo e a recuperação ambiental da área concomitante às atividades minerárias.	Articulação com os órgãos reguladores e representativos da mineração para definir a regulamentação e a implementação de práticas que estimulem o fechamento progressivo e a recuperação das áreas.	Articulação com o SISEMA e a ANM, órgãos de competência direta neste tópico.	CP
Objetivo específico: Otimização da aplicação de recursos da CFEM.				
31 - Promover estudos para subsidiar a revisão e otimização da aplicação dos recursos da CFEM.	A aplicação dos recursos da CFEM deve ser feita em iniciativas que, direta ou indiretamente, beneficiem a comunidade na forma de melhoria da infraestrutura, qualidade ambiental, saúde, educação e diversificação econômica.	Ações de fomento a discussões a respeito de uso e destinação da CFEM, objetivando a disseminação de boas práticas.	Articular junto à ANM eventual revisão e/ou complementação da regulamentação sobre a CFEM.	CP
Objetivo específico: Estímulo e disseminação de uma regulação ambiental mais dinâmica com adequação de critérios e procedimentos para a emissão de licenças ambientais, em consonância com as características e especificidades relacionadas ao bem mineral, tipo de depósito mineral, porte do empreendimento e intensidade dos impactos previsíveis.				
32 - Revisão da legislação ambiental relacionada ao setor mineral, especialmente no que diz respeito ao licenciamento de empreendimentos de pequeno e médio porte e de mineradores artesanais.	Considera-se importante a revisão da legislação de forma a contemplar a diferenciação de características e atributos dos depósitos minerais e seu método de extração, tendo em vista o porte do empreendimento e os impactos ambientais esperados.	Revisão/complementação da legislação ambiental vigente.	Articular junto ao SISEMA a eventual revisão da legislação ambiental, com foco no licenciamento de micro e pequenos mineradores e mineradores artesanais.	CP

Observações: CP (Curto prazo): até 2 anos; MP (Médio prazo): de 2 a 5 anos; LP (Longo prazo): acima de 5 anos

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

4.2 Programas Estratégicos

As 32 ações selecionadas, agrupadas em sete programas (Quadro 41), contemplam as dimensões governamental, de mercado, social e ambiental, com o intuito de facilitar a gestão administrativa e seu processo de implementação, auxiliando o governo do Estado a alcançar os propósitos do PEM-MG. Observa-se que três delas estão contempladas em mais de um programa: Ações 20, 22 e 29. Um resumo da distribuição de ações em relação às Macroestratégias e Programas encontra-se na Tabela 50.

Quadro 41 – Programas de implementação, objetivos e ações

Programa	Objetivo	Ações
Articulação Institucional	O Programa de Articulação Institucional visa promover relações positivas com outros poderes e entes federativos, focando na resolução de problemas do setor mineral de Minas Gerais. Além disso, o Programa deve estabelecer canais de comunicação eficientes para articular pautas essenciais ao sucesso das políticas públicas estaduais e dialogar com entes públicos e privados para entender e gerenciar suas demandas junto aos órgãos do governo estadual.	8; 18; 20; 22; 26; 27; 30; 32
Comunicação e Capacitação	O Programa de Comunicação e Capacitação objetiva estabelecer um canal de interlocução e difusão de informações voltado ao setor mineral de Minas Gerais, priorizando o compartilhamento de conhecimento técnico e boas práticas de gestão sustentável. Esta iniciativa se concentrará em construir parcerias sólidas com municípios e empresas do setor, facilitando a troca de informações, a atualização contínua sobre novas tecnologias e regulamentos, e o fortalecimento das capacidades locais para garantir uma exploração mineral responsável e eficiente.	1; 3; 5; 13; 22
Estímulo Econômico	O Programa de Estímulo Econômico visa promover o desenvolvimento econômico do setor mineral em Minas Gerais por meio do estímulo e incentivo à iniciativa privada, criando um ambiente favorável para investimentos, inovação e crescimento sustentável, com foco no fortalecimento das capacidades empresariais e na promoção de parcerias estratégicas que impulsionem a competitividade e a responsabilidade socioambiental no setor.	6; 10; 11; 12
Infraestrutura e Logística	O Programa de Infraestrutura e Logística objetiva facilitar o desenvolvimento da infraestrutura e logística para o setor mineral em Minas Gerais, incentivando melhorias e inovações que otimizem a eficiência operacional. Além disso, deve promover um ambiente favorável ao investimento, apoiando o crescimento do setor mineral e assegurando uma cadeia de suprimentos robusta e integrada.	15; 16
Novos Estudos	O Programa de Novos Estudos visa promover a realização de análises no setor mineral de Minas Gerais, com foco em identificar e explorar as potencialidades econômicas regionais e otimizar o uso dos recursos tributários. Por meio do incentivo a pesquisas, espera-se que a gestão dos recursos minerais seja impulsionada, contribuindo para o crescimento econômico sustentado do estado.	2; 4; 31
PD&I	O Programa de PD&I objetiva fomentar a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) no setor mineral de Minas Gerais, incentivando projetos que promovam avanços tecnológicos e a geração de conhecimento. O programa deve trabalhar na criação de um ambiente propício para a colaboração entre instituições de pesquisa, empresas e outras entidades, visando fortalecer a competitividade e a sustentabilidade do setor mineral no estado.	7; 9; 14; 17; 19; 20; 29
Sustentabilidade	O Programa de Sustentabilidade visa incentivar iniciativas que promovam a sustentabilidade do setor mineral em Minas Gerais, apoiando ações e projetos que contribuam para a gestão responsável dos recursos minerais e o desenvolvimento sustentável do estado.	21; 23; 24; 25; 28; 29

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2024)

Tabela 50 – Distribuição de ações entre programas e macroestratégias do PEM-MG

Programas/ Macroestratégias	Comunicação e Capacitação	Novos Estudos	Estímulo Econômico	PD&I	Articulação Institucional	Infraestrutura e Logística	Sustenta- bilidade	Total
Estímulo Econômico	4	2	4	3	1	2	-	16
Inovação	-	-	-	3	2	-	-	5
Sustentabilidade e Responsabilidade	1	-	-	1	3	-	6	11
Regulação	-	1	-	-	2	-	-	3
Total	5	3	4	7	8	2	6	35

Notas: (1) Números internos da matriz representam o número de ações de uma macroestratégia (linha) que estão em cada programa (coluna);

(2) A matriz contabiliza 35 ações, e não 32, em função de as ações 20 (Inovação), 22 e 29 (Sustentabilidade e Responsabilidade) estarem contempladas em dois programas.

Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)



4.3 Governança do PEM-MG

O caminho rumo à sustentabilidade progressiva do setor minerário requer a convergência da Governança Institucional e Regulatória com os processos críticos relativos aos temas ambiental, social e econômico.

Numa perspectiva de busca contínua por aprimoramento, os esforços de cooperação entre os entes envolvidos com a indústria de mineração – Governo, setor privado e sociedade – devem cada vez mais se direcionar por um processo de planejamento e gestão estratégica com segurança jurídica, previsibilidade e confiabilidade, beneficiando não apenas o setor, mas também as comunidades e o meio ambiente.

As mudanças de comportamento da sociedade civil observadas nos últimos anos, com conexão instantânea e maior capacidade de articulação, estabelecem alguns dos valores que norteiam as tomadas de decisão do setor, como transparência, prestação responsável de contas à sociedade e equidade. Esta última relacionada ao tratamento justo e uniforme das partes interessadas, considerando os seus direitos, deveres, expectativas e interesses. Particularmente, os rompimentos da barragem de Fundão, da Samarco, em Mariana, em 2015, e da barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, da Vale, em Brumadinho, em 2019, vêm refletindo novas formas de relação socioinstitucional.

No contexto do PEM-MG, as ações estratégicas propostas devem ser sustentadas por um quadro institucional que envolva diversos órgãos e entidades, dependendo da temática tratada. Com essa abordagem, o papel da Governança pode contribuir para a efetividade e implementação deste instrumento, endereçando os direitos e responsabilidades em uma gestão compartilhada. Assim, será possível impulsionar o desempenho competitivo da mineração de Minas Gerais e, ao mesmo tempo, reduzir conflitos com a sociedade e impactos ambientais do setor.

O Governo de Minas Gerais, por meio da SEDE, conduz o arranjo de Governança na construção e implementação deste instrumento, sendo relevante a participação de

outros representantes do setor público e da sociedade civil (Figura 99).

Figura 99 – Quadro de Governança – elaboração e implementação do PEM-MG



Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)

No exercício de planejar a Governança do PEM, foram estabelecidos os seguintes enquadramentos correspondentes à sua elaboração e implementação:

- **Núcleo Operacional**

Trata-se do núcleo operacional e decisório, no âmbito do Estado de Minas Gerais, representado pela SEDE, coordenadora do PEM. Esta instituição tem envolvimento direto e traduz os compromissos para o desenvolvimento sustentável do setor minerário;

- **Envolvimento Direto**

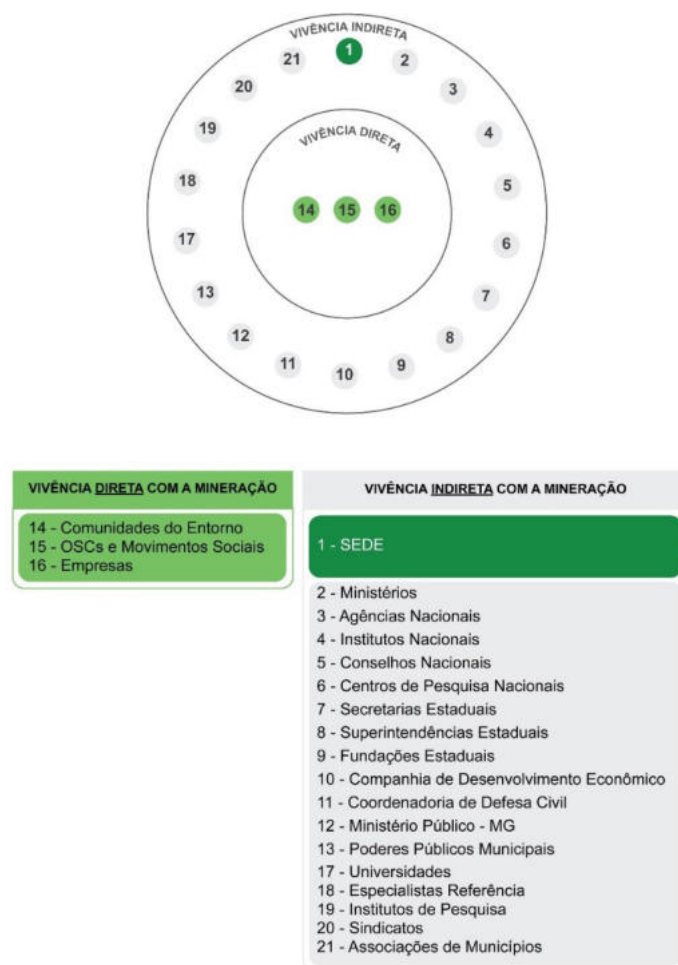
Compreende as organizações do setor público, e autoridades políticas que têm poder decisório, responsáveis pela promoção, obtenção de aprovação e implementação de políticas, planos e programas ambientais, territoriais, socioeconômicos associados ao setor e sua infraestrutura de apoio. Esses entes institucionais têm envolvimento direto com o processo decisório associado ao PEM-MG;

- **Envolvimento Indireto**

Reúne atores da sociedade civil que podem acompanhar os desdobramentos do PEM-MG, bem como a implementação de políticas, planos e programas decorrentes do processo. Inclui, também, as empresas do setor, que têm envolvimento indireto na implementação do Plano, sempre seguindo as diretrizes estabelecidas.

Quanto à vivência com a mineração, considerando seus efeitos positivos e negativos no cotidiano, é importante ressaltar o envolvimento direto das comunidades do entorno de empreendimentos minerários, da sociedade civil organizada e das empresas do setor, e o envolvimento indireto de agentes do Governo (Figura 100). O entendimento do contexto da vivência com a mineração traz à pauta a necessidade de fortalecimento das articulações e cooperação entre os diversos atores sociais e políticos envolvidos com o setor, de modo a assegurar uma boa governança, que é um requisito fundamental para o desenvolvimento sustentado ao incorporar ao crescimento econômico a equidade social e os direitos humanos (Santos, 1997 *apud* Gonçalves, 2005).

Figura 100 – Vivência com a mineração



Elaboração: Consórcio Ceres-Tetra+ (2023)



A análise conjunta desses papéis possibilita uma visão global e integrada das relações socioinstitucionais relacionadas ao PEM-MG, associada aos temas que permeiam a mineração, subsidiando a definição de caminhos para a cooperação e responsabilidade compartilhada entre os envolvidos na construção e implementação dos resultados deste instrumento.

Além de promover a atuação em rede colaborativa na Cadeia Produtiva da Mineração e nas regiões mineradoras e seu entorno, a Governança do PEM-MG tem o potencial de fortalecer e fomentar a integração do setor de mineração em instâncias de planejamento e ordenamento territorial. O objetivo é harmonizar a mineração com os demais usos do território e promover o desenvolvimento regional dessas áreas. Além disso, pode contribuir significativamente para a atualização e articulação das políticas, planos e programas setoriais, ambientais e sociais do governo, bem como para o alinhamento regulatório aplicável à Cadeia Produtiva da Mineração.

Por fim, é de responsabilidade da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE) coordenar a implantação das Ações/Programas do Plano, em conjunto com as demais entidades, secretarias de estado e agentes privados, cujas atribuições e atividades se relacionem àquelas tratadas no PEM-MG.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS



O Plano Estadual de Mineração (PEM-MG) apresenta-se como instrumento essencial para direcionar a gestão estratégica, sustentável e inovadora do setor mineral do estado, elaborado a partir de um amplo diagnóstico sobre os recursos minerais, potencialidades geoeconômicas, desafios socioambientais, vocações produtivas, demandas de mercado e perfil das cadeias produtivas da indústria mineral em Minas Gerais. O Plano foi desenvolvido em alinhamento com os planos nacionais e reflete o compromisso do Estado com o fortalecimento do setor mineral, baseado, sobretudo, na responsabilidade social e na segurança jurídica.

Ao longo de sua construção, o PEM-MG contou com contribuições de diversos participantes, como representantes dos setores público e privado, academia, organizações da sociedade civil e comunidades afetadas, possibilitando que as diretrizes e ações fossem fundamentadas em um amplo debate técnico e social.

Foram delineadas 32 ações estratégicas para endereçar os principais desafios da indústria extrativa mineral no estado, considerando os cenários e condicionantes futuros estudados. Com base em uma visão de longo prazo, nos paradigmas do desenvolvimento sustentável, na força transformadora da transição energética e nas tendências das novas rotas tecnológicas, as ações estratégicas foram cuidadosamente desenhadas, a partir de macroestratégias e diretrizes específicas, possibilitando guiar a elaboração de políticas públicas, orientadas para potencializar o desenvolvimento socioeconômico do estado de Minas Gerais em bases competitivas e sustentáveis.

As ações estratégicas derivaram de um processo de avaliação e debates, realizado por meio de uma sequência de reuniões e *workshops* que tornaram o Plano aderente aos anseios dos agentes públicos e privados. Como resultado, o conjunto de ações estabelecidas está orientado ao fomento de transformações no setor mineral, apoiando iniciativas do setor privado, a aproximação entre academia e indústria e a melhoria do arranjo institucional para o alcance dos objetivos propostos no PEM-MG. O processo de

engajamento e participação, com a conscientização e o comprometimento dos diferentes segmentos envolvidos, será fundamental durante a implementação das ações.

Nesse sentido, a estruturação de sete Programas Estratégicos direciona a implementação das 32 ações prioritárias, contemplando áreas como diversificação econômica, micro e pequenos mineradores, infraestrutura, patrimônio e cultura, responsabilidade social e gestão de rejeitos e estéréis. Nos programas estão contempladas ações, que incentivam:

- i. a geração e o compartilhamento de informações geoeconômicas e de produção mineral, especialmente no âmbito municipal;
- ii. a criação de um fórum de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral;
- iii. o desenvolvimento e a verticalização das cadeias produtivas de minerais como lítio, grafita, terras raras e agrominerais;
- iv. o desenvolvimento e compartilhamento dos modais de logística e de infraestrutura;
- v. estudos de identificação e seleção de atividades econômicas promissoras e conexões primárias, por RGInt e municípios mineradores;
- vi. o desenvolvimento de PD&I, visando ao aproveitamento dos recursos minerais de destaque e à obtenção de produtos com alto valor agregado, e
- vii. o desenvolvimento das operações dos empreendimentos de minerais estratégicos, com ênfase na transição energética, contemplando os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

A implementação dos programas deverá estimular o desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria mineral, até 2040, abrangendo diferentes empreendimentos e segmentos de atuação, regiões mineradoras, porte e composição de capital. Objetiva-se, ainda, que se tornem cada vez

mais conscientes e comprometidos com os princípios e objetivos do desenvolvimento sustentável, da economia circular e da agenda ESG e que tenham suas ações cotidianas centradas na geração de valor compartilhado com a sociedade, de acordo com os princípios éticos da responsabilidade social.

De acordo com a análise prospectiva, realizada ao longo da elaboração do PEM-MG, novas oportunidades de geração de valor em empreendimentos mineroindustriais em países em desenvolvimento surgirão com os desdobramentos de acordos estabelecidos, como os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e suas 169 metas de ação global. Incorporando, ainda, as perspectivas relacionadas ao mecanismo do crédito de carbono, estas novas posturas ambientais deverão exercer um importante papel transformador no âmbito da indústria de mineração e transformação mineral.

A transição energética é um dos aspectos relevantes do PEM-MG, sendo vista como uma nova revolução industrial impulsionada pela utilização de novos materiais na produção de energia. De acordo com as previsões do Banco Mundial, a expansão da geração de energia não renovável exigirá aumento da demanda de bens minerais da transição energética, no período 2020 a 2050, sobretudo de lítio, nióbio, alumínio, cobalto, cobre, grafita, índio, molibdênio, neodímio, níquel, prata, vanádio e zinco. Estimativas anunciadas pela IEA (*International Energy Agency*) apontam na mesma direção, resultando em um significativo desafio para compatibilizar a produção mundial de minerais de transição energética com a crescente demanda prevista de mercado.

Diante desse cenário, as ações voltadas à inovação e à sustentabilidade propostas no Plano visam alinhar o setor mineral de Minas Gerais à economia do futuro, em consonância com o desenvolvimento sustentável. O Governo de Minas já vem colocando em prática iniciativas voltadas aos minerais estratégicos e críticos, notadamente no Projeto Vale do Lítio, que une a corrida pela mineração do futuro ao desenvolvimento socioeconômico regional, tendo

em vista que o projeto contempla a região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, com vistas à melhoria dos indicadores socioeconômicos regionais.

Com base na elaboração de minucioso diagnóstico e em criteriosa visão de futuro, este documento também contempla, dentre as ações estratégicas sugeridas, medidas de estímulo ao desenvolvimento das cadeias produtivas mineroindustriais do estado de Minas Gerais, à melhoria dos padrões de eficiência, de produtividade, de competitividade e de sustentabilidade, além da integração, verticalização e adensamento industrial.

O desenvolvimento do setor passa, ainda, pelo fortalecimento econômico do principal bem mineral do estado: o minério de ferro. Nesse contexto, alinhado aos princípios do desenvolvimento sustentável, foi elaborada a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) do Setor de Exploração do Minério de Ferro no Estado de Minas Gerais, paralelamente ao PEM-MG, entre 2022 e 2024. Um dos principais objetivos foi garantir, de forma antecipada, a compreensão das questões socioambientais envolvidas na implementação do PEM-MG, especificamente no que se refere à exploração do minério de ferro. A avaliação, que abrangeu os três distritos feríferos do estado, contemplou a realização de estudos e levantamentos detalhados, a identificação de riscos e oportunidades, o potencial de conflitos socioambientais e a proposição de diretrizes, visando uma gestão mais integrada e sustentável do setor. Com esta perspectiva, a AAE possibilita um melhor entendimento dos impactos ambientais da extração de minério de ferro, contribuindo para orientar as ações públicas e privadas do setor, de forma a fortalecer sua segurança, o respeito ao meio ambiente e às comunidades e, ao mesmo tempo, impulsionar a atividade, imprescindível à economia mineira e mundial.

Espera-se, com a implementação dos programas do Plano, estruturar um conjunto de estímulos a investimentos, orientados, prioritariamente, para a verticalização das cadeias produtivas mineroindustriais, além de estimular a geração e disseminação de

informação, conhecimento e aprendizado. Um dos pilares do PEM-MG tem por objetivo fortalecer e diversificar a base empresarial, atraindo investimentos nacionais e estrangeiros.

Ao olhar para o futuro, o PEM-MG nos convida a refletir sobre como o setor mineral pode ser um agente de transformação positiva. O grande desafio não é apenas promover o desenvolvimento, mas assegurar que ele se dê de maneira inclusiva e sustentável, reconhecendo as diferenças regionais e respeitando o meio ambiente. A diversidade geológica e as disparidades regionais de Minas Gerais são um reflexo das complexidades que envolvem a implementação do PEM-MG. As ações delineadas buscam, ao mesmo tempo, ampliar o aproveitamento das potencialidades minerais e mitigar os impactos socioambientais, com foco na diversificação econômica das regiões mineradoras. Ainda assim, o caminho é desafiador: a integração dos pequenos mineradores, o incentivo à inovação e a adaptação constante às exigências da sustentabilidade, por exemplo, são componentes-chave de um processo que tende a se estender por muitos anos.

Nesse sentido, é de responsabilidade da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE) coordenar a implantação dos programas do Plano, sendo importante a articulação institucional para garantir sua efetividade e execução, tratando dos direitos e responsabilidades em uma gestão conjunta do governo, com a participação do setor privado e da sociedade civil, em especial os agentes de vivência direta com a mineração. Assim, o PEM-MG é peça fundamental para construir o futuro que queremos para Minas Gerais.



REFERÊNCIAS

- ABAL – Associação Brasileira de Alumínio. *Estatísticas Nacionais: Bauxita*. 2020. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/bauxita/>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. *Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas em 2018*. Brasília, DF. 2018. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- _____. *O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais*. Brasília, maio 2018. Disponível em: https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Informe_05_2018_Setor_de_Rochas_Ornamentais_c.pdf. Acesso em: 6 ago. 2024.
- _____. *O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais*. Vila Velha, 2021. Disponível em: <https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Cenario-Mundial-2021.pdf>. Acesso em: 12 maio 2023.
- ABM – Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. *Curso oferecido pela Samarco e SENAI amplia qualificação profissional de moradores de Antônio Pereira*. 15 jul. 2024. Disponível em: <https://www.abmbrasil.com.br/por/noticia/curso-oferecido-pela-samarco-e-senai-amplia-qualificacao-profissional-de-moradores-de-antonio-pereir>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- ABRAM, M. B.; CUNHA, I. A.; ALMEIDA, R. C. *Projeto Fosfato no Brasil – Parte II: informes de Recursos Minerais*. Salvador: CPRM, 2016. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16142>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- ABRAM, M. B. Fosfato no Brasil. In: MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G. *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro, RJ: Academia Brasileira de Ciências; Vale, 2016. p. 95–115.
- ABREU, B. P. *Mineração e desenvolvimento: uma análise da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM para a diversificação da economia em municípios mineradores de Minas Gerais*, Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 122p. 2021. Disponível em: <http://tede.fjp.mg.gov.br/handle/tede/540>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- ACCENTURE. *A acelerada transformação da mineração*. 2020. Disponível em: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/industry/naturalresources/document/Accenture-A-Acelerada-Transformacao-Da-Mineraacao.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.
- _____. *A mineração brasileira como protagonista da descarbonização*. 2022. Disponível em: *A Mineração Brasileira como Protagonista da Descarbonização* | Accenture. Acesso em: 25 out. 2023.
- AFONSO, J. C. *Manganês no Brasil: descoberta, extração, consumo e comercialização numa perspectiva histórica*. Química Nova, v. 42, p. 1172–1183, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/mwwH356jhkCSdbpsNhtvNLR/>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- AGUIAR, L. G. F. *Avaliação da contaminação potencial por metais em solos e sedimentos na região da mina Morro do Ouro, Paracatu-MG*. 2018. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/8595/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Mestrado%20Lucas%20Aguiar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 maio 2023.
- ALKMIM, F.F. *História geológica de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), 2018.
- ALMEIDA, F. F. M. *O cráton do São Francisco*. Revista Brasileira de geociências, v. 7, n. 4, p. 349–364, 1977.
- ALMG. *Reconstrução da Bahia-Minas terá papel fundamental na exploração de lítio em Salinas – Assembleia Legislativa de Minas Gerais*. 2023. Portal da Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Reconstrucao-da-Bahia-Minas-tera-papel-fundamental-na-exploracao-de-litio-em-Salinas/>. Acesso em: 14 out. 2024.
- ALVES, A. N. *Histórico e importância da mineração no estado*. Revista do legislativo, Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, n. 41, p. 27–32, jan./dez. 2008.
- ALVES, A. R. *Proposição de um modelo para a avaliação do ciclo de vida do nióbio*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2015. Disponível em: https://ieapp.unimep.br/biblioteca_digital/visualiza.php?cod=MTM20A==. Acesso em: 15 fev. 2023.
- ALVES DIAS, P. et al. *The role of rare earth elements in wind energy and electric mobility*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2020. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC122671>. Acesso em: jun. 2023.
- AMG investe US\$ 300 milhões em dois projetos em MG. *Brasil Mineral*, 16 ago. 2023. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/amg-investe-us-300-milhoes-em-dois-projetos-em-mg>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- AMG investe até R\$ 1,4 bilhão para triplicar produção em Nazareno. *Brasil Mineral*, 21 maio 2024. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/amg-investe-ate-r-14-bilhao-para-triplicar-producao-em-nazareno>. Acesso em: 6 ago. 2024.
- ANA – Agência Nacional das Águas. *Sistemas Aquíferos*. 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3ec60e4f-85ea-4ba7-a90c-734b57594f90>. Acesso em: jun. 2023.
- ANDREW, R. M. *Global CO₂ emissions from cement production*. Earth System Science Data, v. 10, p. 195–217, 2018. DOI: 10.5194/essd-10-195-2018.
- ANGLO AMERICAN. *Programa de gestão financeira da Anglo American auxilia na redução de contratos energéticos e contribui para estratégias da empresa*. 3 out. 2019. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/imprensa/noticias/2019/03-10-19>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- ANGLO AMERICAN. *Anglo American investe R\$ 25 milhões em projetos de inovação aberta no Brasil*. 21 dezembro 2021. Disponível em: <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/imprensa/noticias/2021/12-21-21>. Acesso em: 29 maio 2023.

ANGLOGOLD ASHANTI. *AngloGold Ashanti suspende temporariamente a produção das Operações Córrego do Sítio*. 2023. Disponível em: <https://www.anglogoldashanti.com.br/>. Acesso em: mar. 2023.

ANGLOGOLD ASHANTI. *Relatório ESG 2022*. 2022. Disponível em: <https://www.anglogoldashanti.com.br/wp-content/uploads/2023/10/AGA-179.11-23-RELATORIO-ESG-2022-120dpis-v2.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ANM – Agência Nacional de Mineração. *Dados Anuais Consolidados ANM – 2010 a 2020, Ano Base: 2020*. Brasília. 2021.

_____. *Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas: Ano Base: 2021*. Brasília, DF: ANM, 2022a.

_____. *Dados sobre Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM*. 2022b. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/sistema-arrecadacao>. Acesso em: set. 2023.

_____. *Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas. Ano Base: 2022*. Brasília, DF: ANM, 2023a.

_____. *Base de dados de produção beneficiada*. 2023b. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/dadosabertos/AMB>. Acesso em: 10 out. 2023.

_____. *Anuário Mineral Brasileiro – Versão Interativa*. 2023c. Disponível em: <https://app.powerbi.com/w?r=eyJrJoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhJNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 5 dez. 2023.

_____. *Dados Abertos: Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)*. Ano Base: 2023. Brasília, DF, 2024a. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/sistema-arrecadacao>. Acesso em: 7 fev. 2024.

_____. *Dados Abertos: Anuário Mineral Brasileiro Interativo*. Ano Base: 2023. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: <https://app.powerbi.com/w?r=eyJrJoiODIyOWYwJmJmTgtZTBiNi00ODFhLWJiOGEtYzlmOWM3MjhmMWQ4liwidCI6ImEzMDgzZTlxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9>. Acesso em: 18 nov. 2024.

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Movimentação de Contêineres*. ANTAQ – Painel Estatístico Aquaviário, 2022. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/movcontainer.html>. Acesso em: 30 maio 2023.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Rodovias*. ANTT, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias>. Acesso em: 11 maio 2023.

APÓS acordo com Vale, Mariana revogará estado de calamidade financeira. *Agência Brasil*, Rio de Janeiro, 2 abr. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-04/apos-acordo-com-vale-marianarevogara-estado-calamidade-financeira>. Acesso em: 3 out. 2023.

APCB – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. *Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA)*. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. Acesso em: 14 jun. 2023.

ARAGÃO, L.; TAMIARANA, R. *Aplicabilidade dos pressupostos da economia circular na indústria de água mineral*. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 203-220, 2021.

ARCELORMITTAL lança cursos de capacitação e formação profissional para Itatiaiuçu e região. *ArcelorMittal*, 8 set. 2022. Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/serra-azul/noticias/arcelormittal-lanca-cursos-de-capitacao-e-formacao-profissional-para-itatiaiuçu-e-região>. Acesso em: 12 ago. 2024.

ASSIRATI, D. M. *Sumário Mineral Brasileiro 2018: Água Mineral*. Brasília, DF: ANM, 2018.

ATLAS BRASIL. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. 2016.

BAHIA é a maior produtora de diamantes do país e a segunda colocada na extração de esmeraldas. *Conexão Mineral*, 2022. Disponível em: <https://encurtador.com.br/muD67>. Acesso em: 7 mar. 2023.

BAKRY, M.; LI, J.; ZENG, X. *Evaluation of global niobium flow modeling and its market forecasting*. *Innovative Energy and Resource Management*. 2022.

BARBOSA, V. B.; SOBRINHO, M. V. *Governança e desenvolvimento territorial: a cadeia produtiva de gemas no estado do Pará*. X Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade – CODS 2019. Belém/PA, 2019.

BARICH, A.; KEEN, K. *Brazil's Minas Gerais lures lithium investments with fast permitting*. S&P Global, 4 abr. 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/brazil-s-minas-gerais-lures-lithium-investments-with-fast-permitting-74946198>. Acesso em: 27 out. 2023.

BASTOS, L. A. C. et al. *Using Iron Ore tailings from tailing dams as road material*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 28, n. 10, maio 2016.

BCB – Banco Central Do Brasil. *Relatório de Mercado*. 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/01122023>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BENIQUE, F. S. B.; *Contribuição à Auto-redução Carbotérmica de Aglomerados contendo Óxidos de Manganês*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2007. 161p. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11024/11024_5.PDF. Acesso em: 20 jun. 2023.

BEZERRA, E. B.; DE TOMI, G.; TICHAUER, R. *A country-wide analysis of mineral exploration in small-scale mining*. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, v. 13, n. 2, p. 135-161, 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7428262/>. Acesso em: 30 out. 2023.

BGS – British Geological Survey. *Commodities and Statistics: World mineral statistics data*. 2022. Disponível em: <https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/wms.cfc?method=searchWMS>. Acesso em: maio 2023.

BIANCHETTI, M. Verde Agritech tem projeto de ferrovia. *Diário do Comércio*, 24 de dez de 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/agronegocio/verde-agritech-tem-projeto-de-ferrovia/>. Acesso em: 23 maio 2023.

BIODIVERSITAS. Fundação Biodiversitas. *Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade*. 2018. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/8df.49ecb-00a3-4814-aef8-b11d20747303>. Acesso em jun. 2023.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *A indústria do alumínio: estrutura e tendências*. Brasília, DF. 2011. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2499>. Acesso em: 10 fev. 2023.

_____. *Inova Mineral*. [20–?]. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/inova-mineral>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BRAGA, P. F. A. et al. *Panorama da Indústria do Lítio no Brasil*. II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste, 2010.

BRAGON, Rayder. *Rejeitos de barragens podem ser usados na construção civil*. 2015. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/12/02/rejeitos-de-barragens-podem-ser-usados-na-construcao-civil.htm>. Acesso em: 22 jul. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Relatório n. 2/2022*, apresentado pelo Deputado Joaquim Passarinho (PL/PA), que altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, e a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. GT – Código de Mineração 2022 (GTMINE22), Brasília: Câmara dos Deputados, 2022. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2340989&fichaAmigavel=nao#:~:text=REL%20%2F2022%20GTMINE22%20Inteiro,Relat%C3%B3rio&text=Altera%20o%20Decreto%2DLei%20n%C2%BA,18%20de%20julho%20de%201989>. Acesso em: out. 2024.

_____. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: fev. 2024.

_____. *Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967*. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas). Brasília, 28 fev. 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: fev. 2024.

_____. *Decreto no 9.406*, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei no 227, de 28 de fevereiro de 1967, a Lei no 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei no 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei no 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Brasília, 12 jun. 2018.

_____. *Decreto nº 10.657*, de 24 de março de 2021. Institui a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos – Pró-Minerais Estratégicos, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos. *Diário Oficial*, Brasília, p. 3, 25 mar. 2021. Seção 1.

_____. *Lei Complementar nº 123*, de 14 de dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte; altera dispositivos das Leis nº 8.212 e 8.213, ambas de 24 de julho de 1991, da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, da Lei nº 10.189, de 14 de fevereiro de 2001, da Lei Complementar nº 63, de 11 de janeiro de 1990; e revoga as Leis nº 9.317, de 5 de dezembro de 1996, e 9.841, de 5 de outubro de 1999. Brasília, DF: *Diário Oficial da União*, 2006. Disponível em: [Lcp 123 \(planalto.gov.br\)](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm). Acesso em: set. 2023.

_____. *Lei nº 6.938*, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: fev. 2024.

_____. *Lei nº 13.540*, de 18 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 19 dez. 2017.

_____. Ministério da Infraestrutura. *Relatório Corredores Logísticos – Minério de Ferro*. Brasília, DF: MInfra, 2018a. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_corredores_logisticos_minerio_v1-1.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

_____. Ministério de Minas e Energia. *Projeto META: diagnóstico socioeconômico e ambiental da mineração em pequena escala (MPE) no Brasil*. 2018b.

_____. Ministério da Infraestrutura. Empresa de Planejamento e Logística (EPL). *Custos Ferroviários no Plano Nacional de Logística*. Brasília, DF: MInfra: EPL, 2020. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/apresentacao-cicero-filho.pdf>. Acesso em: 9 maio 2023.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *AdaptaCLIMA*. Brasília, DF: MMA, 2024. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br>. Acesso em: 03 out. 2024.

_____. *Plano Nacional de Mineração 2030: Geologia, Mineração e Transformação Mineral*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2010.

_____. *Projeto de Lei nº 2.790/2019*. Altera a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012 (Estatuto de Proteção e Defesa Civil), para incluir a prevenção a desastres induzidos por ação humana. NOVA EMENTA; Altera a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, para incluir a prevenção a desastres induzidos por ação humana. Congresso Nacional, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2201538#:~:text=PL%202790%2F2019%20Inteiro%20teor,Projeto%20de%20Lei&text=Altera%20a%20Lei%20n%C2%BA%2012.608,desastres%20induzidos%20por%20a%C3%A7%C3%A3o%20humana>. Acesso em: 25 nov. 2024.

_____. *Projeto de Lei nº 3.729 de 2004*. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, e dá outras providências. Congresso Nacional, 2004. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=257161>. Acesso em: 25 nov. 2024.

_____. *Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021*. Define a relação de minerais estratégicos para o País, de acordo com os critérios de que trata o art. 2º do Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. *Diário Oficial*, Brasília, p. 103, 22 jun. 2021.

BRASIL MINERAL. *As maiores empresas do setor mineral 2024*. Nexa. 2024a. Disponível em: [https://www.brasilmineral.com.br/majores/nexa#:~:text=Vazante%20\(DMG\)%20e,%C3%A9%20de%201%20milh%C3%A3o%20t](https://www.brasilmineral.com.br/majores/nexa#:~:text=Vazante%20(DMG)%20e,%C3%A9%20de%201%20milh%C3%A3o%20t). Acesso em: 11 nov. 2024.

_____. *CBL poderá investir US\$ 70 milhões para dobrar produção em MG*. 22 abr. 2024b. Disponível em: <https://abrir.link/hLbHG>. Acesso em: 6 ago. 2024.

_____. *Canadense Resouro encontra depósitos de alto teor em Tiros, Minas Gerais*. 12 set. 2023b. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/canadense-resouro-encontra-depositos-de-alto-teor-em-tiros-minas-gerais>. Acesso em: 7 ago. 2024.

_____. *Mineração Usiminas inaugura filtragem de rejeitos*. 2 dez. 2021. Disponível: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/mineracao-usiminas-inaugura-filtragem-de-rejeitos>. Acesso em: fev. 2024.

_____. *O perfil das 100 maiores: Mosaic Fertilizantes*. São Paulo, ano XL, n. 431, p. 81-83, jul. 2023a. ISSN 0102-4728.

BRESSER-PEREIRA, L. C.; MARCONI, N. *Existe doença holandesa no Brasil?* Anais do IV Fórum de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas: São Paulo, 2008.

BRUZIQUESI, C. G. O et al. *Nióbio: um elemento químico estratégico para o Brasil*. Química nova, v. 42, p. 1184-1188, 2020.

BUXTON, A. *MMSD+10: Reflecting on a decade of mining and sustainable development*. II ED Discussion Paper. International Institute for Environment and Development. London, 2012. Disponível em: [1604111ED.pdf](https://www.iied.org/publications/1604111ED.pdf). Acesso em: jun. 2023.

CANNACORD. *Rating and Target Price Changes – EV Materials*. Cannacord Genuity, Australia, 24 jan. 2022. Disponível em: <https://galanlithium.com.au/wp-content/uploads/2023/01/GLN-Canaccord-EV-Materials-Report-24012022.pdf>. Acesso em: fev. 2023.

CARNEIRO, Tadeu. Nióbio: Desenvolvimento Tecnológico e Liderança. In: MELFI, A. J. et al. (eds.) *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 60-68.

CASTRO, F. F.; PEITER, C. C.; GÔES, G. S. *Minerais Estratégicos e Críticos: uma visão internacional e da política mineral brasileira*. Brasília: IPEA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11197>. Acesso em: 26 maio 2023.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. Ferro. In: PEDROSA-SOARES, A. C. et al. (coords.). *Recursos Minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

CBA – Companhia Brasileira de Alumínio. *Quem Somos*. 2023. Disponível em: <https://ri.cba.com.br/a-cba/quem-somos/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

CBL – Companhia Brasileira de Lítio. *Relatório de Responsabilidade Ambiental*. Companhia Brasileira de Lítio, jun. 2022. Disponível em: https://cblitio.com.br/wp-content/uploads/2022/08/Relatorio-de-Responsabilidade-Ambiental_AR_jun2022.pdf. Acesso em: 1º mar. 2023.

CBMM. *CBMM fecha parceria para inovar no mercado automotivo*. maio 2021. Disponível em: <https://cbmm.com/pt/our-company/noticias/articles/cbmm-fecha-parceria-para-inovar-no-mercado-automotivo>. Acesso em: 29 maio 2023.

_____. *Relatório de sustentabilidade 2022*. Belo Horizonte, MG. 2023a. Disponível em: <https://cbmm.com/sustainability-report/pages/cbmm.html>. Acesso em: 6 mar. 2023.

_____. *Sobre nós*. Belo Horizonte, MG. 2023b. Disponível em: <https://cbmm.com/pt/our-company/about-cbmm>. Acesso em: 16 ago. 2023.

CBMM investe R\$ 400 milhões em fábrica e avança no uso do nióbio em baterias. *Brasil Mineral*, 22 jan. 2024. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/cbmm-investe-r-400-milhoes-em-fabrica-e-avanca-no-uso-do-niobio-em-baterias>. Acesso em: dez. 2023.

CDE. *Sistema de Filtragem por Filtro Prensa*. 2023. Disponível em: <https://www.cdegroupp.com/pt-br/produtos/gestao-de-lodo/filtro-prensa>. Acesso em: 9 maio 2023.

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/a>. Acesso em: jan. 2024.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. *Fatos relevantes na história do CETEM, da C&T e da mineração no Brasil*. Rio de Janeiro, ago. 2021.

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. *Acordo regional sobre acesso à informação, participação pública e acesso à justiça em assuntos ambientais na América Latina e no Caribe*. Nações Unidas, 4 março 2018. Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/29b2d738-4090-45c5-a289-428b465ab60c/content>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CETESB. *Plano de redução de emissões de fontes estacionárias: guia de melhor tecnologia prática disponível. Capítulo 3 – Fertilizantes*. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2016/06/Cap%C3%ADtulo-3-MTPD-Fertilizantes.pdf>. Acesso em: 12 maio 2023.

CHAVES, M. L. *Diamante. Recursos Minerais de Minas Gerais*. [20—]. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/diamante/>. Acesso em: 5 maio 2023.

CHEN, J.; ZORIGT, D. *Gestão da saúde e segurança ocupacional na indústria de mineração*. *Jornal de Pesquisa de Negócios*, 66, pp. 2321-2331. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2012.04.013>. Acesso em: out. 2023.

CHEUNG, C.; MORIN, S. *The Impact of Emerging Asia on Commodity Prices*. 2007. Bank of Canada Staff Working Paper No. 2007-55. Disponível em: <https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2010/02/wp07-55.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.

CINTRA, L. A. *Falta de espaço, não navios, reduz desembarque no principal porto de fertilizantes*. Folha de São Paulo, São Paulo, 5 maio 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/05/chegada-de-fertilizantes-cai-no-principal-porto-de-entrada-do-brasil-por-falta-de-espaco.shtml>. Acesso em: 9 maio 2023.

CMO. *Commodity Markets Outlook: lower prices, little relief*. World Bank Group, abr. 2023. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>. Acesso em: 10 out. 2023.

CODEMGE garante ganhos para o Estado de Minas Gerais com projeto de grafeno. *Agência Minas*. Belo Horizonte, 20 jun. 2023. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/codemge-garante-ganhos-para-o-estado-de-minas-gerais-com-projeto-de-grafeno>. Acesso em: 31 jul. 2023.

CNPQ. *Plataforma Lattes - CNPq*. 2016. Disponível em: <https://lattes.cnpq.br/web/dgp/por-area2>. Acesso em: 29 set. 2023.

COELHO, T. P. *Dilemas e obstáculos na economia de Brumadinho frente à minériodependência*. Ciência e cultura, v. 72, n. 2, p. 29-33, 2020.

COMEX STAT. *Portal para acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil*. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: maio. 2023.

_____. *Portal para acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil*. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 26 jun. 2024.

_____. *Portal para acesso gratuito às estatísticas de comércio exterior do Brasil*. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços, 2024. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 20 jul. 2024.

COMPLEXO de produção de fertilizantes da EuroChem irá fomentar a produção nacional. *Correio Brasiliense*, 14 mar. 2023. Disponível em: <https://www.correiobrasiliense.com.br/cb-brands/brandedcontent/eurochem/2024/03/6817537-complexo-de-producao-de-fertilizantes-da-eurochem-ira-fomentar-a-producao-nacional.html>. Acesso em: 10 mar. 2023.

CONEXÃO ferroviária é maior deságio do Porto do Açu. *Kincaid Mendes Vianna Advogados*. Rio de Janeiro, 18 abr. 2022. Disponível em: <https://www.kincaid.com.br/conexao-ferroviaria-e-maior-desafio-do-porto-do-acu/>. Acesso em: maio 2023.

CORRÊA, F.; ARIADNE, Q. *Falta de indústria de rocha ornamental leva Minas Gerais a perder R\$ 1,1 bilhão*. O Tempo, 24 set. 2019. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/falta-de-industria-de-rocha-ornamental-leva-minas-gerais-a-perder-r-1-1-bilhao-1.2303075>. Acesso em: 10 maio 2023.

COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S.; PIMENTA, V. B. *Rochas ornamentais e de revestimento de minas gerais: principais ocorrências, caracterização e aplicações na indústria da construção civil*. Geonomos, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 9-13, jul./dez. 2001.

COSTA, F. A. et al. Determinação dos parâmetros ideais no espessamento de lamas através da inclusão de testes de sedimentação em proveta na rotina operacional. In: *45th Ironmaking / 16th Iron Ore / 3rd Agglomeration*, Rio de Janeiro, v. 45, n. 45, p. 956-960, 2015.

COSTA, H. S. M. *Vale de Aço: da produção da cidade moderna sob a grande Indústria a diversificação do meio-ambiente urbano*. Tese (Doutorado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1995.

COSTA, L. R. *Os garimpos clandestinos de ouro em Minas Gerais e no Brasil: tradição e mudança*. História & Perspectivas, Uberlândia, v. 1, n. 36-37, p. 247-279, 2007.

CRS – Congressional Research Service. *Rare earth elements: the global supply chain*. CRS, dez. 2013. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41347>. Acesso em: jun. 2023.

CRU. *Opportunities for Aluminium in a Post-Covid Economy*. CRU Group, Londres, 2022. Disponível em: <https://international-aluminium.org/resource/opportunities-for-aluminium-in-a-post-covid-economy/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. *CSN Inova*. 2022. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/inovacao/csn-inova/>. Acesso em: 7 ago. 2023.

_____. *Estudo de Impacto Ambiental - EIA: projeto obra emergencial da Cava Corpo Norte*. Congonhas: jan. 2020. Disponível em: <https://www.csn.com.br/wpcontent/uploads/sites/452/2021/11/EIA-Alto-Bandeira-Completo-1-200.pdf>. Acesso em: 4 set. 2023.

CUNHA, A. M. B. M.; GUEDES, G. B. *Mineração e os objetivos de desenvolvimento sustentável(ODS): o desafio da diversificação econômica em Itabira (MG)*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. (Série Estudos e Documentos, 94). 48p.

DATAVIVA. *Regiões*. 2023. Disponível em: <https://www.dataviva.info/en/inicie-uma-pesquisa/>. Acesso em: 28 set. 2023.

DBMR – Data Bridge Market Research. *Global Niobium Market - Industry Trends and Forecast to 2030*. Pune, 2023. Disponível em: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-niobium-market>. Acesso em: 24 out. 2023.

DELOITTE. *The digital revolution*. Mining starts to reinvent the future. 2017. Disponível em: <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone1/au/en/docs/industries/consumer/2023/deloitte-au-er-digital-revolution-240217.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.

DIAS, P.H.A.; et al. *Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu)*. MG. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos – CPRM, 2018. 160p. v.14 (Série Províncias Minerais do Brasil).

_____. *Metalogenia das Províncias Minerais do Brasil: distrito zincífero de vazante*. MG. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2015. 59p. v.5. (Série Províncias Minerais do Brasil).

DISR – Department of Industry, Science and Resources. *Resources and energy quarterly*. 2023. Disponível em: <https://www.industry.gov.au/publications/resources-and-energy-quarterly-june-2023>. Acesso em: 10 out. 2023.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. *História da mineração de pequena escala no Brasil: situações atuais e desafios futuros*. 5^o Encontro Anual Geral e Evento de Aprendizado sobre Comunidades e Mineração em Pequena Escala (CASM). Salvador, 2005.

_____. *Sumário Mineral 2015*. Vol. 35. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>. Acesso em: jun. 2023.

DOMINGUES, E. P. et al. *Calibragem do Modelo ORANIG para os Dados da Matriz Insumo-Produto Nacional (2005)*. Relatório Técnico de Pesquisa. CEDEPLAR/UFMG, out. 2009, 33 p.

_____. *Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva*. 32p. Texto para Discussão – Centro de Planejamento e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

DUARTE, M. A. Grafita Natural. 2013. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=8989. Acesso em: 22 jun. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Porto de Barcarena/Vila do Conde*. Campinas: Embrapa, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/macrologistica/exportacao/porto_vila-do-conde. Acesso em: 9 maio 2023.

EMBRAPII – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial. *Parceria BNDES*. [20–]. Disponível em: <https://embrapii.org.br/parceria-bndes/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ENRIQUEZ, M. A. R. S. *Mineração: maldição ou dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira*. São Paulo: Signus Editora, 2007.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional*. Data-base: 2022. Brasília, 2023.

ERNST YOUNG. *Riscos e oportunidades de negócios em mineração e metais no Brasil*. E&Y Brasil, 2023a. Disponível em: https://www.ey.com/pt_br/mining-metals/riscos-oportunidades-mineracao-metals-brasil-2023. Acesso em: 19 fev. 2024.

_____. *Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2022*. 2021. Disponível em: https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2022. Acesso em: 25 out. 2023.

_____. *Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023*. 2022. Disponível em: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/mining-metals/ey-top-10-business-risks-and-opportunities-for-mining-and-metals-in-2023.pdf. Acesso em: 29 maio 2023.

_____. *Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2024*. 2023b. Disponível em: https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/risks-opportunities. Acesso em: 25 out. 2023.

FDC – Fundação Dom Cabral. *Custos Logísticos no Brasil 2017*. Nova Lima: FDC, 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycx8zx84>. Acesso em: 15 maio 2023.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia*. Belo Horizonte, 2011. Fundação Estadual do Meio Ambiente.

_____. *Cadastro de minas paralisadas e abandonadas no Estado de Minas Gerais*. 2016. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2023/RECUPERACAO_AREAS_MINERACAO/II_Cadastro_Minas_Paralisadas_e_Abandonadas_-_Ano_base_2016.pdf.

_____. *Cadastro de minas paralisadas e abandonadas no Estado de Minas Gerais*. 2022. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2023/RECUPERACAO_AREAS_MINERACAO/II_Cadastro_de_Minas_Paralisadas_e_Abandonadas__Ano_base_2022.pdf.

FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z., C. *Agrominerais para o Brasil*. CETEM/MCT, 2010.

FERNANDES, P. R. M.; LIMA, H. M. *O quadro normativo do fechamento de mina e a gestão de minas abandonadas no Brasil e no estado de Minas Gerais*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 8, n. 18. 2021a. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081823](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081823).

FIEMG LAB. *Página Inicial*. [20–]. Disponível em: <https://fiemglab.com.br/>. Acesso em: 29 ago. 2023.

FIGUEIREDO, M. M. *Metodologias alternativas de disposição de rejeitos para a mineração Casa de Pedra – Congonhas*. Universidade federal de Ouro Preto – Pós-Graduação em Geotécnica. Ouro Preto, nov. 2007.

FINEP. *Programa Finep Startup*. 2022. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/programas-e-linhas/Finep_Startup/06_06_2022_Regulamento_do_Programa_Finep_Startup.pdf. Acesso em: 17 maio 2023.

FJP – Fundação João Pinheiro. *Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Turismo em Minas Gerais*. Secretaria de Turismo. 2016. v. 4, 156 p.

_____. *Matriz Insumo-Produto das Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais*. Belo Horizonte. 2019.

_____. *Cartilha Matriz Insumo-Produto*. 2021a. Disponível em: Cartilha da Matriz Insumo Produto. Acesso em: ago. 2023.

_____. *Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS)*. Ano base 2022. Belo Horizonte, 2023.

_____. *Informativo FJP*. 2021b. Disponível em: Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais. Acesso em: set. 2023.

_____. *Informativo FJP*. 2022d. Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/regioes-geograficas-intermediarias-de-minas-gerais/>. Acesso em: set. 2023.

_____. *Informativo FJP: Indicadores Sociais*, v. 3, n. 1-15, 2021.

_____. *Informativo FJP: Setores Impulsionadores do Crescimento Econômico das Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais*. Belo Horizonte, v. 5, 2023b.

_____. *Matriz de Insumo-Produto das Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais*. 2019. Belo Horizonte. 2022a.

_____. *Produto Interno Bruto da Região Geográfica Intermediária de Barbacena*. Informativo FJP: Contas Regionais – PIB dos Municípios. v.5. nº6. 25 jul. 2023c.

_____. *Produto Interno Bruto da Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte*. Informativo FJP: Contas Regionais – PIB dos Municípios. v.5. nº1. 28 fev. 2023a.

- . *Tabela de Recursos e Usos e Matriz de Insumo-Produto de Minas Gerais*. 2019. Belo Horizonte. 2022b.
- FJP/IMRS – Índice Mineiro de Responsabilidade Social. *Dimensão Vulnerabilidade*. 2020.
- FMI – Future Market Insights. *Gemstones market report (2023 – 2033)*. Fev. 2023. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/gemstones-market>. Acesso em: 5 dez. 2023.
- FONSECA, D. S.; BACIC, I. R. *Enxofre*. Economia mineral do Brasil, v. 2, p. 126-141, 2009.
- FORMOSO, M. L. L. et al. Os elementos terras raras e sua importância para o setor mineral do Brasil. In: MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G. *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro, RJ: Academia Brasileira de Ciências; Vale, 2016. p. 68-83.
- FREITAS, V. A. A. et al. *Use of iron ore tailing from tailing dam as catalyst in a fenton-like processes for methylene blue oxidation in continuous flow mode*. Chemosphere, v. 219, p. 328-334, mar. 2019.
- FRENKEN, K.; VAN OORT, F.; VERBURG, T. *Related variety, unrelated variety and regional economic growth*. Regional studies, v. 41, n. 5, p. 685-697, 2007.
- FUNAI – Fundação Nacional dos Povos Indígenas. *Terras Indígenas no estado do Minas Gerais*. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atualizacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: jun. 2023.
- FUTURO da mineração depende de novas práticas: participantes de reunião defendem desenvolvimento tecnológico e aplicação de valores da CFEM em alternativas econômicas. *ALMG*, 8 maio 2019. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2019/05/08_audiencia_setor_minerario.html. Acesso em: 10 out. 2023.
- GALVÃO, J. L. B. et al. *Reuse of iron ore tailings from tailings dams as pigment for sustainable paints*. Journal of Cleaner Production, v. 200, p. 412-422, nov. 2018.
- GAO, J. et al. *Process simulation and energy integration in the mineral carbonation of blast furnace slag*. Chinese Journal of Chemical Engineering, v. 27, n. 1, p. 157-167, 2018.
- GARSIDE, M. *Distribution of demand for primary aluminium worldwide*. Statista, 6 mar. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/605376/distribution-of-demand-for-primary-aluminum-worldwide-by-region/>. Acesso em: jun. 2023.
- GLOBO. *Crise hídrica evidenciou dependência de hidrelétricas no Brasil: diversificar é fundamental*. 29 maio 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/um-so-planeta/noticia/2022/05/crise-hidrica-evidenciou-dependencia-de-hidreletricas-no-brasil-diversificar-e-fundamental.ghtml>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- . *Saiba como a água é fundamental na exploração do lítio*. Jornal Nacional, 23 set. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/litio-exclusivo/noticia/2023/09/23/saiba-como-a-agua-e-fundamental-na-exploracao-do-litio.ghtml>. Acesso em: 19 jul. 2024.
- GMM – Globe Metals & Mining. *Niobium*. GMM, 2023. Disponível em: [https://www.globemm.com/niobium-markets#:~:text=Pricing,for%20niobium%20pentoxide%20\(Nb2O5\)](https://www.globemm.com/niobium-markets#:~:text=Pricing,for%20niobium%20pentoxide%20(Nb2O5)). Acesso em: jun. 2023.
- GOÉS, F. *Vale faz parceria com startup sueca para alavancar produção de hidrogênio verde*. 2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/09/06/vale-faz-parceria-com-startup-sueca-para-alavancar-producao-de-hidrogenio-verde.ghtml>. Acesso em: 25 out. 2023.
- GOMIDE, L. A. *Impactos socioeconômicos do fechamento de minas em comunidades dependentes da mineração*. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.
- GONÇALVES, Alcindo. *O Conceito de Governança*. XIV Congresso Nacional do Conpedi – Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito. Fortaleza, 2005.
- GOVERNO altera regras da caução ambiental para licenciamento de barragens. *Agência Minas*. 28 jun. 2024. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-altera-regras-da-caucao-ambiental-para-licenciamento-de-barragens>. Acesso em: dez. 2024.
- GOVERNO DE MINAS GERAIS. *Governo anuncia investimento privado superior a R\$ 200 milhões na Exposibram 2024*. Invest Minas, 03 out. 2024. Disponível em: <https://investminas.mg.gov.br/2024/10/03/governo-anuncia-investimento-privado-superior-a-r-200-milhoes-na-exposibram-2024/>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- GOVERNO de Minas promove a primeira reunião do grupo de trabalho para o Vale do Lítio. Cidade Administrativa, MG: *Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SEDE)*, 11 ago. 2023. Disponível em: <https://www.desenvolvimento.mg.gov.br/inicio/noticias/noticia/2220/governo-de-minas-promove-a-primeira-reuniao-do-grupo-de-trabalho-para-o-vale-do-litio#:~:text=O%20Vale%20do%20L%C3%ADtio%20C3%A9%20formado%20por,e%20Rubelita%20e%20Salinas%2C%20no%20Norte%20mineiro>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- GOVERNO DO ESTADO DE MINAS; TETRA-MAIS. *AAE – Avaliação Ambiental Estratégica do Setor de Exploração do Minério de Ferro em Minas Gerais*. 2024.
- GUIMARÃES, C. L.; MILANEZ, B. *Mineração, impactos locais e os desafios da diversificação: revisitando Itabira*. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 41, p. 215-236, ago. 2017.
- HEIDER, Mathias. *Evolução do Parque de Pelotização no Brasil*. In The Mining. 26 nov. 2021a. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/evolucao-do-parque-de-pelotizacao-no-brasil/>. Acesso em: 21 jul. 2023.
- . *Estrutura Produtiva do Manganês no Brasil*. In The Mining. 21 dez. 2021b. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/estrutura-produtiva-do-manganes-no-brasil/>. Acesso em: 29 jul. 2023.
- HELERBROCK, R. *Grafeno*. Uol, São Paulo. [20–] Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/grafeno.htm>. Acesso em: 10 maio 2023.
- HENTSCH, T.; HRUSCHKA, F.; PRIESTER, M. *Artisanal and Small-Scale Mining*. Challenges and Opportunities. Projekt-Consult GmbH. II ED Discussion

- Paper. International Institute for Environment and Development. Londres, 2003. Disponível em: 9268IIED.pdf9268IIED.pdf. Acesso em: jun. 2023.
- HEWITT, A. et al. *The Ups and Downs of Gold Recycling*. Boston Consulting Group (BCG). 2015. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2015/metals-mining-cost-efficiency-ups-and-downs-of-gold-recycling>. Acesso em: maio 2023.
- HIDALGO, C.; HAUSMANN, R. *The building blocks of economic complexity*. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 106, n. 26, p.10570-10575, 2009.
- HILSON, G. *Small-scale mining and its socio-economic impact in developing countries*. Natural Resources FORUM 26, 2002.
- HIRSCHMAN, A. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.
- HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTEW, G. *The impact of the 2002-2003 drought on Australia*. Journal of Policy Modeling, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 285-308. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0161893805000128>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Matriz Insumo-Produto*. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html>. Acesso em: jun. 2023.
- _____. *Nota Técnica de Logística dos transportes no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15793-logistica-dos-transportes.html>. Acesso em: 31 maio 2023.
- _____. *Projeções de população*. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em: 5 dez. 2023.
- _____. *Produto Interno Bruto dos Municípios*. 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- _____. *Sistema de Contas Nacionais (SCN)*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- IBGM – Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. HENRIQUES, H. S.; SOARES, M. M. (coords.). *Políticas e Ações para a Cadeia Produtiva de Gemas e Joias*. Brasília: Brisa, 116 p. 2005. Disponível em: <https://cursosextensao.usp.br/mod/resource/view.php?id=66020>. Acesso em: 7 abr. 2023.
- IBM – Indian Bureau of Mines. *Iron, Steel, Scrap and Slag*. ed. 60. Índia: Government of India, Ministry of Mines, 2023.
- _____. *Market survey on manganese ore*. Edição 51/250, 2014. Disponível em: https://ibm.gov.in/writereaddata/files/07142014124825Market%20Survey_Manganese%20re.pdf. Acesso em: 21 ago. 2023.
- IBRAM – Instituto Brasileiro De Mineração. *Estudo do IBRAM “Mineração e economia verde” será lançado durante evento CNI Sustentabilidade 2017*. 2 out. 2017. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/estudo-do-ibram-mineracao-e-economia-verde-sera-lancado-durante-evento-cni-sustentabilidade-2017/>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- _____. *Fundamentos para Políticas Públicas em Minerais Críticos e Estratégicos para o Brasil*. 2024a. Disponível em: <https://www.ibram.org.br/>. Acesso em: dez. 2024.
- _____. *Guia de Critérios de Sustentabilidade para Fechamento de Mina: boas práticas para a mitigação de impactos sociais, ambientais e econômicos advindos do fechamento de mina*. Brasília: set. 2024b. Disponível em: [IBRAM_Guia-de-Criterios-de-Sustentabilidade-para-o-Fechamento-de-Mina_VF.pdf](https://www.ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/08/IBRAM_Guia-de-Criterios-de-Sustentabilidade-para-o-Fechamento-de-Mina_VF.pdf). Acesso em: dez. 2024.
- _____. *Infográfico: Mineração em Números 2021*. Brasília: 2022. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Infografico-Mineracao-emNumeros-1S2021.pdf>. Acesso em: 9 maio 2023.
- _____. *Panorama da Mineração no Brasil*. 2023a. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2023/08/PMB2023.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2024.
- IBRAM. *Sobre o TSM no Brasil*. 2024. Disponível em: <https://ibram.org.br/tsm/>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Unidades de Conservação do Brasil*. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais. Acesso em: 14 jun. 2023.
- ICMM – International Council on Mining and Metals. *Working Together*. How large-scale mining can engage with artisanal and small scale mining. 2010.
- _____. *Water Stewardship Framework*. Londres, abril 2014. Disponível em: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmentalstewardship/2014/guidance_water-stewardship-framework.pdf. Acesso em: 13 nov. 2023.
- IDE-SISEMA/IEF – Instituto Estadual de Florestas. *Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)*. 2023. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/cb08bbb2-b81c-408e-a11d-121bb2604e26>. Acesso em: jun 2023.
- IDE-SISEMA/IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Circunscrições Hidrográficas (CHs)*. 2022. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/061bca40-9d5e-42a2-a99f-4c0042a5e821>. Acesso em: jun 2023.
- IDE-SISEMA/MMA/IEF. *Unidades de Conservação Federais, Estaduais e Municipais*. 2018, 2021 e 2022. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/cb08bbb2-b81c-408e-a11d-121bb2604e26>. Acesso em: jun. 2023.
- IEA – International Energy Agency. *Critical Minerals Data Explorer*. 17 maio 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/critical-minerals-data-explorer>. Acesso em: 25 out. 2023.
- _____. *Global EV Outlook 2023*. IEA, abr. 2023a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>. Acesso em: 30 ago. 2023.
- _____. *Global EV Policy Explorer*. IEA, 26 abr. 2023b. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-policy-explorer>. Acesso em: 30 ago. 2023.

_____. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. IEA, maio 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>. Acesso em: 30 ago. 2023.

IEPHA – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico. *Tombamento Estadual e Municipal*. 2019. Disponível em: <https://www.iepha.mg.gov.br/index.php/programas-e-acoess/patrimonio-cultural-protetido/dados-geoespaciais/category/28-dados-espaciais-tombamento>. Acesso em: 26 jun. 2023.

IFA – International Fertilizer Association. *Phosphate Rock Resources & Reserves*. Argus Media. 25 abr. 2023. Disponível em: https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2023/04/2023_Argus_IFA_Phosphate_Rock_Resources_and_Reserves_Final.pdf. Acesso em: 04 jul. 2023.

IFGF – Índice Firjan de Gestão Fiscal. *Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN)*. 2020. Disponível em: <https://firjan.com.br/ifgf/consulta-ao-indice/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

_____. *Série Histórica 2013 a 2022*. 2023. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifgf/analises-e-rankings/>. Acesso em: out. 2023.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Limites das Unidades Estratégicas de Gestão*. 2023.

IMG. *Desafios climáticos na indústria de mineração: o impacto das mudanças climáticas e as tendências tecnológicas que moldam um futuro sustentável*. Blog IMG, [s.d.]. Disponível em: <https://blog.img.com.br/mineracao/desafios-climaticos-na-industria-de-mineracao-o-impacto-das-mudancas-climaticas-e-as-tendencias-tecnologicas-que-moldam-um-futuro-sustentavel/>. Acesso em: dez. 2024.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. *Áreas Quilombolas no estado de Minas Gerais*. 2023. Disponível em: https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. Acesso em: maio 2023.

INSTITUTO AÇO BRASIL (IAB). *Anuário Estatístico 2023*. Disponível em: https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2023/07/AcoBrasil_Anuario_2023.pdf. Acesso em: mar. 2025.

_____. *Estatística Mensal*. nº 117, janeiro 2025. Disponível em: https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2025/01/AcoBrasil_EM_Janeiro_2025.pdf. Acesso em: fev. 2025.

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, s.l.: United Nations. 2021.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA)*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/iphan/pt-br/patrimonio-cultural/patrimonio-arqueologico/cadastro-de-sitios-arqueologicos>. Acesso em: 26 jun. 2023.

_____. *Sítios Arqueológicos Georreferenciados*. 2023. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>. Acesso em: maio 2023.

ITABIRA. Prefeitura Municipal. *Plano de Desenvolvimento e Diversificação Econômica*. 2023. Disponível em: <https://sustentavel.itabira.mg.gov.br/programas/plano-de-desenvolvimento-ediversificacao-economica/>. Acesso em: 24 jul. 2023.

ITM – In The Mine. *Reaproveitamento de Resíduos De Minério De Ferro*. 2019. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/reaproveitamento-de-residuos-de-minerio-de-ferro/>. Acesso em: 27 out. 2023.

JANG, H. TOPAL, E. *Transformation of the Australian mining industry and future prospects*. Mining Technology: transactions of the institutions of mining and metallurgy. v. 129, n. 3, p. 1-15, jul. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342647213_Transformation_of_the_Australian_mining_industry_and_future_prospect. Acesso em: 30 out. 2023.

JEBER, A.; PROFETA, A. L. Águas Minerais. In: PEDROSA-SOARES, A. C. et al. (coords.). *Recursos Minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas 345 minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. Disponível em: <http://recursosmineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

JRC – Joint Research Centre. *EU climate targets: how to decarbonise the steel industry*. Publications Office of the European Union, Luxemburgo, 15 jun. 2022. Disponível em: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-climate-targets-how-decarbonise-steel-industry-2022-06-15_en. Acesso em: 30 ago. 2023.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Securing the Future of German Manufacturing Industry*. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Relatório final do grupo de trabalho industrie 4.0. Acatech, abr. 2013. 678 p. Disponível em: <https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.

KALIUM. *Página Institucional*. Kalium Mineração S/A. Dolores do Indaia, 2023. Disponível em: <https://www.kaliummineracao.com.br/>. Acesso em: maio 2023.

KINNUNEN, P. et al. *A review of circular economy strategies for mine tailings*. Cleaner Engineering and Technology, v. 8, jun. 2022.

KINPARA, D. I. *A importância estratégica do potássio para o Brasil*. Documentos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568191/1/doc100.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.

KURT, Resul. *Industry 4.0 in terms of industrial relations and its impacts on labour life*. Procedia Computer Science, v. 158, p. 590-601, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919312633>. Acesso em: 30 out. 2023.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. *Agregados para a Construção Civil*. Brasília, DF: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>. Acesso em: 10 jun. 2023.

LOBATO, E. *Perfil da Grafita*. 2009. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P28_RT41_Perfil_da_Grafita.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. *Recursos minerais no cenário geológico de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), 2018.

LÖÖW, J.; ABRAHAMSSON, L.; JOHANSSON, J. *Mining 4.0 – the Impact of New Technology from a Work Place Perspective*. Mining, Metallurgy & Exploration, v. 36, p. 701-707, 2019. DOI: 10.1007/s42461-019-00104-9. Disponível em: <https://d-nb.info/1201736382/34>. Acesso em: 30 out. 2023.

LUND, E.; PEKKARI, A.; JOHANSSON, J.; LÖÖW, J. *Mining 4.0 and its effects on work environment, competence, organisation and society – a scoping review*. Mineral Economics, v. 37, n. 2, p. 123-145, 2024.

MANCINI, R.; SALA, S. *Serviços ecossistêmicos e a geodiversidade no encerramento de minas: uma abordagem integrada*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48., 2018, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 2018. p. 1-15.

MAPBIOMAS. *Uso do solo urbano no estado de Minas Gerais no ano de 2021*. (coleção 7). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: maio 2023.

MARKETS AND MARKETS. *Market Research Report: Connected mining market, global forecast 2028*. 2022. Disponível em: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/connected-mining-market-210875078.html?gclid=CjwKCAjwyNSoBhA9EiwA5aYIb9HbWf5qPrifsvCKH8R3BRQDhjmjoiOKG0FY4grRjLgxmTlITWYhoCKSQAvD_BwE. Acesso em: 25 set. 2023.

MARTINS, I. B. R. *Viabilidade econômica atual da alumina*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Minas UFOP, 2020. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2926>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MAYER, F.; BHANDARI, R.; GATH, S. *Critical review on life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies*. Science of The Total Environment, v. 672, p. 708-721, jul. 2019. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.03.449.

MCA – Minerals Council of Australia. *Commodity Demand Outlook 2030*. 2022. Disponível em: <https://minerals.org.au/wp-content/uploads/2022/12/Commodity-Outlook-2030.pdf>. Acesso em: jun. 2023.

MCLELLAN, B. C. et al. *Renewable energy in the minerals industry: A review of global potential*. Journal of Cleaner Production, v. 32, p. 32-44, 2012.

MELE, M.; MAGAZZINO, C. *A Machine Learning analysis of the relationship among iron and steel industries, air pollution, and economic growth in China*. Journal of Cleaner Production, v. 277, p. 1-12, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620333382>. Acesso em: 30 out. 2023.

MENDO, J. A. *Perfil do Diamante (Gema e Diamante Industrial)*. 2009. 16 p. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P28_RT50_Perfil_do_Diamante_xGema_e_Diamante_Industrial.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

METEORIC contrata Ausenco para projeto de terras raras em MG. *Brasil Mineral*, 9 out. 2023. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/meteorico-contrata-ausenco-para-projeto-de-terras-raras-em-mg>. Acesso em: 25 out. 2023.

MINAS GERAIS. *Decreto nº 48.848, de 25/06/2024*. Altera o Decreto nº 48.747, de 29 de dezembro de 2023, que regulamenta a caução ambiental estabelecida na alínea “b” do inciso I e na alínea “b” do inciso III, ambos do art. 7º da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens. Governador do Estado de Minas Gerais, 2024. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/48848/2024/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

_____. *Deliberação Normativa COPAM no 127, de 27 novembro 2008*. Belo Horizonte, 27 nov. 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8732>. Acesso em: fev. 2024.

_____. *Deliberação Normativa COPAM no 220, de 21 de março de 2018*. Belo Horizonte, 21 mar. 2018. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45938>. Acesso em: fev. 2024.

_____. *Lei nº 24.313, de 28/04/2023*. Estabelece a estrutura orgânica do Poder Executivo do Estado e dá outras providências. Governador do Estado de Minas Gerais, 2023. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/24313/2023/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

_____. *Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável*. Plano Estadual de Ação Climática – PLAC-MG: relatório final. Belo Horizonte: SEMAD, 2023a. Disponível em: https://meioambiente.mg.gov.br/documents/38374/7315750/Relat%C3%B3rio_Final_-_PLAC-MG_vFINAL_2023-05-08/86cbdc6b-4245-e22a-0fa3-caba47f6370c?version=1.0. Acesso em: 16 dez. 2024.

MINERAÇÃO AMG vende 200 mil t de concentrado de lítio. *Brasil Mining Site*, 17 jan. 2021. Disponível em: <https://brasilminingsite.com.br/mineracao-amg-vende-200-mil-t-de-concentrado-de-litio/>. Acesso em: 7 mar. 2023.

MINERAÇÃO em Pequena Escala. *Minas Junior Consultoria Mineral*. 2019. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/mineracao-em-pequena-escala/>. Acesso em: jun. 2023.

MINEROMETALÚRGICO. *Invest Minas*. [20-]. Disponível em: <https://www.investminas.mg.gov.br/minas-gerais/setores-de-destaque/minerometalurgico/#>. Acesso em: 27 fev. 2023.

MINING. *Iron ore price falls as China plans to cut steel production*. Mining, 16 mar. 2023. Disponível em: <https://www.mining.com/iron-ore-price-falls-as-china-plans-to-cut-steel-production/>. Acesso em: 30 ago. 2023.

MINING HUB. *MH em Números*. 2023. Disponível em: <https://www.mhnumbers.com.br/mininghub/#/>. Acesso em: 10 out. 2023.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2016.

_____. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: jun. 2023.

MME – Ministério de Minas e Energia. *Programa mineração e desenvolvimento: plano de metas e ações 2020/2023*. Brasília: MME, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/programa-mineracao-e-desenvolvimento>. Acesso em: 25 ago. 2023.

----- *Relatório Programa Nacional de Formalização da Produção Mineral*. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Dez. 2009.

----- *Estudos do PNM 2050*. Caderno de Estudos 2: Pesquisa e Produção Mineral. Volume I Brasília. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos>. Acesso em: 13 jun. 2023.

----- *Estudos do PNM 2050*. Caderno de Estudos 2: Pesquisa e Produção Mineral. Volume II Brasília. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos>. Acesso em: 13 jun. 2023.

----- *Estudos do PNM 2050*. Caderno de Estudos 2: Pesquisa e Produção Mineral. Volume III. Brasília, 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/caderno-2>. Acesso em: 13 jun. 2023.

----- *Estudos do PNM 2050*. Caderno 3: Cadeias Produtivas dos Minerais para a Transição Energética. Brasília, 2022d. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-3-cadeias-produtivas-dos-minerais-para-transicao-energetica>. Acesso em: 13 jun. 2023.

----- *Estudos do PNM 2050*. Caderno 4: Competitividade da Indústria Mineral Brasileira. Brasília, 2022e. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-4-competitividade-da-industria-mineral-brasileira/caderno-5-1/>. Acesso em: 10 out. 2023.

----- *Resolução nº2, de 18 de junho de 2021*. Define a relação de minerais estratégicos para o País de acordo com os critérios de que trata o art. 2º do Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pro-minerais-estrategicos/ctapme-2/resolucao-no-02.pdf>. Acesso em: maio 2023.

MORAIS, J. C. *Descarbonização na Indústria Mineral – Tendências & Iniciativas*. 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/descarboniza%C3%A7%C3%A3o-na-ind%C3%BAstria-mineral-tend%C3%Aancias-juarez/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 25 out. 2023.

MORDOR INTELLIGENCE. *Niobium Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2023 – 2028)*. Hyderabad, 2023a. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/niobium-market>. Acesso em: 24 out. 2023.

----- *Gems and jewelry market – Growth Trends & Forecasts (2023 – 2028)*. Hyderabad, 2023b. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/gems-and-jewelry-market>. Acesso em: 5 dez. 2023.

MTR – [Mineração Terras Raras](https://mtr.net.br/). Site da empresa. 2024. Disponível em: <https://mtr.net.br/>. Acesso em: mar. 2024.

MUNOZ, E. 4ª *Workshop – Tema: Tecnologia, Inovação e Tendências*. PEM – Plano Estadual de Mineração. 20 mar. 2023. YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7JiAdYr-aEo&list=PL2KjDRGHdmpC-Nmp9LRoSPDmBwuUrWp00&index=4&ab_channel=SecretariadeDesenvolvimentoEcon%C3%B4micoMG. Acesso em: 2 jun. 2023.

NAHAS, M. M. *Cenários de desaceleração da indústria extrativa mineral e seus impactos econômicos: Implicações para o desenvolvimento regional e produtivo de Minas Gerais e de suas regiões minerárias*. 2021.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. Agrominerais – potássio. In: LUZ, A. B; LINS, F. A. F. (eds.). *Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 175-203. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/antigo/agrominerais/livros/08-agrominerais-potassio.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

NETO, I. C. et al. *Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes*. Brasília: Projeto Diamante Brasil; Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

NEW Global Industry Standard on Tailings Management aims to improve the safety of tailings facilities in the mining industry. *ICMM*. Londres, 5 ago. 2020. Disponível em: <https://www.icmm.com/en-gb/news/2020/new-global-industry-standard-on-tailings-management>. Acesso em: 9 nov. 2023.

NEXUS. *Nexus Ligas: Unidades*. 2023. Disponível em: <https://nexusligas.com.br/unidades/>. Acesso em: maio 2023.

NIÓBIO: primeira unidade no mundo para produção de metal que melhorará baterias de carregamento ultrarrápido é inaugurada em MG. *G1 Triângulo e TV Integração*, 14 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2024/11/14/niobio-primeira-unidade-no-mundo-para-producao-de-metal-que-melhorara-baterias-de-carregamento-ultrarrapido-e-inaugurada-em-mg.ghtml>. Acesso em: jan. 2025.

NKELE, K.; MPENYANA-MONYATSI, L.; MASINDI, V. *Challenges, advances and sustainabilities on the removal and recovery of manganese from wastewater: A review*. *Journal of Cleaner Production*, v. 377, 134152. 1º dez. 2022.

NOESTALLER, R. *Small-Scale Mining: A Review of the Issues*. World Bank Technical Paper No. 75, World Bank, Washington, DC. 1994.

NOGUEIRA, C.; LINDE, A.; BOTHÁ, P. *Saúde do trabalhador na mineração: experiências de risco e garantia*. *Medicina Ocupacional e Ambiental*, 75, pp. A241 – A241. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/OEMED-2018-ICOHABSTRACTS.687>. Acesso em: out. 2023.

OCB. *Cooperativismo Mineral – Uma Plataforma Para a MAPE no Brasil*. Contribuição ao GT Código de Mineração 2022 – Decreto-Lei Nº 227/67. Câmara dos Deputados. 2022.

O GLOBO. *Aumento da demanda global por minerais estratégicos favorece o Brasil*. 19 set. 2024. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/09/19/aumento-da-demanda-global-por-minerais-estrategicos-favorece-o-brasil.ghtml?utm_campaign=Clipping+APEMI&utm_content=Aumento+da+demanda+global+por+minerais+estrat%C3%A9gicos+favorece-o+Brasil&utm_medium=email&utm_source=dinamize&utm_term=Clipping+APEMI. Acesso em: dez. 2024.

OLIVEIRA, D. M.; REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P. *A influência da topografia da região sul de Minas Gerais nas variáveis atmosféricas simuladas com o RegCM4*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 3, p. 758-772. 2018.

OLSON, D. W. et al. *Natural graphite demand and supply – implications for electric vehicle battery requirements*. USGS Publication Warehouse, v. 520, 1º maio 2016. Disponível em: <https://www.usgs.gov/publications/natural-graphite-demand-and-supply-implications-electric-vehicle-battery>

requirements. Acesso em: 25 out. 2023.

OSSA-MORENO, J. et al. *The Hydro-economics of Mining*. Ecological Economics, v. 145, p. 368–379, March 2018.

OSTI, J.; LOPES, M. M.; NOGUEIRA, F. C.; PEREIRA, C. A. *Avaliação da recuperação dos metais prata, chumbo e zinco presentes em rejeito de processamento hidrometalúrgico de zinco*. HOLOS, v. 6, p. 188–193, 2017. ISSN: 1518-1634. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481554851021>. Acesso em: 19 ago. 2024.

OUTLOOK on the Sulfuric Acid Global Market to 2030 – APAC to Remain as a Global Leader. *Yahoo Finance*, Dublin, 6 out. 2022. Disponível em: <https://finance.yahoo.com/news/outlook-sulfuric-acid-global-market-115300629.html>. Acesso em: 05 jul. 2023.

PANTANO, G. et al. *Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar*. Química Nova, v. 39, p. 732–740, 2016. Disponível em: <https://shre.ink/IDvZ>. Acesso em: 22 maio 2023.

PARÁ. *Plano Estadual de Mineração – Pará 2014-2030*. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração. Belém: SEICOM, 2013.

PDEST. *Plano Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável do Turismo em Minas Gerais. Volume I – Diagnóstico*. Belo Horizonte, 2016.

PETROBRAS. *Enxofre Petrobras: energia para reduzir emissões*. Petrobras, 2023. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/industriais/enxofre/>. Acesso em: 10 maio 2023.

PNF – Plano Nacional de Fertilizantes 2050. *Plano Nacional de Fertilizantes 2050: Uma estratégia para os fertilizantes no Brasil*. Brasília: PNF 2050, nov. 2021. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos (PNF 2050). Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/03/PNF-v-5-3-1.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

PNMC – Plano Nacional sobre mudança do Clima. Brasília: *Comitê Interministerial sobre mudança do clima*. 2008.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *Managing Mining for Sustainable Development: A sourcebook*. Bangkok, April 2018. Disponível em: <https://www.undp.org/publications/managing-mining-sustainable-development>. Acesso em: 9 nov. 2023

PNUMA; PRI – International Council on Mining and Metals. *Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos*. S.l.: 5 agosto 2020. Disponível em: https://globaltailingsreview.org/wp-content/uploads/2020/08/global-tailings-standard_spreads_PT.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

PORTELA, Marcelo. *Resouro inicia exploração em projeto de titânio e terras raras em MG*. Notícias de Mineração Brasil, 20 jun. 2024. Disponível em: <https://www.noticiasdemineracao.com/outros/news/1449910/resouro-inicia-exploracao-em-projeto-titanio-terras-raras-em-mg>. Acesso em: 7 ago. 2024.

PORTO, C. G.; PALERMO, N.; PIRES, F. R. M. *Panorama da exploração e produção do ouro no Brasil*. CETEM/MCT, 2002. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1216/1/extracao-ouro%20cap.1.pdf>. Acesso em: 19 maio 2023.

RAIS – *Relação Anual de Informações Sociais*, 2022. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

_____. 2021. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. *Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais*. Revista Brasileira da Climatologia, Volume 17, p. 206–226. 2015.

REJEITO ZERO. *Página Inicial*. [20–]. Disponível em: <https://www.rejeitozero.com.br/>. Acesso em: 29 set. 2023.

RESOURO Gold relata progresso de exploração, incluindo resultados de alto teor no projeto Tiros, de terras raras e titânio, no Brasil. *Bnaméricas*, 2 out. 2023. Disponível em: <https://www.bnamericas.com/pt/noticias/resouro-gold-relata-progresso-de-exploracao-incluindo-resultados-de-alto-teor-no-projeto-tiros-de-terras-raras-e-titanio-no-brasil>. Acesso em: 7 ago. 2024.

REYS, A. *Coloured stone mining and trade in Brazil: A brief history and current status*. The Journal of Gemmology, v. 35, n. 8, p. 708, 2017. Disponível em: <https://encr.pw/XILOO>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RIBEIRO, Hilton. *Caracterização do setor de gemas, joias e metais preciosos no Brasil: perspectivas para inovação e desenvolvimento setorial*. Série Estudos Setoriais, SENAI, Brasília, 2011. Disponível em: <https://encr.pw/QLD1S>. Acesso em: 5 jun. 2023.

RIBEIRO, Ivo. *CSN vai testar tecnologia à base de hidrogênio verde*. Valor Globo, 22 abr. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/04/22/csn-vai-testar-tecnologia-a-base-de-hidrogenio-verde.ghtml>. Acesso em: 25 out. 2023.

_____. *CBL, pioneira do lítio, estuda investir R\$ 360 milhões para dobrar produção no Vale do Jequitinhonha*. Estadão, 19 abr. 2024. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/economia/negocios/cbl-expansao-mina-litio/>. Acesso em: 6 de ago. 2024.

ROCHA, I. F.; KISSIMOTO, K. O. *Barreiras e benefícios na adoção de inteligência artificial e IoT na gestão da operação*. RAM: Revista de Administração Mackenzie, v. 23, n. 4, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/mGpm3mh5vZ5VLPbmmfYBwt/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 30 out. 2023

RODRIGUES, A. F. S. *Mineração de minerais industriais*. Agência Nacional de Mineração, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/6-cap-6-2013-mineracao-de-minerais-industriais>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ROMERO, J. P.; FREITAS, E.; SILVEIRA, F.; BRITTO, G.; CIMINI, F.; JAYME JR., F. G. *Economic Complexity and Regional Economic Development: Evidence from Brazil*. In: 50o Encontro Nacional de Economia da ANPEC, Fortaleza, 2022. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2022/submissao/files/_I/i6-8e99fe035d8a28bf0ddb7209a2436f25.pdf. Acesso em: 18 out. 2023.

RONAN, G. *Nova Lima: veja como a cidade pretende depender menos da mineração*. O Tempo, 27 abr. 2022. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/nova-lima-veja-como-a-cidade-pretende-depender-menos-da-mineracao-1.2659900#:~:text=Hoje%2C%20Nova%20Lima%20conta%20com,Nacional%20de%20Barragens%20de%20Minera%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 14 nov. 2024.

ROSIÈRE, C. A.; ROLIM, V.K. Formação ferríferas e minério de alto teor associado. In: MELFI, A. J. et al. (orgs.). *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 32-45.

ROSTÁS, R. *Brazil's CBMM expects niobium for batteries to make 25% of revenues by 2030*. 2023. Disponível em: <https://www.fastmarkets.com/insights/brazils-cbmm-niobium-batteries-2030>. Acesso em: 24 out. 2023.

RSC – ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. *Niobium. Element information, properties and uses*. Periodic Table. 20[–]. Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/41/niobium>. Acesso em: 24 out. 2023.

SALUM, M. J. G. *Caderno 5 – Desenvolvimento Sustentável na Indústria Mineral Brasileira*. Plano Nacional de Mineração 2022-2050. Brasília, 2022.

_____. *O ESG na formação de recursos humanos para o setor mineral*. Revista Brasil Mineral, São Paulo, ano XL, n. 427, p. 75-81, mar. 2023. ISSN 0102-4728. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/revista/427/>. Acesso em: 30 out. 2023.

_____. *Relatório Final – Programa de Arranjos Produtivos Locais de Gemas e Joias do Norte e Nordeste de Minas Gerais*. FINEP. 2005.

_____. *Relatório Técnico do Programa de Arranjos Produtivos Locais de Gemas e Joias do Norte e Nordeste de Minas Gerais*. FINEP. 2003.

SAMARCO. *Relatório da Administração, Relatório dos Auditores Independentes e Demonstrações Financeiras*. Ano base: 2022. Samarco: 24 abr. 2023. Disponível em: https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2023/04/Samarco_Relatorio-daAdministracao-2022.pdf. Acesso em: 3 out. 2023.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (eds.). *Rochas e Minerais Industriais*. 2. ed. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2008.

SÁNCHEZ, F.; HARTLIEB, P. *Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation*. Mining, Metallurgy & Exploration, v. 37, p. 1385-1399, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00262-1>. Acesso em: 30 out. 2023.

SÁNCHEZ, L.E. *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. 3.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SÁNCHEZ, L.E. *Planning for early mine closure*. Revista Escola de Minas, v. 64, n. 1, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0370-44672011000100016>.

SANTANA, A. L. Manganês. In: *Balanço Mineral Brasileiro 2009*. Brasília, DF: Agência Nacional e Mineração (ANM), 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/3-2-manganes>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SANTOS, J. F. *Perfil do Minério de Zinco*. J Mendo Consultoria, 2010. Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wp-content/uploads/2011/08/P16_RT25_Perfil_do_Minxrio_de_Zinco.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

SANTOS, L. L. et al. *Valorização da cadeia produtiva do lítio: alternativas sustentáveis para extração do lítio do espodumênio*. Natal: EDUFRRN, 2020.

SCHÖGGL, J. P.; STUMPF, L.; BAUMGARTNER, R. J. *The narrative of sustainability and circular economy – A longitudinal review of two decades of research*. Resources, Conservation and Recycling, v. 163, dez. 2020.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. Foreign Affairs, 12 dez. 2015. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/world/fourth-industrial-revolution>. Acesso em: 30 out. 2023.

SEAE – Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. *Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050)*. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2023.

SEBRAE. *Reconversão Produtiva em Territórios Minerados*. 2021. Disponível em: <https://oferta.sebraemg.com.br/reconversaoProdutiva#:~:text=0%20Projeto%20de%20Reconvers%C3%A3o%20Produtiva,sustenta%C3%A7%C3%A3o%20econ%C3%B4mica%20e%20desenvolvimento%20local>. Acesso em: 25 set. 2023.

_____. *Entenda o que é um Hub de Inovação e como funciona*. 30 nov. 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-o-que-e-um-hub-de-inovacao-e-como-funciona,32b22cb3509c4810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 26 maio 2023.

SEBRAE-MG. *Índice Sebrae de Desenvolvimento Econômico Local (ISDEL)*. Belo Horizonte: SEBRAE MG, 2019. Disponível em: <https://www.isdel-sebrae.com/>. Acesso em: 18 set. 2023.

SEDE – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. *Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais*. Belo Horizonte, MG. 2022.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. Nióbio. In: PEDROSA-SOARES, A. C. et al. (coords.). *Recursos Minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

SEINFRA – Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade. *Rodovias*. SEINFRA MG, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/pagina/rodovias>. Acesso em: 8 maio 2023.

SÉRGIO, Paulo. *Adesp de Paracatu recebe apoio da Nexa através de Projeto Social*. Paracatu News, 16 set 2018. Disponível em: <https://paracatunews.com.br/noticia/6612/>. Acesso em: 31 ago. 2023.

SGB – Serviço Geológico do Brasil. *Rede de Laboratórios de Análises Minerais – Rede LAMIN*. Mercado de Água Mineral Brasileiro, 2017. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Laboratorios-de-Analises-Minerais—Rede-LAMIN/Mercado-de-Água-Mineral-Brasileiro-3529.html>. Acesso em: 1º mar 2024.

SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. 2023. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/>. Acesso em: abr. 2023.

SIGMA LITHIUM RESOURCES. *Our Project*. São Paulo, SP. 2023. Disponível em: <https://www.sigmalithiumresources.com/project/>. Acesso em: 7 mar. 2023.

SIGMINE/ANM – *Sistema de Informações Geográficas da Mineração*. 2022. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em: set. 2023.

_____. *Sistema de Informações Geográficas da Mineração*. 2024. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em: set. 2023.

SILVA, R. C. *Intemperismo de minerais de um remineralizador*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

SINDIFER – Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais. *Anuário Estatístico – Base 2022*. 2022.

SOUZA, C. “Rodovia do minério” pode tirar até 1.500 carretas da BR-040. O Tempo, 2024. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/politica/rodovia-do-minerio-pode-tirar-ate-1-500-carretas-da-br-040-1.3312487>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SOUZA, G. C. P. *Crescimento econômico, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa: análises prospectivas para os biomas brasileiros numa perspectiva de sustentabilidade*. 2022. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

SUN, W. et al. *Material and energy flows of the iron and steel industry: Status quo, challenges and perspectives*. Applied Energy, v. 268, 2020.

TAKEHARA, L (org.). *Projeto avaliação do potencial de terras raras no Brasil: área Morro dos Seis Lagos, noroeste do Amazonas*. Brasília: CPRM, 2019. (Informe de Recursos Minerais, Série Minerais Estratégicos, 4.).

TAN, R. B. H.; KHOO, H. H. *An LCA study of a primary aluminum supply chain*. Journal of Cleaner Production, v. 13, p. 607-618, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652604000083>. Acesso em: 14 jun. 2023.

THEODORO, S. H. Cartilha da Rochagem. In: THEODORO, S. H. et al. *Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados*. Brasília: Gráfica e Editora Ideal, 2011. 32p.

_____. A construção do Marco Legal dos Remineralizadores. In: *ANAIS do III Congresso Brasileiro de Rochagem*, 3., 2016, Pelotas, RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. 455 p. ISBN 978-85-61175-68-9.

UHLEIN, A.; MARQUES, C. S. S.; UHLEIN, G. J. *Fertilizantes provenientes de depósitos sedimentares de fosfato e de potássio pré-cambrianos*. Recursos Minerais de Minas Gerais Online. Belo Horizonte: CODEMGE, v. 1, p. 1-18, 2018.

UNESCO. *World Heritage List*. Paris: UNESCO, [s.d.]. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

USGS – U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Mineral Commodity Summaries 2021*. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2021.

_____. *Mineral Commodity Summaries 2022*. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2022.

_____. *Mineral Commodity Summaries 2023*. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2023.

USINA da Gerdau em Ouro Branco atinge marca de 100 milhões de toneladas de aço produzidos. *Gerdau*. 11 jan. 2023. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/noticias/usina-da-gerdau-em-ouro-branco-atinge-marca-de-100-milhoes-de-toneladas-de-aco-produzidos/>. Acesso em: 14 set. 2023.

VALE anuncia “briquete verde” que pode reduzir em até 10% as emissões de CO₂ de clientes siderúrgicos. Relacionamento com a imprensa. *Vale*. 9 set. 2021. Disponível em: <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-announces-green-briquette-capable-of-reducing-co2-emissions-of-steelmaking-clients-by-up-to-10>. Acesso em: 25 set. 2023.

VALE, E. *Análise Econômica das Pequenas e Médias Empresas de Mineração*. Publicado por: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. 2000.

VALE investirá 11 bilhões de reais em processamento a seco de minério de ferro nos próximos cinco anos. *Vale*. 13 maio 2019. Disponível em: <https://www.vale.com/pt/w/vale-investira-11-bilhoes-de-reais-em-processamento-a-seco-de-minerio-de-ferro-nos-proximos-cinco-anos#:~:text=Em%20Minas%20Gerais%2C%20o%20processamento>. Acesso em: 27 out. 2023.

VALE lança empresa para desenvolver negócio de Areia Sustentável. *Vale*. 17 out. 2024. Disponível em: <https://www.vale.com/pt/w/vale-lanca-empresa-para-desenvolver-negocio-de-areia-sustentavel-2>. Acesso em: set. 2023.

VALE. *Relatório Anual 20-F: 2022*. Rio de Janeiro, RJ, 2023b.

_____. *Relato Integrado 2021*. Maio 2022. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/53207d1c-63b4-48f1-96b7-19869fae19fe/565d6188-78a5-44f2-a97d-10000e022116?origin=2>. Acesso em: 10 out. 2023.

_____. *Relatório Integrado ESG 2022*. Vale, abr. 2023a. Disponível em: https://vale.com/documents/d/guest/vale_relatointegrado2022-br-final. Acesso em: 30 ago. 2023.

VALERIANO, C. M. et al. *Zinco e Chumbo*. Recurso Mineral. MG, 2017. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/zinco-chumbo/>. Acesso em: 11 maio 2023.

VALUATES REPORTS. *Global Niobium Market Insights and Forecast to 2028*. Bangalore, 2021. Disponível em: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-niobium-market>. Acesso em: 24 out. 2023.

VERDE AGRITECH. *Sobre nós*. 2023. Belo Horizonte, MG. 2023. Disponível em: <https://verde.ag/a-verde/>. Acesso em: maio 2023.

VIAL, Gregory. *Understanding digital transformation: A review and a research agenda*. The Journal of Strategic Information Systems, Montreal, v. 28, n. 2, p. 118-144, jun. 2019.

VIANA, F. L. E. *Indústria Siderúrgica. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. Caderno Setorial ETENE, n. 92, ano 5. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/620/1/2019_CDS_92.pdf. Acesso em: 19 jun. 2023.*

VICTORIA, A. M. Recursos para Construção Civil. In: PEDROSA-SOARES, A. C. et al. (coords.). *Recursos Minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, e meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. (eds). *Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p.

VIRIDIS Mining amplia áreas de exploração em MG. *Brasil Mineral*. 6 mar 2024. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/viridis-mining-amplia-areas-de-exploracao-em-mg>. Acesso em: 10 mar. 2024.

VOTTELER, R. G.; BRENT, A. C. *A literature review on the potential of renewable electricity sources for mining operations in South Africa*. Journal of Energy in Southern Africa, Cape Town, v. 27, n. 2, p. 1-21, 2016.

WEISHI, L. *The properties and formation mechanisms of eco-friendly brick building materials fabricated from low-silicon iron ore tailings*. Journal of Cleaner Production, v. 204, p. 685-692, dez. 2018.

WGC – WORLD GOLD COUNCIL. *Data – Demand and Supply: Historical demand and supply*. WGC, 2023a. Disponível em: <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-demand-by-country>. Acesso em: 20 maio 2023.

_____. *Gold Demand Trends: Q1 2023*. WGC, 2023b. Disponível em: <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-q1-2023>. Acesso em: 20 maio 2023.

WIEBE, K. S. et al. *Global Circular Economy Scenario in a Multiregional Input-Output Framework*. Environmental Science & Technology, v. 53, p. 6362-6373, 2019.

WEF – World Economic Forum. *The Future of Jobs Report 2020*. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>. Acesso em: 27 out. 2023.

WSA – WORLD STEEL ASSOCIATION. *World Steel in Figures*. 2022. Disponível em: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2022/>. Acesso em: 20 maio 2023.

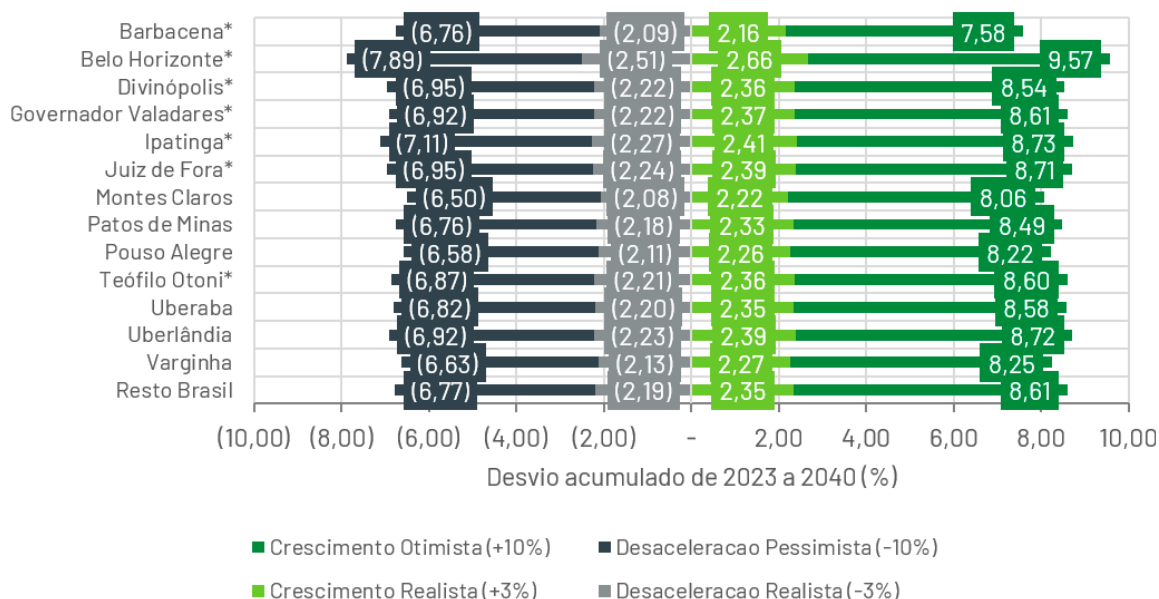
YU, Y. *Identifying the linkages between major mining commodity prices and China's economic growth: implications for Latin America*. International Monetary Fund Working Paper, n. 2011-86, 2011.

ZEE MG – Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais. *Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável*. Belo Horizonte: SEMAD, 2008. Disponível em: <https://www.meioambiente.mg.gov.br/zee>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ZHIRONKINA, O; ZHIRONKIN, S. *Technological and Intellectual Transition to Mining 4.0: A Review*. Energies, v. 16, n. 3, p. 1-37, 2023.

ANEXO I – IMPACTO DO MINÉRIO DE FERRO NA ECONOMIA MINEIRA

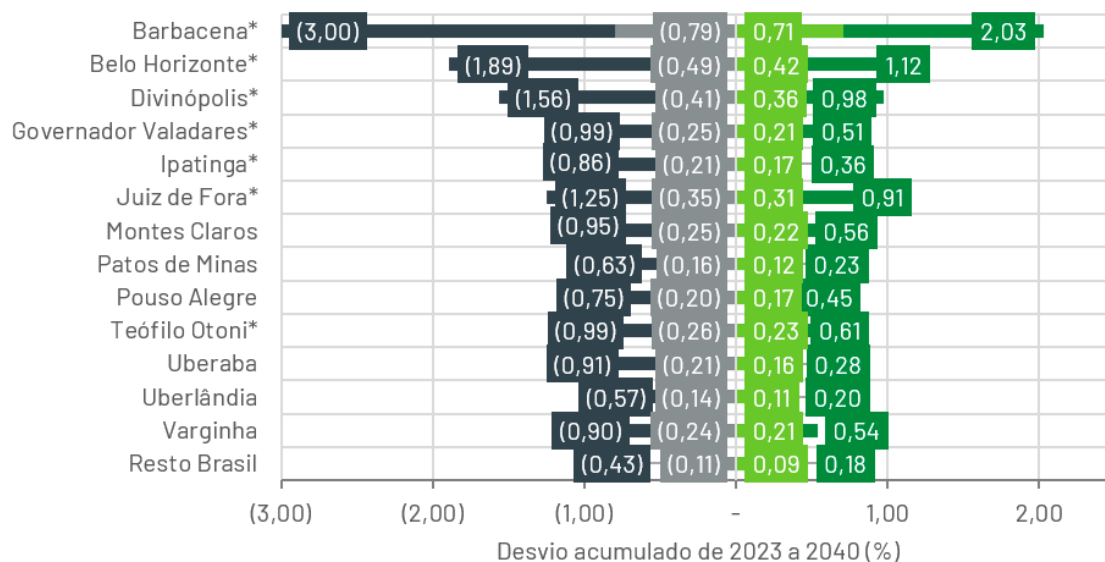
Gráfico 40 – Variação da atividade setorial por região – setor extração de minerais não metálicos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

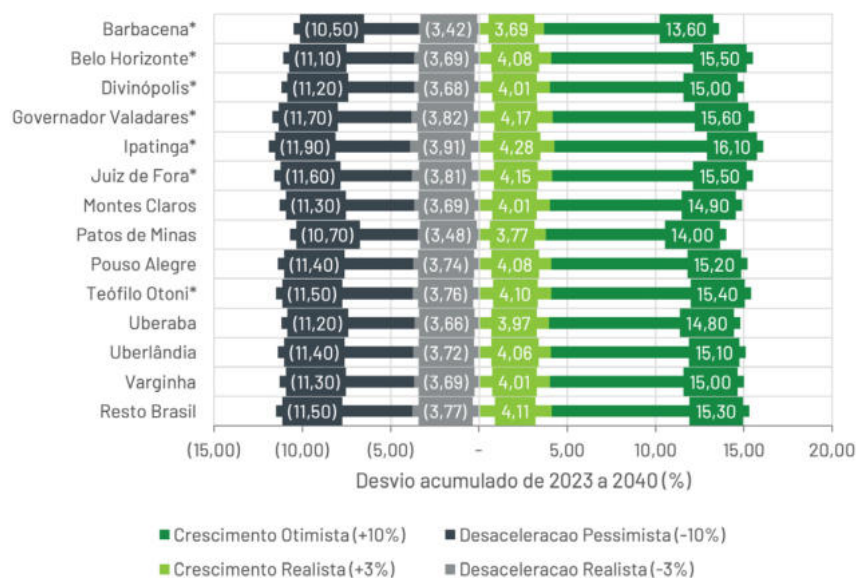
Gráfico 41 – Variação da atividade setorial por região – setor extração de minerais metálicos não ferrosos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

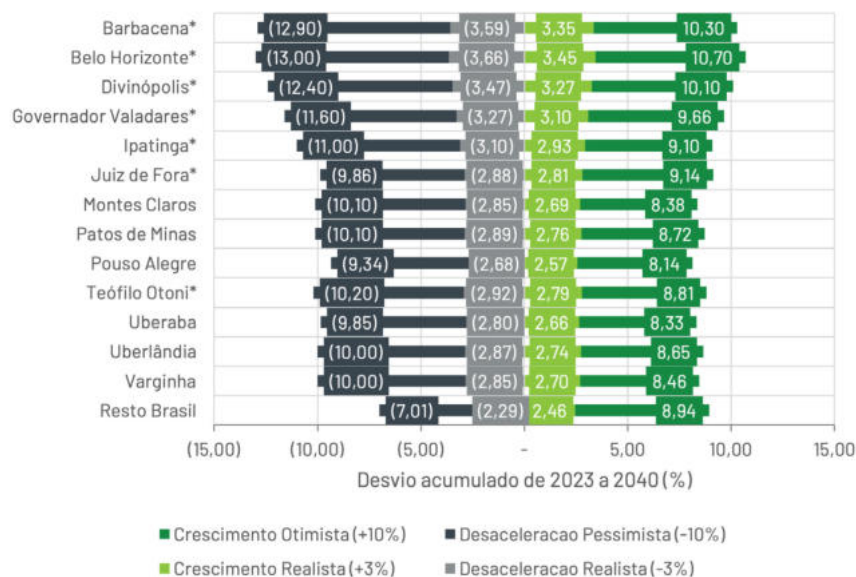
*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

Gráfico 42 – Variação da atividade setorial por região – setor construção (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



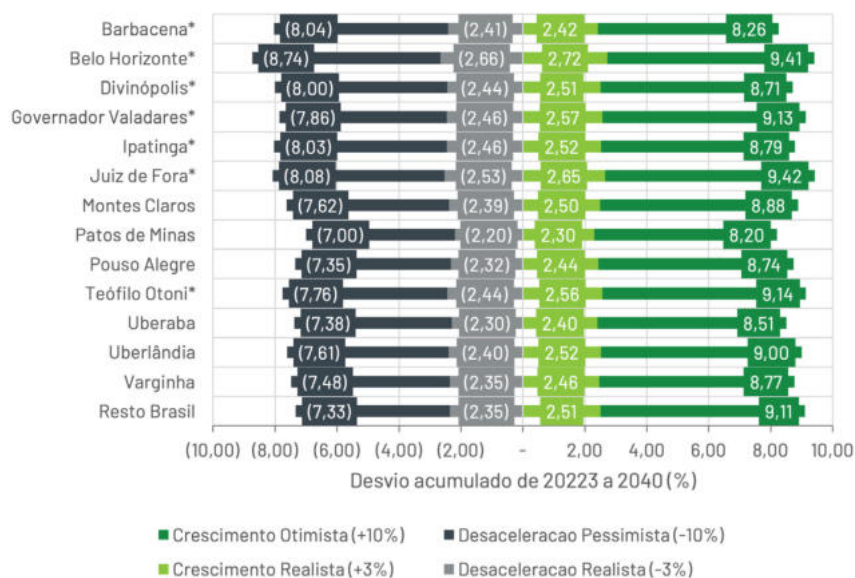
Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo
 *RGIInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

Gráfico 43 – Variação da atividade setorial por região – setor semiacabados e laminados planos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo
 *RGIInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

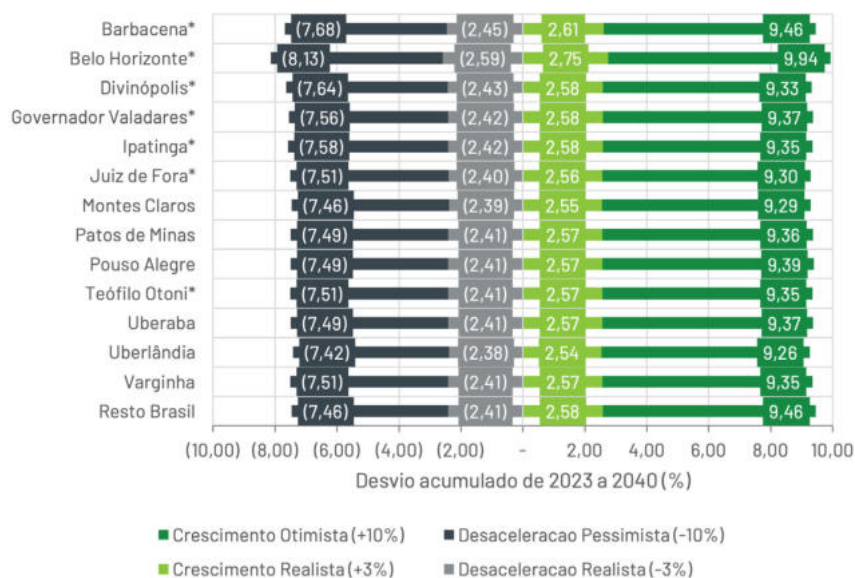
Gráfico 44 – Variação da atividade setorial por região – setor produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

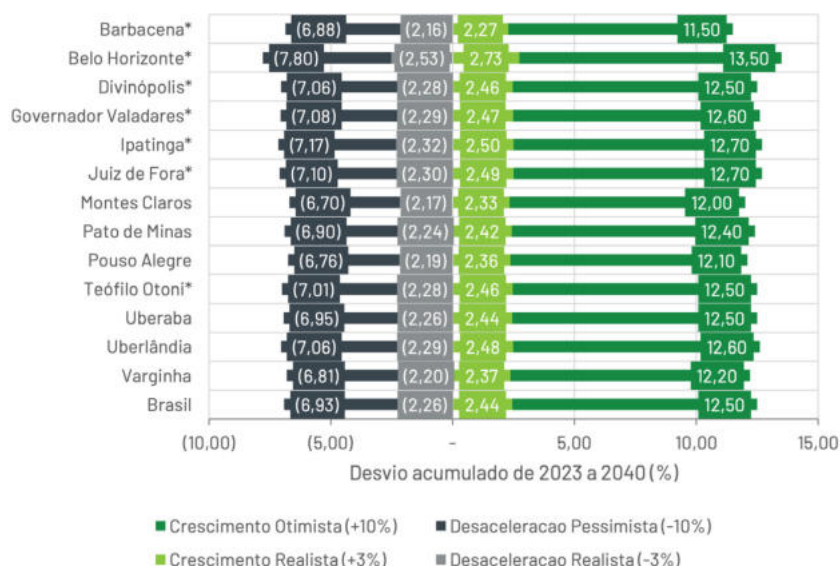
Gráfico 45 – Variação da atividade setorial por região – setor automóveis, camionetas e utilitários (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

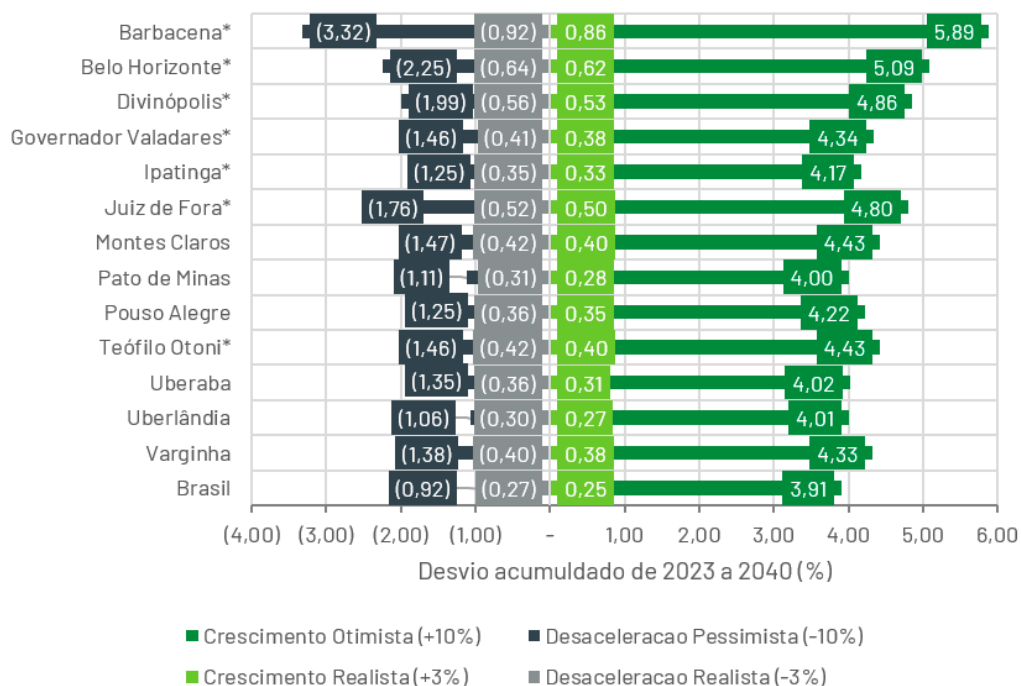
Gráfico 46 – Variação do emprego setorial por região – setor de extração de minerais não metálicos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

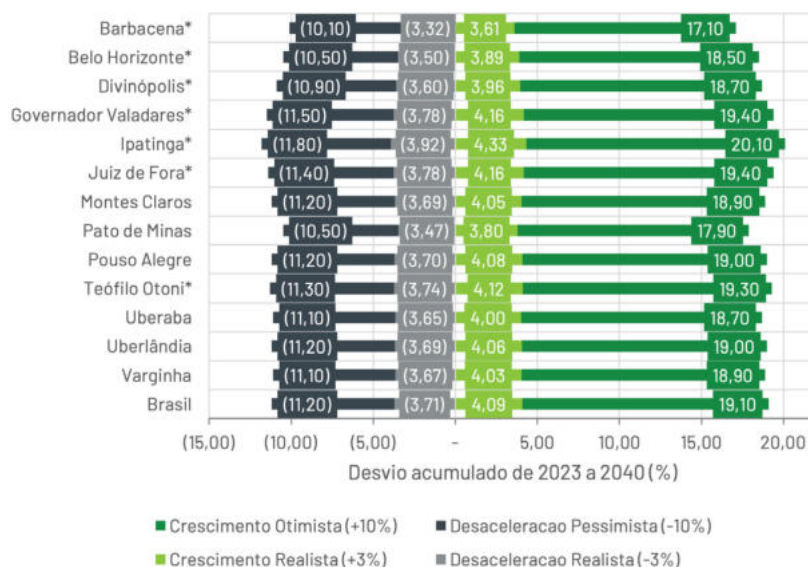
Gráfico 47 – Variação do emprego setorial por região – setor de extração de minerais metálicos não ferrosos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

Gráfico 48 – Variação do emprego setorial por região – setor construção (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

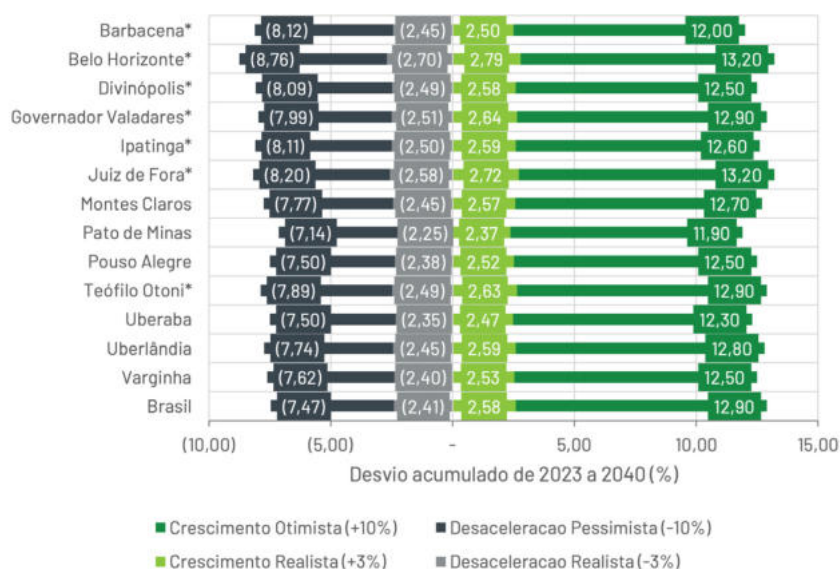
Gráfico 49 – Variação do emprego setorial por região – setor semiacabados e laminados planos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

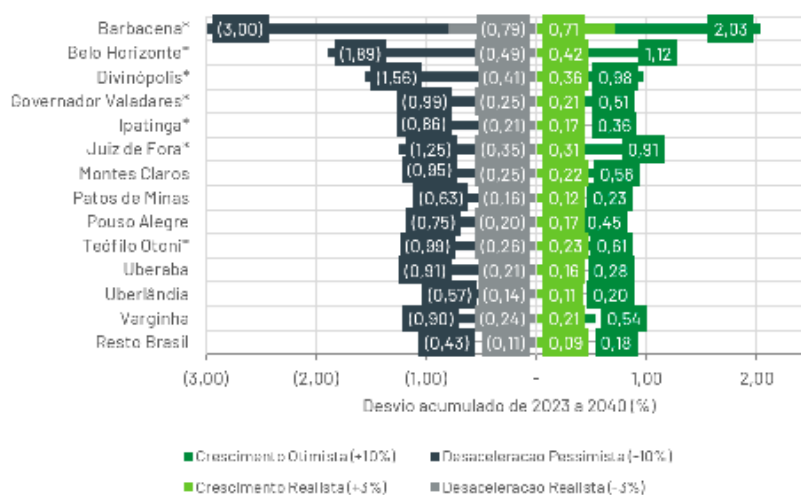
Gráfico 50 – Variação do emprego setorial por região – setor produtos de metal, exclusive máquinas e equipamentos (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

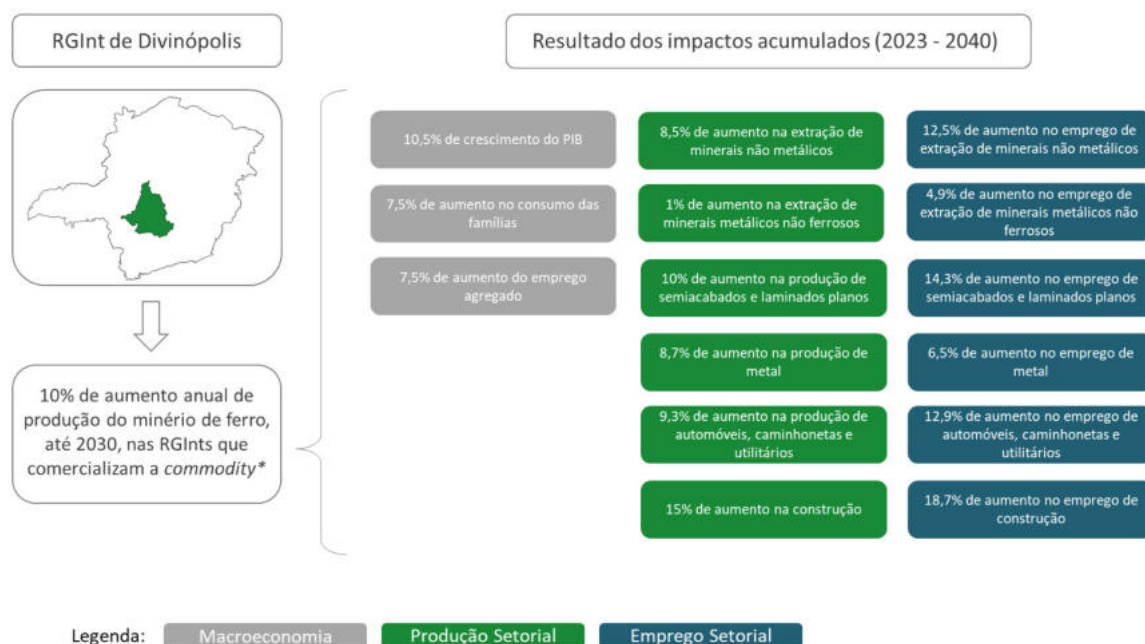
Gráfico 51 – Variação do emprego setorial por região – setor automóveis, camionetas e utilitários (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

*RGInts de MG que receberam o choque de variação na produção de minério de ferro

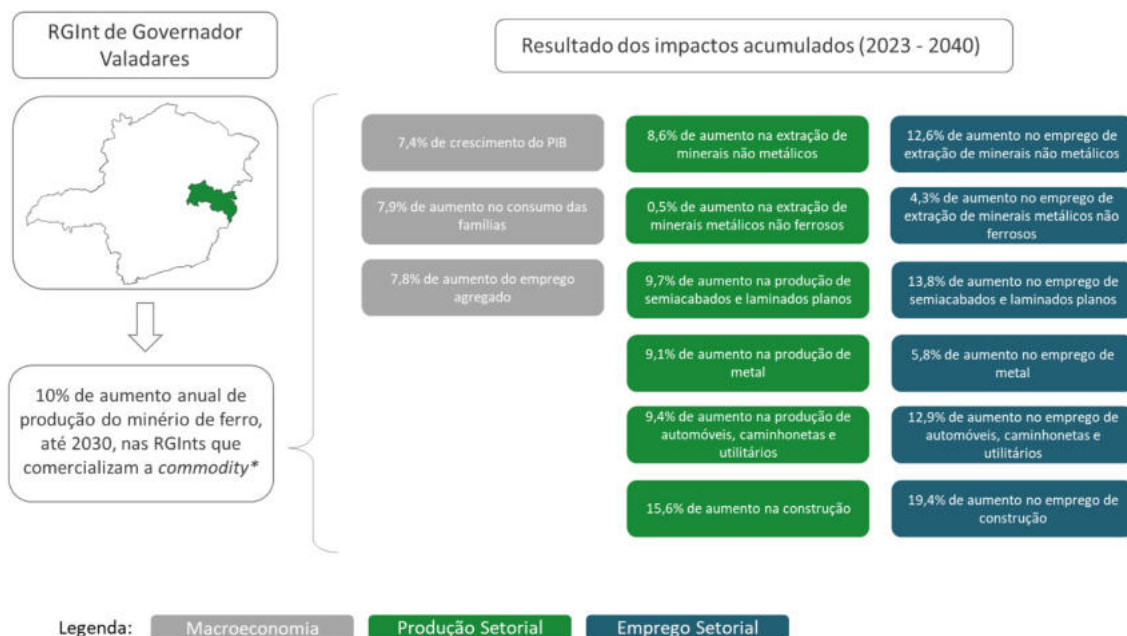
Figura 101 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Divinópolis



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

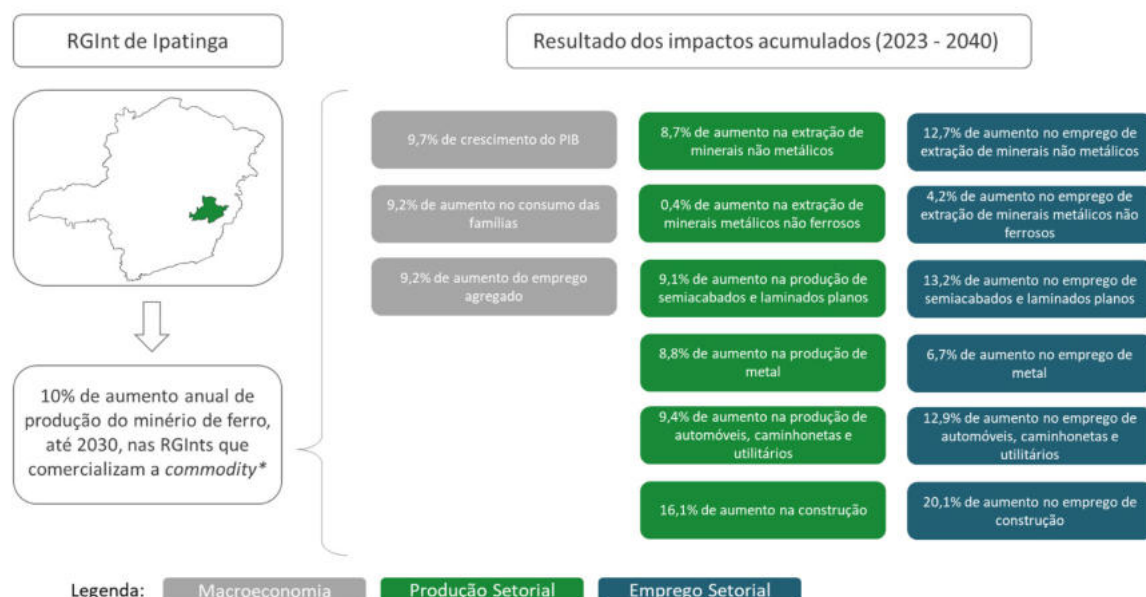
Figura 102 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Governador Valadares



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

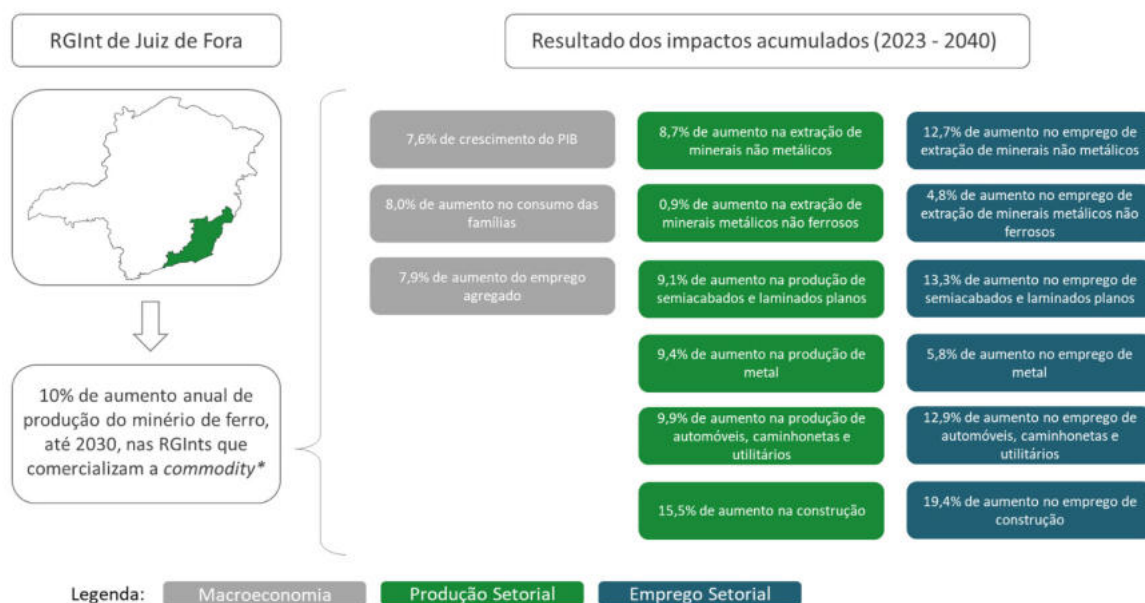
Figura 103 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Ipatinga



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

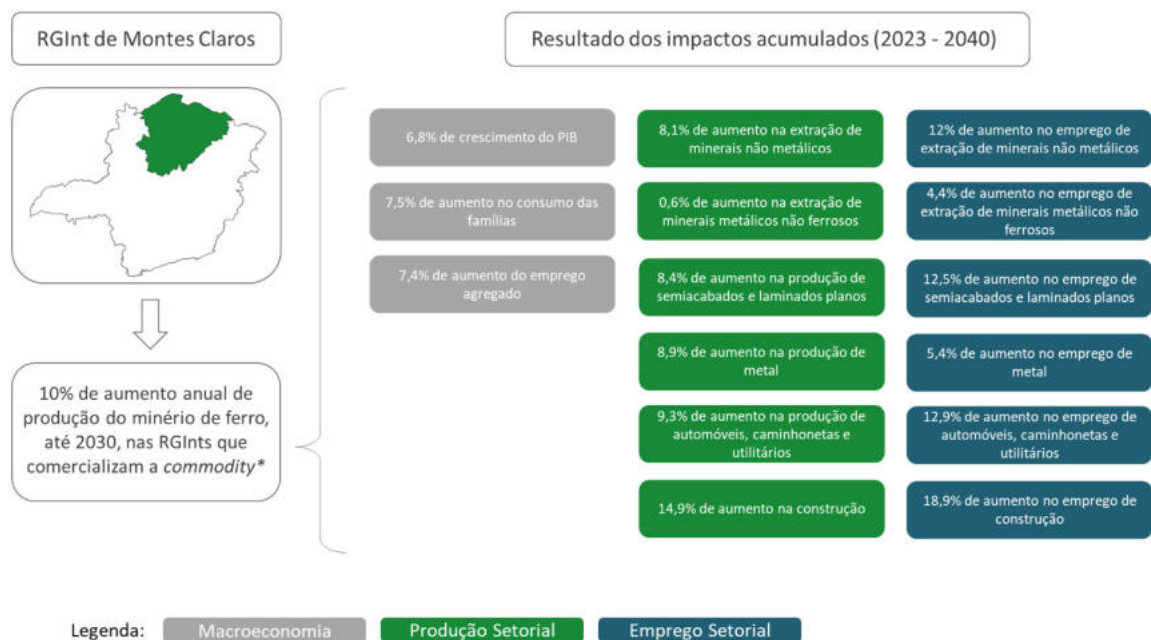
Figura 104 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Juiz de Fora



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

Figura 105 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Montes Claros



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

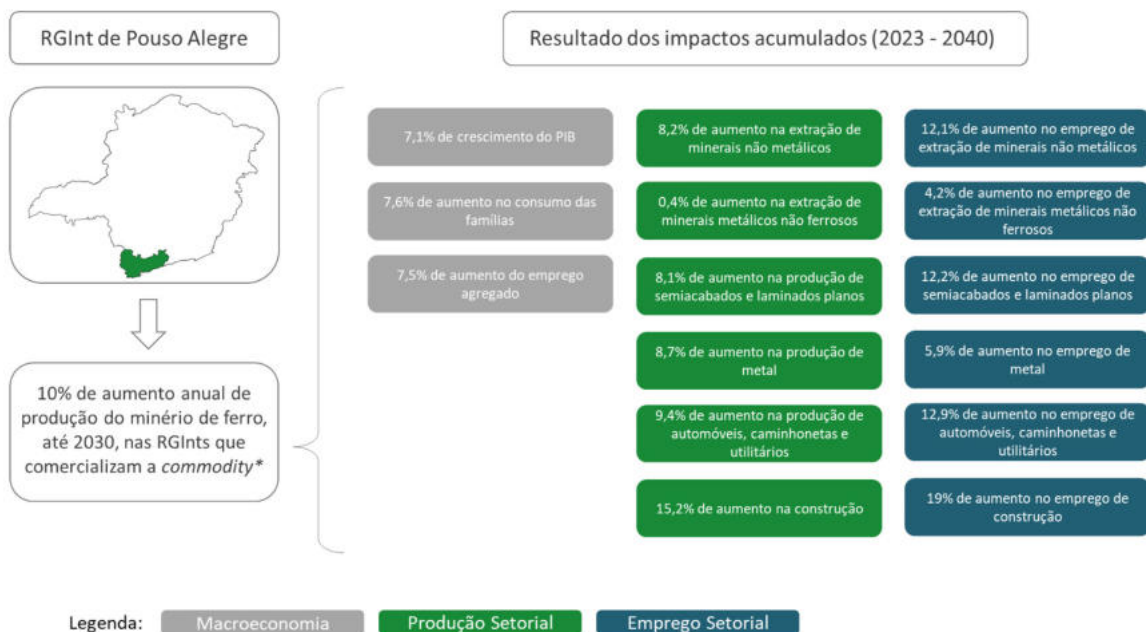
Figura 106 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) - RGInt de Patos de Minas



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

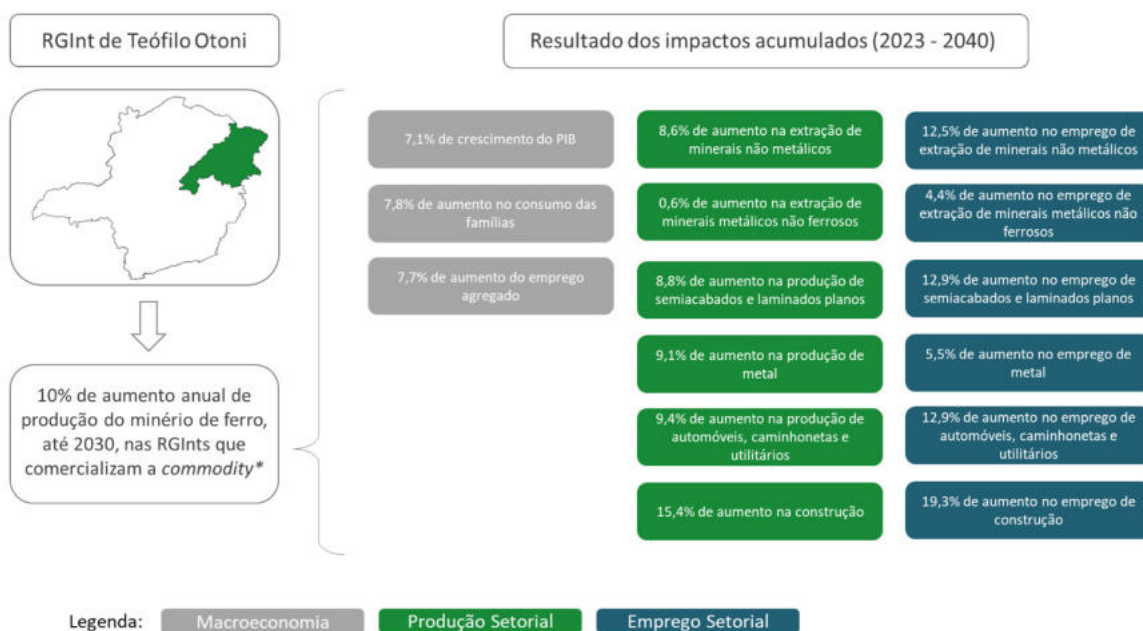
Figura 107 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Pouso Alegre



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

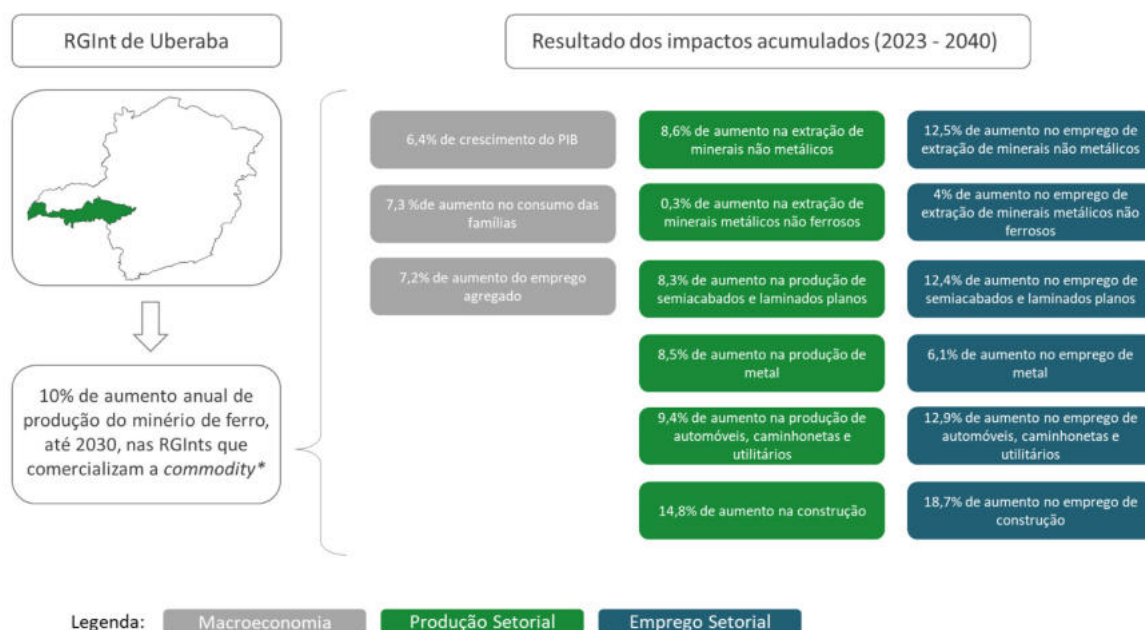
Figura 108 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Teófilo Otoni



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

Figura 109 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Uberaba



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

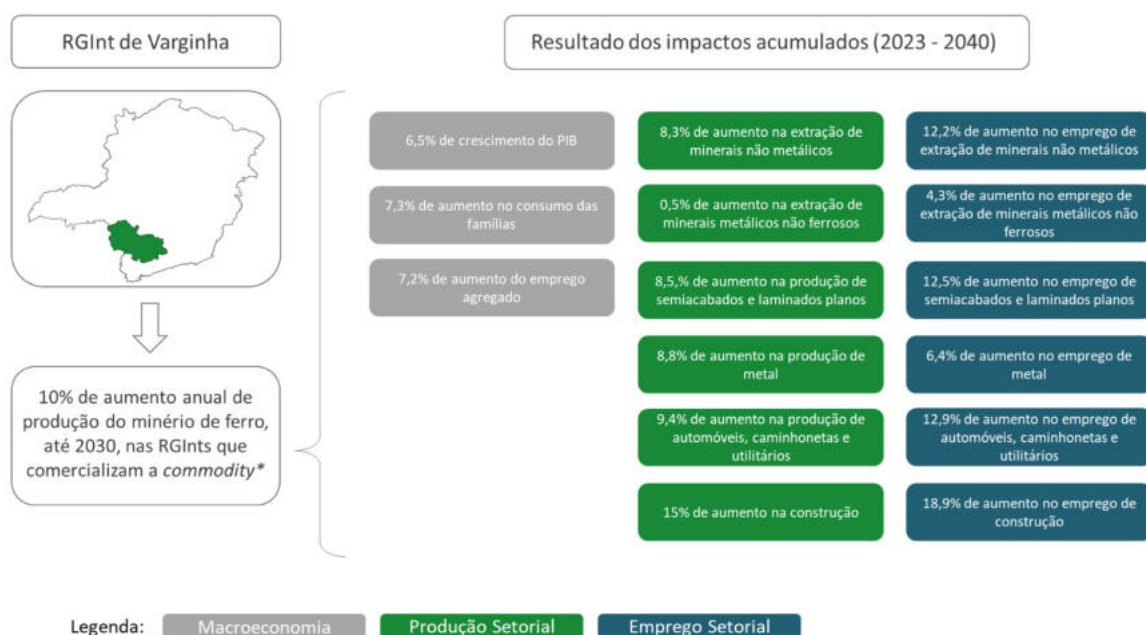
Figura 110 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Uberlândia



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

Figura 111 – Principais resultados dos impactos acumulados (2023-2040) – RGInt de Varginha



*São elas: Barbacena, Belo Horizonte, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

Fonte: Consórcio Ceres-Tetra+, com base nos resultados do modelo

ANEXO II – IMPACTO DO MINÉRIO DE FERRO NA ECONOMIA MINEIRA

Quadro 42 - Estudos intermediários do PEM-MG

Capítulo do PEM-MG	Seção do PEM-MG	Relatório Intermediário	Descrição
1 - Contextualização do Setor Mineral em Minas Gerais	1.1 - Síntese do Setor Mineral em Minas Gerais	RP02 – Síntese do Setor Mineral de Minas Gerais	Resultado da Etapa 1 – Contextualização do setor mineral com abrangência na geologia, indústrias extrativa e de transformação e economia, cuja finalidade foi a elaboração de uma análise-síntese atual do setor mineral em Minas Gerais, tendo como estrutura de referência o Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais elaborado pela Diretoria de Mineração da SEDE
	1.2 - Cadeias Produtivas de Substâncias Minerais em Minas Gerais	RP04 - Relatório da Descrição das Cadeias Produtivas e dos Arranjos Produtivos Locais para os Principais Bens Minerais	Resultado da Etapa 2 – Descrição das Cadeias Produtivas e dos Arranjos Produtivos Locais para os Principais Bens Minerais. São apresentadas as cadeias produtivas das substâncias minerais de maior representatividade no estado, demonstrando sua relevância e destacando os principais indicadores, seja em nível estadual ou por RGInt.
	1.3 - Análise da Integração das Cadeias Produtivas Minerais	RP05 - Relatório/Matriz Insumo Produto da Análise da Integração e Desenvolvimento das Cadeias Produtivas para os Minerais Metálicos Ferrosos, Não Ferrosos e Não Metálicos	Resultado da Etapa 3 – Integração e Desenvolvimento das Cadeias Produtivas para os Minerais Metálicos Ferrosos, Não Ferrosos e Não Metálicos. Esse relatório utilizou de técnicas de análise econômica e regional para analisar a cadeia produtiva mineral e seus impactos sobre desenvolvimento e indicadores socioeconômicos na cadeia da indústria mineral, indicando setores-chave por RGInt.

Capítulo do PEM-MG	Seção do PEM-MG	Relatório Intermediário	Descrição
2 - Desafios para a Indústria Extrativa Mineral	2.1 - Questões Socioambientais	RP07 – Desafios para a Indústria Extrativa Mineral em Minas Gerais	Resultado da Etapa 4 – Questões Socioambientais e a Atividade Minerária. Nela são analisadas questões de cunho social e ambiental, do ponto de vista interno ao setor e das comunidades por ele impactadas, com destaque para as áreas de conflito de ocupação do território, perspectivas de fechamento de minas e condições de saúde e segurança ocupacional.
	2.2 - Produção Mineral e seus Impactos na Economia		Resultado da Etapa 5 – Produção Mineral e seus Impactos na Economia trata da proposta do Novo Código de Mineração na Produção Mineral e seus impactos sobre o setor. São discutidos os minerais estratégicos, sob a ótica do seu mercado consumidor e sob o ponto de vista da sustentabilidade e do seu potencial de desenvolvimento, haja vista as movimentações do mercado internacional, perspectivas de atração de novos investimentos e as posições ocupadas por Minas Gerais e pelo Brasil nesse mercado
	2.3 - Diversificação Econômica		Resultado da Etapa 6 – Diversificação Econômica nos Municípios Mineradores. Nela é analisado o problema da diversificação em municípios cuja economia depende da mineração e possibilidades de desenvolvimento futuro com orientações aos municípios mineradores. Por meio de métodos de análise de desenvolvimento regional, busca-se compreender atividades promissoras e conexões primárias.
	2.4 - Pequenos e Micromineradores		Resultado da Etapa 7 – Pequenos e Micro Empreendimentos Minerários. Nela se analisa a situação dos micro e pequenos mineradores do estado, sendo demonstrados os principais desafios enfrentados por essa categoria e ressaltando a necessidade de adoção de estímulos à formalização de tais empreendimentos.
	2.5 - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I)		Resultado da Etapa 8 – Linhas de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação no Setor Mineral. Nela, a partir de um benchmark com referências nacionais e internacionais, são apresentadas as principais linhas disponíveis de PD&I incentivadas e tecnologias disponíveis no mercado

Capítulo do PEM-MG	Seção do PEM-MG	Relatório Intermediário	Descrição
3- Cenários e Condicionantes Futuros	3.1 - Impactos de Possíveis Medidas Políticas e Regulatórias	RP08 – Relatório dos Cenários e Condicionantes Futuros	Resultado da Etapa 9 – Cenários e Condicionantes Futuros. Destaca-se aspectos regulatórios que têm impacto na indústria mineral, enfatizando-se as repercussões previstas de recentes medidas regulatórias adotadas, além de outras que se encontram em análise e tramitação (seção 3.1), além de estimativas de produção e preço para substâncias relevantes (seção 3.2). São também discutidas tendências internacionais e perspectivas para a Mineração 4.0, o futuro da mão de obra (seção 3.3) e um panorama de novas tecnologias na era da ESG (seção 3.4). Aborda-se também as principais questões socioambientais, como pressões sobre sustentabilidade, recursos hídricos e eventos climáticos extremos (seção 3.5)
	3.2 - Projeções de Demanda, Investimentos e Empregos		
	3.3 - Avaliação do Futuro dos Recursos Humanos no Setor Mineral		
	3.4 - Panorama de Novas Tecnologias		
	3.5 - Avaliação das Principais Questões Socioambientais		
4 - Ações Estratégicas	4.1 - Ações Estratégicas Prioritárias	RP03 – Relatório da Primeira Rodada de Workshops; RP06 – Relatório da Segunda Rodada de Workshops; RP09 – Relatório da Terceira Rodada de Workshops; RP10 – Relatório de Consolidação dos Workshops	Resultado da Etapa 10 – Ações Estratégicas para o Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais. Inclui os resultados dos Workshops feitos com o público e as metodologias, referências e demais detalhamentos sobre o processo de construção e priorização das ações estratégicas.
	4.2 - Programas Estratégicos		
	4.3 - Governança da Mineração		



PLANO ESTADUAL DE MINERAÇÃO 2040

DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.