



DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE
ESTADO
EFICIENTE

DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

2ª Edição
Revisada e ampliada

Belo Horizonte, 2022



**SECRETARIA DE ESTADO DE
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

**Fernando Passalio de Avelar
Secretário de Estado**

**SUBSECRETARIA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTOS
E CADEIAS PRODUTIVAS**

**Kathleen Garcia Nascimento
Subsecretária**

**SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍTICA MINERÁRIA,
ENERGÉTICA E LOGÍSTICA**

**Pedro Oliveira de Sena Batista
Superintendente**



DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

2ª EDIÇÃO

Equipe Técnica

Maria Eugênia Monteiro de C. e Silva, DSc
Diretora de Mineração

Iêda de Oliveira Ferreira, MSc
Geóloga

William Ricardo de Carvalho, MSc
Eng.de Minas

Marcus Manoel Fernandes, DSc
Eng. Agrônomo

Marcelo de Ávila Chaves, DSc
Eng. Agrônomo

Hernandez Souza Soares
Eng. Ambiental

Colaboradores Externos

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Marcelo de Souza Marinho, MSc
Cláudia Sílvia Cerveira de Almeida
Everton de Assunção Martins dos Santos

ANM – Agência Nacional de Mineração
(Gerência Regional de Minas Gerais)

Leandro César Ferreira de Carvalho
Carlos Antônio Gonçalves de Jesus
Leandro Gallinari Joaquim



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE TABELAS.....	16
RESUMO	18
INTRODUÇÃO.....	19
1. O CONTEXTO DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS	21
1.1. HISTÓRICO.....	21
1.2. GEOLOGIA ECONÔMICA.....	24
1.2.1. Introdução	24
1.2.2. Contexto Geológico de Minas Gerais	25
1.2.2.1. Cráton do São Francisco	26
1.2.2.2. Sistema Orogênico Mantiqueira.....	26
1.2.2.3. Sistema Orogênico Tocantins	27
1.2.2.4. Cobertura Sedimentar e Corpos Ígneos Fanerozoicos.....	27
1.2.3. Conceitos de Recursos e Reservas	29
1.2.3.1. Recurso Mineral	29
1.2.3.2. Reserva Mineral.....	29
1.2.4. Outros Conceitos	30
2. REGIMES DE EXPLORAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS	31
2.1.1. Distribuição dos Regimes de Exploração em Minas Gerais	31
2.1.1.1. Regime de Concessão – da Pesquisa à Lavra Mineral	32
2.1.1.2. Regime de Permissão de Lavra Garimpeira – PLG.....	41
2.1.1.3. Regime de Licenciamento.....	42
2.1.1.4. Regime de Registro de Extração	43
3. SUBSTÂNCIAS EXPLORADAS.....	44
3.1.1. Substâncias Metálicas.....	45
3.1.1.1. Ferro (Fe).....	46
3.1.1.2. Ouro (Au).....	64
3.1.1.3. Alumínio (Al)	74
3.1.1.4. Manganês (Mn).....	87
3.1.1.5. Zinco (Zn)	97
3.1.1.6. Nióbio (Nb).....	104
3.1.1.7. Lítio (Li)	110
3.1.1.8. Elementos Terras Raras (ETRs) e Titânio (TiO ₂).....	117
3.1.2. Substâncias Não Metálicas	125
3.1.2.1. Águas Minerais	125



3.1.2.2.	Rochas Ornamentais e de Revestimento.....	135
3.1.2.3.	Gemas.....	149
3.1.2.4.	Diamantes.....	157
3.1.2.5.	Minerais Industriais.....	167
3.1.2.5.1.	Argilas.....	168
3.1.2.5.2.	Areia Industrial.....	173
3.1.2.5.3.	Calcário e Dolomito.....	177
3.1.2.5.4.	Grafita.....	183
3.1.2.5.5.	Feldspatos.....	194
3.1.2.6.	Agrominerais.....	199
3.1.2.6.1.	Fosfatos.....	199
3.1.2.6.2.	Rochas Potássicas e Sais de Potássio.....	209
3.1.2.6.3.	Remineralizadores de Solo.....	215
3.1.2.7.	Agregados para a Construção Civil.....	216
3.1.2.7.1.	Areia, Cascalho e Saibro.....	217
3.1.2.7.2.	Argilas para Construção Civil.....	218
3.1.2.7.3.	Rochas para Brita.....	219
4.	A IMPORTÂNCIA DO SETOR MINERAL NA ECONOMIA DE MINAS GERAIS.....	221
4.1.1.	Produção Mineral do Estado.....	225
4.1.2.	Exportações e Importações de Bens Minerais.....	229
4.1.2.1.	Exportações Minerais.....	229
4.1.2.1.1.	Principais Países Importadores de Produtos Minerais de Minas Gerais.....	232
4.1.2.2.	Importações Minerais.....	232
4.1.2.2.1.	Principais Países Exportadores de Produtos Minerais para Minas Gerais.....	234
4.1.3.	Tributos e Compensações Financeiras.....	234
4.1.3.1.	Tributos.....	234
4.1.3.2.	Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM.....	236
4.1.4.	Empregos Gerados pela Indústria Extrativa Mineral.....	241
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	245



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abordagem das Metas do Plano Estadual da Mineração de MG.	18
Figura 2 - Regiões Geográficas Intermediárias do Estado de Minas Gerais.....	20
Figura 3 - Distribuição dos recursos minerais no Estado segundo títulos minerários outorgados pela ANM.	25
Figura 4 - Compartimentação geológica de Minas Gerais (ALKMIM, 2018).....	26
Figura 5 - Mapa geológico simplificado dos terrenos fanerozoicos de Minas Gerais, com as respectivas colunas estratigráficas simplificadas das bacias do São Francisco e Paraná. Representam-se também o Arco do Alto Paranaíba e as maiores intrusões ígneas cretácicas associadas (ALKMIM, 2018).....	27
Figura 6 - Diretrizes para definição de Recursos e Reservas Minerais.....	30
Figura 7 - Esquema simplificado dos regimes de exploração permitidos no Código de Mineração para a lavra de substâncias minerais.	31
Figura 8 - Distribuição espacial dos Títulos Minerários para o Estado de Minas Gerais.....	32
Figura 9 - Requerimentos e Autorizações de Pesquisa em Minas Gerais entre 2001 e 2021.....	33
Figura 10 - Distribuição dos Títulos Outorgados de Concessão de Lavra em Minas Gerais.....	34
Figura 11 - Distribuição de Minas Ativas no Estado de Minas Gerais.....	35
Figura 12 - Distribuição da quantidade de Grupamento Mineiro por Municípios.	38
Figura 13 - Localização e Distribuição dos Processos de Licenciamento em Minas Gerais.....	42
Figura 14 - Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais: A) Quadrilátero Ferrífero; B) Borda Leste da Serra do Espinhaço; e C) Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).	46
Figura 15 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (Adaptado de ENDO et al., 2019).....	48
Figura 16 - Mapa geológico simplificado da Borda Leste da Serra do Espinhaço (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).....	50
Figura 17 - Mapa geológico simplificado do Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).	52
Figura 18 - Distribuição percentual dos recursos totais de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.....	53
Figura 19 - Distribuição percentual das reservas lavráveis de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.	54
Figura 20 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ferro.....	58
Figura 21 - Localização das principais indústrias de transformação de ferro em Minas Gerais.....	59
Figura 22 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia produtiva de ferro por Região Geográfica Intermediária.	63
Figura 23 - Distribuição de processos (PLG para ouro) por RGInts de Minas Gerais entre 2000 e 2020.	69
Figura 24 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro.	71
Figura 25 - Localização das indústrias de ouro em Minas Gerais.....	72
Figura 26 - Quantificação dos empregos gerados na indústria extrativa do ouro por Região Geográfica Intermediária.....	74
Figura 27 - Fluxograma da cadeia industrial dos produtos e subprodutos da bauxita.	82
Figura 28 - Localização do parque produtivo de alumínio em Minas Gerais.....	83
Figura 29 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do alumínio por Região Geográfica Intermediária.	87
Figura 30 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do manganês.....	94
Figura 31 - Localização das empresas da indústria extrativa de manganês.	95



Figura 32 – <i>Quantificação dos empregos gerados na cadeia do manganês por Região Geográfica Intermediária.</i>	97
Figura 33 - Localização dos depósitos de minério de zinco no Estado de Minas Gerais.	98
Figura 34 - Localização das indústrias de transformação de zinco em Minas Gerais.	101
Figura 35 - Fluxograma esquemático da indústria de transformação do zinco.	102
Figura 36 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do zinco por Região Geográfica Intermediária.	104
Figura 37 - Principais ocorrências brasileiras de nióbio.	105
Figura 38 – Mina de nióbio CBMM (Araxá-MG).	106
Figura 39 - Localização da principal indústria de transformação de nióbio em Minas Gerais	109
Figura 40 – Localização dos processos e indústria de transformação do lítio.	114
Figura 41 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva do lítio.	115
Figura 42 - Distribuição dos processos minerários de Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais e detalhe do Maciço Alcalino de Poços de Caldas.	118
Figura 43 - Distribuição dos processos minerários de titânio Minas Gerais.	122
Figura 44 - Principais sistemas de aquíferos localizados em Minas Gerais.	125
Figura 45 - Distribuição dos processos de águas minerais por sistema de aquíferos.	127
Figura 46 – Distribuição das concessões de lavra de água por RGInt do Estado de Minas Gerais.	128
Figura 47 – Municípios do Circuito Turístico das Águas de Minas Gerais	129
Figura 48 – Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de águas minerais (Adaptado de Lima, C.C., 2003)	131
Figura 49 – Localização das empresas de exploração de águas minerais em Minas Gerais.	131
Figura 50 - Localização baseado em número de processos minerários de Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (SIGMINE, Março/ 2021).	136
Figura 51 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de Rochas Ornamentais e de Revestimento.	144
Figura 52 - Localização das empresas de beneficiamento Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (Sinrochas, Agosto/ 2021).	144
Figura 53 – Distribuição dos empregos diretos gerados pela indústria das Rochas Ornamentais e de Revestimento.	149
Figura 54 - Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil (PEDROSA-SOARES et al., 2001).	150
Figura 55 - Distribuição dos processos minerários de gemas no Estado de Minas Gerais.	151
Figura 56 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de gemas, joias e afins.	153
Figura 57 – Localização das empresas do setor de gemas que arrecadaram CFEM.	154
Figura 58 – Distribuição dos empregos diretos gerados pela indústria de gemas, joias e afins.	157
Figura 59 - Mapa de localização e contexto tectônico das províncias diamantíferas de Minas Gerais. Segundo proposta de Chaves et al. (2008) e Benitez (2009), Projeto Diamante Brasil I.	158
Figura 60 - Mapa de localização e de contextualização tectono-geológica dos campos kimberlíticos do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Geologia e limite cratônico extraídos respectivamente de Pinto & Silva (2014) e Bizzi et al. (2003).	161
Figura 61 – Distribuição dos processos de exploração de diamantes em Minas Gerais.	165
Figura 62 - Localização dos processos minerários de argilas para uso industrial.	169
Figura 63 - Localização dos processos minerários de areias industriais	174
Figura 64 - Localização dos processos minerários de calcários e dolomitos para uso industrial	178
Figura 65 - Mapa de localização dos setores de ocorrências de calcários no Grupo Bambuí	179
Figura 66 – Localização dos processos minerários de grafita.	185



Figura 67 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva da grafita	190
Figura 68 - Localização do parque produtivo de grafita em Minas Gerais	191
Figura 69 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia da grafita por Região Geográfica Intermediária ...	194
Figura 70 - Localização dos processos minerários de feldspatos com uso industrial.	195
Figura 71 - Localização dos principais depósitos e processos minerários de fosfatos de Minas Gerais.	199
Figura 72 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos	204
Figura 73 - Localização das indústrias de fertilizantes em Minas Gerais	205
Figura 74 - Quantificação dos empregos diretos gerados na cadeia produtiva dos fosfatos por Região Geográfica Intermediária.....	209
Figura 75 - Localização dos processos minerários para sais de potássio e rochas potássicas em Minas Gerais.	210
Figura 76 - Localização das ocorrências de rochas potássicas e sais de potássio em relação às unidades de conservação, quilombolas e terras indígenas em Minas Gerais.	211
Figura 77 - Localização dos processos minerários de areia para uso como agregado para a construção civil. .	217
Figura 78 - Localização dos processos minerários de cascalho e saibro para uso na construção civil.....	218
Figura 79 - Localização dos processos minerários de argilas para uso na construção civil.....	219
Figura 80 - Localização dos processos minerários de rochas para brita.	220
Figura 81 - Localização dos processos minerários de calcários para uso como agregados para construção civil.	221
Figura 82 - Distribuição estadual da CFEM em 2021. (a) por municípios produtores; (b) por RGInts.	240
Figura 83 - Distribuição percentual do volume de empregos gerados pela atividade extrativa mineral por RGInt em Minas Gerais (ano base 2020).	243



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Levantamento do número de Autorização de Pesquisa no Estado de Minas Gerais.	33
Gráfico 2 - Distribuição percentual das Autorizações de Pesquisa das principais substâncias minerais no Estado com mais de cem processos (1935 a 2021).	34
Gráfico 3 - Número de Concessões de Lavra no Estado de Minas Gerais.	35
Gráfico 4 - Distribuição das Concessões de Lavra por substâncias requeridas junto à ANM com quantidade de processos acima de vinte.	36
Gráfico 5 - Número de grupamentos por substâncias superior a seis.	40
Gráfico 6 - Número de processos registrados de Permissão de Lavra Garimpeira no Estado de Minas Gerais.	41
Gráfico 7 - Principais Minerais Garimpáveis no Estado de Minas Gerais.	42
Gráfico 8 - Quantidade anual de licenciamento outorgados pelo ANM para Minas Gerais.	43
Gráfico 9 - Levantamento da quantidade de Registro de Licenciamento, das principais substâncias, com número de processos acima de cinco no SIGMINE / ANM.	43
Gráfico 10 - Quantidade anual de Registro de Extração outorgados pela ANM para Minas Gerais.	44
Gráfico 11 - Distribuição percentual das principais substâncias exploradas no Estado de Minas Gerais, sintetizadas por classes, segundo o número de processos minerários considerando todos os regimes.	45
Gráfico 12 - Número total dos Regimes de Processos para minerais metálicos em Minas Gerais.	46
Gráfico 13 - Panorama das reservas mundiais e brasileiras de minério de ferro.	52
Gráfico 14 - Percentual dos recursos e reservas minério de ferro em Minas Gerais.	53
Gráfico 15 - Distribuição por municípios dos recursos totais de ferro acima de dois bilhões de toneladas.	54
Gráfico 16 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ferro acima de 200 milhões de toneladas.	55
Gráfico 17 - Produção mundial e nacional de minério de ferro (milhões de toneladas).	56
Gráfico 18 - Produção beneficiada comercializada estadual de minério de ferro e valor total comercializado. ..	56
Gráfico 19 - Distribuição municipal da produção beneficiada comercializada de minério de ferro.	57
Gráfico 20 - Distribuição nacional das exportações e importações da indústria de transformação do ferro.	61
Gráfico 21 - Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de ferro/aço em Minas Gerais.	61
Gráfico 22 - Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de ferro de Minas Gerais.	62
Gráfico 23 - Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de ferro.	62
Gráfico 24 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do ferro.	64
Gráfico 25 - Distribuição das reservas mundiais de ouro.	66
Gráfico 26 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de ouro primário (em quantidade contida).	66
Gráfico 27 - Distribuição dos recursos e reservas de ouro para o Estado de Minas Gerais.	67
Gráfico 28 - Distribuição por RGInt dos recursos medidos e reservas lavráveis de ouro primário.	67
Gráfico 29 - Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro primário para o Estado de Minas.	67
Gráfico 30 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro primário para o Estado de Minas.	68
Gráfico 31 - Distribuição por municípios dos recursos medidos e reservas lavráveis de ouro secundário em Minas Gerais.	68
Gráfico 32 - Produção mundial de ouro em 2020.	69
Gráfico 33 - Produção brasileira de ouro em 2020.	70
Gráfico 34 - Produção beneficiada e valor total comercializado anual de ouro em Minas Gerais.	70



Gráfico 35 – Principais municípios produtores de ouro em Minas Gerais.....	71
Gráfico 36 - Estados exportadores de produtos transformados de ouro, com destaque para as principais formas para Minas Gerais.....	73
Gráfico 37 – Países importadores de ouro de Minas Gerais.....	73
Gráfico 38 – Principais Estados importadores de ouro, com destaque para Minas Gerais.....	74
Gráfico 39 - Distribuição mundial das reservas de bauxita.....	76
Gráfico 40 - Distribuição nacional dos recursos totais de bauxita.....	76
Gráfico 41 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de bauxita.....	77
Gráfico 42 – Distribuição percentual dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.....	77
Gráfico 43 - Distribuição dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.....	77
Gráfico 44 - Distribuição dos recursos totais de bauxita metalúrgica por município.....	78
Gráfico 45 - Distribuição das reservas lavráveis de bauxita metalúrgica por município.....	78
Gráfico 46 - Principais municípios detentores dos recursos totais de bauxita refratária do Estado.....	79
Gráfico 47 - Principais municípios detentores das reservas lavráveis de bauxita refratária do Estado.....	79
Gráfico 48 – Produção mundial de alumínio.....	80
Gráfico 49 – Produção nacional de alumínio.....	80
Gráfico 50 – Produção beneficiada e valor total comercializado de alumínio (bauxita metalúrgica e refratária).....	81
Gráfico 51 – Municípios produtores de alumínio (bauxita) em Minas Gerais.....	81
Gráfico 52 – Principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio.....	84
Gráfico 53 - Principais Estados importadores de produtos transformados de alumínio.....	85
Gráfico 54 – Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de alumínio em Minas Gerais.....	85
Gráfico 55 – Principais destinos das exportações mineiras de produtos transformados de alumínio.....	86
Gráfico 56 - Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de alumínio.....	86
Gráfico 57 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do alumínio metalúrgico.....	87
Gráfico 58 - Distribuição das reservas mundiais de manganês em milhões de toneladas.....	89
Gráfico 59 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de manganês.....	89
Gráfico 60 - Percentual dos recursos e reservas de manganês para Minas Gerais.....	89
Gráfico 61 - Distribuição por RGInts dos recursos totais de minério de manganês em Minas Gerais.....	90
Gráfico 62 - Distribuição dos recursos totais de minério de manganês nos principais municípios de Minas Gerais.....	90
Gráfico 63 - Distribuição por RGInts das reservas lavráveis de minério de manganês em Minas Gerais.....	90
Gráfico 64 - Distribuição das reservas lavráveis de minério de manganês por municípios.....	91
Gráfico 65 – Produção mundial de manganês.....	91
Gráfico 66 – Distribuição da produção nacional de manganês.....	92
Gráfico 67 - Produção beneficiada e valor total comercializado de manganês em Minas Gerais.....	92
Gráfico 68 – Produção beneficiada de manganês por municípios de Minas Gerais.....	93
Gráfico 69 – Exportações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).....	95
Gráfico 70 - Importações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).....	96



Gráfico 71 - Distribuição das reservas mundiais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).....	98
Gráfico 72 - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).....	99
Gráfico 73 - Distribuição dos recursos e reservas de minério de zinco (em toneladas de metal contido) Minas Gerais.	99
Gráfico 74 - Distribuição regional dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de zinco (em toneladas de metal contido).....	100
Gráfico 75 - Distribuição da produção mundial de zinco (x1.000 t).....	100
Gráfico 76 - Produção beneficiada e valor total comercializado de zinco em Minas Gerais.....	100
Gráfico 77 - Distribuição das exportações nacionais da indústria do zinco com destaque para Minas Gerais.....	102
Gráfico 78 - Principais destinos das exportações da indústria de zinco em Minas Gerais.....	103
Gráfico 79 - Distribuição nacional das importações da indústria de zinco, com destaque para Minas Gerais.....	103
Gráfico 80 - Origem das importações dos produtos da indústria de zinco de Minas Gerais.....	104
Gráfico 81 - Distribuição das reservas mundiais de nióbio.....	106
Gráfico 82 - Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de nióbio no Brasil (em Nb ₂ O ₅ contido).....	106
Gráfico 83 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de nióbio proveniente de pirocloro (em Nb ₂ O ₅ contido).	107
Gráfico 84 - Distribuição estadual dos recursos e reservas lavráveis de nióbio (em Nb ₂ O ₅ contido).....	107
Gráfico 85 - Produção nacional de nióbio em 2020.....	108
Gráfico 86 - Produção beneficiada e valor total comercializado de nióbio em Minas Gerais.....	108
Gráfico 87 - Quantidade e valor FOB das exportações da indústria de transformação do Brasil e de Minas Gerais	109
Gráfico 88 - Exportações da indústria de transformação de nióbio no Brasil e em Minas Gerais.....	110
Gráfico 89 - Destino das exportações da indústria de transformação de nióbio de Minas Gerais.....	110
Gráfico 90 - Distribuição mundial das reservas de minério de lítio (em LiO ₂ contido).....	111
Gráfico 91 - Distribuição dos recursos totais e das reservas lavráveis de minerais-minério de lítio no Estado (em metal contido).....	112
Gráfico 92 - Distribuição estadual dos recursos totais e das reservas lavráveis de minerais-minério de lítio (em metal contido).....	112
Gráfico 93 - Produção mundial de lítio em 2020.....	113
Gráfico 94 - Evolução da produção beneficiada e valor total comercializado de concentrado de lítio em Minas Gerais.....	113
Gráfico 95 - Principais Estados importadores de produtos manufaturados de lítio.....	117
Gráfico 96 - Principais países exportadores de produtos manufaturados de lítio para o Brasil.....	117
Gráfico 97 - Distribuição mundial de reservas de ETRs.....	119
Gráfico 98 - Distribuição nacional dos recursos medidos e reservas lavráveis de ETR e monazita.....	120
Gráfico 99 - Distribuição estadual dos recursos e reservas de ETRs em Minas Gerais.....	120
Gráfico 100 - Distribuição mundial das reservas de titânio proveniente de ilmenita e rutilo.....	123
Gráfico 101 - Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de titânio (em metal contido).....	123
Gráfico 102 - Recursos totais de titânio por município (em metal contido).....	124
Gráfico 103 - Distribuição da produção mundial de titânio em 2020.....	124
Gráfico 104 - Distribuição dos processos registrados na ANM quanto a: (a) substância; (b) uso.....	127
Gráfico 105 - Distribuição do consumo mundial de águas minerais engarrafadas (em bilhões de litros).....	129
Gráfico 106 - Variação anual da produção beneficiada e do valor total comercializado de águas minerais.....	130



Gráfico 107 – Exportações nacionais de águas minerais com destaque para o sudeste.	133
Gráfico 108 – Exportações de águas minerais em nível nacional e estadual por tipo de produto.	134
Gráfico 109 – Principais destinos das exportações de águas minerais de Minas Gerais	134
Gráfico 110 – Importações nacionais de águas minerais	135
Gráfico 111 – Distribuição por RGInt do número de empregos por segmentos (gráfico) e percentual do total de empregos da indústria de águas minerais (mapa).	135
Gráfico 112 – Distribuição de processos minerários por tipo de rochas ornamentais	137
Gráfico 113 – Distribuição nacional dos recursos totais (a) e reservas lavráveis (b) de rochas ornamentais e de revestimento.....	139
Gráfico 114 – Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis dos tipos de rochas ornamentais e de revestimento.....	139
Gráfico 115 – Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de quartzitos/arenitos.	140
Gráfico 116 – Distribuição por RGInts do montante de recursos totais e reservas lavráveis de granitos e afins.	140
Gráfico 117 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis de mármore e afins.	141
Gráfico 118 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis para as demais substâncias usadas como rochas ornamentais e de revestimento.	141
Gráfico 119 – Distribuição da produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento	142
Gráfico 120 – Distribuição nacional da produção de Rochas Ornamentais e de Revestimento	142
Gráfico 121 – Produção e valor total comercializado de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.	143
Gráfico 122 – Exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento por Unidades da Federação, com destaque para Minas Gerais.....	146
Gráfico 123 – Exportações de bens primários de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.	146
Gráfico 124 – Exportações de produtos semimanufaturados de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.....	147
Gráfico 125 – Principais destinos exportações de produtos de rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais.....	147
Gráfico 126 – Importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento por Unidades da Federação, com destaque para Minas Gerais.....	148
Gráfico 127 – Importações de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.....	148
Gráfico 128 – Principais países de origem das importações de produtos de rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais.....	148
Gráfico 129 – Distribuição dos empregos da indústria de Rochas Ornamentais e de Revestimento.	149
Gráfico 130 – Balança comercial brasileira de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes).	155
Gráfico 131 – Exportações e importações nacionais de gemas, joias e afins.	155
Gráfico 132 – Balança comercial de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes) em Minas Gerais.	156
Gráfico 133 – Principais destinos e origens de gemas de Minas Gerais	156
Gráfico 134 – Distribuição dos empregos diretos da cadeia produtiva de gemas, joias e afins.	157
Gráfico 135 – Distribuição da produção mundial de diamantes.	162
Gráfico 136 – Produção nacional de diamantes com destaque para Minas Gerais.....	163
Gráfico 137 – Evolução da produção e valor total comercializado de diamante.	163



Gráfico 138 – Balança comercial de diamantes no Brasil e em Minas Gerais	166
Gráfico 139 – Exportações e importações nacionais de diamantes.	166
Gráfico 140 – Principais produtos e destinos das exportações de diamantes de Minas Gerais	167
Gráfico 141 – Principais produtos e origens das importações de diamantes de Minas Gerais	167
Gráfico 142 – Distribuição dos processos minerários por substância com uso como minerais industriais.....	168
Gráfico 143 - Distribuição nacional de recursos e reservas de argilas	170
Gráfico 144 – Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas	171
Gráfico 145 – Distribuição dos recursos e reservas de argila por Regiões Geográficas Intermediárias do Estado.	171
Gráfico 146 - Distribuição regional por principais municípios (a) dos recursos totais de argila; (b) das reservas lavráveis de argila.	172
Gráfico 147 – Distribuição da produção nacional de argilas.	173
Gráfico 148 – Evolução da produção comercializada e do valor total comercializado de argilas em Minas Gerais.	173
Gráfico 149 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de areias industriais.	175
Gráfico 150 - Total de recursos e reservas de areias industriais por Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais.....	175
Gráfico 151 – Distribuição por município dos recursos totais de areias industriais.	176
Gráfico 152 - Distribuição por município das reservas lavráveis de areias industriais.....	176
Gráfico 153 – Distribuição da produção nacional de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex.....	177
Gráfico 154 – Evolução da produção e do valor total comercializado de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex em Minas Gerais.	177
Gráfico 155 – Distribuição nacional do volume de recursos e reservas de calcário, dolomito e magnesita.	181
Gráfico 156 – Distribuição regional dos recursos e reservas de calcário em Minas Gerais.....	181
Gráfico 157 – Distribuição estadual de recursos totais de calcário para os dez principais municípios do Estado.	182
Gráfico 158 – Distribuição estadual de reservas lavráveis de calcário para os dez principais municípios do Estado.	182
Gráfico 159 – Distribuição da produção nacional de calcário, dolomito e magnesita.....	183
Gráfico 160 – Evolução da produção e valor total comercializado de calcário industrial em Minas Gerais.	183
Gráfico 161 – Reservas mundiais de grafita	186
Gráfico 162 – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita	186
Gráfico 163 – Distribuição regional dos recursos e reservas de grafita em Minas Gerais.	186
Gráfico 164 – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita nos municípios de Minas Gerais.....	187
Gráfico 165 – Produção mundial de grafita em 2020	187
Gráfico 166 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de grafita em Minas Gerais.	188
Gráfico 167 – Distribuição das exportações nacionais de grafita.	192
Gráfico 168 – Destino das exportações dos produtos das indústrias extrativa e de transformação de grafita de Minas Gerais.....	192
Gráfico 169 – Distribuições das importações nacionais de grafita.	193
Gráfico 170 – Origem das importações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais.....	193



Gráfico 171 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de feldspatos.....	196
Gráfico 172 - Distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos em Minas Gerais.	196
Gráfico 173 - Principais municípios com recursos totais de feldspatos no Estado de Minas Gerais.....	197
Gráfico 174 - Principais municípios com reservas lavráveis de feldspatos no Estado de Minas Gerais.	197
Gráfico 175 – Distribuição da produção mundial de feldspatos.	198
Gráfico 176 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de feldspatos em Minas Gerais.	198
Gráfico 177 - Reservas mundiais de fosfato (em P ₂ O ₅ contido)	201
Gráfico 178 - Recursos e reservas nacionais de fosfato (em P ₂ O ₅ Contido)	201
Gráfico 179 - Distribuição dos recursos totais (em P ₂ O ₅ contido) por município no Estado de Minas Gerais.....	202
Gráfico 180 - Distribuição das reservas lavráveis (em P ₂ O ₅ contido) por município no Estado de Minas Gerais	202
Gráfico 181 – Distribuição da produção mundial de fosfatos.	203
Gráfico 182 – Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de fosfatos em Minas Gerais	203
Gráfico 183 – Exportações nacionais da indústria de transformação de fosfatos.	206
Gráfico 184 – Importações nacionais de fosfatos	206
Gráfico 185 – Distribuição nacional de exportações de produtos transformados de fosfato.	206
Gráfico 186 – Destino das exportações da indústria de transformação de fosfato de Minas Gerais.	207
Gráfico 187 – Distribuição nacional de importações da indústria de fosfatos.	207
Gráfico 188 – Principais produtos importados de fosfatos e países fornecedores.	208
Gráfico 189 – Distribuição dos empregos diretos na cadeia produtiva dos fosfatos.	208
Gráfico 190 – Distribuição mundial das reservas de potássio (em K ₂ O equivalente).....	211
Gráfico 191 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de potássio (em K ₂ O equivalente).....	212
Gráfico 192 – Distribuição regional e municipal dos recursos e reservas de potássio (em K ₂ O equivalente) em Minas Gerais.....	212
Gráfico 193 – Produção mundial de potássio (em K ₂ O equivalente)	213
Gráfico 194 – Exportações e importações nacionais de adubos e fertilizantes potássicos.....	214
Gráfico 195 – Distribuição nacional das exportações e importações de adubos e fertilizantes potássicos.....	214
Gráfico 196 – Exportações e importações de adubos e fertilizantes potássicos de Minas Gerais	215
Gráfico 197 – Composição do Valor Adicionado do Estado de Minas Gerais, por atividade econômica (a) Dados de 2013 (b) Dados de 2019.....	222
Gráfico 198 - Representatividade nacional do VA do setor mineral na indústria e na economia.	223
Gráfico 199 – Evolução do VA da Indústria Extrativa Mineral na economia do Estado de Minas Gerais	223
Gráfico 200 - Representatividade nacional no VA das indústrias extrativas e de transformação na indústria e na economia.	224
Gráfico 201 - Representatividade no VA das indústrias extrativas e de transformação na indústria e na economia de Minas Gerais.....	224
Gráfico 202 – Participação das unidades da federação no Valor Adicionado da Indústria Extrativa Mineral.....	225
Gráfico 203 - Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) das substâncias metálicas e não metálicas entre 2000 e 2020.	226
Gráfico 204 – Produção mineral total com estimativa da distribuição das substâncias não metálicas em 2020	226
Gráfico 205 – Distribuição da produção mineral das substâncias metálicas em 2020.....	227



Gráfico 206 – Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) de ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio e lítio em Minas Gerais.	228
Gráfico 207 - Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) de substâncias não metálicas em Minas Gerais..	228
Gráfico 208 - Exportação mineral com estimativa de distribuição das substâncias não metálicas em 2020.	229
Gráfico 209 - Histórico das exportações de minério de ferro em Minas Gerais por valor FOB e quantidade.	230
Gráfico 210 - Histórico das exportações de produtos minerais e do valor total exportado por Minas Gerais	231
Gráfico 211 - Países que mais importam bens minerais do Estado de Minas Gerais.....	232
Gráfico 212 - Principais substâncias minerais importadas por Minas Gerais em 2020.....	233
Gráfico 213 - Histórico das importações minerais e do valor total importado por Minas Gerais.	233
Gráfico 214 - Países que mais exportaram bens minerais para Minas Gerais em 2020.	234
Gráfico 215 - Evolução da arrecadação da TFRM no Estado.	236
Gráfico 216 – Distribuição nacional da CFEM em 2021.	237
Gráfico 217 – Evolução da CFEM dos dois maiores arrecadadores nacionais.	237
Gráfico 218 – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais.....	238
Gráfico 219 – Municípios mineiros que arrecadaram mais de 20 milhões em CFEM em 2021.	241
Gráfico 220 – Distribuição nacional do total de empregos no setor mineral e do número de empreendimentos minerários.	241
Gráfico 221 - Histórico dos empregos do setor extrativo mineral e do mercado de trabalho em Minas Gerais. .	242
Gráfico 222 - Empregos e massa salarial dos principais ramos da indústria extrativa mineral em Minas Gerais (ano base: 2020).....	242

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais fatos históricos que contribuíram para o desenvolvimento da mineração no Estado de Minas Gerais	21
Tabela 2 - Relação das Principais Empresas Mineradoras em números de Concessões de Lavra.	36
Tabela 3 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Metálicas em Minas Gerais.	38
Tabela 4 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Não-Metálicas em Minas Gerais.	39
Tabela 5 - Principais indústrias de transformação de aço localizadas em Minas Gerais e seus respectivos produtos.	60
Tabela 6 - Comércio exterior da indústria de transformação de ferro.....	62
Tabela 7 - Aquíferos brasileiros com área aflorante em Minas Gerais.	126
Tabela 8 - Número de registros de processos de exploração de águas para cada fase.	126
Tabela 9 – Empresas de exploração de águas minerais por RGInt de Minas Gerais	132
Tabela 10 - Classificação com base nos critérios composicionais	137
Tabela 11 - Localização das empresas de beneficiamento Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (Sinrochas, Agosto/ 2021)	145
Tabela 12 - Principais ocorrências de gemas na região do APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (Adaptado de QUEIROZ, 2016).....	151



Tabela 13 - Segmentos da cadeia produtiva de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes) com respectivos códigos NCM.....	154
Tabela 14 - Localização dos diamantes secundários nas principais drenagens por província diamantífera, principais características físicas, processos de extração e beneficiamento e situação legal.....	159
Tabela 15 - Principais Campos Kimberlíticos em Minas Gerais (Projeto Diamante Brasil - CPRM, 2017).	160
Tabela 16 - Métodos de lavra e beneficiamento de diamantes secundários da província diamantífera do Alto do Paranaíba	164
Tabela 17 - Métodos de lavra e beneficiamento de diamantes secundários da província diamantífera da Serra do Espinhaço	164
Tabela 18 - Minerais exportados por Minas Gerais em 2020 e respectivos valores.....	230
Tabela 19 - Principais encargos tributários incidentes na atividade extrativa mineral.....	235
Tabela 20 - Alterações das alíquotas da CFEM antes e após a mudança da legislação.....	238
Tabela 21 - Arrecadação da CFEM por substância metálica em 2021.....	239
Tabela 22 - Arrecadação da CFEM das substâncias não metálicas por classe em 2021.....	239



DIAGNÓSTICO DO SETOR MINERAL DE MINAS GERAIS

RESUMO

A atividade extrativa mineral sempre desempenhou um papel de destaque na história e na economia de Minas Gerais. A busca por gemas e ouro, no período colonial, possibilitou posteriormente a descoberta de uma diversidade de ocorrências minerais, em quantidades substanciais, que fazem do Estado um dos principais produtores minerais do país.

O Diagnóstico da Mineração do Estado de Minas Gerais é uma iniciativa da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE-MG), com objetivo de consolidar uma série de informações sobre a atividade, que servirá de parâmetro para a elaboração do Plano Estadual de Mineração de Minas Gerais (PEM-MG), em consonância com as premissas do Plano Nacional de Mineração, bem como para a consulta de outros órgãos, entidades e empresas ligadas ao setor. O Diagnóstico incorpora dados e informações quanto aos recursos, reservas e produção mineral, comércio exterior, tributos e geração de empregos decorrentes da atividade. O PEM-MG foi delineado em quatro metas (**Figura 1**) e seu objetivo é orientar a formulação de políticas de médio e longo prazos para a promoção da competitividade, produtividade e sustentabilidade do setor mineral do Estado.



Figura 1 - Abordagem das Metas do Plano Estadual da Mineração de MG.

O desenvolvimento deste trabalho subsidiará a primeira etapa da primeira meta e, portanto, está alinhado com as principais diretrizes do PEM-MG que são:

- Servir de instrumento de planejamento para a boa gestão, agregação de valor e uso sustentável dos recursos minerais, a fim de estimular a competitividade nos diversos segmentos do setor mineral;
- Promover ações interinstitucionais e projetos estruturantes, que tenham na mineração sua plataforma e que estejam em consonância com as novas regulamentações pretendidas no âmbito federal;
- Contribuir para que o setor mineral continue a desempenhar um papel importante para o desenvolvimento econômico e industrial do Estado de Minas Gerais.

A Indústria Extrativa Mineral é de grande relevância para o Estado, tendo sido responsável por 16,7% da indústria mineira em 2019, chegando a atingir 24,4% em 2013. Desta forma, reforça-se a necessidade de elaborar um instrumento de planejamento estadual que aponte o futuro da mineração em Minas Gerais, contribuindo para que o setor se torne um alicerce do desenvolvimento sustentável do Estado.

Nesse sentido, com o objetivo de apresentar uma análise do Setor Mineral em Minas Gerais, abordou-se os seguintes tópicos: contexto histórico da atividade mineral; os aspectos geológicos e geográficos; os aspectos legais (regimes de exploração) e as substâncias requeridas, passando pelo tratamento de dados referentes aos recursos, reservas e produção das principais substâncias minerais disponíveis e exploradas; a importância econômica da atividade, incluindo a produção mineral, a balança comercial, os tributos e os empregos gerados pela mineração no Estado.

No item do **Contexto Histórico**, foi feito um breve relato do início da atividade mineral, que se funde com a história do Estado, com apresentação dos principais fatos, sintetizados por décadas, que contribuíram para o desenvolvimento da mineração em Minas Gerais.

Na sequência, é mostrada a **distribuição geográfica e geológica** dos principais recursos minerais do Estado: ferro, alumínio, ouro, manganês, nióbio, grafita, lítio, titânio e Terras Raras, gemas e diamantes, agregados para construção civil, águas minerais, rochas ornamentais e de revestimento, agrominerais e minerais industriais. Dentre todos, o minério de ferro tem lugar representativo, correspondendo a mais de 80% da produção extrativa total do Estado.

No item **Regimes de Exploração de Substâncias Minerais**, fez-se uso do Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM). O tratamento desses dados, contidos no sistema desde 1935 até março de 2021, permitiu identificar 41.855 processos minerários, sendo 2.224 concessões de lavra; as principais substâncias requeridas e sua distribuição geográfica; e as principais empresas. Além disso, os principais grupamentos mineiros (2018) e 620 minas ativas (2014).

A partir do cruzamento dos dados do SIGMINE referentes às substâncias, uso e quantidade total de processos ativos, foi possível identificar os minerais mais requeridos, classificados em minerais metálicos e não metálicos, e aqueles de pouca representatividade.

O item **Substâncias Exploradas** descreve os aspectos mineralógicos e geológicos, localização regional das principais ocorrências, as principais empresas produtoras, bem como a distribuição em nível mundial, nacional e estadual do montante de recursos totais, reservas lavráveis e produção, para:

- ***Substâncias Metálicas:*** Ferro, Ouro, Alumínio, Manganês, Zinco, Nióbio e Lítio, Titânio e Terras Raras;
- ***Substâncias Não Metálicas:*** Águas Minerais, Rochas Ornamentais e de Revestimento (Granitos, Mármore, Ardósias, Quartzitos e Esteatitos), Gemas, Diamantes, Minerais Industriais (Argilas, Areia Industrial, Calcário, Feldspato e Grafita), Agrominerais (Fosfatos, Remineralizadores de Solo, Rochas Potássicas e Sais de Potássio), e Agregados para Construção Civil (Areia, Argila, Saibro, Rochas para Brita e Cascalho).

Ainda é apresentada **A Importância da Indústria Extrativa Mineral** na economia do Estado, ressaltando sua participação no Valor Adicionado (VA), na produção, na exportação e importação das principais substâncias, nos tributos e compensações financeiras, bem como o número de empregos formais gerados pelo setor.

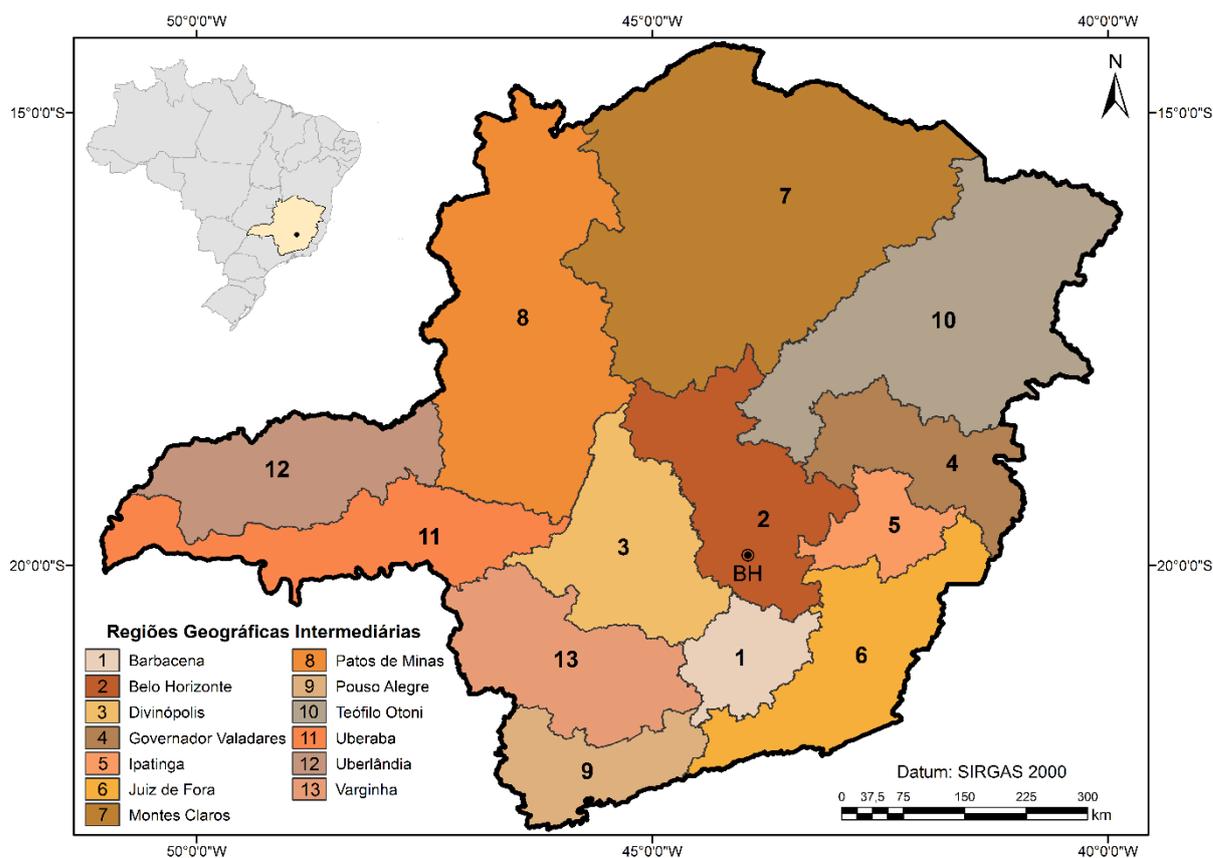
INTRODUÇÃO

Este documento visou à obtenção de dados relevantes do Setor Mineral do Estado, disponíveis junto a outros órgãos públicos, principalmente federais, para uma compreensão do setor, sua relevância, seus aspectos econômicos, socioambientais e legais, bem como os seus pontos críticos, com o objetivo de traçar um panorama

da situação da atividade mineral no Estado de Minas Gerais e subsidiar a elaboração do Plano Estadual da Mineração de Minas Gerais (PEM-MG). O PEM-MG permitirá promover ações e projetos estruturantes para o desenvolvimento mineral do Estado, em um horizonte de 20 anos.

Divisão Político-Administrativa

Visando atender ao escopo e objetivo desse documento, bem como permitir uma melhor compreensão das análises espaciais das ocorrências minerais, da distribuição dos títulos minerários, entre outras referências, adotou-se como base a divisão do Estado de Minas Gerais em 13 Regiões Geográficas Intermediárias (RGInt), realizada pelo IBGE em 2017 (**Figura 2**).



Fonte: IBGE, 2017/ Elaboração: SEDE.

Figura 2 – Regiões Geográficas Intermediárias do Estado de Minas Gerais

1. O CONTEXTO DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS

1.1. HISTÓRICO

A história de Minas Gerais se confunde com o início da história da atividade mineral brasileira no final do século XVII. Desde então, esta atividade tem papel fundamental para a economia do Estado, chegando a contribuir, em 2013, com 7,5% do Produto Interno Bruto (PIB) e correspondendo, aproximadamente, a 24% de toda a produção da Indústria do Estado (IBRAM, 2016).

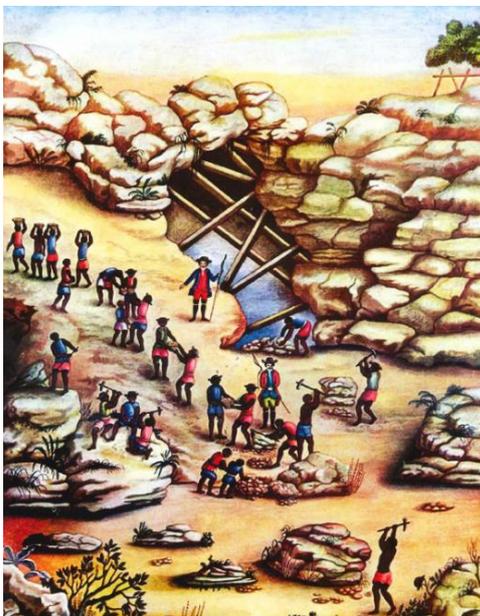


Foto: Mineração no Brasil.
Pintura de Carlos Julião (Séc. XVIII)

Uma das regiões mais importantes do Estado, no seu contexto histórico, desde o início das atividades de extração de recursos minerais até os dias atuais, é o **Quadrilátero Ferrífero**, em sua maior parte localizado na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte. As notícias da descoberta de ouro em aluviões nessa área propiciaram o surgimento de novas explorações, principalmente nas regiões de Ouro Preto e Mariana, as famosas “Minas Gerais dos Cataguases”, que se intensificaram com as entradas paulistanas na região, trazendo experiência na extração de ouro em lavras do litoral (AZEVEDO, *et. al.*, N.D.).

Os registros históricos de quem ou de quais expedições foram pioneiras no descobrimento de ouro nos vales dos rios de Minas ainda geram controvérsias; entretanto, a notícia desses descobrimentos causou o primeiro grande *rush* da mineração na história do Brasil e do mundo, influenciando no povoamento do Quadrilátero Ferrífero (AZEVEDO, *et. al.*, N.D.) e atuando como vetor de interiorização em Minas Gerais e no Brasil.

Os fatos mais relevantes da trajetória da atividade da mineração no Estado de Minas Gerais estão sintetizados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Principais fatos históricos que contribuíram para o desenvolvimento da mineração no Estado de Minas Gerais

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
Brasil Colônia (séculos XVII, XVIII e XIX)	<ul style="list-style-type: none">• Final do séc. XVII: descoberta das primeiras jazidas de ouro de aluvião nos rios de MG;• Em 1695: primeira exportação expressiva de ouro do Estado;• Auge da atividade aurífera colonial: até a metade do séc. XVIII – durante o Ciclo do Ouro – e que declinou no séc. XIX;• Capitania de MG (especialmente Mariana e Ouro Preto) era responsável pela metade da produção mundial de ouro;• Grande incremento populacional do Estado;• 1808: vinda da Coroa Portuguesa para o Brasil (RJ);• Séc. XIX: com o aumento das exportações e produção de café, o ouro passou a ser considerado um produto secundário na economia colonial;• Barão Wilhelm Ludwig von Eschwege: contratado pela Coroa para traçar o diagnóstico da mineração no país;• Barão von Eschwege: funda a Sociedade Mineralógica de Passagem e a Imperial Fábrica de Ferro, ambas em MG;• Presença estrangeira na capitania de MG: até 1820 havia seis companhias inglesas para explorar ferro e ouro;

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	<ul style="list-style-type: none"> Em 1825 o francês Jean Monlevade implantou fábrica de extração e transformação de metais preciosos em São Miguel do Piracicaba, atual João Monlevade; Em 1891 foi promulgada a Constituição Republicana, que vinculou propriedade do subsolo à do solo.
<p>Décadas de 1910 e 1920</p>	<ul style="list-style-type: none"> Primeira Guerra Mundial (1914-1918): aumento da demanda mundial por ferro e demais metais, fomentando a indústria siderúrgica em outros países e, principalmente no Brasil; Até 1918: existiam 15 empresas de extração e transformação mineral em MG, dentre brasileiras e estrangeiras.
<p>Década de 1930</p>	<ul style="list-style-type: none"> Grande expansão no setor mineral e siderúrgico; Enfoque econômico: desenvolvimento industrial e implantação das indústrias de base; Criação da Comissão Nacional de Siderurgia: vinculada ao Ministério da Agricultura, torna MG região prioritária para receber investimentos no setor mineral e siderúrgico; Em 1933, houve a criação da Diretoria-Geral de Pesquisas Científicas, tendo como subordinado o Instituto Geológico e Mineralógico do Brasil; Em 1934, a nova Constituição e o Código de Minas separam as propriedades do solo e do subsolo. Através do Decreto 23.979, de 8 de março de 1934, foi criado o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), sendo extinta a Diretoria-Geral de Pesquisas Científicas; Em 1937: criação da Usina de João Monlevade (com grande capacidade para produção de lingotes de aço) pela mineradora Belgo-Mineira; Implantação da Companhia Siderúrgica de Barra Mansa e a Companhia Metalúrgica de Barbará nos anos seguintes; Com a outorga da Constituição do Estado Novo, em 1937, o aproveitamento das jazidas minerais foi restringido apenas a brasileiros ou empresas constituídas por brasileiros. Um ano após, em 1938, foi criado o Conselho Nacional do Petróleo, o qual nacionalizou o refino do petróleo e regulou sua importação e transporte.
<p>Década de 1940</p>	<ul style="list-style-type: none"> Redução da dependência brasileira da importação de aço, em função dos planos quinquenais; Em 1940 foi criada a Lei Constitucional nº 4, que impunha a cobrança de um imposto único sobre o carvão mineral nacional, combustíveis e lubrificantes, de competência da União. Em 1940 foi sancionado o Decreto-lei nº 1.985, que ficou conhecido como o 'Código de Minas'. O Código de Minas definiu os direitos sobre as jazidas e minas, estabeleceu o regime de seu aproveitamento e regulou a intervenção do Estado na indústria de mineração; 1942: fundação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), que encampou os projetos da Companhia Itabira de Mineração (1942) e da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1946; Segunda Guerra Mundial (1939-1945): aumenta a demanda por aço e ferro brasileiro, viabilizando a implantação da Usina de Volta Redonda (RJ) da CSN, através de capital americano pela entrada do Brasil na Guerra ao lado dos Aliados; Em 1946, a Nova Ordem Constitucional reabriu a mineração no país à participação do capital estrangeiro, e estendeu a Tributação Única, criada em 1940, para todos os minerais do Brasil. Intenso crescimento populacional e desenvolvimento das cidades mineiras devido às siderúrgicas;
<p>Década de 1950</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ipatinga (MG): recebe a Usina Intendente da Câmara (Usiminas); Desenvolvimento de cidades como Betim e Contagem devido ao distrito industrial da região metropolitana de Belo Horizonte; Maior enfoque no projeto desenvolvimentista industrial de MG; Abertura parcial ao capital externo, transferência de tecnologias que impactavam positivamente o setor mineral/siderúrgico, aumento dos investimentos diretos externo com o objetivo de reduzir a inflação e retomar o crescimento econômico; Comissão Mista Brasil-Estados Unidos: possibilitou a instalação da estrada de ferro Vitória-Minas, facilitando o transporte de minerais; Criação da Assessoria Econômica: alguns de seus projetos permitiram a criação da Petrobrás, da Eletrobrás e do Plano Nacional do Carvão; 1951: Início do mapeamento geológico do Quadrilátero Ferrífero pelo <i>United States Geological Survey</i> - USGS em cooperação com o DNPM, com foco na definição das jazidas de ferro da

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	<p>região. Criação da empresa Aços Especiais Itabira (Acesita) – MG;</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1952: fundação da Companhia Siderúrgica Mannesmann, de origem alemã, próximo a Belo Horizonte; • “Cinquenta anos em cinco”: priorizava as áreas de energia, transportes, alimentação, indústrias de base, educação e a construção de Brasília; • Grande demanda interna por aço e a criação de novas empresas: COSIPA; • MG: ator chave na industrialização do país por suas reservas de ferro e manganês.
Década de 1960	<ul style="list-style-type: none"> • Anos 60: cenário de polarização política, intensificação de movimentos sociais e profunda crise econômica por endividamento externo; • Em 1960 foi criado o Ministério das Minas e Energia (MME). O DNPM foi incorporado à estrutura do novo Ministério. • Redução brusca pela demanda de aço, setor mineral muito afetado; • A partir de 1964: “milagre econômico”, melhorou as condições econômicas pelas exportações de ferro e aço durante a Guerra Fria; • Em 1967 foi criado o Decreto-Lei 227, chamado de ‘Código de Mineração’.
Década de 1970	<ul style="list-style-type: none"> • Início da exportação de ferro em Carajás (PA); • DOCEGEO: projeto Rio Doce Geologia e Mineração – maior pesquisa geológica já realizada até então – que ampliou a atuação da CVRD, que se tornou a maior exportadora de ferro à época; • 1975: criação da planta Minas Serra Geral pela CVRD, que explorava ferro em MG.
Década de 1980	<ul style="list-style-type: none"> • “Década perdida” pela alta inflacionária, desemprego e aumento da dívida externa; • Globalização: aumenta a concorrência internacional no setor mineral; • A partir de 1985: restabelecimento do governo civil com liberalização econômica para retomar o crescimento; • Minas Gerais recebe a Açominas que explorou jazidas de hematita, calcário, dolomita e dunito. A empresa propiciou crescimento econômico no Estado e desenvolvimento de cidades como Congonhas, Ouro Branco e Ouro Preto, contrariando o cenário de crise no país; • Constituição de 1988, elimina o Imposto Único Mineral (IUM) e introduz novos encargos para a mineração (ICMS e CFEM).
Década de 1990	<ul style="list-style-type: none"> • 1994: início da estabilização econômica com a adoção do Plano Real, que extinguiu algumas medidas como congelamento de salários e indexação de valores. • Final dos anos 90: otimismo econômico, dinamização da economia e crescimento de setores estratégicos, como o setor mineral; • Privatização da CVRD; • Em 1996: Reforma do Código da Mineração (Lei 9.314/96).
Década de 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Início do Séc. XXI: recorde de faturamento para área mineral, passando de R\$8 bilhões de faturamento em 2000 para R\$40 bilhões em 2010; • Brasil: maior exportador de ferro e nióbio do mundo e diversificação dos minerais explorados, como o aumento da extração de brita e cobre; • Em 2008 tiveram início os debates para a mudança no Marco Regulatório Mineral.
Década de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de diversas <i>joint-ventures</i> em decorrência do crescimento econômico dos países emergentes: Brasil realizou aquisições lucrativas, alcançando a cifra de US\$13,5 bilhões em 2010, se tornando o país que mais realizou aquisições e, a Vale, a empresa que mais implementou transações; • MG: em 2010 a Usiminas firmou um contrato valioso com a <i>Sumitomo Corporation</i> (de origem japonesa) na região de Serra Azul; • Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB); • A Vale implantou em MG o Centro de Desenvolvimento Mineral e o Instituto Tecnológico Vale Mineração – ITV; • Estabelecimento da <i>joint-venture</i> entre a Vale e a BHP Billiton para explorar ferro em Mariana na Samarco; • Superciclo das <i>commodities</i>: picos de preço do ferro, (US\$ 187,18 em 2011 e US\$ 154,64 em 2013, INDEXMUNDI, 2019), devido ao intenso crescimento econômico chinês; • Crise econômica a partir de 2013: valores muito baixos do ferro, cerca de US\$ 70 no primeiro semestre 2018, o que impactou profundamente o setor mineral de Minas Gerais e do Brasil;

Período Histórico	Principais Fatos Históricos e Medidas Políticas e Econômicas Relevantes ao Setor Mineral
	<ul style="list-style-type: none"> • Rompimento da barragem de rejeitos da Samarco em Mariana, em novembro de 2015; • Em 25 de julho de 2017, o Código de Mineração sofreu modificações, através das Medidas Provisórias 789, 790 e 791, que alteraram a alíquota da CFEM, criaram a Agência Nacional de Mineração (ANM), além de novas regras e tributos, visando modernizar a base normativa da mineração brasileira; • Rompimento da barragem de rejeitos da Vale em Brumadinho, em janeiro de 2019; • Vale informa descomissionamento de barragens construídas pelo método à montante; • Resolução MME/ANM nº 4 de 15 de fevereiro de 2019: proíbe a utilização de barragens a montante e estabelece prazo de descomissionamento ou descaracterização das estruturas existentes. • Política estadual de segurança de barragens Lei 23.291 de 25 de fevereiro de 2019, que trata do licenciamento ambiental de barragens, fiscalizações e responsabilidades. • Resolução MME/ANM nº13 de 12 de agosto de 2019: <ul style="list-style-type: none"> ○ Revoga a Resolução nº4; ○ Art. 2º “Fica proibida a utilização do método de alteamento de barragens de mineração denominado ‘a montante’ em todo o território nacional”; ○ Art. 3º: Proíbe a construção de instalações administrativas ou de processo produtivo e fontes radioativas, na Zona de Autossalvamento (ZAS); ○ Art. 4º: Determina prazo para: até 12/10/2019 para desativar as áreas citadas no art 3º; até 15/08/2022 para descaracterização das barragens a montante; ○ Art 6º: Determina prazo até 15/12/2020 para implantação, em barragens com Dano Potencial Associado alto, de “sistema de monitoramento automatizado de instrumentação com acompanhamento em tempo real e período integral”; ○ Art 8º: Determina prazos para estabilização ou construção de nova estrutura de contenção situada à jusante, e para descaracterização de barragens a montante.
Década de 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Janeiro de 2020: ANM lança o Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM); • Março de 2020: Organização Mundial da Saúde (OMS) declara pandemia de Covid-19; • Abril de 2021: Resolução ANM nº 68 – Regulamenta o Plano de Fechamento de Mina; • Fevereiro de 2022: MME inicia tratativas para novo ciclo do Plano Nacional de Mineração 2022-2050; • Fevereiro de 2022: ANM cria o Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SBRRM); • Fevereiro de 2022: Resolução ANM nº 95 – Definição de medidas regulatórias para barragens de mineração; • Fevereiro de 2022: Guerra Rússia-Ucrânia agrava fornecimento de fertilizantes ao Brasil; • Março de 2022: Lançamento do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF).

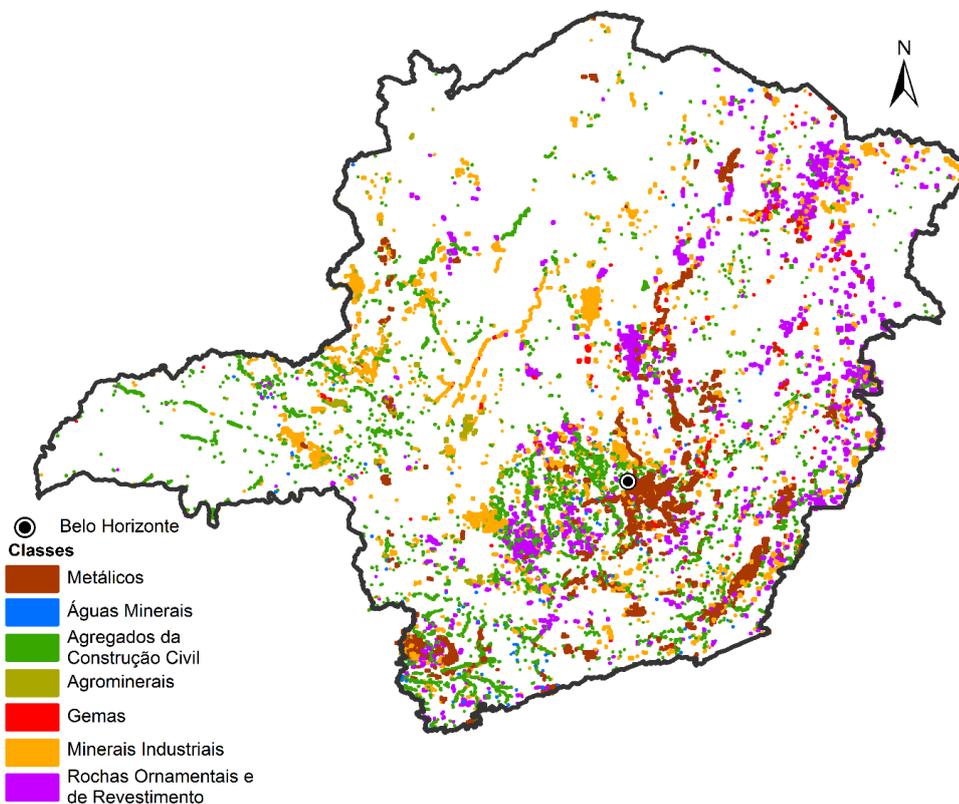
Tendo em vista o contexto da mineração apresentado, o histórico político e econômico do Estado de Minas Gerais, desde o Brasil Colônia até os dias atuais, é possível perceber que o setor produtivo mineral é profundamente afetado pela conjuntura econômica mundial. Desta forma, apesar de não ser exclusivamente dependente do setor mineral, o Brasil e, principalmente, Minas Gerais, têm sua economia intrinsecamente relacionada ao ramo.

1.2. GEOLOGIA ECONÔMICA

1.2.1. INTRODUÇÃO

A tradição na atividade de mineração do Estado de Minas Gerais, deve-se em grande parte a diversidade geológica que compõe seu território e é mantida através de um Setor Mineral forte e competitivo, que tem se capacitado tecnologicamente no sentido de desenvolver novas rotas de processamento, a fim de proporcionar o aproveitamento mais efetivo dos recursos minerais disponíveis no Estado.

Tal diversidade geológica reflete em um amplo potencial de produção de recursos minerais (**Figura 3**), abrangendo bens como: ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio, lítio, água mineral, rochas ornamentais e de revestimento, gemas, diamantes, argilas, areia industrial, calcário, grafita, feldspatos, agrominerais (fosfatos, rochas potássicas e sais de potássio) e agregados para construção civil. Dentre todas as *commodities*, o minério de ferro tem lugar representativo, com mais de 80% do valor total da produção extrativa total do Estado e, ainda, é um dos principais produtos em valor de exportação e arrecadação do país.



Fonte: ANM, 2021/ Elaboração: SEDE.

Figura 3 – Distribuição dos recursos minerais no Estado segundo títulos minerários outorgados pela ANM.

1.2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO DE MINAS GERAIS

O território de Minas Gerais, em sua maior parte, abarca terrenos pré-cambrianos (Cráton do São Francisco, Sistemas Orogênicos Brasileiros Mantiqueira e Tocantins) e subordinadamente coberturas sedimentares e corpos ígneos fanerozoicos (ALKMIM, 2018) (**Figura 4**). A seguir serão apresentados sumariamente os principais domínios geológicos que compõe o Estado e seus potenciais minerais.

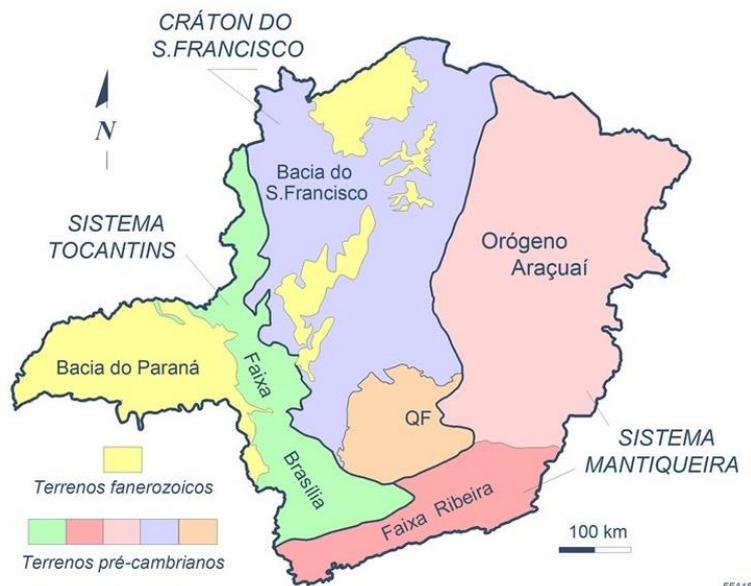


Figura 4 - Compartimentação geológica de Minas Gerais (ALKMIM, 2018).

1.2.2.1. Cráton do São Francisco

O **Cráton do São Francisco** é quase inteiramente coberto por rochas sedimentares pré-cambrianas e, subordinadamente, fanerozoicas. Somente no seu extremo sul aflora o seu embasamento, o qual compreende a região do **Quadrilátero Ferrífero (QF)** e suas adjacências. A parte do cráton coberta por rochas sedimentares constitui a **Bacia Sedimentar do São Francisco** (ALKMIM, 2018).

A Província Mineral do **Quadrilátero Ferrífero** tornou-se a região melhor conhecida de todo o Brasil, do ponto de vista geológico, em função dos seus recursos minerais, especialmente devido às suas jazidas auríferas e de minério de ferro de alto teor (ALKMIM, 2018).

Segundo Alkmim (2018), o Quadrilátero Ferrífero volta a adquirir grande importância econômica no cenário internacional a partir dos anos 50, após longo período de estagnação, durante o século XIX, da atividade mineira. Desse momento em diante, incrementou-se progressivamente, a produção de minérios de ferro de alto teor que atingiu 228 milhões de toneladas em 2016, apesar de várias oscilações. Ressalta que mesmo com o considerável crescimento do papel desempenhado pelas minas de Carajás, no Estado do Pará, o Quadrilátero Ferrífero continua responsável por aproximadamente 70% da produção nacional bruta de minérios de ferro.

1.2.2.2. Sistema Orogênico Mantiqueira

O **Sistema Orogênico Mantiqueira**, em Minas Gerais, está representado por partes do **Orógeno Araçuaí** e da **Faixa Ribeira** (ALKMIM, 2003) (Figura 4).

O **Orógeno de Araçuaí** abrange a região compreendida entre o Cráton do São Francisco e Margem Continental Leste Brasileira (PEDROSA-SOARES *et al* 2001, 2007, PEDROSA-SOARES e WIEDEMANN-LEONARDOS, 2000 *apud* ALKMIM, 2018) ou seja, em Minas Gerais, este engloba toda a Serra do Espinhaço Meridional e os vales do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha (ALKMIM, 2018).

No Estado de Minas Gerais, o Orógeno Araçuaí é conhecido por suas jazidas e ocorrências de gemas (esmeraldas, águas marinhas e turmalinas); diamantes extraídos de aluviões e metaconglomerados da Serra do Espinhaço, no

alto Jequitinhonha (ALKIMIM, 2018); e também por hospedar importantes jazidas de grafita e ocorrências de minério de ferro e urânio (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2003 *apud* ALKIMIM, 2018).

A **Faixa Ribeira** está em continuidade com o Orógeno Araçuaí e se superpõe à terminação sul da Faixa Brasília, o que dá origem a um quadro geológico de alta complexidade (ALKIMIM, 2018). Nesta área, predominam as ocorrências de agregados para uso na construção civil, minerais metálicos, minerais industriais, rochas ornamentais e de revestimento e águas minerais.

1.2.2.3. Sistema Orogênico Tocantins

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* ALKIMIM, 2018).

A **Faixa Brasília** em Minas Gerais destaca-se pela presença de uma jazida aurífera do Morro do Ouro em Paracatu (ALKIMIM, 2018), que constitui a maior mina de ouro em operação no país; pelos depósitos plumbo-zincíferos de Vazante e Morro Agudo (DIAS *et al.* 2016; DIAS *et al.* 2018), além de depósitos de fosfato sedimentar de Rocinha e Lagamar (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2003).

1.2.2.4. Cobertura Sedimentar e Corpos Ígneos Fanerozoicos

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 (Figura 5). Esta grande estrutura, também de idade fanerozoica (ALKIMIM, 2018), é *locus* principal de intrusões ígneas alcalinas, carbonatíticas e kimberlíticas (BROAD *et al.* 2000 *apud* ALKIMIM, 2018).

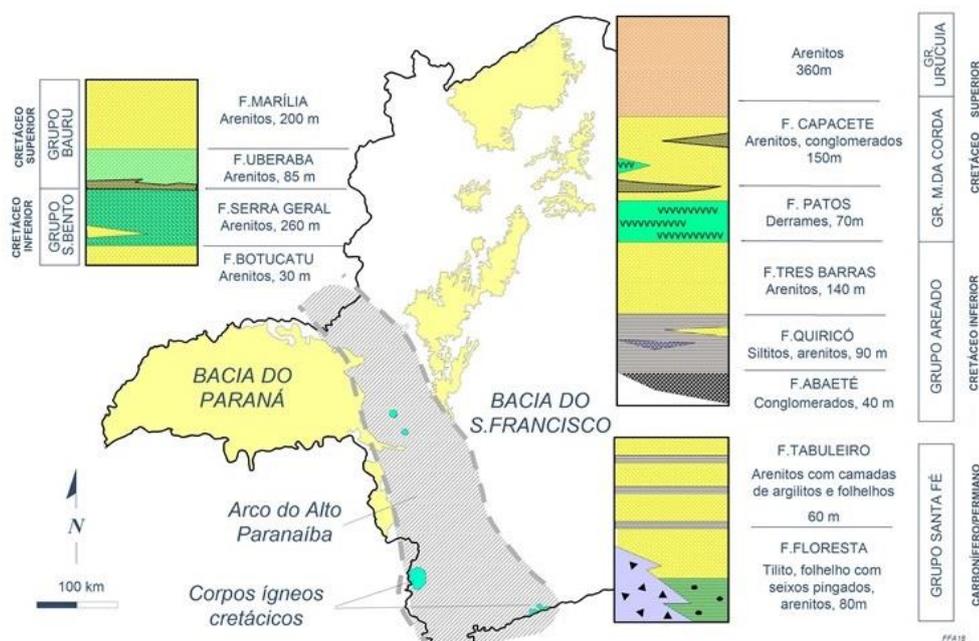


Figura 5 - Mapa geológico simplificado dos terrenos fanerozoicos de Minas Gerais, com as respectivas colunas estratigráficas simplificadas das bacias do São Francisco e Paraná. Representam-se também o Arco do Alto Paranaíba e as maiores intrusões ígneas cretácicas associadas (ALKIMIM, 2018).

Bacia do São Francisco

A **Bacia Sedimentar do São Francisco** está localizada no cráton de mesmo nome, sendo preenchida por rochas sedimentares pré-cambrianas e fanerozoicas (ALKMIM, 2018). Em toda a extensão desta bacia, aflora o Grupo Bambuí (COSTA e BRANCO, 1961; DARDENNE, 1978, 1981; *apud* ALKMIM, 2018) que é composto principalmente por uma alternância entre camadas marinhas de calcários, ardósias e siltitos; e é dividido em cinco formações principais que são importantes fontes de rochas ornamentais (*e.g.* ardósia) e de minerais industriais para produção de cimento e cal (ALKMIM, 2018).

Ressalta-se que o Grupo Bambuí ainda contém mineralizações de potássio que estão relacionadas, principalmente, à litotácia ritmito areno-pelítico verde, popularmente denominado de *verdete*, da Formação Serra da Saudade, localizada entre as cidades de Cedro do Abaeté e Quartel São João (MG) (LIMA, *et al.*, 2007). Outra área de ocorrência dessas mineralizações (*verdetes*) é a região de São Gotardo (MOREIRA, *et al.*, 2016)

Em contato com o Grupo Bambuí, junto ao limite oeste da bacia, está o grupo Vazante que hospeda importantes depósitos de minério de zinco, chumbo-zinco e fofato, localizados, respectivamente nos municípios de Vazante, Morro Agudo e Lagamar (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2001; BITTENCOURT *et al.* 2001 *apud* ALKIMIM, 2018).

Bacia do Paraná

A região do Triângulo Mineiro é praticamente toda ocupada por uma pequena porção da grande **Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 5)**, sendo as principais unidades de preenchimento da bacia aflorantes na região aquelas relacionadas aos grupos São Bento e Bauru, de idades cretácicas inferior e superior, respectivamente (ALKMIM, 2018) e as dos Grupos Itararé e Passa Dois, de idades permo-carbonífera e jurássica, respectivamente, encontradas em exposições menores (SEER e MORAES 2017 *apud* ALKMIM, 2018).

Esta região, abriga pequenos depósitos e minas de calcário, minas de basalto para brita, além de depósitos e lavras pouco expressivas de saibro, argilas (argilitos) e cascalheiras locais, sempre próximas aos grandes centros dessa região (LOBATO e COSTA, 2018).

Arco do Alto Paranaíba

O **Arco do Alto Paranaíba (Figura 5)**, constitui uma importante feição que separa as bacias sedimentares e hidrográficas do Paraná, a oeste, e do São Francisco a leste, entre o centro-oeste e sudoeste de Minas Gerais. Ao longo de toda sua extensão, é povoado por um grande número de intrusões ígneas, que ocorrem na forma de diques, soleiras e, principalmente, corpos cilíndricos e dômicos de várias dimensões. De acordo com a sua composição, distinguem-se três tipos de corpos ígneos na região: alcalinos, carbonatíticos e kimberlíticos (BROD *et al.* 2000 *apud* ALKIMIM, 2018).

Merece destaque o **complexo alcalino de Poços de Caldas**, por hospedar importante mineralização de urânio e contém ainda depósitos de bauxita, zircônio e molibdênio (ALKMIM, 2018). Esse complexo ainda aloja importantes depósitos de nióbio, ocorrência de Elementos Terras Raras, pequenas minas de sienito (uso como brita e eventualmente fundente), argilas e argilas refratárias (LOBATO e COSTA (2018).

Nas imediações da cidade de Araxá, localiza-se o mais economicamente importante corpo carbonatítico da região, o **complexo do Barreiro**; trata-se de uma intrusão dômica, aproximadamente circular, de 4,5 km de diâmetro de carbonatitos, intrusivo nos quartzitos e xistos do Grupo Araxá (BARBOSA *et al.*, 1970 *apud* (DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003, ALKIMIM, 2018). Algumas rochas do complexo foram profundamente alteradas pelos processos de intemperismo e originaram importantes jazidas de **nióbio e fofato** (ALKMIM, 2018).

Destacam-se ainda outros maciços alcalinos: o Maciço de **Tapira**, que hospeda uma mina de fosfato em atividade; o **Maciço de Salitre** que hospeda atualmente duas minas de fosfato; o **Maciço de Serra Negra** que apresenta apenas depósitos de fosfato; e, finalmente, o **Maciço de Araxá** que possui uma mina de nióbio, da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM), e um depósito de minerais do Grupo de Elementos Terras Raras (ETR) (LOBATO e COSTA, 2018).

Ainda há ocorrência de um grande número de corpos kimberlíticos de dimensões métricas ao longo do Arco do Alto Paranaíba (ALKIMIM, 2018) responsáveis por raros depósitos de diamante primário e abundantes depósitos secundários e terciários, nas províncias oeste de São Francisco, Alto Paranaíba e Serra da Canastra (LOBATO e COSTA, 2018).

1.3. CONCEITOS DE RECURSOS E RESERVAS

Como objetivo de atender aos padrões de declaração de resultados aceitos internacionalmente, a ANM estabelece conceitos técnicos de recursos e reservas minerais, conforme descrito a seguir:

1.3.1. *Recurso Mineral*

Entende-se por recurso mineral uma concentração ou ocorrência anômala de substância mineral dentro ou na superfície da crosta terrestre que, quando mensurada, apresenta forma, teor ou qualidade e quantidade com perspectivas razoáveis de aproveitamento econômico. Os recursos minerais se classificam em inferido, indicado ou medido.

- **Recurso inferido** é a parte de um recurso mineral estimado com base em evidências geológicas, técnicas apropriadas de pesquisa e amostragens limitadas que sugerem, mas não atestam, a continuidade geológica, teor ou qualidade do bem mineral. O recurso inferido possui nível de confiabilidade mais baixo que aquele aplicado ao recurso indicado e não deve ser convertido para reserva mineral;
- **Recurso indicado** é a parte de um recurso mineral estimado com base em técnicas adequadas de pesquisa derivadas de exploração, amostragem e testes com detalhamento adequado, confiáveis e suficientes para assumir a continuidade geológica, teor ou qualidade, densidade, forma e características físicas do depósito mineral entre os pontos de observação, permitindo a aplicação de fatores modificadores em detalhe suficiente para embasar o planejamento da mina e a avaliação da viabilidade econômica do depósito. O recurso indicado possui nível de confiabilidade mais baixo que o recurso medido e pode ser convertido apenas em reserva provável.
- **Recurso medido** é a parte de um recurso mineral estimado com base em técnicas apropriadas de pesquisa derivadas de exploração, amostragem e testes detalhados e confiáveis o suficiente para confirmar a continuidade geológica, teor ou qualidade, densidade, forma e características físicas do depósito mineral entre os pontos de observação, permitindo a aplicação de fatores modificadores para o planejamento de mina detalhado e a avaliação final da viabilidade econômica do depósito. O recurso medido possui nível mais alto de confiabilidade geológica e variações na estimativa dentro de limites próximos não afetam a potencial viabilidade econômica do projeto, podendo ser convertido em reserva provável ou reserva provada.

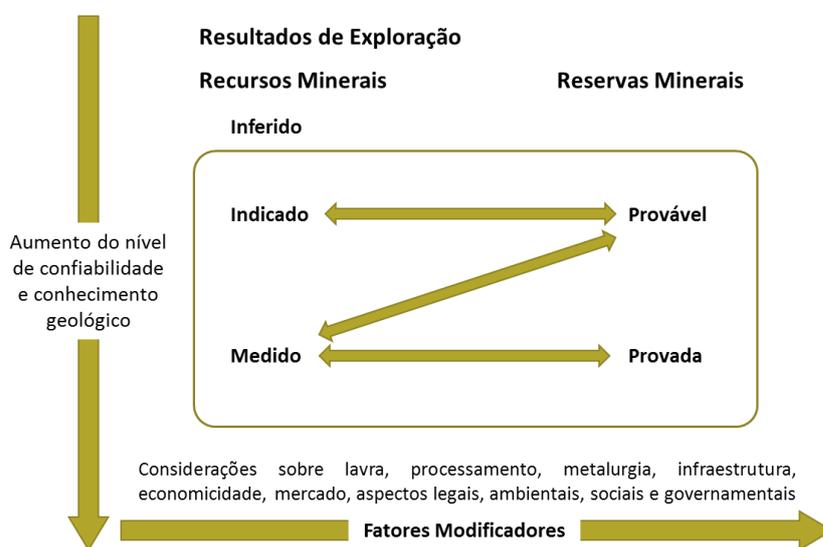
1.3.2. *Reserva Mineral*

Trata-se de reserva mineral a parte economicamente lavrável de um recurso mineral medido e/ou indicado, cuja viabilidade técnico-econômica da lavra tenha sido demonstrada por meio de estudos técnicos adequados que

incluam a aplicação de fatores modificadores. As reservas minerais se classificam em provável e provada de acordo com o grau de confiança dos fatores modificadores aplicados sobre os recursos minerais previamente definidos.

- **Reserva provável:** porção economicamente lavrável de um recurso mineral indicado e, sob determinadas circunstâncias, de um recurso medido. A confiabilidade nos fatores modificadores é inferior àquela aplicada a reserva provada, mas suficiente para servir como base ao desenvolvimento do projeto.
- **Reserva provada:** porção economicamente lavrável de um recurso mineral medido identificada por meio de estudos desenvolvidos com elevado grau de confiança nos fatores modificadores aplicados.

Segundo a Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR), a conversão de Recursos Minerais em Reservas Minerais deve ser feita a partir de Fatores Modificadores. Esses incluem, mas não se limitam a considerações sobre lavra, processamento, metalurgia, infraestrutura, economicidade, mercado, aspectos legais, ambientais, sociais e governamentais, conforme apresentado na **Figura 6**.



Fonte: Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR, 2016).

Figura 6 - Diretrizes para definição de Recursos e Reservas Minerais.

1.3.3. Outros Conceitos

A título de esclarecimento, se faz necessário a exposição de mais alguns conceitos de padrão internacional, que o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) adota em publicações técnicas.

- **Ocorrência mineral** - concentração mineral preliminarmente avaliada, em que foram reconhecidos alguns parâmetros geológicos como associação mineralógica (mineral-minério e ganga), rocha encaixante e/ou hospedeira, e se tem uma indicação aparente da morfologia e extensão da mineralização.
- **Depósito mineral:** concentração mineral avaliada por trabalhos de pesquisa com delineamento dos corpos mineralizados e avaliação de reservas e teores de substâncias úteis e conhecimento dos seus parâmetros geológicos/ metalogenéticos.
- **Jazida:** depósito mineral economicamente viável, avaliado segundo as exigências do Código de Mineração.

- **Mina:** jazida em lavra, ainda que suspensa.
- **Garimpo** - concentração mineral em exploração por processos geralmente rudimentares, executada de forma individual ou em regime de cooperativismo.

Nos itens subsequentes serão demonstrados por gráficos e tabelas a distribuição dos recursos inferidos, indicados e medidos para as principais substâncias, assim como, o potencial de reserva lavrável no Estado de Minas Gerais.

2. REGIMES DE EXPLORAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS

A atividade mineral está presente, em maior ou menor escala e em diferentes modalidades, por todo o Estado de Minas Gerais, fazendo do território mineiro a principal unidade da federação em extração e comercialização de bens minerais, principalmente de minerais metálicos.

A atividade mineral, conforme o tipo de substância, uso e destinação, segue etapas diferentes pré-estabelecidas pela ANM (com exceção do petróleo e derivados e dos minerais radioativos, como urânio), que legisla sobre o uso do subsolo em território nacional. Ressalta-se que o licenciamento ambiental permeia por todos os regimes de exploração, variando de acordo com tipo de substância, o tamanho do empreendimento e seu porte poluidor. Os regimes de exploração e aproveitamento são apresentados na **Figura 7**.



Figura 7 - Esquema simplificado dos regimes de exploração permitidos no Código de Mineração para a lavra de substâncias minerais.

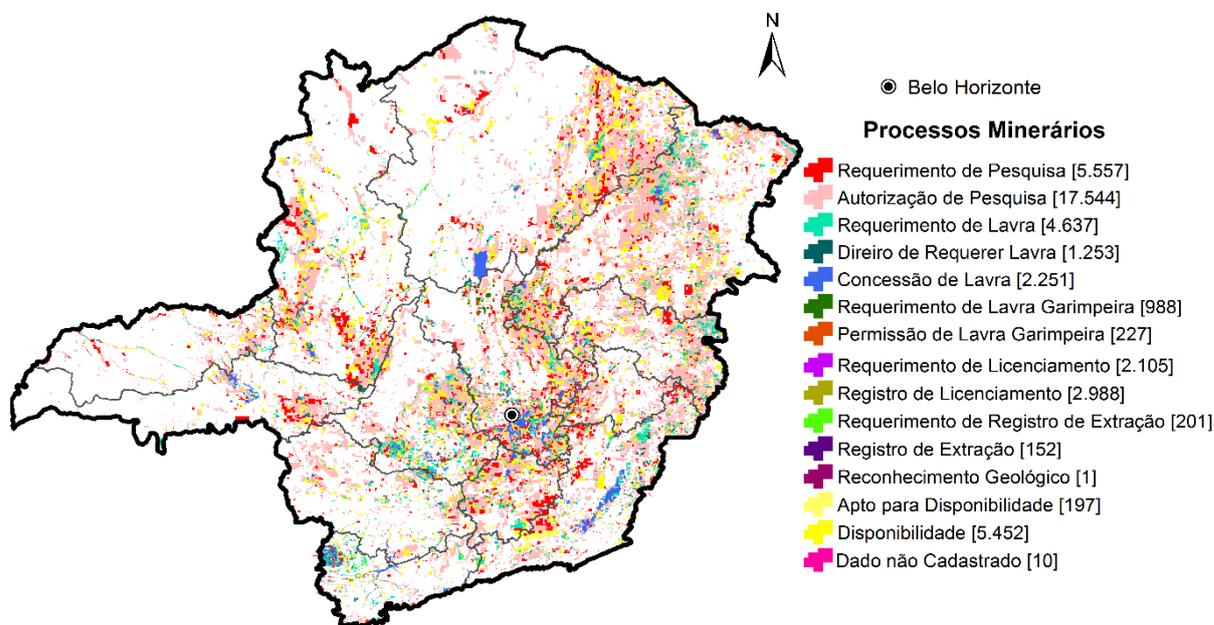
2.1. DISTRIBUIÇÃO DOS REGIMES DE EXPLORAÇÃO EM MINAS GERAIS

Por meio da análise dos processos minerários ativos, referentes aos quatro principais regimes de exploração mineral, existentes no Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) – ANM, desde 1935 até 09/03/2021, foi possível um realizar panorama da distribuição dos regimes de exploração em Minas Gerais. Para tanto, tomaram-se como base o número total de **41.855** processos minerários, dos quais **2.602** são referentes a substâncias com dados não cadastrados, para um total de **43.563** poligonais (áreas).

O total de processos inclui **5.326** áreas em fase de disponibilidade junto a ANM e outros processos que tiveram suas análises suspensas por conflito com projetos energéticos (210 casos); além de áreas em transferência de

direitos por incorporação averbada (178). Existem ainda registros de processos aptos para disponibilidade (197), com direito de requerer a lavra (1.245) e em reconhecimento geológico (1).

A distribuição espacial desses processos minerários, entre os quatro principais regimes de exploração de substâncias em Minas Gerais, pode ser visualizada na **Figura 8**.



Fonte: SIGMINE ANM – Março, 2021.

Figura 8 - Distribuição espacial dos Títulos Minerários para o Estado de Minas Gerais.

Apresenta-se na sequência a discriminação e análise dos títulos minerários que compõem cada um dos regimes de exploração no Estado.

2.1.1. Regime de Concessão – da Pesquisa à Lavra Mineral

O **Regime de Concessão** é aplicável a todas as substâncias minerais, com exceção dos minerais objeto de monopólio estatal (*e.g.* minerais radioativos). Diferentemente dos demais títulos minerários, é o que garante de forma mais segura o direito de extrair minério, pois sua validade tem prazo indeterminado (até exaurir a jazida), desde que o minerador cumpra suas obrigações legais ao longo deste tempo. É concedido por portaria, pelo Ministério de Minas e Energia (MME), ou outorgado pela ANM para as substâncias minerais determinadas no Art. 1º da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978.

Os trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade do seu aproveitamento econômico são compreendidos como pesquisa mineral. A atividade de pesquisa mineral pode ser mensurada a partir do número de **Alvarás de Pesquisa**, concedidos pela ANM/MG, para aqueles requerimentos de pesquisas devidamente instruídos e publicados no Diário Oficial da União.



Foto: William Carvalho

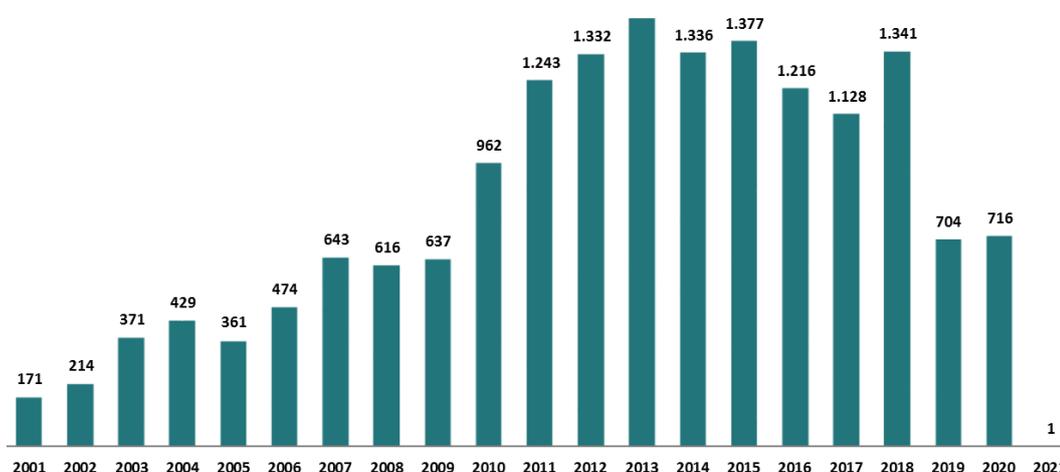
O **Título de Concessão de Lavra** é a etapa final do Regime de Concessão de Lavra. É outorgada mediante conclusão dos trabalhos exploratórios; quando constatada a existência de jazida, cujo aproveitamento seja viável economicamente; mediante aprovação do relatório final, que o demonstre, e do licenciamento ambiental.

Cabe ressaltar, que o exercício das atividades de lavra é privativo de empresa autorizada a funcionar como companhia de mineração.

Autorização de Pesquisa

A base de dados do SIGMINE indicou a existência de **17.514** títulos de **Autorizações de Pesquisas** concedidos pela ANM, para todo o Estado de Minas Gerais, desde 1935 até abril de 2021.

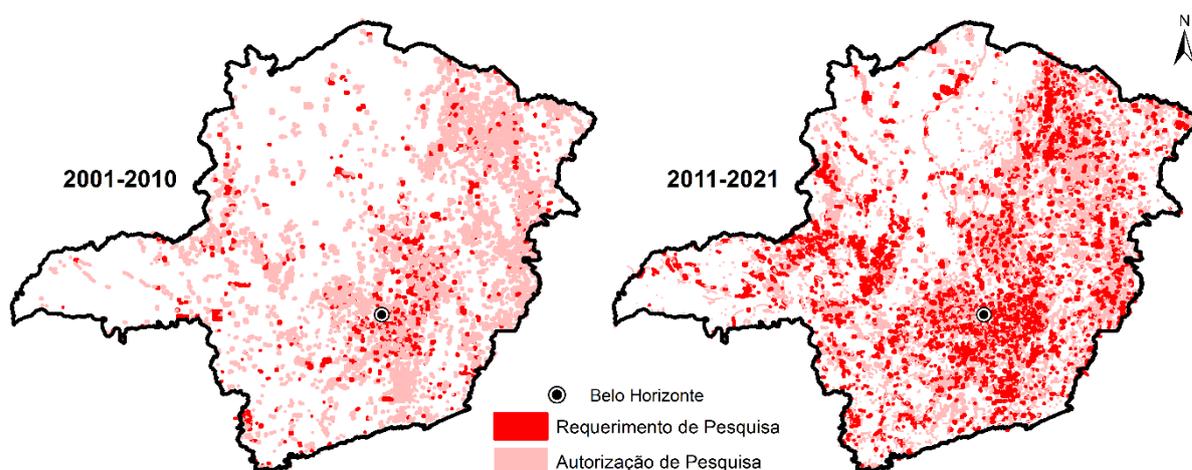
O **Gráfico 1** ilustra a distribuição das Autorizações de Pesquisas para o Estado de Minas Gerais, no período de 2001 a 2021, indicando um total de **16.725** títulos publicados. Este valor é expressivo (95,5%) quando comparado com o total publicado desde 1935. Observa-se ainda um aumento significativo no número de autorizações de pesquisas a partir de 2010, com pico em 2013. A partir daí, ocorreu tendência de queda até 2017, voltando a crescer em 2018, com queda acentuada nos anos seguintes.



Fonte: SIGMINE ANM - Março, 2021.

Gráfico 1 - Levantamento do número de Autorização de Pesquisa no Estado de Minas Gerais.

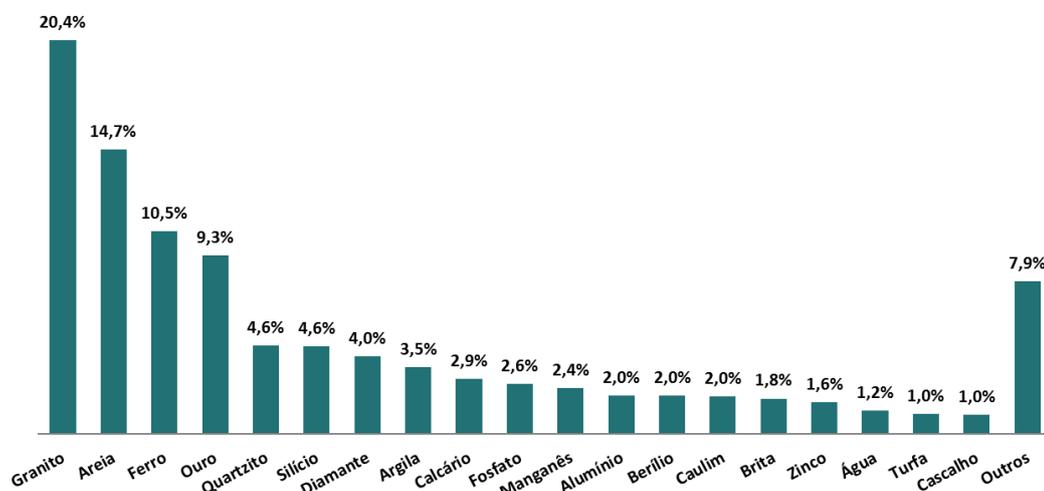
Analisando as duas últimas décadas (2001-2010 e 2011-2021) verificou-se que houve crescimento de 2,42 vezes na quantidade de autorizações de pesquisas; e de 3,83 vezes nos requerimentos de pesquisa (**Figura 9**).



Fonte: SIGMINE-ANM / Elaboração: SEDE

Figura 9 - Requerimentos e Autorizações de Pesquisa em Minas Gerais entre 2001 e 2021

Dentre as principais substâncias objeto de Autorização de Pesquisa, observa-se que 92,1% são destinadas a substâncias como: granito, areia, ferro, ouro, quartzito, dentre outras (**Gráfico 2**).



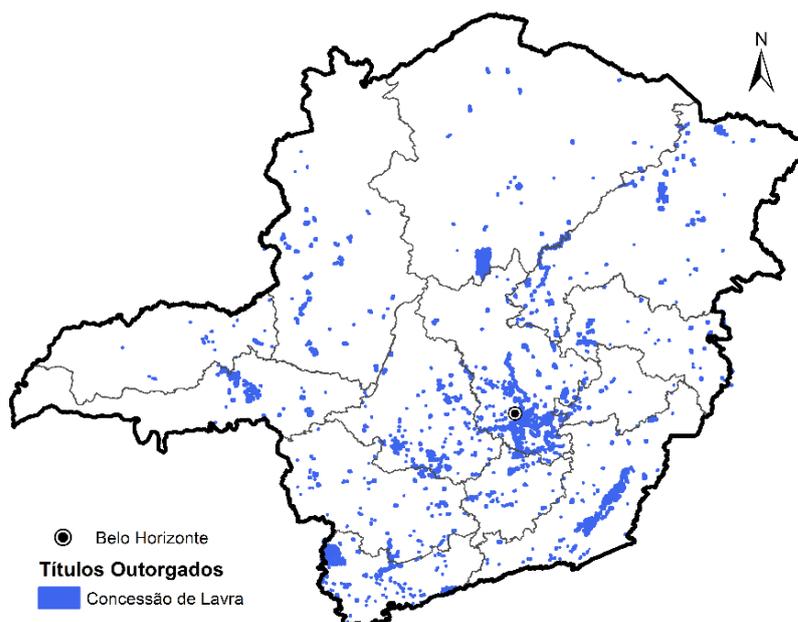
Fonte: SIGMINE ANM - Março, 2021.

Gráfico 2 - Distribuição percentual das Autorizações de Pesquisa das principais substâncias minerais no Estado com mais de cem processos (1935 a 2021).

Concessão de Lavra

Conforme dados apurados no SIGMINE da ANM, o Estado de Minas Gerais possuía um total de **2.224** Concessões de Lavra. Esse valor apurado refere-se ao total de Concessões de Lavra publicadas pelo MME/ANM, desde 1935 até o primeiro trimestre de 2021.

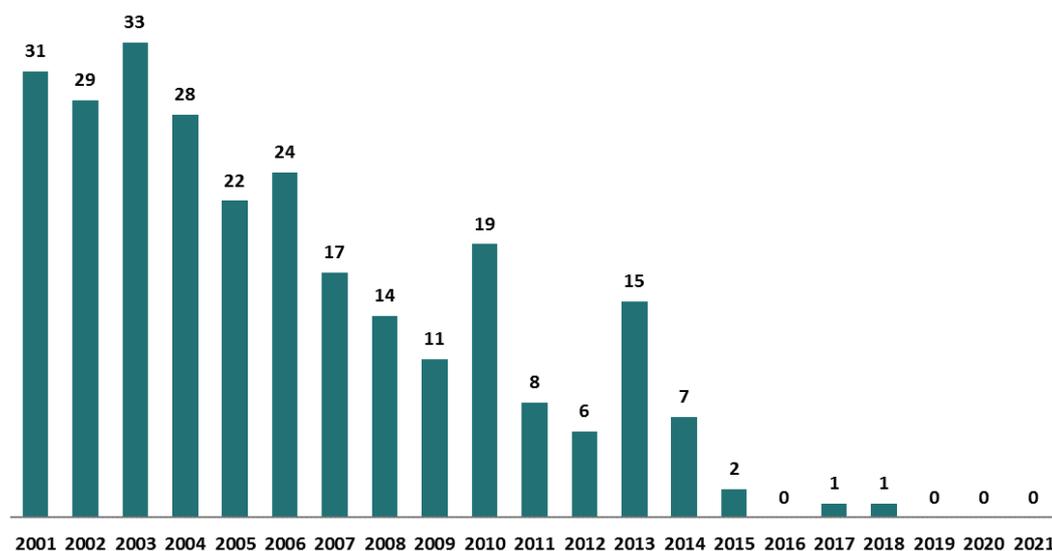
Essas concessões estão distribuídas por quase todo o território mineiro, com concentrações de títulos, principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de Belo Horizonte (majoritariamente no Quadrilátero Ferrífero), Juiz de Fora, Pouso Alegre, Uberaba e Montes Claros (no limite com a região de Belo Horizonte); sendo dispersas nas demais regiões (**Figura 10**).



Fonte: SIGMINE ANM - Março, 2021 / Elaboração: SEDE.

Figura 10 - Distribuição dos Títulos Outorgados de Concessão de Lavra em Minas Gerais

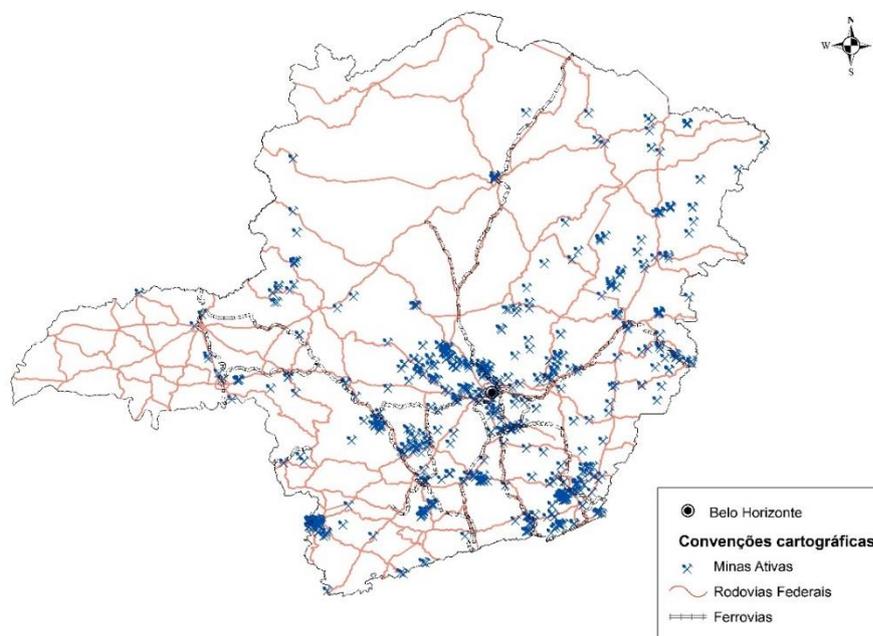
O **Gráfico 3** mostra um total de **268** concessões outorgadas entre os anos 2001 a 2021; o que corresponde a 7,3% do total de Concessões de Lavra contidas no SIGMINE desde 1935. Nota-se tendência de queda no número de concessões outorgadas pelo MME/ANM a partir de 2007.



Fonte: SIGMINE ANM - Março, 2021.

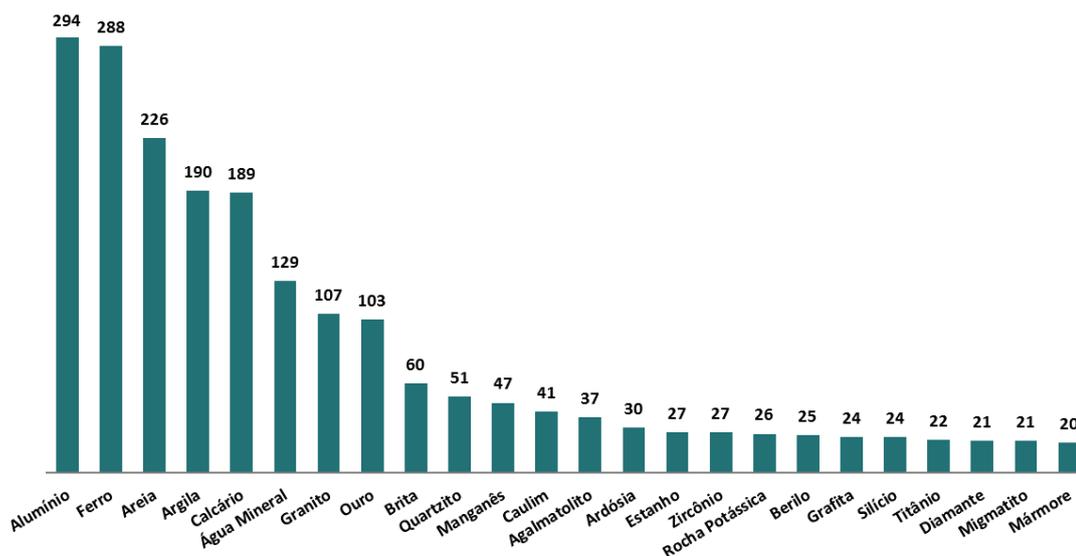
Gráfico 3 - Número de Concessões de Lavra no Estado de Minas Gerais.

Segundo dados contidos no Mapa de Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais (PINTO e SILVA, 2014), atualmente, o Estado apresenta **620 minas ativas** (Figura 11). As principais substâncias objeto das Concessões de Lavra são: **alumínio, ferro, argila, calcário, areia, água mineral, granito e ouro** (Gráfico 4).



Fonte: Pinto e Silva (2014) e dados da ANM / Elaboração: SEDE.

Figura 11 - Distribuição de Minas Ativas no Estado de Minas Gerais.



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021.

Gráfico 4 - Distribuição das Concessões de Lavra por substâncias requeridas junto à ANM com quantidade de processos acima de vinte.

As principais empresas mineradoras em números de concessões de lavra no Estado de Minas Gerais estão listadas por classes na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Relação das Principais Empresas Mineradoras em números de Concessões de Lavra.

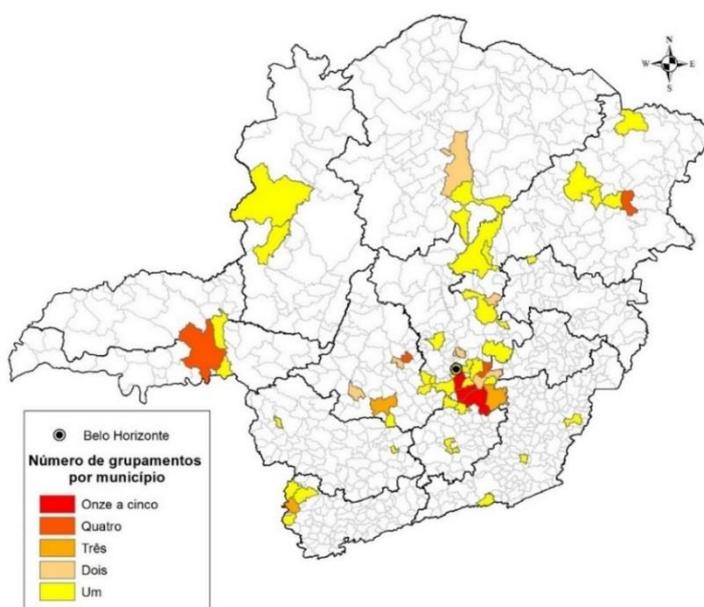
EMPRESAS	Nº DE CONCESSÕES
Agregados para Construção Civil	
Minasgoias Mineração Bergamo Ltda.	30
Sida Sociedade Itumbiareense de Dragagem e Areia Ltda.	23
Wesley José da Silva	8
Salioni Extração e Comércio de Areia Ltda.	7
Mineração & Transporte Nossa Senhora Aparecida Ltda.	6
Agrominerais	
GICS Indústria Comércio e Serviços S.A.	3
Mineração Caldense Ltda.	2
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	2
Mosaic Fertilizantes P&K Ltda.	2
Metais de Minas Gerais S.A.	2
Água Mineral	
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	9
Mineração Sal Nascente Ltda.	4
Água Mineral Viva Ltda.	4
Água Mineral Serena Ltda.	2
CPN Mineração Ltda.	2
Gemas	
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	6
Mineração Faisca Ltda.	4
Halba Indústria e Comércio de Pedras Preciosas	3
Emerson Tavares de Souza Fi	3

EMPRESAS	Nº DE CONCESSÕES
Mineração Taperebá S.A.	3
<i>Minerais Industriais</i>	
Magnesita Mineração S.A.	47
LafargeHolcim (Brasil) S.A.	38
Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários IBAR Ltda.	27
Nacional de Grafite Ltda.	19
Mineração Caldense Ltda.	19
Intercement Brasil S.A.	13
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	11
Minerais & Metais Comércio e Indústria Ltda.	10
Mineração Belocal Ltda.	10
Mineração Matheus Leme Ltda.	8
Votorantim Cimentos S.A.	8
Cerâmica Saffran Ltda.	8
<i>Metálicos</i>	
Companhia Brasileira de Alumínio	154
Vale S.A.	104
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	44
Mineração Caldense Ltda.	44
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	27
Mineração Usiminas S.A.	24
Companhia Geral de Minas	22
Minerações Reunidas Jequitinhonha Ltda.	16
Mineração Serras do Oeste EIRELI	16
Minegral Cia. Brasileira de Minerações Indústria e Comércio	15
Gerdau Açominas S.A.	14
Nexa Recursos Minerais S.A.	13
Sigma Mineração S.A.	13
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.	12
AMG Brasil S.A.	12
Mosaic Fertilizantes P&K Ltda.	11
Mineração Curimbaba Ltda.	10
Companhia Siderúrgica Nacional	7
<i>Rochas Ornamentais e de Revestimento</i>	
C. Fernando R. Da Paz & Cia Ltda.	9
GRANASA Granitos Nacionais Ltda.	6
Pedreiras do Brasil S.A.	6
Empresa de Extração de Pedras São Tomé Ltda.-ME	5
MINCOEL - Mineração Indústria Comércio e Exportação Ltda.	5
Mineração Corcovado de Minas Ltda.	5

Fonte: SIGMINE – ANM / Março, 2021.

Com relação ao número de **Grupamentos Mineiros**, que é a *outorga a um só titular de várias concessões de lavra da mesma substância mineral*, o Estado de Minas Gerais apresenta um total de **99** grupamentos ativos, autorizados e publicados, conforme consulta no Cadastro Mineral Mineiro pela Gerência Regional da ANM-MG em 2018. Esses grupamentos estão distribuídos por 53 municípios (**Figura 12**), destacando-se na Região Geográfica Intermediária de:

- *Belo Horizonte* (principalmente no Quadrilátero Ferrífero), os municípios de Nova Lima (11), Ouro Preto (7), Itabirito (5) e Barão de Cocais (4);
- *Divinópolis*: Onça de Pitangui (4);
- *Uberaba*: o município de Uberaba (4); e
- *Teófilo Otoni*, o município de Novo Oriente de Minas (4).



Fonte: ANM-2018/ Elaboração: SEDE.

Figura 12 - Distribuição da quantidade de Grupamento Mineiro por Municípios.

Aa **Tabela 3** e **Tabela 4** apresentam as principais empresas mineradoras que compõem Grupamentos Mineiros no Estado e que exploram substâncias como: ferro, argila, alumínio, calcário, agalmatolito, caulim, grafita, gemas, diamantes, “pedra corada”, topázio, água marinha, crisoberilo, topázio imperial, cianita, filito, granito, águas minerais, argilas, ouro, prata, cromo, manganês e zinco.

Dos 99 grupamentos ativos no Estado, 46,5% são para substâncias metálicas, 52,5% para substâncias não metálicas. Ressalta-se que em 1,0% desses, o titular não informa a substância.

Tabela 3 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Metálicas em Minas Gerais.

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Ferro	
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	12
Vale S.A.	6
Gerdau Açominas S.A.	2
Cia de Mineração Serra da Farofa	1
Lucape Siderurgia Ltda.	1

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
MBL Materiais Básicos Ltda.	1
Mineração Usiminas S.A.	1
Samarco Mineração S A.	1
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	1
Alumínio	
Mineração Caldense Ltda.	2
Novelis do Brasil Ltda.	2
Vale S.A.	2
Companhia Brasileira de Alumínio	1
Hindalco do Brasil Indústria e Comércio de Alumina Ltda.	1
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	1
Cromo	
Empresa Rada de Mineração Ltda.	2
Lítio (Ambligonita)	
Sigma Mineração S.A.	1
Manganês	
Minerações Brasileiras Reunidas S.A.	1
Ouro e Prata	
Anglogold Ashanti Córrego do Sítio Mineração S.A.	2
P. C. Mineração Ltda.	1
RST Recursos Minerais Ltda.	1
Kinross Brasil Mineração S A	1
Mineração Turmalina Ltda.	1
Zinco	
Votorantim Metais Zinco S.A.	1

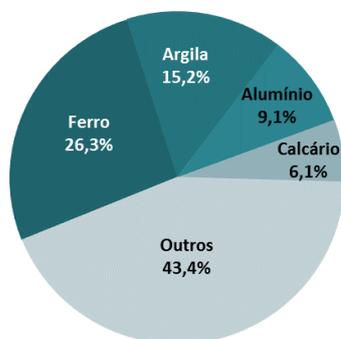
Tabela 4 - Relação dos Principais titulares de Grupamento Mineiro por substâncias Não-Metálicas em Minas Gerais.

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Argila	
Magnesita Mineração S.A.	5
LafargeHolcim (Brasil) S.A.	3
Agroindustrial Delta de Minas S.A.	1
Empresa de Cimentos Liz S.A.	1
Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários Ibar Ltda.	1
Intercement Brasil S.A.	1
Mineração Caldense Ltda.	1
Minerais & Metais Comércio e Indústria Ltda.	1
Votorantim Cimentos S A	1
Calcário	
LafargeHolcim (Brasil) S.A.	2
Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais	1
CRH Sudeste Indústria de Cimentos S.A.	1
Empresa de Mineração Ângelo Delphino Ltda.	1

EMPRESAS	Nº DE GRUPAMENTOS
Mineração Belocal Ltda.	1
Agalmatolito	
Magnesita Mineração S.A.	4
Lamil Lage Minérios Ltda.	1
Caulim	
Bemil Beneficiamento de Minérios Ltda.	4
Empresa De Caolim Ltda.	1
Grafita	
Nacional de Grafite Ltda.	4
Diamante	
Mineração Df-li Ltda.	1
Mineração Rio Novo Ltda.	1
Minerações Reunidas Jequitinhonha Ltda.	1
Gemas (Água Marinha, Crisoberilo, Pedra Corada, Topázio, Topázio Imperial)	
Topázio Imperial Mineração Comércio e Indústria Ltda.	5
Mineração Faísca Ltda.	4
Emerson Tavares de Souza Fi	1
Água Mineral	
Irmãos Raffaelli Mineradora Ltda. ME	1
Cianita	
Magnesita Mineração S.A.	1
Filito	
Minerações Brasileiras Reunidas Sa	1
Granito	
Mineração Mário Campos Ltda.	1

Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2018.

Dentre esses grupamentos, destacam-se os que exploram minério de ferro (26,3%), seguido por aqueles referentes a extração de argila (15,2%), alumínio (9,1%), calcário (6,1%) e 43,4% de outros (agalmatolito, caulim, grafita, ouro, diamante, “pedra corada”, topázio, cromo, prata, água marinha, águas minerais, cianita, crisoberilo, filito, gema, granito, lítio, manganês topázio imperial e zinco) (Gráfico 5).



Fonte: ANM, 2018.

Gráfico 5 - Número de grupamentos por substâncias superior a seis.

2.1.2. Regime de Permissão de Lavra Garimpeira – PLG

O Regime de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG) depende de uma portaria do Diretor-Geral da ANM. A PLG vale por cinco anos, podendo ser renovada várias vezes e ser dada, inclusive, a área que já seja ocupada por um Manifesto de Mina ou Concessão de Lavra, desde que haja autorização do titular e seja possível lavrar as duas substâncias ao mesmo tempo. Ressalta-se que a área máxima requerida é de 50 hectares (ha); maior que 50 ha, no caso de Cooperativas, se a ANM achar necessário.

Este tipo de regime tem por objeto o aproveitamento econômico de qualquer depósito que possa ser lavrado, dispensando a fase de pesquisa mineral prévia. As atividades de garimpagem são restritas ao aproveitamento de substâncias minerais (tais como: *ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, wolframita, rutilo, quartzo, gemas* etc., em forma de “cata”).

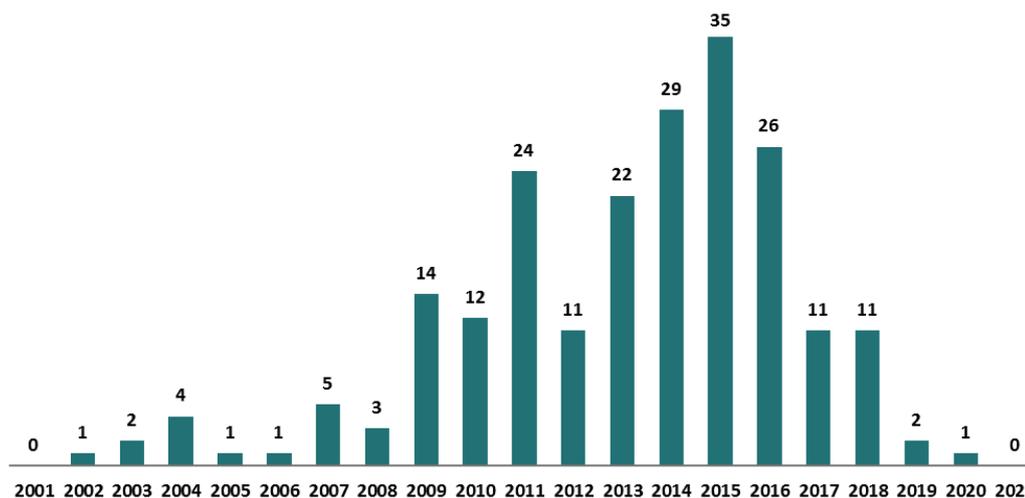
O exercício legal da atividade de garimpagem só é possível mediante a outorga de permissão de lavra garimpeira, sendo expedida de acordo com as normas exigidas para este regime. A PLG pode ser requerida por brasileiro ou por cooperativa de garimpeiros; esta última autorizada a funcionar como empresa de mineração.

Além do Código de Mineração, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989 e o Decreto 98.812, de 09 de janeiro de 1990 regulam o funcionamento da PLG.

Permissão de Lavra Garimpeira (PLG)

No Estado de Minas Gerais já foram concedidas **227** Permissões de Lavra Garimpeira (PLG) a partir de 1993, localizados nas Regiões Geográficas Intermediárias de Patos de Minas (62), Governador Valadares (43), Teófilo Otoni (40), Uberlândia (22), Montes Claros (22), Belo Horizonte (18), Ipatinga (8), Uberaba (7) e Juiz de Fora (5).

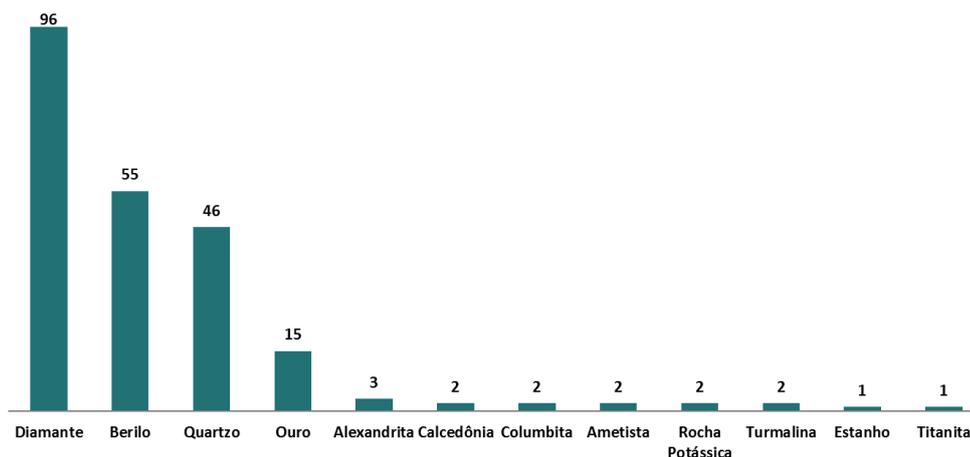
De 2001 a 2021, houve um total de 215 processos de PLG no Estado (**Gráfico 6**), o que corresponde a 94% do total. Destacam-se os anos de 2014 e 2015 que foram os que apresentaram maiores registros de PLG.



Fonte: SIGMINE-ANM / Março, 2021.

Gráfico 6 - Número de processos registrados de Permissão de Lavra Garimpeira no Estado de Minas Gerais.

As principais substâncias garimpáveis no Estado de Minas Gerais são: **diamantes**, minerais do grupo do quartzo como **ametista**, minerais do grupo do berilo (**água marinha** e **esmeralda**), **ouro** e minerais da variedade do crisoberilo como **alexandrita**. O **Gráfico 7** apresenta a distribuição dos processos por minerais garimpáveis, com destaque para o diamante entre as demais substâncias.



Fonte: SIGMINE - ANM/ Março, 2021.

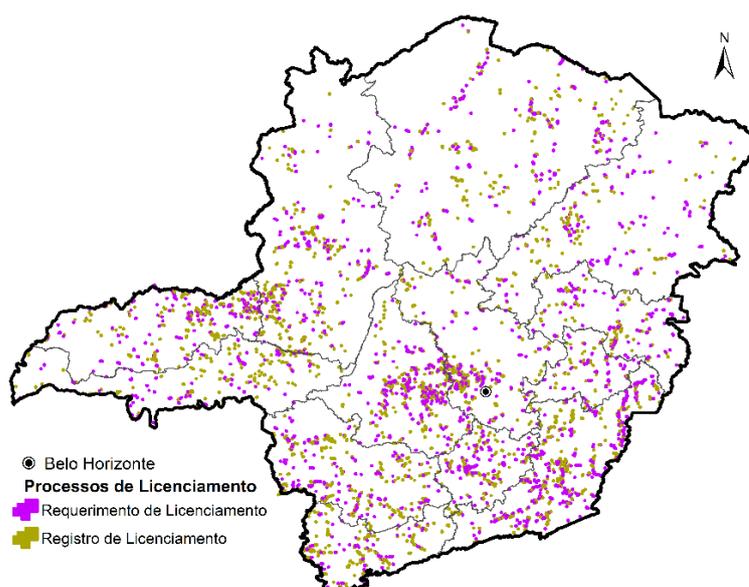
Gráfico 7 - Principais Minerais Garimpáveis no Estado de Minas Gerais.

2.1.3. Regime de Licenciamento

O **Regime de Licenciamento** é o único em que apenas o proprietário do solo (superficiário), ou quem ele autorizar, pode explorar os recursos minerais de emprego imediato na construção civil. O limite máximo da área pela ANM é de 50 ha. Ressalta-se que, mesmo com autorização do proprietário do terreno e da prefeitura, o titular da licença só poderá lavar e vender minério após a confirmação do registro da licença pela ANM.

Este regime não necessita passar por pesquisa mineral e suas etapas consecutórias; sendo permitido somente para agregados da construção civil como: **areia** (exceto areia industrial), **cascalho**, **brita** (granito, gnaíse), **argilas** e **calcários** para correção de solo.

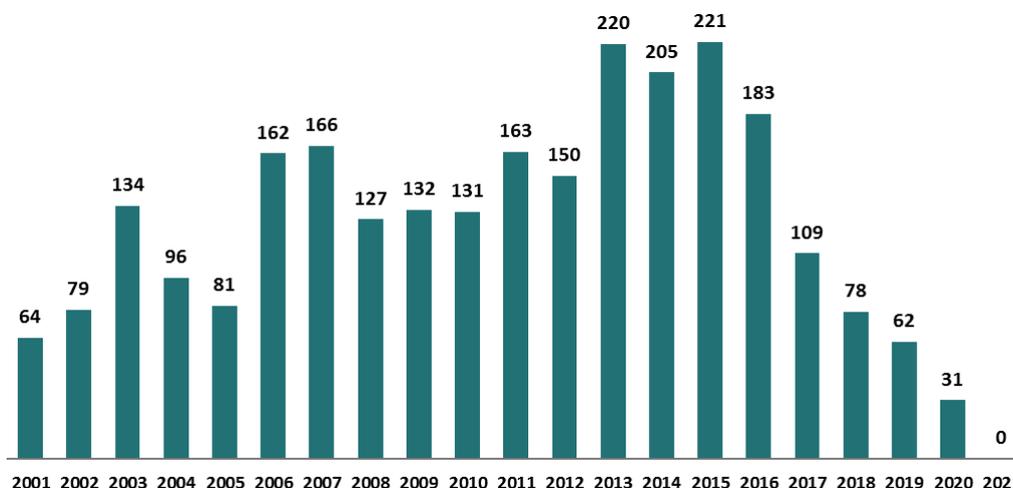
No Estado de Minas Gerais haviam **2.987** títulos outorgados para Registro de Licenciamento, contido no SIGMINE / ANM desde 1974. Os Registros de Licenciamento estão distribuídos por quase todo o território mineiro, contudo, as maiores concentrações de licenciamento estão localizadas principalmente nas regiões de **Divinópolis**, **Belo Horizonte**, **Uberlândia**, **Uberaba**, **Pouso Alegre**, **Varginha**, **Juiz de Fora** e **Barbacena** (Figura 13).



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021 / Elaboração: SEDE.

Figura 13 - Localização e Distribuição dos Processos de Licenciamento em Minas Gerais.

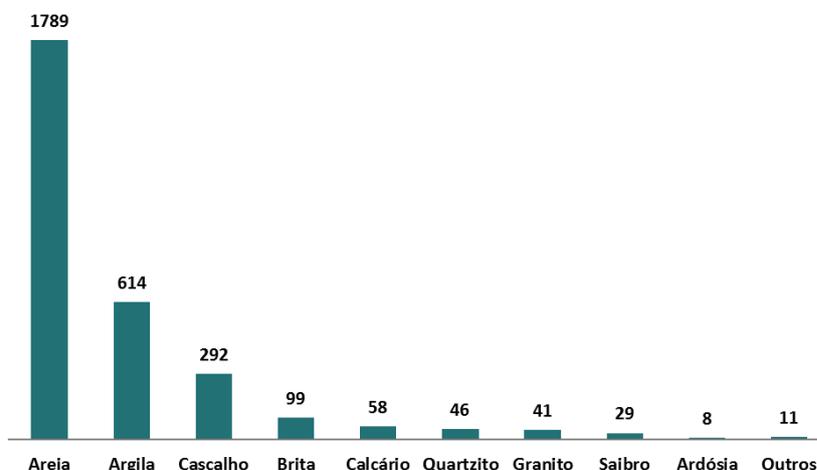
O número de Licenciamentos outorgados pela ANM para o Estado sofreu variação no período analisado, com máximo no ano de 2015 e mínimo registrado em 2020 (Gráfico 8).



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021.

Gráfico 8 - Quantidade anual de licenciamento outorgados pelo ANM para Minas Gerais.

Levando em consideração o número de títulos de licenciamento outorgados pela ANM e o tipo de substância requerida para uso, como agregados na construção civil, identificou-se que **areias, argilas, cascalho, gnaisses, calcários, quartzitos e granitos**, foram as substâncias com mais licenciamentos outorgados no Estado (Gráfico 9).



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021.

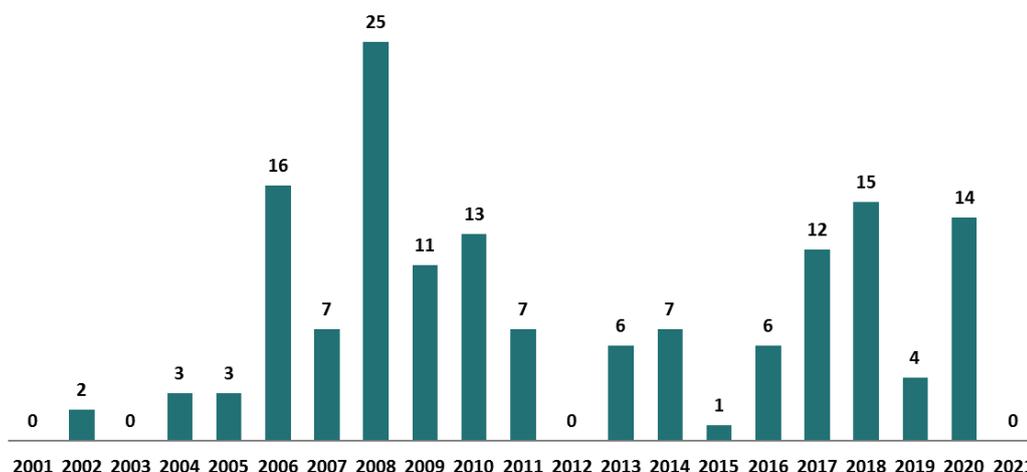
Gráfico 9 - Levantamento da quantidade de Registro de Licenciamento, das principais substâncias, com número de processos acima de cinco no SIGMINE/ANM.

2.1.4. Regime de Registro de Extração

O **Regime de Registro de Extração** é destinado exclusivamente a prefeituras, órgãos estaduais e federais que necessitam de substâncias minerais para obras de uso público (aterros, estradas, pavimentações, etc.).

O registro de extração é restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para **uso exclusivo em obras públicas**, por eles executadas diretamente.

O número de Registro de Extração, concedido pela ANM para o Estado de Minas Gerais, segundo dados do SIGMINE, é de **152** registros para um total de 201 requerimentos de Regime de Extração (**Gráfico 10**).



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021.

Gráfico 10 - Quantidade anual de Registro de Extração outorgados pela ANM para Minas Gerais.

Os principais municípios que pleitearam o Registro de Extração no Estado foram: **Patrocínio** (18), **Capitólio** (4), **Manhuaçu** (4), **Passos** (4) e **Ferros** (4), além do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais (**DEER - MG**) com 14 registros e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) com nove registros. Substâncias como: **areia, gnaisse, cascalho, granito, saibro e basalto** foram as mais requeridas.

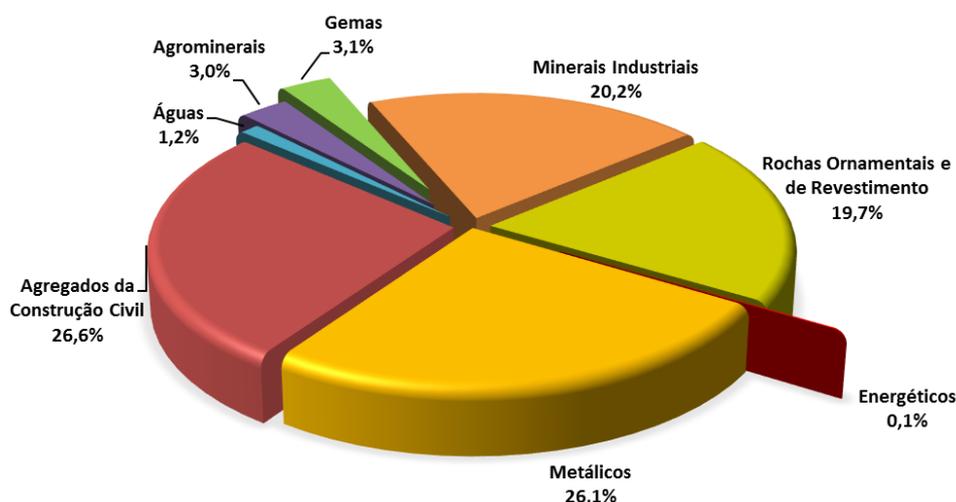
3. SUBSTÂNCIAS EXPLORADAS

As substâncias minerais requeridas para pesquisa e/ou extração no Estado de Minas Gerais, contidas no SIGMINE - ANM/2021, foram agrupadas e classificadas em três principais classes: **metálicos, não metálicos e energéticos**, segundo classificação adotada por Luz e Lins (2010). A segunda classe (não metálicos) foi ainda subdividida em: *minerais industriais, gemas, rochas ornamentais e de revestimento, agrominerais, agregados para construção civil e águas minerais*.

As principais classes identificadas, baseadas no uso e na representatividade de processos minerários ativos do Estado de Minas Gerais, estão representadas, em percentual, no **Gráfico 11**. Os processos (considerando todos os regimes de exploração) destinados à pesquisa e/ou extração de bens minerais estão distribuídos da seguinte forma:

- **Minerais metálicos 26,1%** (*ferro, ouro, alumínio, manganês, berílio, zinco, chumbo, níquel, titânio, lítio, estanho, cobre, nióbio, zircônio, cromo, tântalo, silício, arsênio, platina, cádmio, prata, cério, molibdênio, vanádio, césio e mercúrio*);
- **Agregados para construção civil 26,6%** (*areia, cascalho, gnaisse, granito, argilas, saibro, calcários, basalto, quartzito, diorito, granulito, arenito, ardósia, filito, riolito, diabásio, laterita, xisto, charnoquito, sienito, tinguaiço, canga, conglomerado, fonólito, gabro, seixos e foiaíto*);
- **Rochas ornamentais e de revestimento 19,7%** (*granito, quartzito, gnaisse, ardósia, esteatito, mármore, migmatito, basalto, arenito, charnoquito, serpentinito, sienito, xisto, gabro, calcários, diabásio, filito, conglomerado, dolomito, dunito, diorito, pedra ornamental, peridotito e tufo*);

- **Minerais industriais 20,2%** (*argila, diamante, quartzo, calcários, granito, caulim, areias, feldspatos, grafita, filito, agalmatolito, dolomito, ardósia, cianita, talco, argilito, micas, bentonita, micas, berílio, hidrargílica, petalita, terras raras, arenito, leucofilito, ocre, pegmatito, pirita, rutilo, saponito, tantalita, tonalito, vermiculita, anfibolito, calcita, granada, leucita, pirofilita, turfa, alexandrita, amianto, andaluzita, anfibólio, barita, magnesita, silito, tantalita, tório, tripolito, barita e sílex*);
- **Gemas 3,1%** (*água marinha, berilo, esmeralda, quartzo, diamante, turmalina, gema, topázio, alexandrita, ametista, pedra corada, columbita, titânita, tantalita, calcedônia, crisoberilo, espodumênio, topázio, topázio imperial, agalmatolito, kunzita, olivina, rubi, safira e amazonita*);
- **Agrominerais 3,0%** (*apatita, fosfatos, fosforita, rochas potássicas, rochas fosfáticas, calcário calcítico, calcário dolomítico, dolomito, turfa, sais de sódio, sais de potássio e sais de magnésio*);
- **Águas minerais 1,2%** (*água mineral e água potável de mesa*) e;
- **Energéticos 0,1%** (*turfa, carvão mineral e rocha betuminosa*).



Fonte: SIGMINE - ANM / Março, 2021 / Elaboração: SEDE.

Gráfico 11 - Distribuição percentual das principais substâncias exploradas no Estado de Minas Gerais, sintetizadas por classes, segundo o número de processos minerários considerando todos os regimes.

A seguir, serão abordadas as substâncias mais relevantes da Indústria Extrativa Mineral para a economia e aquelas com potencial estratégico para o desenvolvimento do Estado de Minas Gerais.

A análise é baseada em dados referentes aos recursos totais, reservas lavráveis, produção (bruta e beneficiada) e valor total comercializado, os quais foram obtidos a partir dos Anuários Minerais Brasileiros (2000 a 2018), Sumários Minerais Brasileiros (2016 e 2018), Anuário Mineral Brasileiro Interativo (Power BI da ANM); de dados preliminares disponibilizados pela Gerência Regional da ANM/MG; e dados internacionais do *Mineral Commodities Summaries* do *United States Geological Survey* (USGS).

3.1. SUBSTÂNCIAS METÁLICAS

Os processos minerários junto à ANM/MG destinados à pesquisa e extração de minerais de **minérios** (que são substâncias minerais da qual se retira um, ou mais metais, com viabilidade econômica) representam um total de 26,1% de todos os regimes de processos cadastrados no SIGMINE/MG até março de 2021.

Dentre os minerais de minérios que são pesquisados e/ou extraídos no Estado estão o ferro, ouro, alumínio, manganês, berílio, zinco, chumbo, níquel, titânio, lítio, estanho, cobre, nióbio e outros (zircônio, cromo, tântalo, platina, silício, cádmio, arsênio, prata, cério, molibdênio, vanádio, césio e mercúrio) (Gráfico 12).

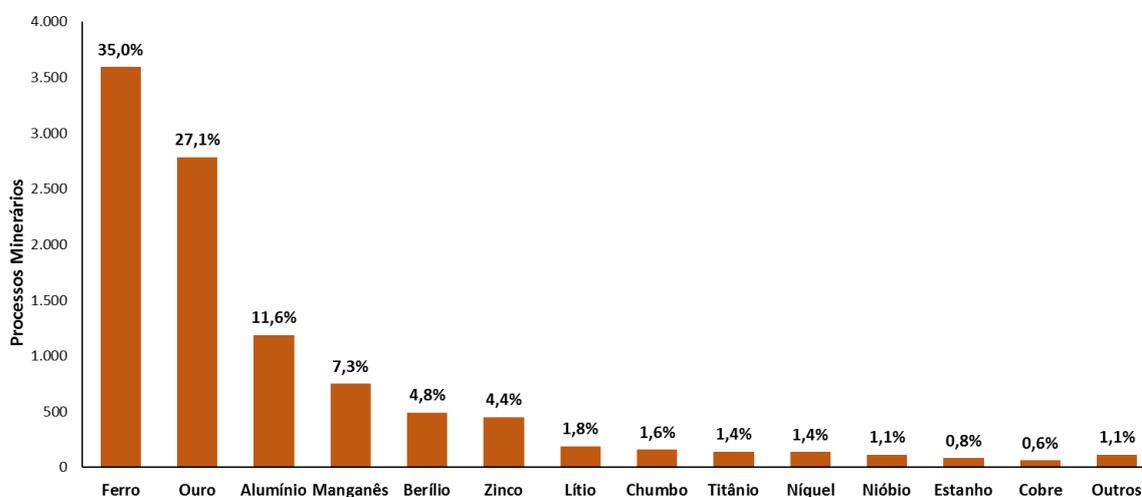


Gráfico 12 - Número total dos Regimes de Processos para minerais metálicos em Minas Gerais.

Ressalta-se que a soma de todos os processos para ferro, ouro e alumínio correspondem a 73,7% do total de processos requeridos para minerais metálicos, cadastrados no SIGMINE - ANM/MG.

3.1.1. Ferro (FE)

Dentre os oito principais distritos ferríferos do Brasil, três estão no Estado de Minas Gerais, localizados no Quadrilátero Ferrífero, na Borda Leste da Serra do Espinhaço e no Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Figura 14).

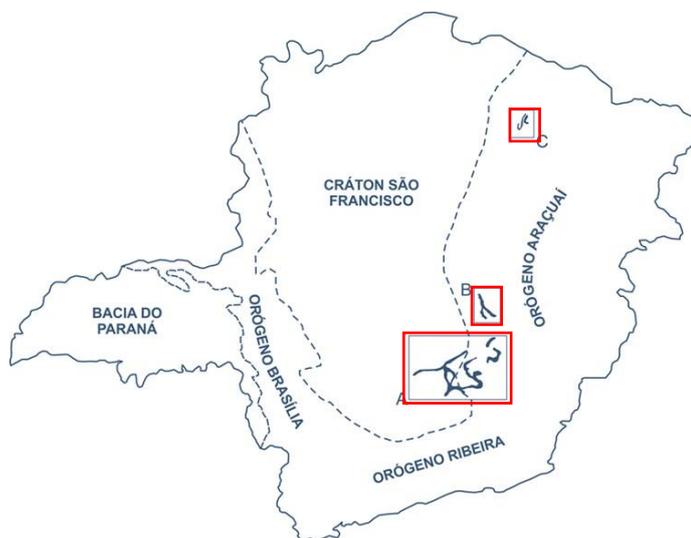


Figura 14 - Mapa esquemático com a localização das principais províncias portadoras de minério de ferro em Minas Gerais: A) Quadrilátero Ferrífero; B) Borda Leste da Serra do Espinhaço; e C) Distrito Ferrífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).

A extração de minério de ferro no Estado de Minas Gerais está distribuída em dez Regiões Geográficas Intermediárias (Belo Horizonte, Montes Claros, Barbacena, Divinópolis, Ipatinga, Teófilo Otoni, Uberaba, Governador Valadares, Pouso Alegre e Juiz de Fora), concentrando-se na região de Belo Horizonte, onde se localizam as principais jazidas.

Os municípios mais relevantes que extraem minério de ferro são Mariana, Sarzedo, Itabira, Nova Lima, Ouro Preto, São Gonçalo do Rio Abaixo, Catas Altas, Itabirito, Santa Bárbara, Brumadinho, Bela Vista de Minas, Guanhães, Caeté, Itatiaiuçu, Barão de Cocais e Congonhas.

Quadrilátero Ferrífero

O termo **Quadrilátero Ferrífero** se refere a uma estrutura geológica cuja forma se assemelha a um quadrado e que perfaz uma área de aproximadamente 12.000 km² (ENDO et al., 2019) localizada entre Ouro Preto, a sudeste, e Belo Horizonte, a noroeste (ROESER e ROESER, 2010) (**Figura 15**).

O Quadrilátero Ferrífero, em termos geográficos ou geomorfológicos, é continuação da Serra do Espinhaço, apresenta embasamento cristalino e áreas circunvizinhas constituídas por gnaisses tonalíticos e intrusões graníticas de idade arqueana (acima de 2,65 bilhões de anos). Sobre este embasamento cristalino, encontram-se três unidades de rochas metassedimentares supracrustais (o Supergrupo Rio das Velhas, arqueano; o Supergrupo Minas e o Grupo Itacolomi, ambos paleoproterozoicos).

O **Supergrupo Minas** é composto por quatro grupos; dos quais se destaca e tem relevância econômica o **Grupo Itabira** por conter os minérios de ferro, localmente denominados itabiritos, internacionalmente conhecido como *Banded Iron Formations (BIF's)*, minérios bandados do tipo *lake superior* (ROESER e ROESER, 2010).



Foto: Itabirito Compacto (Colaboração ISI-PM)

Na região do Quadrilátero Ferrífero estão localizadas as principais companhias mineradoras do Estado de Minas Gerais, destacando-se:

A **Vale S.A.** lavra corpos de minério de ferro de alto teor, compacto a semi-friável e friável, com teores históricos superiores a 64% Fe, além de itabirito enriquecido com teores entre 30 e 60% de ferro. Seus principais depósitos em produção compreendem o chamado Complexo Itabira (Cauê, Conceição, Dois Córregos, Onça, Esmeril, Chacrinha e Periquito); Minas Centrais (Água Limpa, Brucutu, Córrego do Meio e Gongo Soco); Complexo Mariana (Alegria, Timbopeba, Fábrica Nova, Fazendão e Morro da Mina); Minas do Oeste (Córrego do Feijão e Fábrica); e o Complexo de Alegria, explorado pela sociedade BHP Billiton/Vale (ROSIÈRE, 2016).

A principal mina a céu aberto é a mina de Brucutu, segunda maior mina de ferro do país, sendo a mais competitiva do Sistema Sudeste da Vale, cuja produção total é exportada, sendo que cerca de 40% vai para a China. A jazida está localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo.

A mina de Córrego do Feijão, localizada em Brumadinho, teve suas operações suspensas, em janeiro de 2019, em virtude do rompimento da barragem de rejeitos (B1).

Dentre as parcerias da Vale com outras empresas mineradoras de ferro no Estado, encontra-se a **Samarco** operada pelas empresas Vale e BHP Billiton. Em Minas Gerais, a empresa possui a unidade operacional Germano, localizada em Mariana e Ouro Preto, com extração, beneficiamento e mineroduto de 400 km de extensão que leva seus concentrados de *pellet feed* até a unidade de Ubu (Anchieta, ES). O principal produto da empresa são pelotas de minério de ferro comercializadas para a indústria siderúrgica de países das Américas, do Oriente Médio, da Ásia e Europa (SAMARCO, 2018).

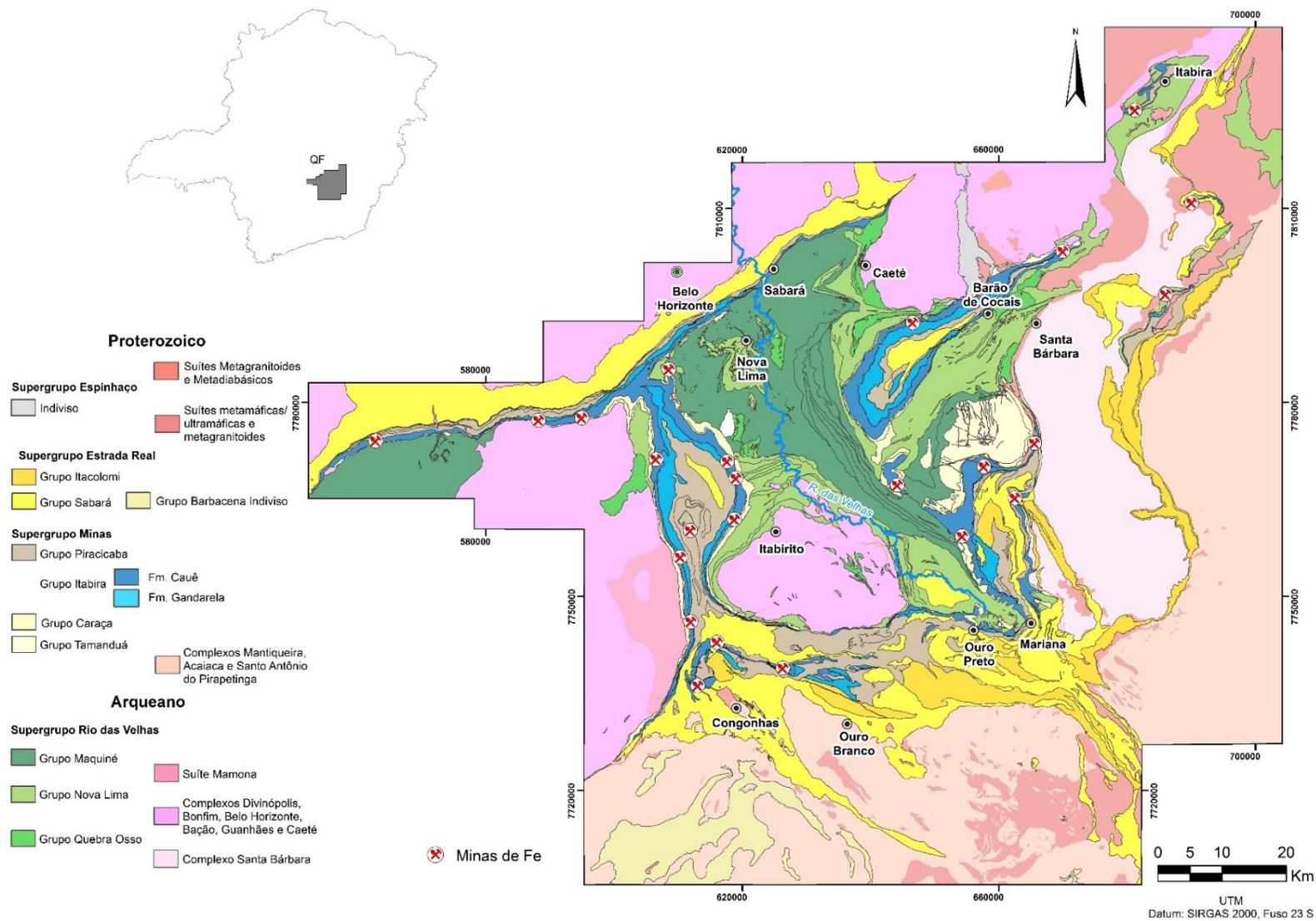


Figura 15 - Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero (Adaptado de ENDO et al., 2019).

A **Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)**, companhia de mineração de ferro mais antiga em operação no Brasil, explora o depósito de Casa de Pedra, que contém o maior corpo de alto teor do Quadrilátero Ferrífero (com recursos estimados em mais de 6 bilhões de toneladas e 3 bilhões de toneladas em reservas). A CSN ainda explora a mina do Engenho, vizinha de Casa de Pedra, com reservas calculadas em 300 Mt de minério.

A **Mineração Usiminas**, *joint venture* formada em 2010 a partir de uma parceria com o grupo japonês Sumitomo Corporation, possui quatro minas na região de Serra Azul (MG), com capacidade para atender tanto às suas próprias usinas siderúrgicas, quanto ao mercado interno e externo. A companhia ampliou sua capacidade instalada de oito para 12 Mt/ano, através da implantação do Projeto Friáveis que é formado por duas usinas de beneficiamento de minério, sendo a Instalação de Tratamento de Minério (ITM) Samambaia, na Mina Oeste, e a ITM Flotação, na Mina Central para beneficiamento de *pellet feed* e *sinter feed*.

A **ArcelorMittal Mineração** opera duas jazidas na região central do Estado: a Mina do Andrade, situada em Bela Vista de Minas, com produção de *sinter feed* que atende às unidades de Aços Longos no Brasil; e a Mina de Serra Azul, instalada no município de Itatiaiuçu, que fornece minério de ferro granulado e *sinter feed* para os mercados interno e externo.



Foto: BIF (Colaboração ISI-PM)

Também pode ser citada a companhia mineradora **Ferrous Resources** que explora minério de ferro no município de Congonhas nas minas: Viga 4+ (com capacidade de produção de 4 Mt/a e previsão de expansão para 21 Mt/a até 2021); e Viga 17, que faz parte do projeto de expansão da produção da empresa (com reservas medidas de 542 Mt e capacidade de produção estimada de 17 Mt/a); ainda pode ser mencionada a reserva Viga Norte, localizada no município de Itabirito, com estudos geológicos e testes em laboratório em andamento.

Outra empresa que explora minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero é a **Vallourec Mineração**, na Mina Pau Branco, localizada na Serra da Moeda, município de Brumadinho, a qual tem capacidade de processamento anual de seis milhões de toneladas de minério de ferro bruto. A Vallourec implantou o processo de filtragem do rejeito para posterior disposição a seco, o que eliminou o uso da barragem.

A **Ferro+ Mineração**, localizada nos municípios de Congonhas e Ouro Preto, tem foco na extração, beneficiamento e comercialização de minério de ferro. A mina tem capacidade produtiva de 2,5 Mt/a.

As abundantes ocorrências de *BIF's* no Quadrilátero Ferrífero fazem dessa região uma das principais produtoras de minério de ferro do Estado, com aproximadamente 24 minas em operação (**Figura 15**). A maior parte do minério processado é transportada por via férrea ao porto de Vitória, no Estado do Espírito Santo.

Borda Leste da Serra do Espinhaço

A Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional insere-se na região metropolitana de Belo Horizonte e corresponde a uma área com aproximadamente 30 km de largura e 150 km de comprimento, no centro-leste do Estado de Minas Gerais (**Figura 16**).

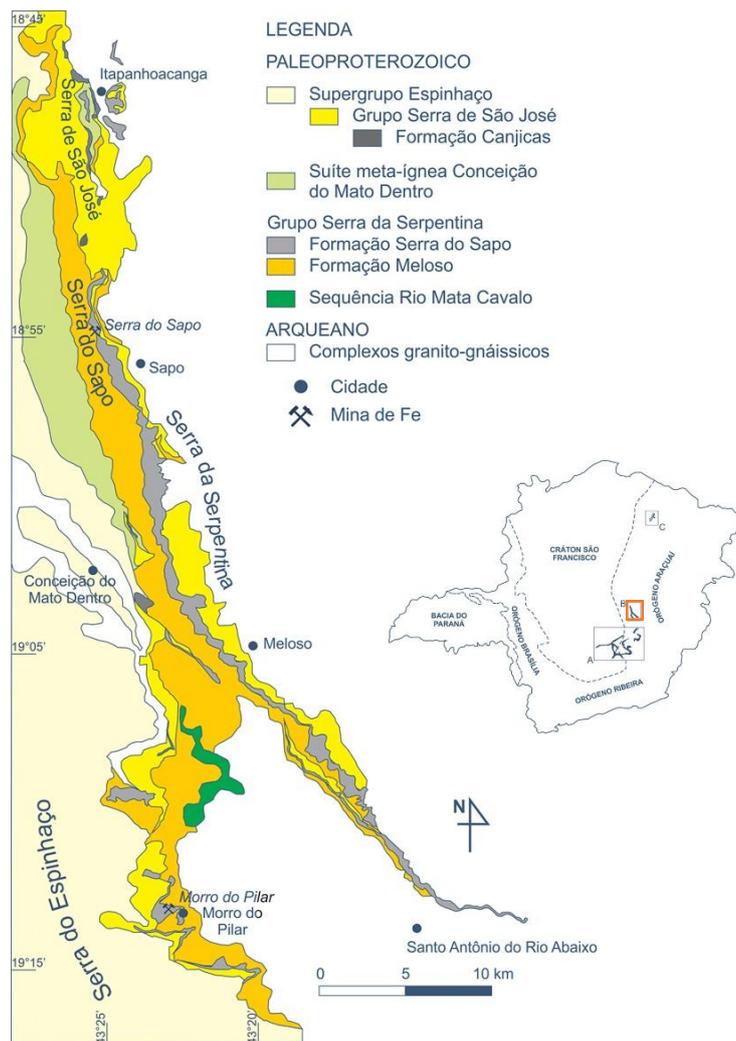


Figura 16 - Mapa geológico simplificado da Borda Leste da Serra do Espinhaço (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).

Sequências metassedimentares subjacentes às unidades do Supergrupo Espinhaço afloram nessa região, entre as quais o Grupo Serra da Serpentina (ROLIM e ROSIÈRE, 2011 *apud* ROSIÈRE e ROLIM, 2016). Segundo Rolim, (2016), esse Grupo é constituído na base por metapelitos (Formação Meloso) e por formações ferríferas bandadas e no topo por metadolomitos (Formação Serra do Sapo).

Outra sequência metassedimentar portadora de formações ferríferas bandadas na região são as da Formação Canjica que constituem a unidade de topo do Grupo Serra de São José, o qual sobrepõe o Grupo Serra da Serpentina (ROLIM, 2016).

As formações ferríferas da Suíte meta-ígneia Conceição do Mato Dentro são conhecidas desde o século XVIII e foram usadas, no início do século XIX, para alimentar o primeiro alto forno da América do Sul (ROSIÈRE e ROLIM, 2016). Ainda segundo estes mesmos autores, todos os depósitos localizados nesta região apresentam características químicas e mineralógicas muito semelhantes: quartzo, hematita lamelar (especularita) e blastos de magnetita; ferro total com valores médios entre 30 e 35% e rocha sã perfazendo cerca de 55% do total. Já a rocha friável, pulverulenta e intemperizada, atinge 45%, com teores médios de 43% de Fe.

Rosière e Rolim (2016), mencionam que três depósitos de ferro, se destacam nesta região:

- **Serra do Sapo** apresenta 15 km de extensão, com camadas de formação ferrífera que chegam até 300 m de espessura (100 m em média). Apresenta potencial de recursos estimados de 6 a 8 bilhões de toneladas de minério. Esses depósitos são explorados pela **Anglo American Brasil** dentro do chamado Projeto Minas-Rio, que em sua primeira fase lavra itabirito friável com teor de 38,8% Fe e cujas reservas calculadas perfazem 1,4 Bt.;
- **Serra da Serpentina** que possui 32 km de comprimento e potencial estimado de recursos de 8 a 10 Bt, cujo direito mineral pertence à **Vale**
- **Morro do Pilar** com extensão de 22 km, camada ferrífera de espessura variável, até 250 m a sul, e entre 10 e 50 m no trecho a norte. O potencial de recursos foi estimado entre 2 e 4 Bt.

Na região de **Serro** e no entorno de **Guanhães**, ainda são conhecidos vários outros depósitos que não foram totalmente avaliados, supondo-se um volume de recursos em 400 Mt (ROSIÈRE e ROLIM (2016).

Distrito Ferrífero de Nova Aurora

Na região ao sul da cidade de Nova Aurora, norte do Estado de Minas Gerais, ocorre a Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas (**Figura 17**), que corresponde a um depósito composto por diamictitos de matriz ferruginosa, com teores de ferro total variando de 8 a 56%, intercalados por quartzitos, filitos e xistos micáceos e granatíferos, cuja espessura máxima estimada é de 600 m. Os corpos apresentam teores de até 40% Fe. Embora a presença de apatita comprometa a qualidade do minério, os teores finais no concentrado (Fe > 65%, P < 0,065%, SiO₂ < 3%, Al₂O₃ < 1%, LOI < 1%) tornam o produto do beneficiamento mineral atrativo para o mercado consumidor (ROSIÈRE, 2016).

Há relatos de trabalhos de exploração na região, desenvolvidos por diversas empresas, dentre as quais a **Sul Americana de Metais**, que elaborou um projeto de complexo mineiro a ser instalado entre Grão Mogol e Padre Miguel. O projeto prevê reservas lavráveis definidas em 2,6 Bt; teor médio de Fe de 20% e potencial de 20 Bt para o distrito mineral, garantindo uma vida útil de pelo menos 25 anos para o empreendimento, com produção de 25 Mt/a de *pellet feed*. Porém, ainda não há confirmação do início das atividades de operação do empreendimento (ROSIÈRE, 2016).

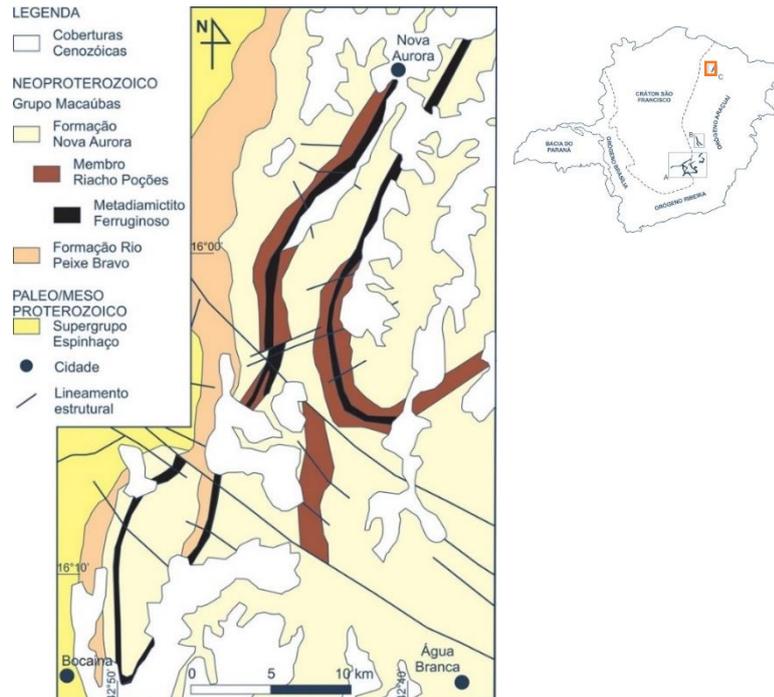
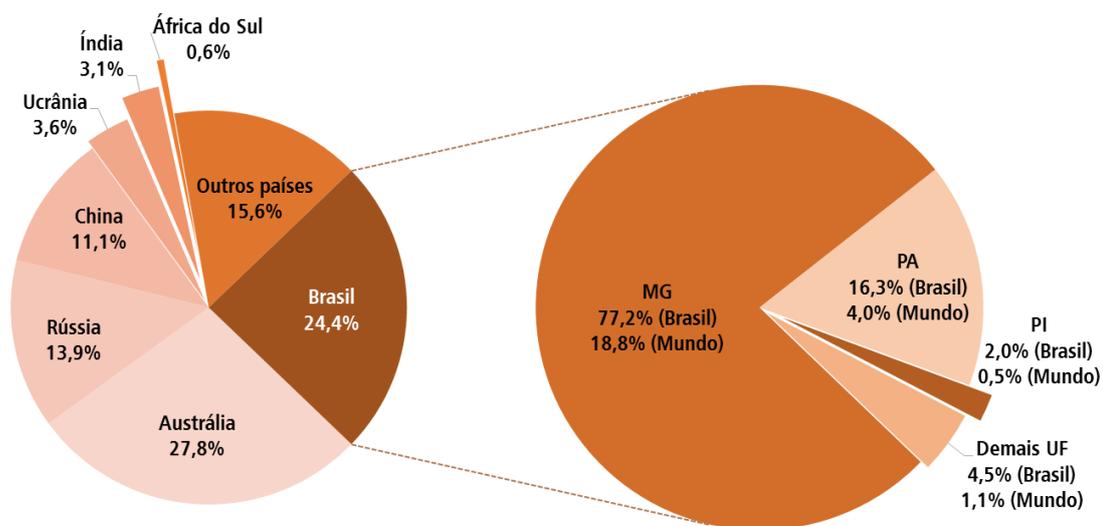


Figura 17 - Mapa geológico simplificado do Distrito Ferífero de Nova Aurora (Adaptado de CAXITO e DIAS, 2018).

Recursos e Reservas

Segundo o *Mineral Commodity Summaries* (USGS), as reservas mundiais de minério de ferro, em 2020, foram da ordem de 180 Bt, e, segundo dados da ANM, 43,94 bilhões estavam em território nacional (com teor médio de 47,8% de ferro). Isso representa 24,4% do montante e faz do Brasil o segundo *player* mundial (Gráfico 13).

O Estado de Minas Gerais está entre os principais detentores de reservas nacionais de minério de ferro, com aproximadamente 77% das reservas e teor médio de 44,7% de Fe; seguido pelo Estado do Pará, com 16,3% das reservas e teor médio de 65,9%, e pelo Estado do Piauí, detém 2,0% das reservas, com teor médio de 27,5% (Gráfico 13).



Fonte: USGS, 2021/ ANM, 2021.

Gráfico 13 - Panorama das reservas mundiais e brasileiras de minério de ferro.

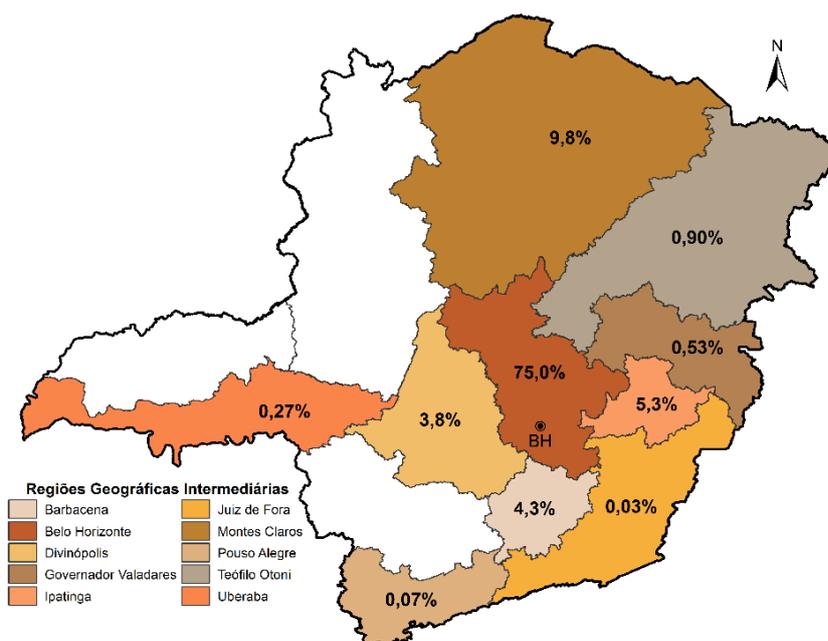
Em Minas Gerais, a partir dos dados preliminares fornecidos pela ANM sobre recursos e reservas de minério de ferro (2020), tem-se que 45,2 Bt foram para os recursos inferidos; 37,1 Bt para recursos indicados; 48,9 Bt para recursos medidos; e 33,9 Bt para as reservas lavráveis (**Gráfico 14**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 14 - Percentual dos recursos e reservas minério de ferro em Minas Gerais

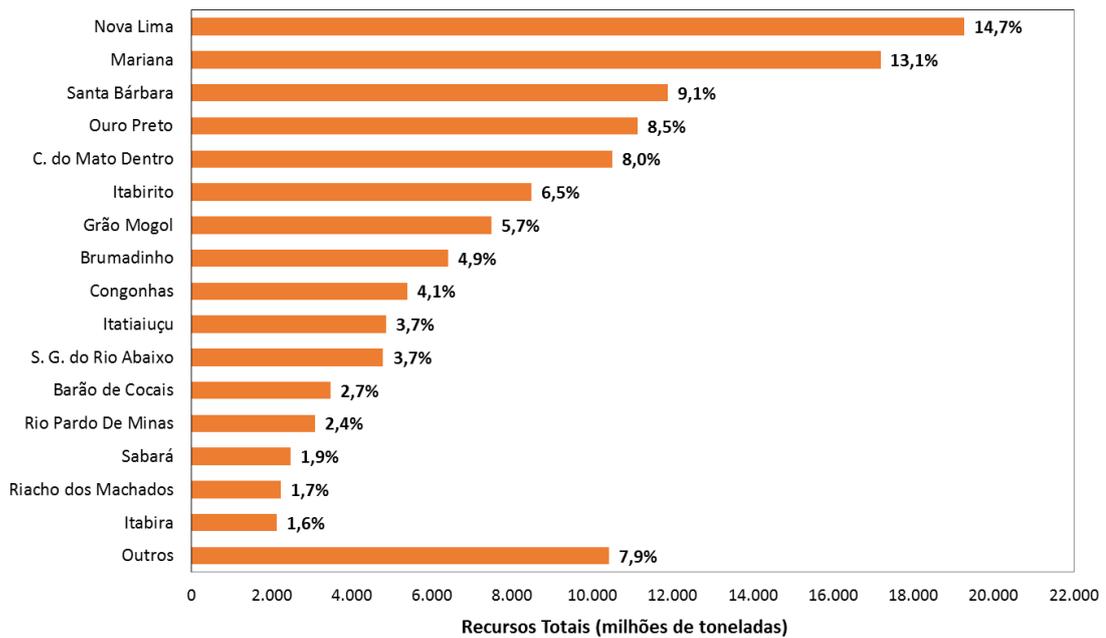
Em termos de **recursos totais**, a distribuição estadual, por Região Geográfica Intermediária, demonstrou que a região de Belo Horizonte detém aproximadamente 75,0% do total de recursos, o que representa 98,3 Bt, onde se localizam os depósitos com potencial de extração. O restante ficou distribuído entre as regiões de Montes Claros, Ipatinga, Barbacena, Divinópolis e outras (**Figura 18**).



Fonte: ANM, 2021/ Elaboração: SEDE.

Figura 18 - Distribuição percentual dos recursos totais de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.

Dentre os municípios com recursos acima de 2,0 Bt, onde se concentram 92,1% dos recursos totais do Estado, destacam-se os municípios de Nova Lima (19,3 Bt); Mariana (17,1 Bt); Santa Bárbara (11,9 Bt); Ouro Preto (11,1 Bt); Conceição do Mato Dentro (8,5 Bt); Itabirito (8,5 Bt); Grão Mogol, (7,5 Bt); Brumadinho (6,4 Bt); e Congonhas (3,4 Bt). Cita-se ainda os municípios de Itatiaiuçu, São Gonçalo do Rio Abaixo, Barão de Cocais, Rio Pardo de Minas e Itabira (**Gráfico 15**).

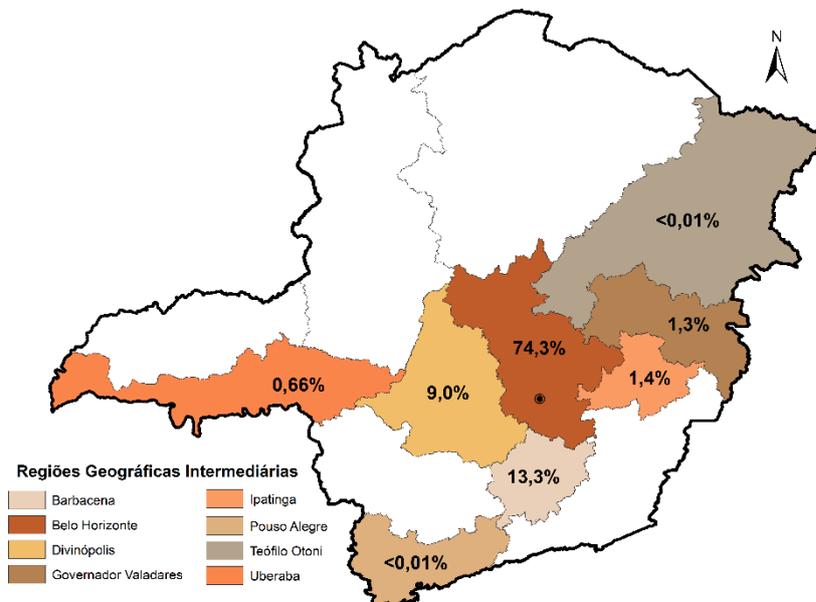


Fonte: ANM, 2021

Gráfico 15 - Distribuição por municípios dos recursos totais de ferro acima de dois bilhões de toneladas

Em termos de **reservas lavráveis**, também se observa que a RGInt de Belo Horizonte detém aproximadamente 25,20 Bt; seguida pela Região de Barbacena (4,51 Bt); Divinópolis (3,05 Bt); e em menor participação as Regiões de Ipatinga, Governador Valadares, Uberaba, Pouso Alegre e Teófilo Otoni, que juntas correspondem a pouco mais de 1,14 Bt (Figura 19).

Na Região de Juiz de Fora, não há informações de reservas lavráveis. Entretanto, constata-se que há um montante de 34,6 Mt de recursos totais, com um total de Fe contido de aproximadamente 16,9 Mt.

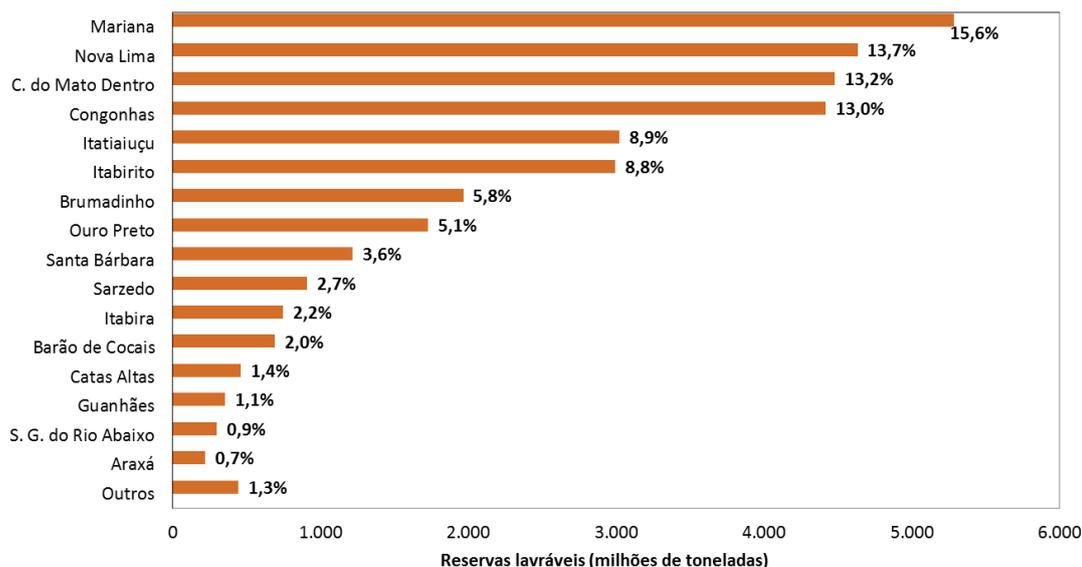


Fonte: ANM, 2021 - Elaboração: SEDE.

Figura 19 - Distribuição percentual das reservas lavráveis de ferro por Regiões Geográficas Intermediárias.

É importante salientar a massa total de ferro contido nas reservas lavráveis, que estão da ordem de 11,35 Bt na região de Belo Horizonte; 1,91 Bt na região de Barbacena; 1,43 Bt, na região de Divinópolis; 245,0 Mt, na região de Ipatinga; e para a região de Governador Valadares, 174,30 Mt.

Dentre os municípios com reservas lavráveis acima de 1,0 Bt, destacam-se os municípios de Mariana (5,29 Bt), Nova Lima (4,63 Bt), Conceição do Mato Dentro (4,48 Bt), Congonhas (4,42 Bt), Itatiaiuçu (3,02 Bt), Itabirito (3,00 Bt), Brumadinho (1,97 Bt), Ouro Preto (1,73 Bt) e Santa Bárbara (1,22 Bt). Ainda é importante mencionar os municípios com reservas lavráveis acima de 200 Mt como Sarzedo, Itabira, Barão de Cocais, Catas Altas, Guanhães, São Gonçalo do Rio Abaixo e Araxá. (Gráfico 16).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 16 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ferro acima de 200 milhões de toneladas.

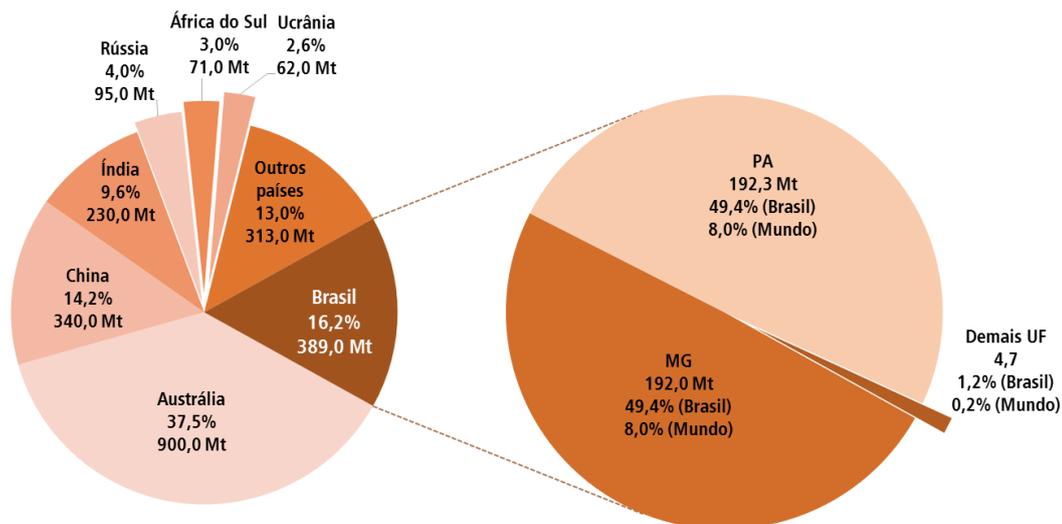
Das reservas lavráveis localizadas na RGIInt de Belo Horizonte, as que apresentam maiores teores médios de ferro contido, são aquelas que ocorrem nos municípios de **Santa Maria de Itabira, Juatuba, Santa Bárbara, Sabará e Barão de Cocais** com teores entre 54 e 65%. Por outro lado, os jazimentos localizados nos municípios de **Conceição do Mato Dentro e Caeté** são os que apresentam teores médios abaixo de 35%, sendo os mais baixos desta região.

Apesar dos jazimentos localizados nos municípios de **Mariana, Nova Lima e Itabirito** serem os mais representativos, em termos de reservas lavráveis, seus teores médios variam entre 40 e 45% de ferro, não sendo tão expressivos quanto aos do Estado do Pará, que atingem mais de 65% de ferro (Fonte: ANM, 2021).

Produção

Segundo dados da USGS e da ANM, o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de minério de ferro em 2020, com, aproximadamente, 390 Mt (produção beneficiada) (Gráfico 17), ficando atrás apenas da Austrália, que teve uma produção de 900 Mt. Citam-se ainda a China (340 Mt); Índia (230 Mt); Rússia (95 Mt); África do Sul (71 Mt) e Ucrânia (62 Mt).

Em nível nacional, os Estados de Minas Gerais e Pará se destacam como os principais produtores, ambos com um volume aproximado de 192 Mt cada, o que corresponde a 49,4% da produção do país e 8,0% da produção mundial, à frente de países como Rússia, África do Sul e Ucrânia.

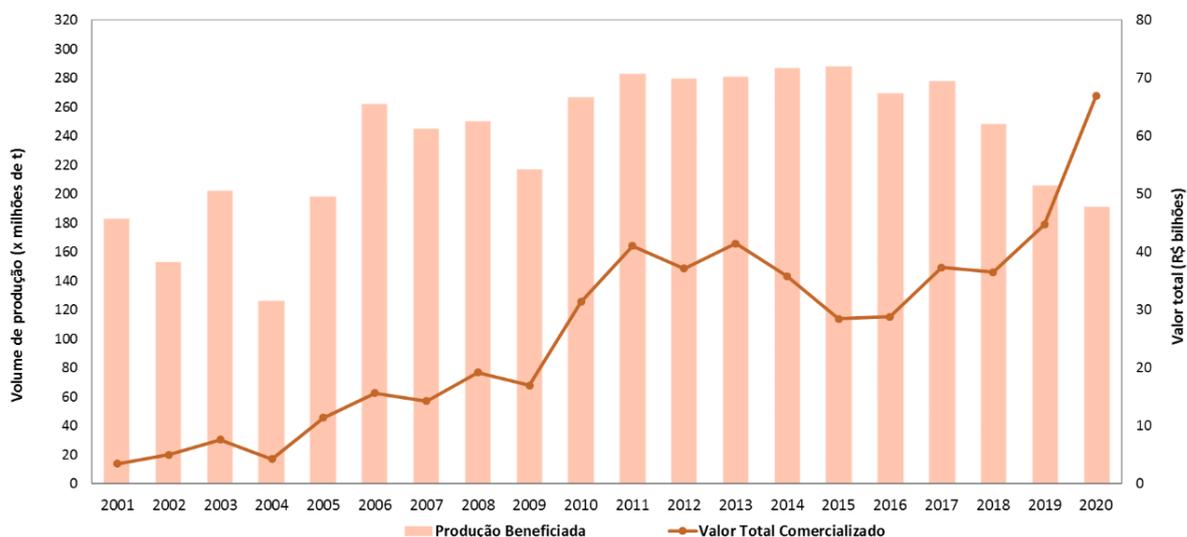


Fonte: USGS/ANM, 2021.

Gráfico 17 – Produção mundial e nacional de minério de ferro (milhões de toneladas).

Em uma projeção linear, considerando o mesmo nível de produção atual e não levando em conta os planos de expansão ou exaustão das minas, tem-se que as reservas lavráveis de ferro de Minas Gerais terão a capacidade de fornecimento de matéria-prima para aproximadamente **177 anos**. Sob esse mesmo ponto de vista, estima-se que em 37 anos as reservas paraenses sejam exauridas.

A produção beneficiada de minério de ferro em Minas Gerais sofreu variações no período de 2001 a 2020, entre 126,6 e 288,2 Mt, sendo que desde 2005 a produção anual se manteve em acima de 200 Mt, apresentando tendência de queda a partir de 2017. Em 2020, a produção beneficiada ficou em 191,4 Mt (**Gráfico 18**).

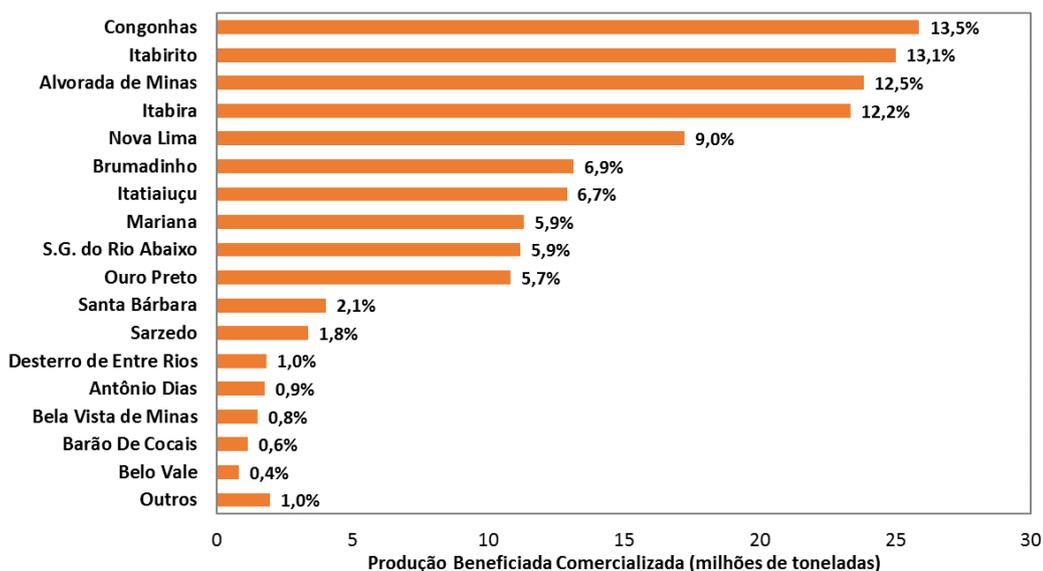


Fonte: ANM

Gráfico 18 – Produção beneficiada comercializada estadual de minério de ferro e valor total comercializado.

É possível observar uma tendência de crescimento no valor total comercializado, com pico de R\$41,46 bilhões em 2011, com retração nos anos posteriores, possivelmente devido à queda de preços no mercado mundial no mesmo período. Entretanto, observou-se crescimento após 2015, alcançando máximo de R\$ 66,9 bilhões em 2020.

Em 2020, vinte e quatro municípios tiveram registro de produção beneficiada comercializada de minério de ferro, sendo 138,8 Mt (72,6%) provenientes de municípios do Quadrilátero Ferrífero e entorno, o que correspondeu a um valor comercializado de R\$ 45,8 bilhões. Os 10 principais municípios produtores foram Congonhas (25,9 Mt), Itabirito (25,0 Mt), Alvorada de Minas (23,8 Mt), Itabira (23,4 Mt), Nova Lima (17,3 Mt), Brumadinho (13,2 Mt), Itatiaiuçu (12,9 Mt), Mariana (11,3 Mt), São Gonçalo do Rio Abaixo (11,2 Mt) e Ouro Preto (10,8 Mt). Citam-se ainda os municípios de Santa Bárbara, Sarzedo, Desterro de Entre Rios, Antônio Dias, Bela Vista de Minas, Barão de Cocais e Belo Vale (**Gráfico 19**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 19 - Distribuição municipal da produção beneficiada comercializada de minério de ferro.

Cadeia Produtiva

A cadeia produtiva do ferro é uma das mais verticalizadas do Estado indo desde a extração, passando pela transformação, chegando a obtenção de produtos manufaturados. O minério de ferro para ser considerado comercialmente utilizável deve passar por caracterização geometalúrgica para definição das rotas de processamento do minério, de adequação granulométrica e de teor, em virtude dos diferentes teores das jazidas (entre 20 e 60%).

A proximidade com as minas fez com que algumas indústrias siderúrgicas se instalassem no próprio Quadrilátero Ferrífero e regiões próximas. A região do Vale do Aço, no leste do Estado, se destaca pela mesma industrialização. A locação da estrada de ferro Vitória-Minas, proporcionou não só o escoamento de minério de ferro, mas também a urbanização e instalação de siderúrgicas nessa região, iniciada em 1944 com a Usina Siderúrgica ACESITA, em Timóteo (MADEIRA, n.d.).

O minério de ferro bruto (ROM – *Run-of-Mine*) segue para as usinas de beneficiamento passando por processos de adequação granulométrica e concentração (se necessário). Conforme as características intrínsecas do minério, os produtos do beneficiamento são classificados em:

- Granulado (*Lump Ore*) – Usado diretamente no alto-forno;
- *Sinter Feed* – Usado no processo de sinterização e posteriormente no alto-forno e fornos de redução direta;

- *Pellet Feed* - Deve passar por processos de aglomeração (pelotização) antes de ser utilizado no alto-forno e fornos de redução direta.

Esses produtos podem ser encaminhados para a exportação ou aplicação na indústria siderúrgica nacional, para a obtenção de ferro-gusa e ferro-esponja, sendo usados na fabricação de aço (Figura 20).

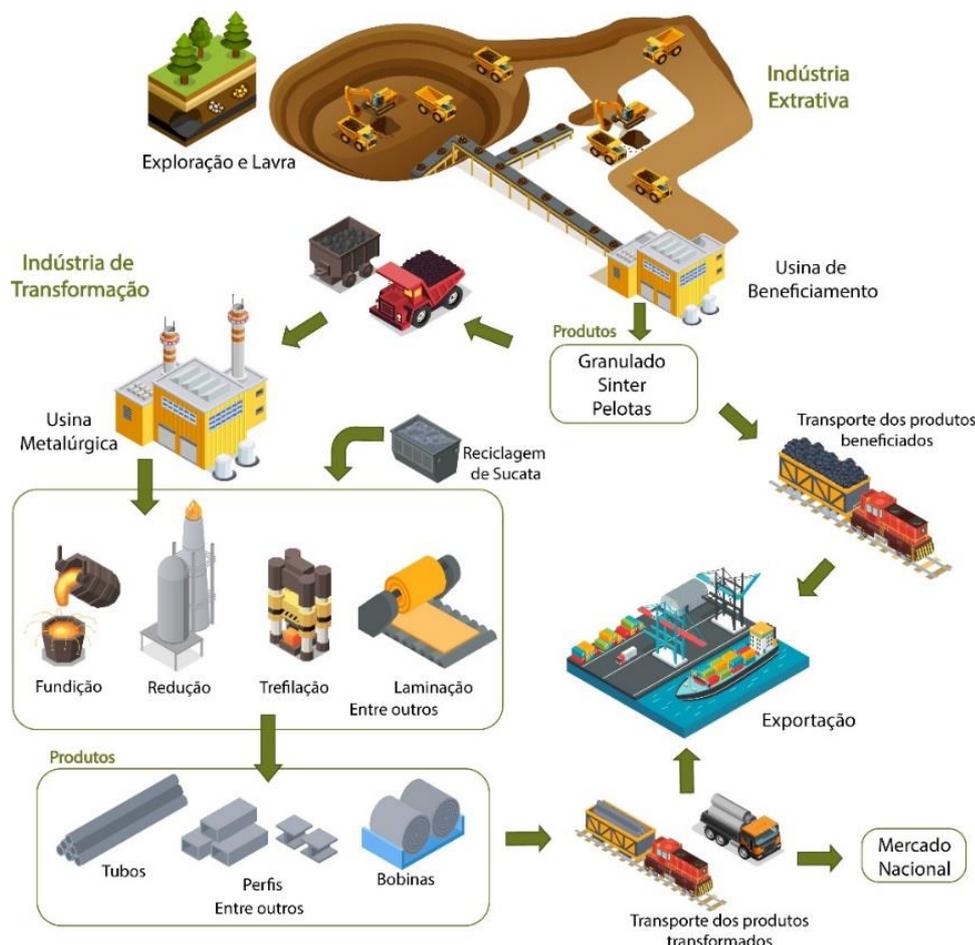


Figura 20 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ferro.

Segundo RAIS, em 2020, o Estado contava com 122 empresas na extração de minério de ferro; 23 no segmento de pelotização, sinterização e beneficiamento; e 8 nas atividades de apoio, em um total de 153 empresas, localizadas nas RGInt de Belo Horizonte, Divinópolis, Barbacena, Ipatinga, Governador Valadares, Juiz de Fora e Teófilo Otoni.

O parque produtivo da indústria de transformação do ferro conta com 320 empresas distribuídas por todo o território estadual. Entretanto, cerca de 80% se concentra na parte central do Estado, principalmente nas RGInt de Divinópolis e Belo Horizonte, abrangendo **52 municípios**, posição privilegiada devido à proximidade com os maiores centros consumidores do país. Esse parque conta 131 empresas do segmento siderurgia, 68 na produção de ferro-gusa e 29 na produção de ferroligas, além de outras empresas de produção de laminados, tubos e arames (RAIS, 2020).

A indústria de transformação de ferro em Minas Gerais é favorecida pela proximidade das matérias primas, por contar com uma infraestrutura logística (rodovias e ferrovias), conectada aos principais estados consumidores e

aos portos de Vitória e Rio de Janeiro, atendendo à demanda de escoamento da produção para o mercado internacional.

Cabe ressaltar que estão presentes no Estado a ArcelorMittal, Aperam, Gerdau, Usiminas e Vallourec. Essas indústrias são responsáveis pelo fornecimento dos mais diversos tipos de produtos, do aço carbono aos aços especiais, planos e longos, abastecendo diretamente consumidores ou servindo de base para outras indústrias da cadeia (INDI, 2021) (Figura 21).

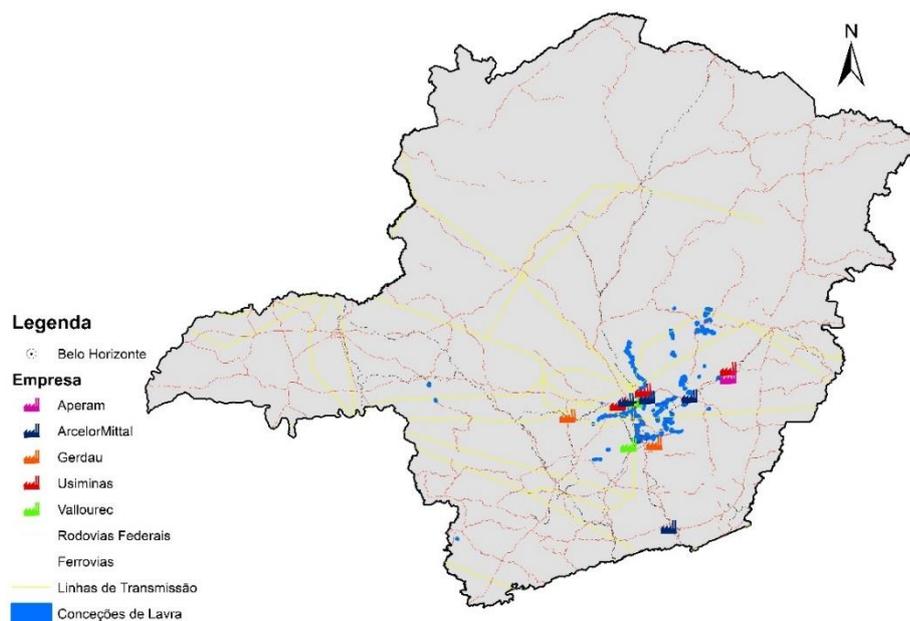


Figura 21 - Localização das principais indústrias de transformação de ferro em Minas Gerais

A **Aperam South America** (antiga Acesita) é produtora integrada de aços planos inoxidáveis e elétricos, e fabrica também aços planos especiais ao carbono. Com mais de 2 mil empregados, tem capacidade instalada de 900 mil toneladas de aço líquido. Sua planta industrial, localizada no município de Timóteo, conta com dois altos-fornos que utilizam apenas carvão vegetal.

A **ArcelorMittal** conta unidades localizadas nos municípios de Contagem, João Monlevade, Juiz de Fora e Sabará atuando nos segmentos de: aços longos, com produtos que atendem aos mercados da construção civil, indústria e agronegócio; e aços planos, produzindo placas, bobinas a quente e bobinas a frio. As unidades de Contagem e João Monlevade e processamento de sucata metálica para abastecer, principalmente, as aciarias elétricas do Grupo no Brasil.

A **Gerdau** possui duas unidades no Estado de Minas Gerais, sendo uma no município de Ouro Branco, também chamada de Gerdau Açominas, com capacidade de 3,0 Mt por ano de aço líquido atendendo o mercado externo. A outra é localizada no município de Divinópolis, denominada de Gerdau Aços Longos.

A **Usiminas** é uma empresa do setor siderúrgico que atua na produção de aços planos laminados a frio e a quente destinados, principalmente, aos setores de bens de capital, bens de consumo da linha branca, além da indústria automotiva. Existem unidades de siderurgia (Ipatinga) e transformação do aço (Betim e Santa Luzia).

A **Vallourec** conta com duas usinas de produção de tubos de aço sem costura, sendo uma em Belo Horizonte, que produz tubos que atende os setores petrolífero, industrial, automotivo, de energia e da construção civil; e a outra em Jeceaba que atende o setor de petróleo e gás.

Na indústria de transformação de ferro no Estado existe diversas formas e tipos de produtos de aço, devido ao fato de cada uma de suas aplicações demandar alterações na composição e forma (Tabela 5).

Tabela 5 - Principais indústrias de transformação de aço localizadas em Minas Gerais e seus respectivos produtos.

Produtos		Aperam	ArcelorMittal	Gerdau	Usiminas	Vallourec	
Planos	Placas	✓	✓	✓	✓		
	Chapas e Bobinas não Revestidas	Grossas	✓	✓	✓	✓	
		A Quente	✓	✓	✓	✓	
		A Frio	✓	✓		✓	
	Chapas e Bobinas Revestidas	Zincadas a Quente		✓		✓	
		Eletro-Galvanizadas				✓	
		Outras				✓	
	Chapas e Bobinas Especiais	Inoxidáveis	✓				
		Siliciosas	✓				
		Outros	✓				
Longos	Lingotes, Blocos e Tarugos		✓	✓		✓	
	Barras	Aço Carbono	✓	✓	✓		
		Aço Ligado			✓		
		Aço Inoxidável			✓		
		Aço p/ Ferramenta			✓		
	Vergalhões		✓	✓			
	Fio-Máquina		✓	✓			
	Perfis	Leves		✓	✓		
		Médios e Pesados		✓	✓		
	Tubos sem Costura					✓	
Trefilados	Arames		✓	✓			
	Barras		✓	✓			

Fonte: Instituto Aço Brasil (modificado)

Aspectos Econômicos

Em 2020, o volume de exportações nacionais da indústria de transformação do ferro foi de US\$ 9,83 bilhões, sendo Minas Gerais o principal *player*, representando 33,0%. Por outro lado, o Brasil importou um total de US\$ 4,18 bilhões, ficando o Estado na quarta posição com 7,6% (Gráfico 20).

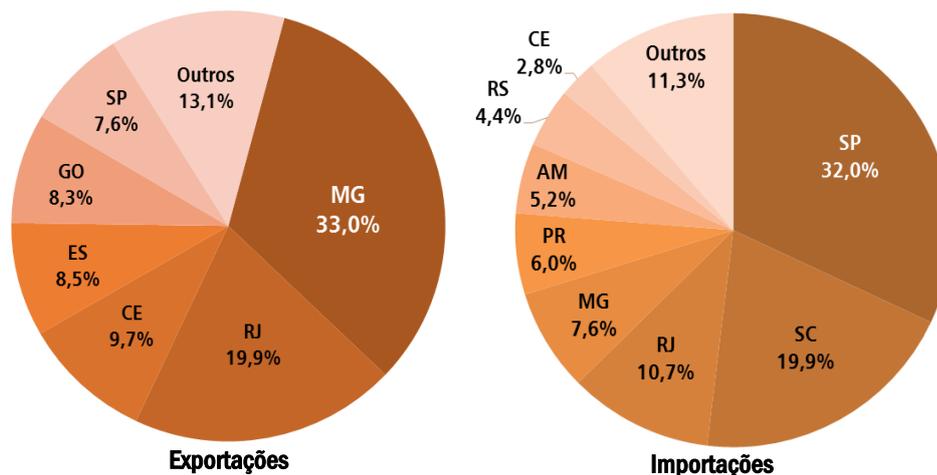


Gráfico 20 - Distribuição nacional das exportações e importações da indústria de transformação do ferro.

Nesse mesmo período, as exportações da indústria de transformação do ferro de Minas Gerais atingiram o montante de US\$3,24 bilhões, sendo que grande parte (88,3%) foram referentes aos produtos com menor valor agregado (semimanufaturados). Já as importações somaram US\$318,4 milhões, sendo que 63,9% de produtos manufaturados (Gráfico 21).

O saldo da balança comercial do Estado foi superavitário para produtos semimanufaturados (US\$ 2,74 bilhões) e manufaturados (US\$ 176,6 milhões). Apesar disso, fica claro a carência de investimentos para o desenvolvimento da indústria de transformação de ferro no Estado, visando a obtenção de produtos de alto valor agregado.

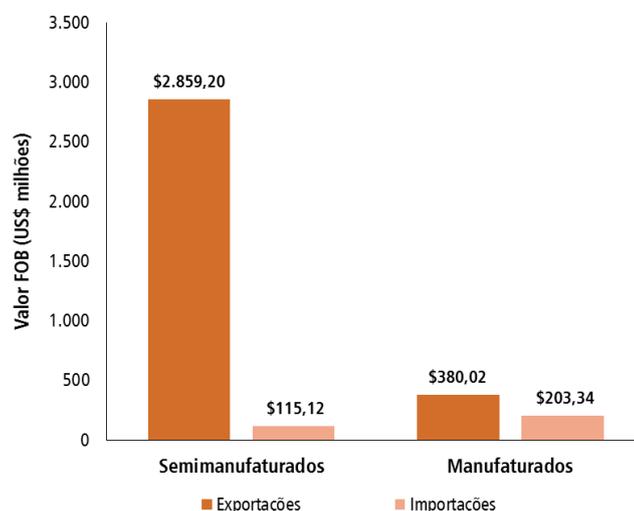
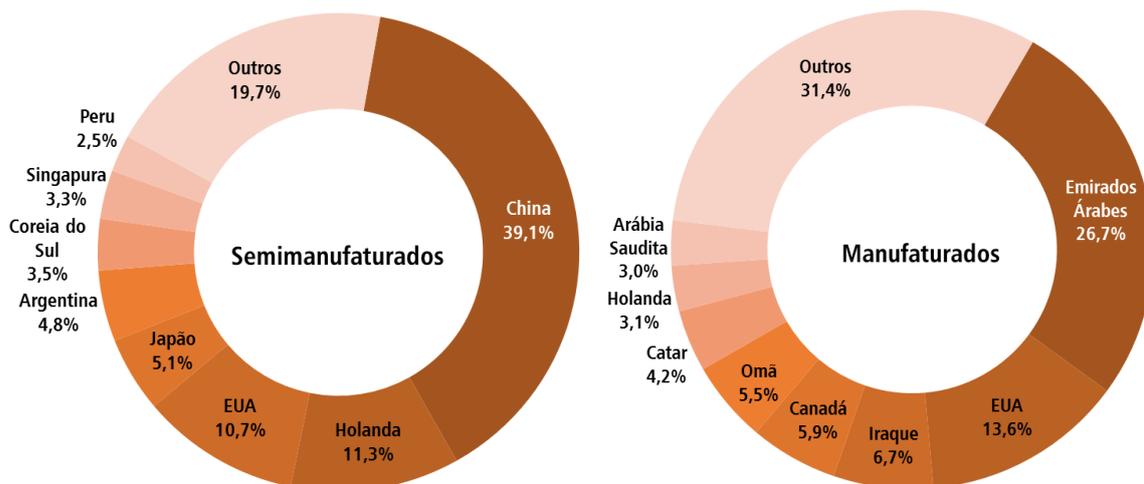


Gráfico 21 - Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de ferro/aço em Minas Gerais

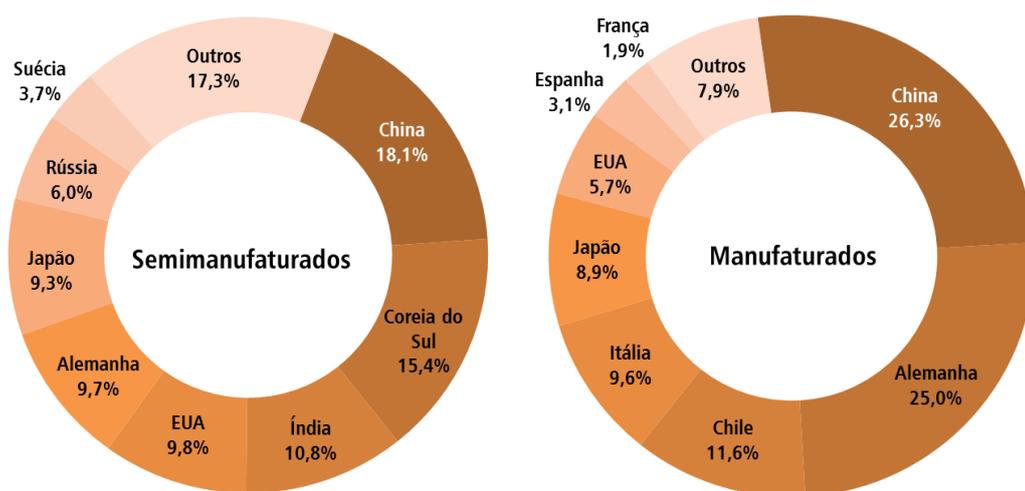
Os principais destinos das exportações mineiras de produtos semimanufaturados foram China, Holanda e EUA. Já os produtos manufaturados, tiveram como principais destinos os Emirados Árabes, EUA e Iraque (Gráfico 22).



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 22 – Destino das exportações dos produtos da indústria de transformação de ferro de Minas Gerais.

No que tange às importações, o Estado comprou produtos transformados de ferro de 70 países. Os semimanufaturados foram originados, principalmente da China, Coreia do Sul e Índia; e os manufaturados vieram principalmente da China, Alemanha e Chile (**Gráfico 23**).



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 23 – Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de ferro.

Os principais produtos semimanufaturados da indústria de transformação do ferro exportados, em 2020, foram ferro-ligas (49,2%); ferro fundido bruto em formas primárias (28,3%); produtos de ferro ou aço não ligados (6,7%) e outros 23 produtos (15,9%). Entre os manufaturados, destacaram-se os tubos e perfis ocios, sem costura, de ferro ou aço (83,3%); podendo ser citados ainda construções de ferro ou aço e suas partes (4,5%); artefatos de ferro ou aço, não isolados para usos elétricos (3,3%); dentre outros 21 produtos (8,9%) (**Tabela 6**).

Tabela 6 - Comércio exterior da indústria de transformação de ferro

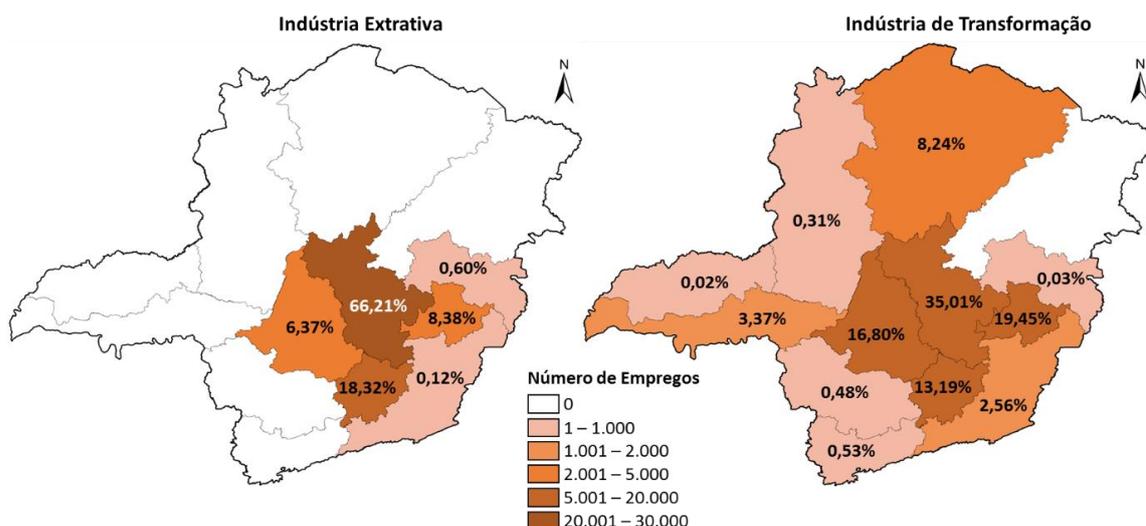
Exp orta	Semimanufaturados		Manufaturados	
	Descrição	Valor FOB (US\$ milhões)	Descrição	Valor FOB (US\$ milhões)
	Ferro-ligas	1.406,42	Tubos e perfis ocios, sem costura, de ferro ou aço	316,46

	Semimanufaturados		Manufaturados	
	Descrição	Valor FOB (US\$ milhões)	Descrição	Valor FOB (US\$ milhões)
	Ferro fundido bruto em formas primárias	808,60	Construções de ferro ou aço e suas partes	17,25
	Produtos de ferro ou aço não ligado	190,21	Artefatos de ferro ou aço, não isolados para usos elétricos	12,57
	Outros	453,97	Outros	33,75
	Total	2.859,20	Total	380,02
Importação	Ferro-ligas	31,81	Outras obras de ferro ou aço	65,68
	Produtos de ferro ou aço não ligado	30,94	Tubos e perfis ocios, sem costura, de ferro ou aço	47,24
	Produtos laminados planos de ferro ou aço não ligado	13,41	Parafusos e artefatos semelhantes, de ferro fundido, ferro ou aço	28,08
	Outros	38,96	Outros	62,35
	Total	115,12	Total	203,34

Fonte: COMEX STAT, 2020.

O Estado de Minas Gerais importou, em 2020, principalmente ferro-ligas (27,6%); produtos de ferro ou aço não ligados (26,9%); produtos laminados planos de ferro ou aço não ligado (11,6%); e outros 22 produtos semimanufaturados (33,8%). Já dentre os manufaturados, destacaram-se outras obras de ferro ou aço (32,3%); tubos e perfis ocios, sem costura, de ferro ou aço (23,2%); parafusos e artefatos semelhantes, de ferro fundido, ferro ou aço (13,8%); e outros 24 produtos (30,7%) (Tabela 6).

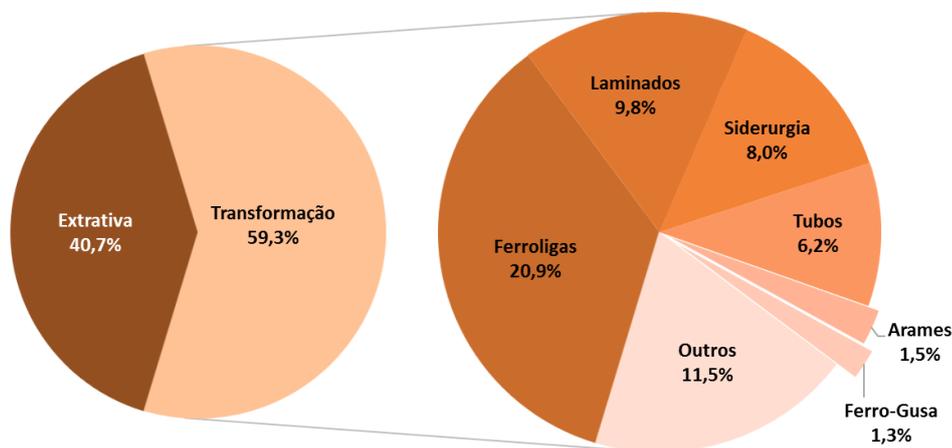
Tendo em vista que as principais minas de ferro do Estado estão localizadas no Quadrilátero Ferrífero, em 2020, observou-se que a mão de obra da indústria extrativa estava concentrada nas RGInts de Belo Horizonte, com 25.413 empregos diretos e Barbacena, com 7.031, podendo citar ainda as regiões de Ipatinga, Divinópolis, Governador Valadares e Juiz de Fora. Para a indústria metalúrgica, os empregos diretos estavam concentrados nas RGInts de Belo Horizonte (19.563); Ipatinga (10.867); Divinópolis (9.388) e Barbacena (7.372) e as demais regiões que juntas somaram 8.692 empregos diretos (Figura 22).



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.

Figura 22 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia produtiva de ferro por Região Geográfica Intermediária.

Na cadeia produtiva do ferro, em 2020, o setor extrativista foi responsável pela geração de 38.384 empregos diretos, englobando os segmentos de extração de minério de ferro; pelotização, sinterização e outros beneficiamentos e atividades de apoio. Já o setor de transformação foi responsável por 55.882 empregos, sendo distribuídos nos segmentos de ferroligas (19.691), laminados (9.256), siderurgia (7.536), tubos (5.878), arames (1.459), ferro-gusa (1.229) e outros (produção de: relaminados, trefilados e perfilados de aço; forjados; e semiacabados de aço) (Gráfico 24).



Fonte: RAIS, 2020.

Gráfico 24 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do ferro.

3.1.2. Ouro (AU)

O minério de ouro está historicamente ligado ao Estado de Minas Gerais, quando o Estado era o principal produtor mundial de ouro.

A região do **Quadrilátero Ferrífero**, região metropolitana de Belo Horizonte, detém importantes depósitos de ouro (Morro Velho, Cuiabá, etc.). O ouro, nesta região, ocorre em rochas quartzo-carbonáticas xistosas do supergrupo Rio das Velhas, em paragênese com sulfetos de ferro (Pirita, FeS_2), cobre (calcopirita, $CuFeS_2$) e arsênio (arsenopirita, $FeAsS$), ou em zonas de falhamentos, dentro dos itabiritos do supergrupo Minas (ROESER e ROESER, 2010).

Outro importante distrito aurífero está localizado no Noroeste de Minas, corresponde ao depósito e ocorrências auríferas da região de **Paracatu**, zona externa da Faixa de Dobramentos Brasília. Nessa área ocorre a Mina de Morro do Ouro, o maior depósito aurífero do Brasil, hospedada em filitos carbonosos da Formação Paracatu (Grupo Canastra) (FREITAS SILVA *et al.* 1991, OLIVER *et al.* 2015 *apud* LOBATO e COSTA, 2018).

Ocorrências e jazidas com menor tamanho distribuem-se no sul e leste do Estado. Na região sul, localizadas em **São Gonçalo do Sapucaí**, ocorrem mineralizações auríferas em veios de quartzo com pirita, em bandas biotíticas e disseminado nos gnaisses (LOBATO e COSTA, 2018). Na região do Campo das Vertentes citam-se ainda ocorrências nas regiões de **São João del-Rei**, **Lagoa Dourada** e também ocorrências e lavras históricas distribuídas ao longo da zona de cisalhamento Congonhas-Itaverava (SEIXAS, 1988).

Na Faixa Araçuaí, essas ocorrências estão localizadas principalmente em **Diamantina** e arredores; na região do **Serro**, com destaque para a Mina Zagaia, além de ocorrências recentes de ouro de aluvião; e nas regiões de **Riacho dos Machados** e **Minas Novas de Araçuaí** (LOBATO e COSTA, 2018).

As principais empresas mineradoras em atividade no Estado, na extração e refino de ouro, são a Kinross Gold Corporation (antiga Rio Paracatu Mineração), a AngloGold Ashanti Brasil Mineração (antiga Mineração Morro Velho) e a Jaguar Mining Inc.

A **Kinross** é a empresa mineradora que explora a mina Morro do Ouro, maior mina de ouro do país, localizada no município de Paracatu. Em 2006, a empresa iniciou um projeto de expansão que elevou a capacidade de lavra de minério (61 Mt/a) e a produção anual, para 17 toneladas de ouro, o que ampliou em mais de 15 anos o tempo de vida útil da mina, estimado até 2030.

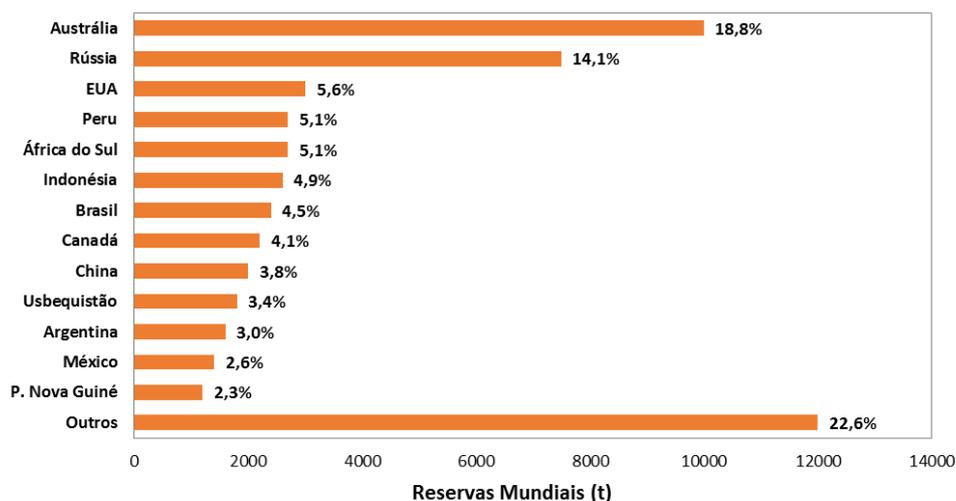
A **AngloGold Ashanti** explora as minas subterrâneas de Cuiabá e Lamego, localizadas no município de Sabará; e a mina de Córrego do Sítio (céu aberto e subterrânea) localizada no município de Santa Bárbara. A aquisição da São Bento Mineração, em 2008, possibilitou o aumento da produção em Córrego do Sítio de 100 para 200 mil onças de ouro anuais. A empresa possui os direitos minerários sobre 59.719 ha no Quadrilátero Ferrífero e apresentou uma produção de 317 mil onças de ouro, em 2007, registrando expressivo acréscimo de 31%. Possui a unidade Planta Metalúrgica do Queiroz, localizada em Nova Lima, composta por processo metalúrgico, fundição e refino de ouro, além de ácido sulfúrico e prata granulada.

A **Jaguar Mining** explora a mina subterrânea de Turmalina, localizada no município de Pitangui; o Complexo de Caeté, com as minas subterrâneas Pilar e Roça Grande, nos municípios de Barão de Cocais e Santa Bárbara; além da mina subterrânea de Paciência, localizada no município de Itabirito. Ressalta-se que os totais de recursos medidos e indicados para a mina Turmalina são de aproximadamente 2,7 Mt, com teor de 4,86 g/t, atingindo uma capacidade de produção diária de 2.000 t de ROM; enquanto as minas do Pilar e Roça Grande apresentam 3,79 Mt de recursos medidos e indicados, com teor médio de 4,3 g/t, com capacidade de produção diária de 2.200 t de ROM.

A **Mineração Riacho dos Machados (MRDM)**, pertencida à **Brio Gold**, subsidiária da canadense **Yamana Gold**, e foi adquirida pela **Leagold Mining** em 2018. O empreendimento possui unidade instalada no município de Riacho dos Machados, na Região Geográfica Intermediária de Montes Claros, onde a produção anual de ouro é 98 mil onças.

Recursos e Reservas

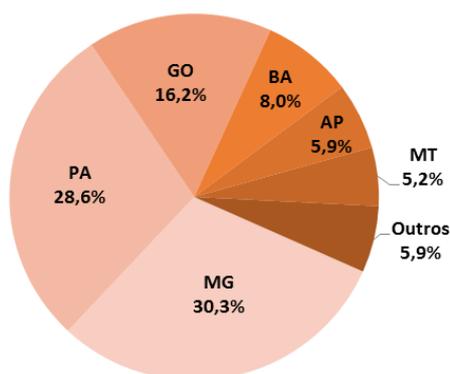
As reservas mundiais de ouro atingiram o patamar de 53.000 t, em 2020, segundo o *Mineral Commodity Summaries* (USGS). Os principais *players* foram a Austrália, Rússia e os EUA, que somaram mais de 38% do total das reservas. Neste cenário, o Brasil ocupava a sétima posição com 2.400 t, o que correspondeu a 4,5% do total (**Gráfico 25**).



Fonte: USGS, 2021.

Gráfico 25 - Distribuição das reservas mundiais de ouro.

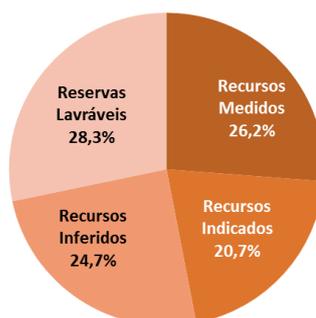
Em nível nacional, em 2020 (ANM), as reservas lavráveis de ouro primário (em toneladas de ouro contido) estavam distribuídos em 13 Unidades da Federação. Entretanto, os Estados de Minas Gerais e Pará foram os maiores detentores dessas reservas, com 533,8 t e 504,3 t, respectivamente. Ainda merecem ser citados Goiás (284,9 t), Bahia (140,6 t), Amapá (103,4 t) e Mato Grosso (90,0 t), os demais somam 103,5 t (Gráfico 26).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 26 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de ouro primário (em quantidade contida).

Do ponto de vista estadual, em 2020 (ANM) os recursos e reservas de minério de ouro (em quantidade contida), foram de 491,6 t de recursos medidos; 388,8 t de recursos indicados; 463,8 t de recursos inferidos; e 530 t de reservas lavráveis (Gráfico 27).



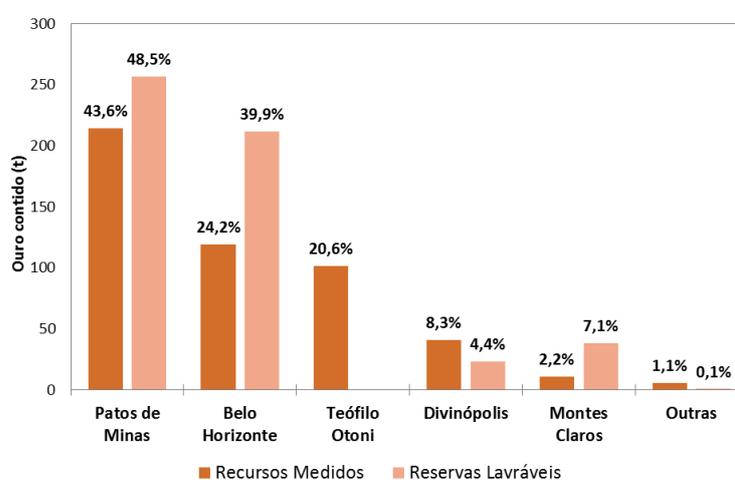
Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 27 - Distribuição dos recursos e reservas de ouro para o Estado de Minas Gerais.

Nesse mesmo período, observou-se que os recursos e reservas de ouro primário foram superiores aos de ouro secundário, atingindo mais de 95% do total de recursos (medido, indicado e inferido) e reserva lavrável.

Em âmbito regional, os recursos medidos e as reservas lavráveis estavam distribuídos em oito Regiões Geográficas Intermediárias (Belo Horizonte, Patos de Minas, Divinópolis, Teófilo Otoni, Governador Valadares, Barbacena, Ipatinga e Varginha).

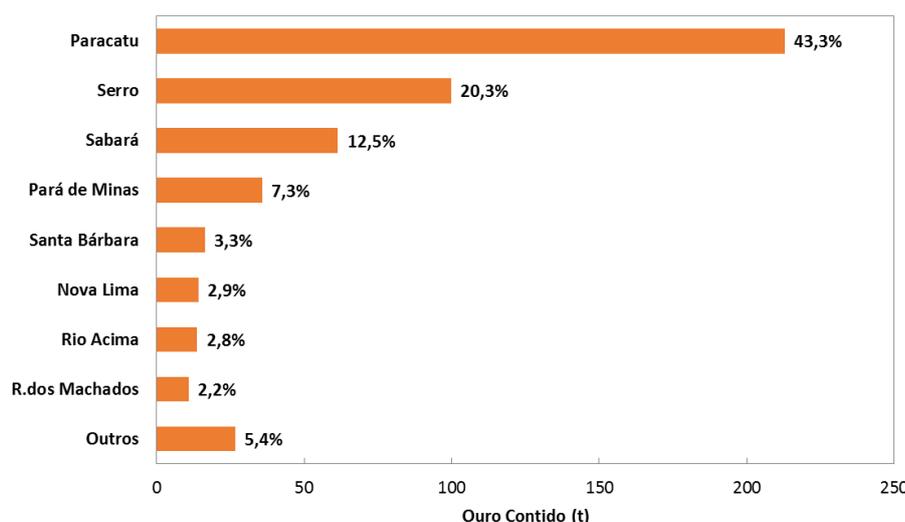
Cabe ressaltar que a região mais importante do Estado é a de **Patos de Minas**, com recursos medidos de 214,5 t e 256,9 t em reservas lavráveis de **ouro primário (Gráfico 28)** e por conter a maior mina do país, localizada na cidade de Paracatu.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 28 - Distribuição por RGIInt dos recursos medidos e reservas lavráveis de ouro primário

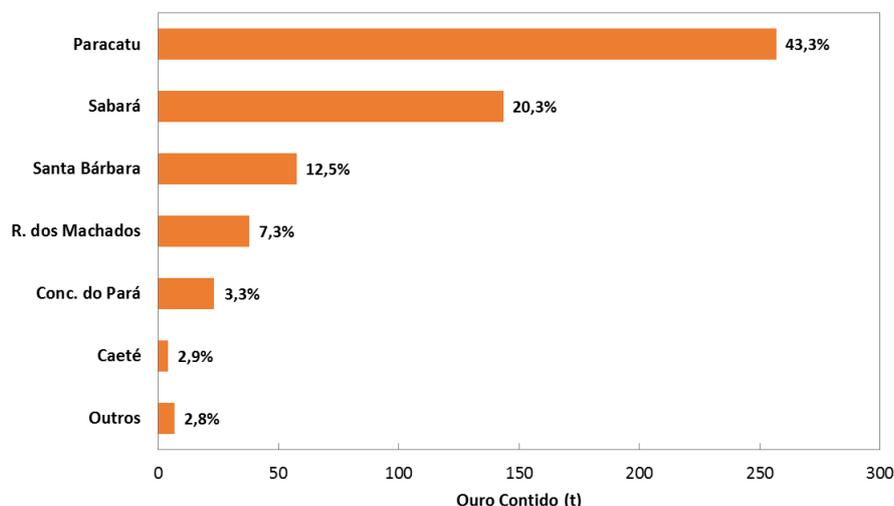
Os recursos medidos de ouro primário estavam localizados em 26 municípios, porém, aproximadamente 95% distribuídos nos municípios de Paracatu (212,82 t), Serro (99,73 t), Sabará (61,46 t), Pará de Minas (35,75 t), Santa Bárbara (16,46 t), Nova Lima (14,27 t), Rio Acima (13,76 t), e Riacho dos Machados (10,80 t) (Gráfico 29).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 29 - Distribuição por municípios dos recursos medidos de ouro primário para o Estado de Minas.

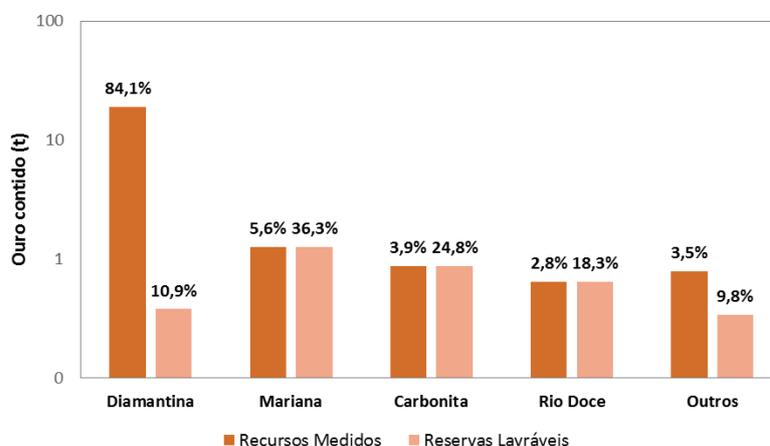
Em termos de reservas lavráveis, aproximadamente 99% estavam distribuídas nos municípios de Paracatu (256,9 t), Sabará (143,5 t), Santa Bárbara (57,5 t), Riacho dos Machados (37,8 t), Conceição do Pará (23,3 t) e Caeté (4,2 t) (**Gráfico 30**)



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 30 - Distribuição por municípios das reservas lavráveis de ouro primário para o Estado de Minas.

Em termos de **ouro secundário**, os municípios de Diamantina e Mariana foram os principais detentores das ocorrências, que somaram aproximadamente 90% dos recursos medidos (ANM, 2020). Enquanto os municípios de Mariana, Carbonita, Rio Doce e Diamantina, somaram 90% do total de reservas lavráveis no Estado (**Gráfico 31**).



Fonte: ANM, 2021.

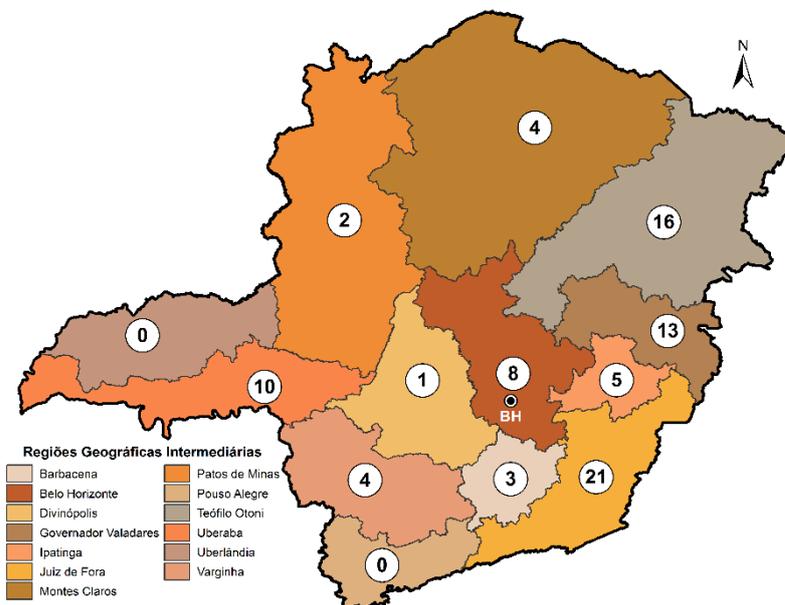
Gráfico 31 - Distribuição por municípios dos recursos medidos e reservas lavráveis de ouro secundário em Minas Gerais.

Garimpos

Além da forma industrial de exploração de ouro no Estado, há aquela feita por prospectores (garimpeiros), que desenvolvem suas atividades prioritariamente em depósitos secundários, com técnicas rudimentares, ausência de pesquisas geológicas para a avaliação das reservas e carência de técnicas para a avaliação do metal, quase sempre com baixa produtividade.

No período de 2000 a 2021, as zonas garimpeiras de maior relevância para o Estado, em termos de números de processos (requerimentos e permissão de lavra garimpeira - PLG), segundo o SIGMINE / ANM, estavam

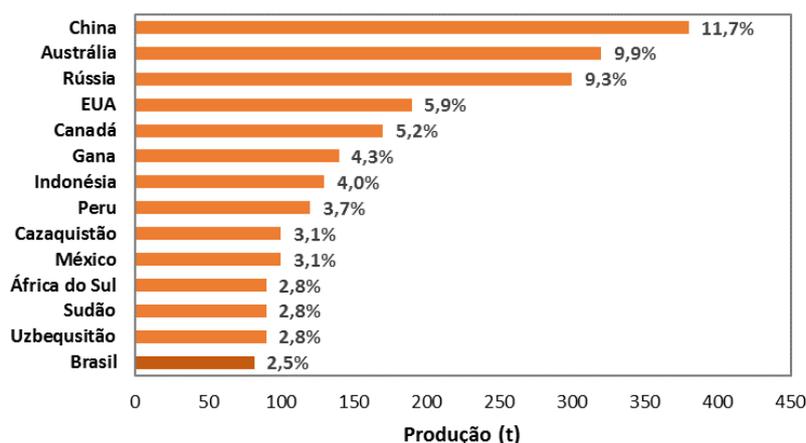
localizadas nas Regiões Geográficas Intermediárias de Teófilo Otoni, Montes Claros, Patos de Minas, Belo Horizonte e Governador Valadares, entre outras. Nesse mesmo período, o total de requerimentos de lavra garimpeira e de PLG foi de 1.156 para todas as substâncias, sendo 87 referentes a ouro, aproximadamente 7,5% do total (Figura 23).



Fonte: SIGMINE-ANM (Março, 2021) /Elaboração: SEDE.
Figura 23 - Distribuição de processos (PLG para ouro) por RGI de Minas Gerais entre 2000 e 2020.

Produção

Segundo dados da USGS e da ANM, em 2020, o Brasil figurava como o 14º produtor mundial de ouro com aproximadamente 82 t, representando apenas 2,5% do total. Os maiores produtores foram: China (380 t); Austrália (320 t) e Rússia (300 t). Ainda podem ser citados os EUA, Canadá, Gana, Indonésia, Peru, Cazaquistão, México, África do Sul, Sudão e Uzbequistão (Gráfico 32).



Fonte: Mineral Summaries Commodities-USGS/ANM, 2021.
Gráfico 32 - Produção mundial de ouro em 2020.

Em 2020, Minas Gerais se destacou como principal produtor nacional de ouro, com 34,14 t; seguido pelo Mato Grosso (12,96 t); e Pará (11,96 t). Ainda houve produção nos Estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Amapá, Rondônia e outros (Paraná, Tocantins e Pernambuco) (Gráfico 33). (ANM, 2021).

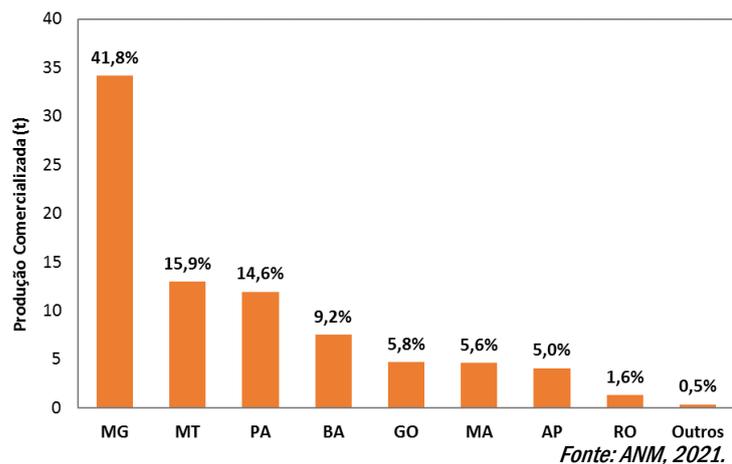


Gráfico 33 - Produção brasileira de ouro em 2020.

A produção anual de ouro no Estado, no período de 2000 a 2008 esteve entre 15 e 20 t, com crescimento para o patamar de 26 t em 2009, mantendo-se na ordem de 30 t no período de 2010 a 2020 (Gráfico 34).

No período avaliado, observou-se um crescimento substancial no valor total da produção comercializada de ouro no Estado, passando da ordem de R\$300 milhões, em 2000, e superando os R\$9,6 bilhões, em 2020, o que representou um acréscimo de mais de 3.100% no período.

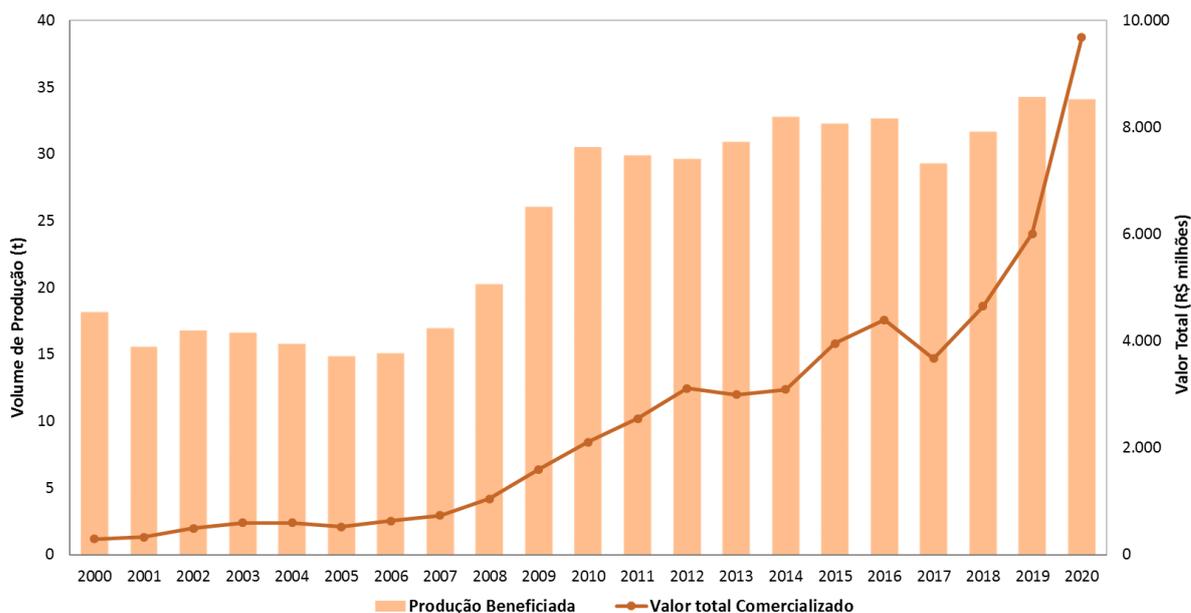
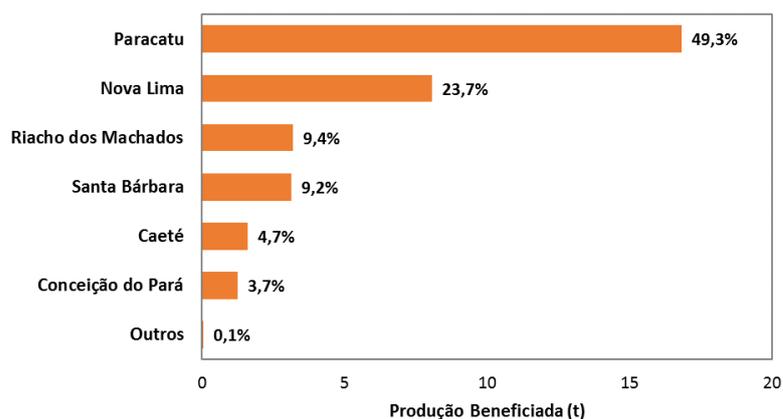


Gráfico 34 - Produção beneficiada e valor total comercializado anual de ouro em Minas Gerais.

A produção estadual de ouro, em 2020, foi distribuída em 12 municípios, sendo mais de 90% do total realizada nos municípios de Paracatu (16,82 t), Nova Lima (8,08 t), Riacho dos Machados (3,19 t) e Santa Bárbara (3,14 t). Ainda houve registros de produção nos municípios de Caeté (1,61 t) e Conceição do Pará (1,26 t). Os demais municípios somaram pouco mais de 40 kg de produção beneficiada de ouro (Gráfico 35). Ressalta-se que praticamente toda a produção de ouro, em Minas Gerais, foi de origem primária.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 35 – Principais municípios produtores de ouro em Minas Gerais.

Cadeia Produtiva

A maior parte das minas de ouro em todo o mundo são lavradas de forma subterrânea. Em Minas Gerais não é diferente; porém, várias minerações de ouro, e a maioria dos garimpos, fazem lava a céu aberto, com destaque para a Mina Morro do Ouro, no município de Paracatu.

De maneira geral, o processamento de minério de ouro, envolve processos de cominuição (britagem e moagem), classificação, concentração (gravítica e flotação), processos hidrometalúrgicos (cianetação e lixiviação), de recuperação e refino do ouro (Figura 24).

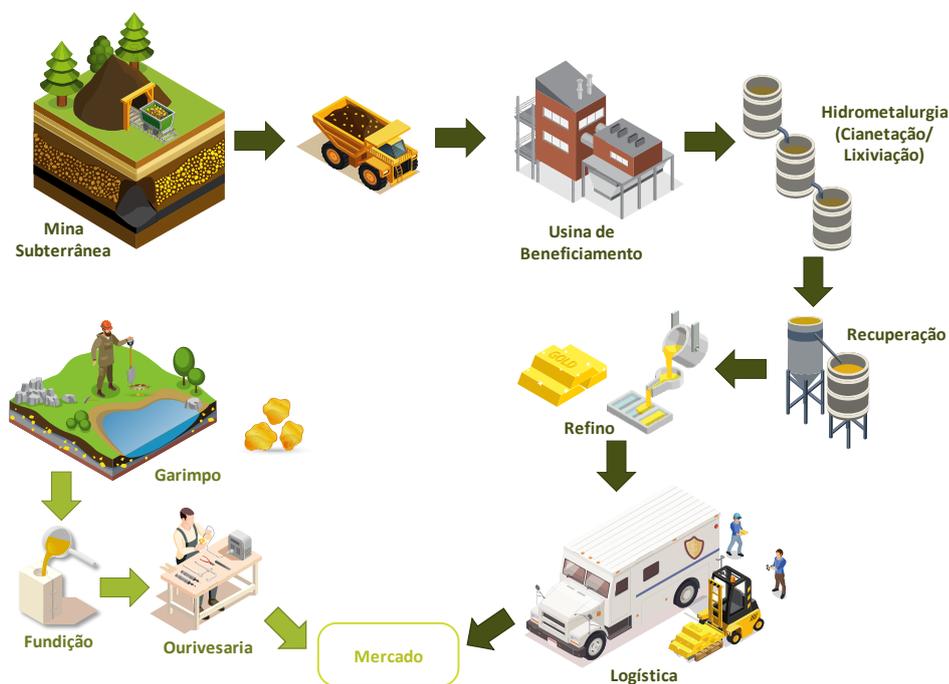
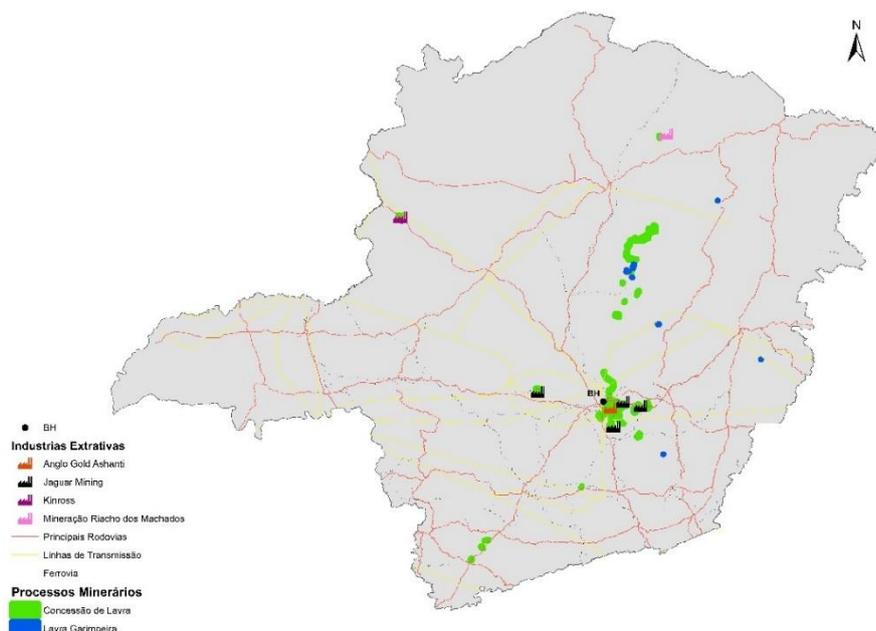


Figura 24 - Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do ouro.

A pesquisa de ouro abrange boa parte do território mineiro. Entretanto, a sua cadeia produtiva envolve desde as etapas de beneficiamento, à obtenção de produtos semimanufaturados, como barras e bulhões, até a ourivesaria destinada à confecção de joias.

Pode-se dizer que as indústrias presentes no Estado estão adjacentes às concessões de lavra, onde o minério é extraído e beneficiado na mesma localidade. O parque produtivo de metais preciosos conta com 550 empresas de extração, beneficiamento e metalurgia, segundo dados da JUCEMG (junho/2021), sendo localizado principalmente na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte, como também em pontos específicos das regiões de Patos de Minas e Montes Claros (Figura 25).



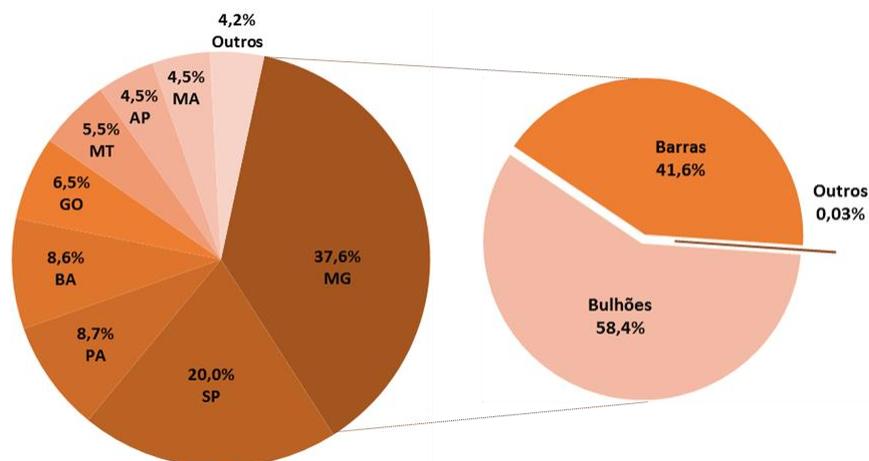
Fonte: SIGMINE, 2021/ Elaboração: SEDE.

Figura 25 - Localização das indústrias de ouro em Minas Gerais

Conforme levantamento realizado pelo SIGMINE/MG, até março de 2021, haviam 31 empresas (com diferentes razões sociais), que extraem ouro no Estado, sendo 24 com concessões de lavra e oito com PLG. No entanto, as principais empresas mineradoras de ouro em Minas Gerais, pela sua participação no total do valor comercializado são: AngloGold Ashanti; Kinross, Jaguar Mining e Mineração Riacho dos Machados, onde os mais relevantes produtos semimanufaturados são barras e bulhões dourados.

Aspectos Econômicos

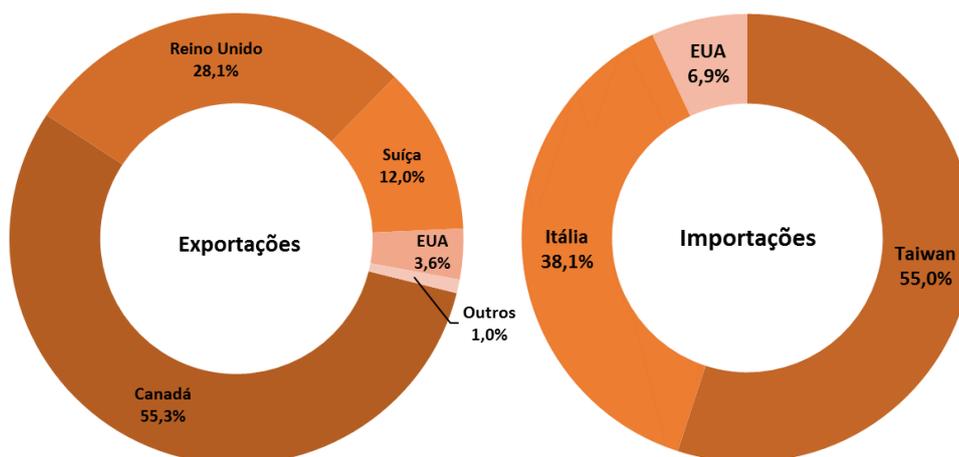
A produção nacional de ouro, em 2020, foi de 81,7 t, com valor total de aproximadamente, R\$ 22,71 milhões, sendo Minas Gerais o principal produtor, com um volume de 34,14 t e um valor total de cerca de R\$ 9,68 milhões. Consequentemente, as exportações mineiras da indústria de transformação de ouro foram as maiores do país, com 40,1 t e um montante de US\$ 1,85 Bi, nas formas de bulhão dourado, em bruto, para uso não monetário (US\$ 1,08 Bi) e ouro em barras, fios e perfis de seção maciça (US\$ 767,6 Mi) (Gráfico 36).



Fonte: Comex Stat, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

Gráfico 36 - Estados exportadores de produtos transformados de ouro, com destaque para as principais formas para Minas Gerais.

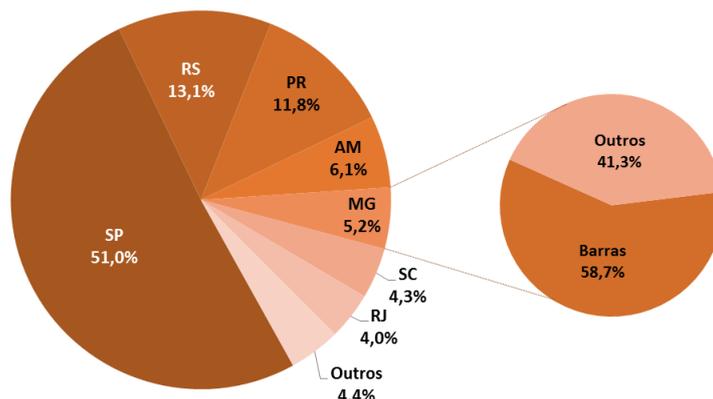
Os destinos das exportações estaduais de ouro, foram Canadá (US\$ 1,02 bilhões); Reino Unido (US\$ 517,6 milhões), Suíça (221,3 milhões) e EUA (US\$ 67,0 milhões), enquanto as importações foram provenientes de Taiwan (US\$ 126,8 mil), Itália (US\$ 87,8 mil) e EUA (US\$ 15,9 mil) (**Gráfico 37**).



Fonte: Comex Stat, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)

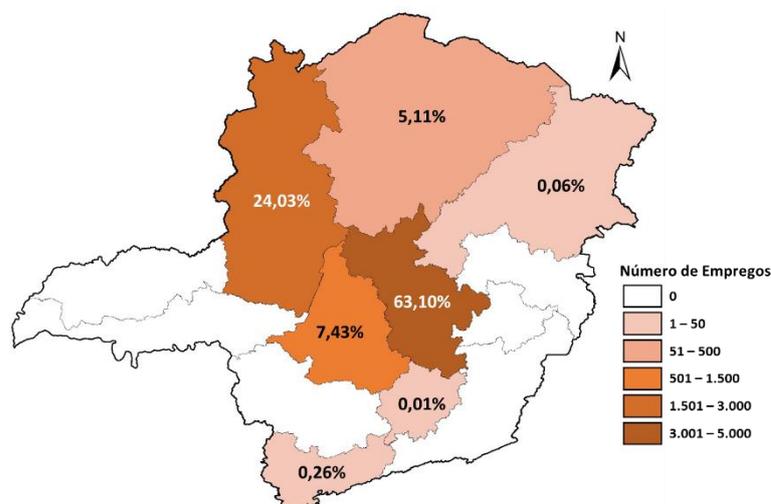
Gráfico 37 - Países importadores de ouro de Minas Gerais.

As importações nacionais de ouro foram da ordem de US\$ 4,40 milhões, principalmente na forma de ouro em barras, fios e perfis de seção maciça (71,1%), sendo o restante distribuído em outras formas. O Estado de São Paulo foi o responsável por 51% (US\$ 2,24 milhões) do valor total das importações, seguido de Rio Grande do Sul (US\$ 574,5 mil) e Paraná (US\$ 520,7 mil). Minas Gerais foi o quinto, com pouco mais de US\$ 230,5 mil (sobretudo na forma de barras, fios e perfis de seção maciça) (**Gráfico 38**).



Fonte: Comex Stat, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)
Gráfico 38 – Principais Estados importadores de ouro, com destaque para Minas Gerais.

Segundo dados do RAIS, em 2020, a cadeia produtiva de metais preciosos, empregou diretamente um total de 7.269 pessoas, sendo majoritariamente postos de trabalho na indústria extrativa (7.266). Esses postos de trabalho estão distribuídos nas RGIInt de Belo Horizonte (4.585), Patos de Minas (1.746), Divinópolis (540) e Montes Claros (371), além das regiões de Pouso Alegre, Teófilo Otoni e Barbacena que somaram 24 empregos diretos (**Figura 26**). Ressalta-se que o número de empregos diretos gerados pela indústria de transformação será abordado no item referente a gemas, joias e afins.



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.
Figura 26 - Quantificação dos empregos gerados na indústria extrativa do ouro por Região Geográfica Intermediária.

3.1.3. Alumínio (Al)

A principal fonte de óxidos e hidróxidos de alumínio hidratados ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) é a **bauxita**, rocha de coloração variada (do vermelho, amarelo, marrom ao branco) em função da proporção dos óxidos de ferro. A rocha bauxita é constituída por mais de 40% de óxidos e hidróxidos de alumínio (gibbsita ou hidrargilita ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), boehmita ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) e o diásporo ($HAIO_2$)), além de conter impurezas, tais como óxidos e hidróxidos de ferro, argila, sílica, dióxido de titânio, entre outras, (SAMPAIO, ANDRADE e DUTRA, 2005).

A bauxita foi inicialmente empregada para usos não metalúrgicos e após o desenvolvimento do processo de Hall-Héroult, em 1886, passou a ser usada na produção de alumínio metálico. Mesmo assim, ainda se desenvolveram aplicações para a bauxita não metalúrgica, incluindo abrasivos, refratários, produtos químicos, cimentos de alta alumina e prótese humana (SAMPAIO, ANDRADE e DUTRA, 2005).

Segundo Sampaio, Andrade e Dutra (2005), as principais diferenças da bauxita, quanto ao uso, são os teores de Fe_2O_3 , SiO_2 e álcalis, sendo que na bauxita metalúrgica os teores de Fe_2O_3 devem estar entre 11 e 12%, SiO_2 abaixo de 4% e alumina superior a 48%; já para a bauxita não metalúrgica (refratária), os teores de Fe_2O_3 devem ser inferiores a 2,5%; os teores de SiO_2 devem ser entre 5 e 7%, e devem ter mais alumina (50%) e menos impurezas (álcalis).

Os depósitos de bauxita em Minas Gerais são isolados do tipo Topo de Morros, Encostas de Montanhas e Montanhas (COSTA, 2016) com as principais minas localizadas nas regiões de **Poços de Caldas** e arredores (Sul do Estado), na região de **Juiz de Fora** (nos municípios de São João Nepomuceno e Mirai), na região do **Quadrilátero Ferrífero** (Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara, Barão de Cocais e Nova Lima), além da Sub-Região do Espinhaço.

Segundo Costa (2016), as bauxitas de Poços de Caldas e Passa Quatro são majoritariamente derivadas de rochas alcalinas (nefelina sienitos, fonólitos, entre outras associadas) e de natureza refratária, enquanto as bauxitas das minas de Mirai são derivadas de rochas metamórficas (xistos e gnaisses), sendo constituídas de gibbsita e quartzo residual.

As principais empresas produtoras de alumínio em Minas Gerais são a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Alcoa Alumínio S.A., Mineração Curimbaba, Hindalco e Mineração Varginha.

A **Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)**, empresa do grupo Votorantim, atua nos municípios de Poços de Caldas, Itamarati de Minas e Mirai. A Unidade Poços de Caldas tem capacidade instalada para beneficiar anualmente um milhão de toneladas de bauxita; a de Mirai tem capacidade instalada para produzir anualmente 2,4 Mt; e a unidade operacional de Itamarati de Minas encerrou sua produção em 2015, e está com plano de descomissionamento em elaboração.

A **Alcoa Alumínio S.A.** é a terceira maior produtora mundial de alumínio, com unidades no Pará (Juruti) e em Minas Gerais (Poços de Caldas), sendo que a unidade do Sul de Minas opera com as atividades de mineração, refino, produção de pó de alumínio e fundição. A operação de obtenção de alumínio primário encerrou suas atividades definitivamente no ano de 2015, em virtude das condições de mercado e do alto custo de energia. Isso levou a uma queda de 96 mil toneladas na produção global do grupo que alcançou 3,4 Mt (BRASIL MINERAL, 2015).

A **Mineração Curimbaba Ltda.** possui duas unidades operacionais na região de Poços de Caldas, com uma capacidade produtiva de 375 mil toneladas ao ano de bauxitas sinterizadas, bauxitas ativadas, argilas refratárias sinterizadas e propantes. A maior parte desse volume é exportada para os Estados Unidos, Europa e América do Sul.

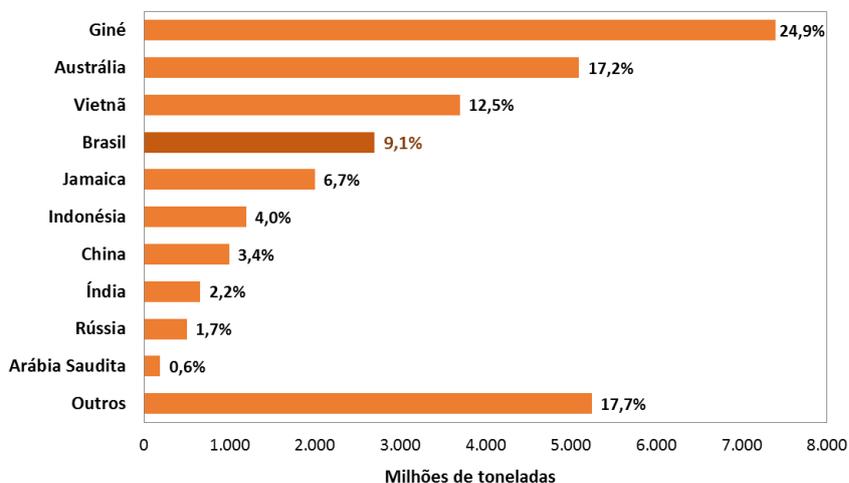
A **Hindalco**, adquirida em março de 2022 pela empresa mineira **Terrabel Empreendimentos**, tem uma unidade de transformação na cidade de Ouro Preto, com capacidade máxima de produção de alumina prevista para 145 mil toneladas por ano.

A **Mineração Varginha** está localizada na região de Poços de Caldas e é uma das principais fornecedoras de bauxita do grupo Votorantim Cimentos. Possui reservas nas regiões de Campestre, Ipuiana, Manhuaçu e Cataguases.

Recursos e Reservas

O *Mineral Commodity Summaries* (USGS) mostrou que as reservas mundiais de bauxita somaram aproximadamente 30,0 Bt, em 2020, sendo as mais significativas localizadas na Guiné (7,4 Bt), na Austrália

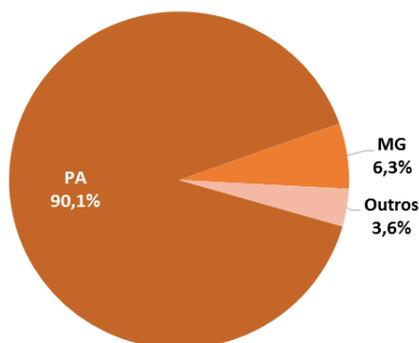
(5,1 Bt) e no Vietnã (3,7 Bt) (**Gráfico 39**). O Brasil registrou o quarto lugar neste *ranking*, com 2,7 Bt (9,1% das reservas mundiais), seguido da Jamaica (2,0 Bt).



Fonte: USGS, 2021.

Gráfico 39 - Distribuição mundial das reservas de bauxita.

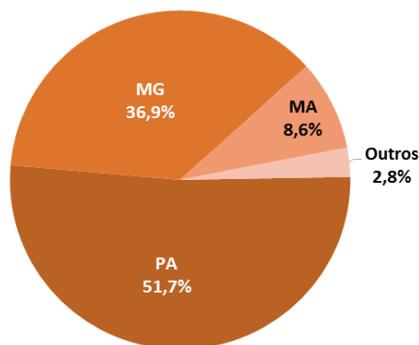
Em nível nacional, em 2020 (ANM, 2021), os **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos) de bauxita evidenciam que o Estado do Pará concentrou o maior volume de recursos do país, com 11,84 Bt, o que representou 90,1% do total, seguido pelo Estado de Minas Gerais, com 823,7 Mt. Ainda podem ser citados Maranhão, Goiás, Amapá, Santa Catarina, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraíba, que somaram 474,8 Mt (**Gráfico 40**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 40 - Distribuição nacional dos recursos totais de bauxita.

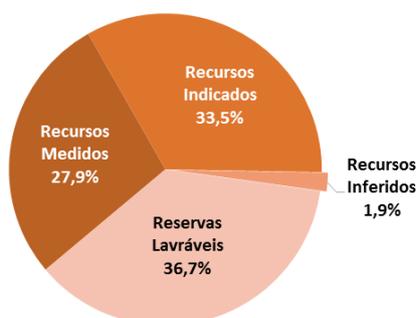
Em termos de **reservas lavráveis** de bauxita, o Estado do Pará se destacou, com um volume de 503,5 Mt, seguido por Minas Gerais (360 Mt); e Maranhão (84,2 Mt). Podem ser citados ainda Goiás, Amapá, Santa Catarina e Espírito Santo que somaram 27,0 Mt (**Gráfico 41**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 41 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de bauxita.

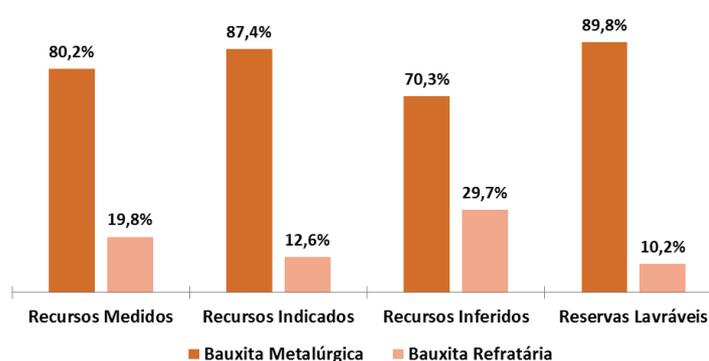
Em 2020, os dados referentes aos recursos totais e reservas lavráveis de bauxita no Estado, mostraram que: 19,1 Mt foram de recursos inferidos; 330,7 Mt de recursos indicados; 275,3 Mt de recursos medidos; e 362,1 Mt de reservas lavráveis (**Gráfico 42**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 42 - Distribuição percentual dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.

Destaca-se ainda que, do total de recursos e reservas de bauxita em Minas Gerais, 86% foram referentes a bauxita metalúrgica e 14% a bauxita refratária (**Gráfico 43**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 43 - Distribuição dos recursos e reservas de bauxita metalúrgica e refratária para o Estado de Minas Gerais.

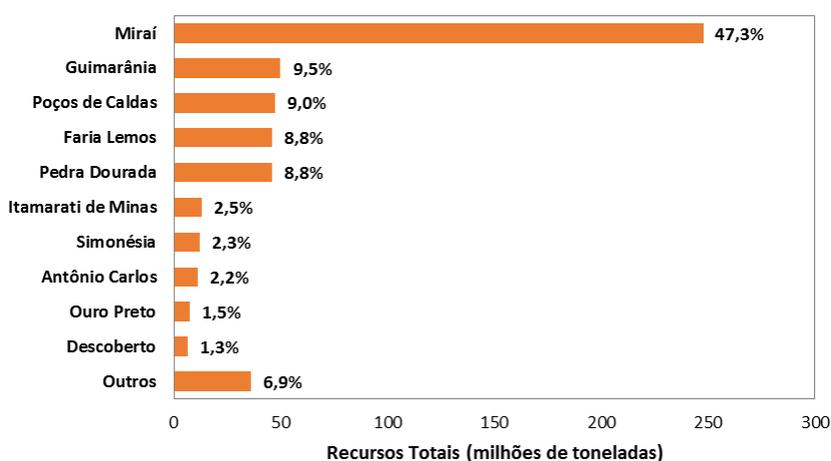
Os principais depósitos (recursos e reservas) de bauxita do tipo **metalúrgica** estão concentrados nas regiões de: Juiz de Fora, Pouso Alegre, Patos de Minas, Belo Horizonte, Barbacena, Ipatinga e Uberaba, distribuídos em 30 municípios.

Já os depósitos de bauxitas do tipo **refratária** estão nas regiões de: Pouso Alegre, Juiz de Fora, Teófilo Otoni, Patos de Minas, Belo Horizonte, Ipatinga e Governador Valadares, distribuídos em 23 municípios.

Bauxita metalúrgica

Com relação à localização dos **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos) de bauxita do tipo **metalúrgica**, os maiores depósitos encontram-se nas regiões de Juiz de Fora (73,9%); Pouso Alegre (11,0%); Patos de Minas (9,5%); Belo Horizonte (2,9%); Barbacena (2,3%), Ipatinga (0,2%) e Uberaba (0,1%).

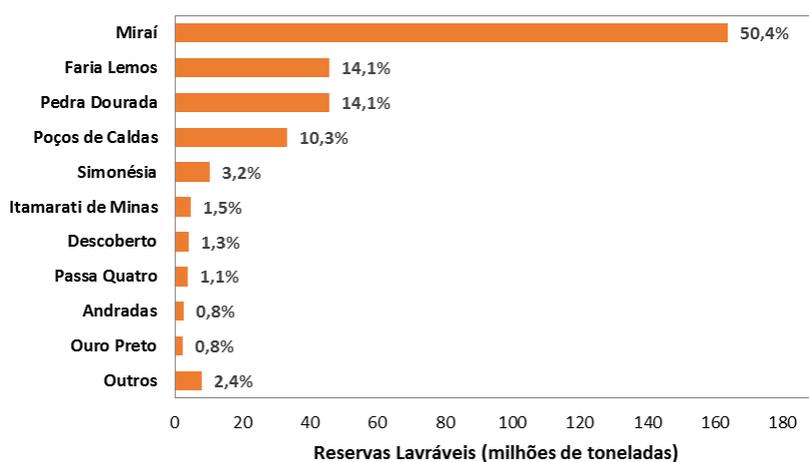
Os principais municípios detentores de recursos totais foram Mirai (247,7 Mt); Guimarânia (50,0 Mt); Poços de Caldas (47,2 Mt); Faria Lemos (45,9 Mt); e Pedra Dourada (45,9 Mt) (**Gráfico 44**). Ainda existiam recursos em Itamarati de Minas, Simonésia, Antônio Carlos, Ouro Preto, Descoberto e outros 20 municípios das regiões de Juiz de Fora, Belo Horizonte, Pouso Alegre, Ipatinga, Barbacena e Uberaba (ANM, 2021).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 44 - Distribuição dos recursos totais de bauxita metalúrgica por município.

Com relação à localização das **reservas lavráveis** de bauxita do tipo **metalúrgica** no Estado, destacaram-se as RGInt de Juiz de Fora (85,4%), Pouso Alegre (12,3%), Belo Horizonte (1,5%), Barbacena (0,7%) e Ipatinga (0,1%). Onde os principais municípios detentores foram Mirai (163,8 Mt), Faria Lemos (45,9 Mt), Pedra Dourada (45,9 Mt) e Poços de Caldas (33,4 Mt) (**Gráfico 45**).



Fonte: ANM, 2021.

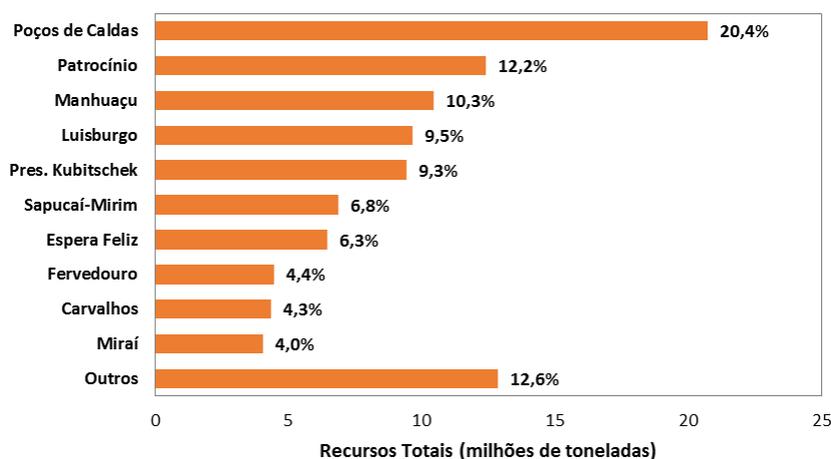
Gráfico 45 - Distribuição das reservas lavráveis de bauxita metalúrgica por município.

Ainda merecem destaque os municípios Simonésia (10,5 Mt), Itamarati de Minas (4,9 Mt), Descoberto (4,1 Mt), Passa Quatro (3,7 Mt), Andradas (2,7 Mt), Ouro Preto (2,4 Mt). Também são encontrados jazimentos em outros

11 municípios das RGInt de Barbacena, Belo Horizonte, Juiz de Fora, Ipatinga e Pouso Alegre que somaram cerca de 8,0 Mt.

Bauxita refratária

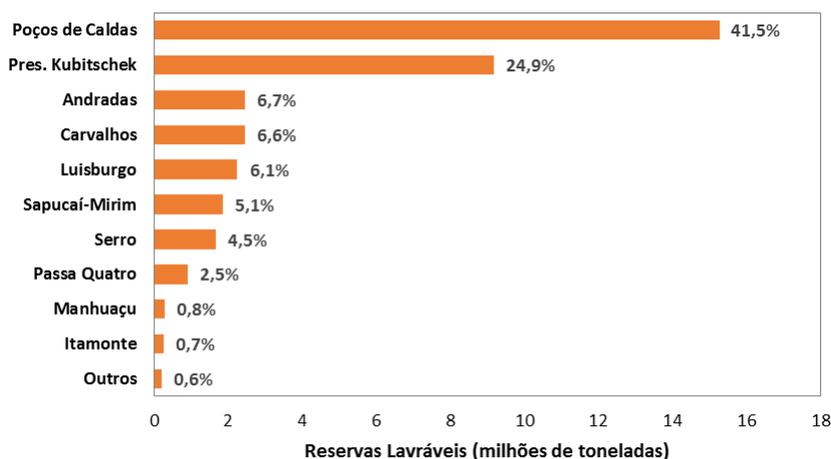
Em 2020, os principais municípios que concentraram recursos totais (medidos, indicados e inferidos) de bauxita refratária foram: Poços de Caldas (20,7 Mt), Patrocínio (12,4 Mt), Manhuaçu (10,5 Mt), Luisburgo (9,7 Mt) e Presidente Kubitschek (9,4 Mt). Citam-se ainda os municípios de Sapucaí-Mirim (6,9 Mt), Espera Feliz (6,5 Mt), Fervedouro (4,5 Mt), Carvalhos (4,4 Mt), Mirai (4,1 Mt) e outros 13 que somaram aproximadamente 13,0 Mt (Gráfico 46).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 46 - Principais municípios detentores dos recursos totais de bauxita refratária do Estado.

Os principais municípios detentores de **reservas lavráveis** de bauxita do tipo **refratária**, estavam concentrados principalmente nas regiões de Pouso Alegre, Teófilo Otoni e Juiz de Fora, abrangendo 14 municípios (Gráfico 47).



Fonte: ANM, 2021.

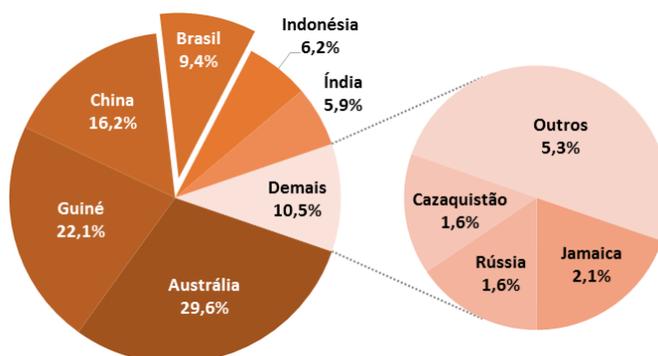
Gráfico 47 - Principais municípios detentores das reservas lavráveis de bauxita refratária do Estado.

Na RGInt de Pouso Alegre se destacaram os municípios de Poços de Caldas, com 15,3 Mt, representando 41,5% do total de reservas lavráveis do Estado e possuindo um teor médio de Al_2O_3 de 46,4%. Citam-se ainda Andradas (2,5 Mt) e Carvalhos (2,4 Mt), além de Sapucaí-Mirim, Passa Quatro, Itamonte, Caldas e Senador Amaral.

Na RGInt de Teófilo Otoni, o município de Presidente Kubitschek detinha 9,2 Mt, ou 24,9% do total do Estado, além de Serro (1,7 Mt). Já na RGInt de Juiz de Fora destacam-se os municípios de Luisburgo (2,3 Mt) e Manhuaçu (300 mil t).

Produção

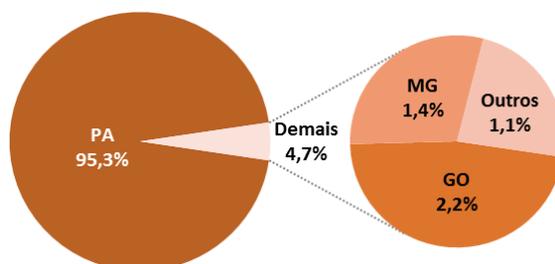
O *Mineral Commodity Summaries* (USGS) mostra que o Brasil foi o quarto maior produtor mundial de alumínio em 2020, com 35,0 Mt, correspondendo a 9,4% do total mundial (317,1 Mt). O maior produtor mundial foi a Austrália (110 Mt), seguido pela Guiné (82 Mt) e China (60 Mt) (Gráfico 48).



Fonte: USGS, 2021.

Gráfico 48 - Produção mundial de alumínio.

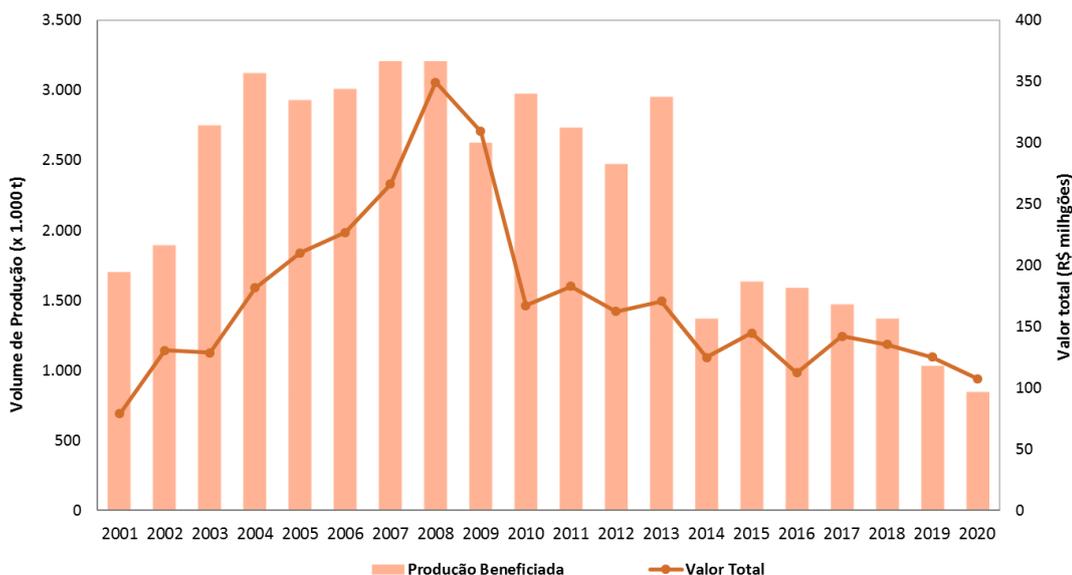
Segundo dados da ANM, a produção nacional foi liderada pelo Estado do Pará, que obteve mais de 28,7 Mt, em 2020, o que correspondeu a uma fatia superior a 95% do alumínio produzido no Brasil. Em segundo, Goiás (665,7 mil t). Minas Gerais apareceu em terceiro (413,9 mil t), além de São Paulo e Santa Catarina, que somaram 329,3 mil t (Gráfico 49).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 49 - Produção nacional de alumínio.

Em Minas Gerais, a produção beneficiada comercializada de alumínio apresentou tendência de crescimento no período de 2001 até 2008, quando atingiu o máximo de 3,2 Mt. A partir daí, a tendência foi de queda chegando a atingir o mínimo de 1,37 Mt em 2014, com pequena recuperação em 2015 e leve tendência de queda até 2020 (Gráfico 50).

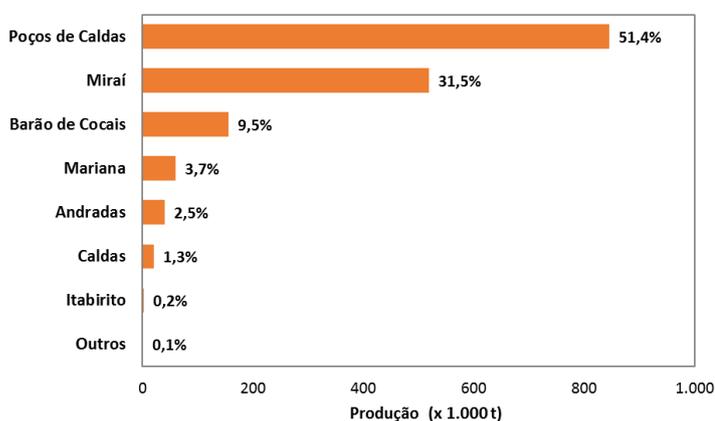


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro/ANM.

Gráfico 50 – Produção beneficiada e valor total comercializado de alumínio (bauxita metalúrgica e refratária).

É possível observar ainda que o valor total comercializado seguiu a mesma tendência de crescimento até alcançar o máximo, de aproximadamente R\$350 milhões (2008), sofrendo forte queda nos anos seguintes, até atingir o patamar de R\$100 milhões (2020), o que representou uma retração da ordem 70%, de 2008 para 2020.

A produção estadual de alumínio, em 2020, foi distribuída em 10 municípios, sendo Poços de Caldas, com 845,3 mil t; e Mirai, com 518,6 mil t, responsáveis por cerca de 83% do total. Citam-se ainda, Barão de Cocais (155,8 mil t), Mariana (60,7 mil t), Andradas (40,4 mil t), Caldas (20,7 mil t) e Itabirito (2,6 mil t), além de Cataguases, Itamarati de Minas e Senador Amaral (**Gráfico 51**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 51 – Municípios produtores de alumínio (bauxita) em Minas Gerais

Cadeia Produtiva

No Brasil, a cadeia produtiva da indústria do alumínio, inicia-se com a exploração da bauxita, extraída em mina a céu aberto pelo método de lavra por tiras (*strip mining*). O beneficiamento é feito, basicamente, por um processo de britagem, lavagem e peneiramento podendo incluir métodos de concentração gravítica ou

separação magnética em casos específicos. Dependendo do tipo de bauxita, os produtos seguirão distintas rotas de processos de transformação.

A **bauxita metalúrgica** passa pelo processo Bayer para a obtenção de alumina, e, posteriormente, pelo processo Hall-Héroult para a obtenção de alumínio metálico. Tanto o alumínio primário quanto o secundário, este último obtido da reciclagem de artigos aluminosos, serão as matérias primas dos produtos semimanufaturados e acabados. Já a **bauxita não metalúrgica** é usada no processo de calcinação, para a obtenção de diversos produtos (Figura 27).

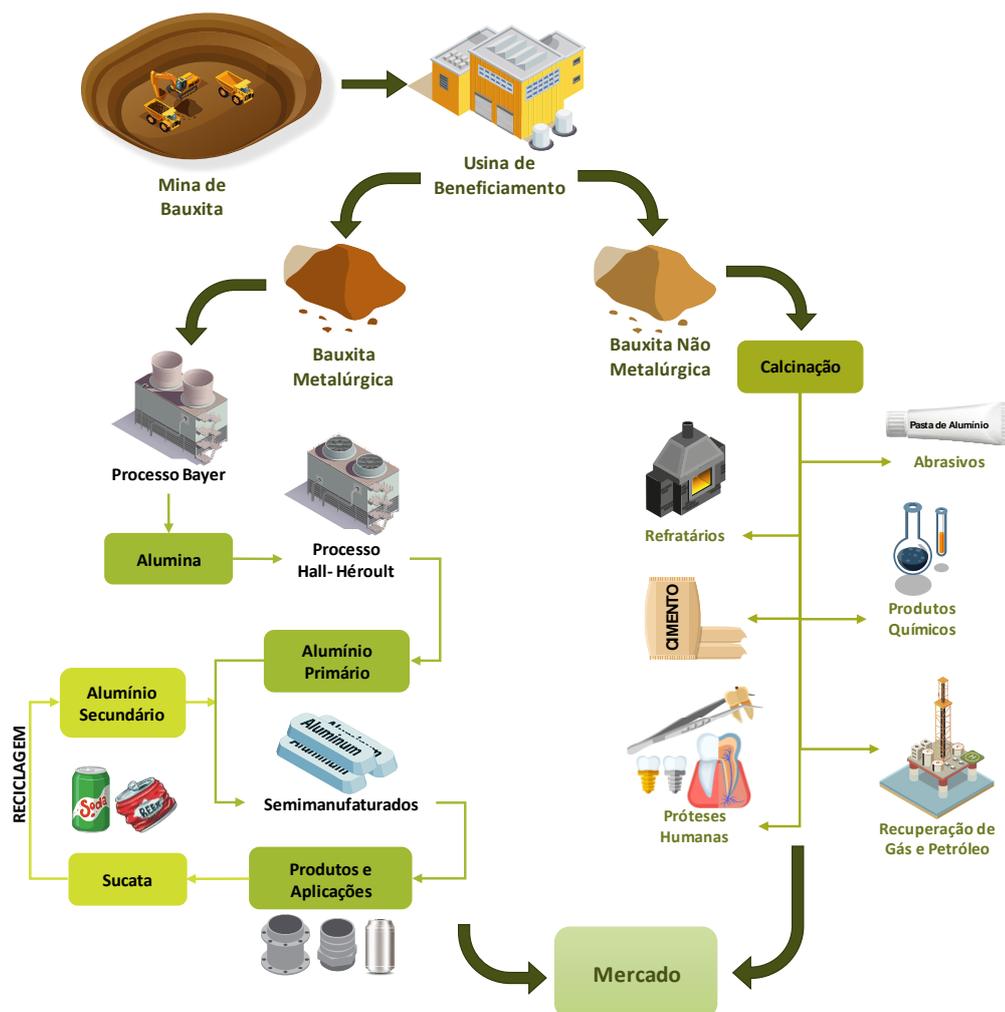


Figura 27 - Fluxograma da cadeia industrial dos produtos e subprodutos da bauxita.

Atualmente, o índice de reciclagem de sucata no Brasil representa 54,1% do consumo doméstico, reciclando praticamente toda a sucata disponível, ficando acima da média mundial que é de 27,8% (ABAL, 2017). Essa é a grande vantagem do alumínio, que retorna para a cadeia depois de utilizado e pode ser reaplicado em diferentes segmentos, gerando ganhos para todo o ciclo (MÁRTIRES, 2009).

Em Minas Gerais, a cadeia do alumínio possui operações que vão desde a extração de bauxita até a produção de embalagens e utensílios. Está distribuída principalmente, nas Regiões Geográficas Intermediárias (RGInt) de Pouso Alegre, Juiz de Fora e Belo Horizonte. A localização das indústrias de transformação está próxima à região dos jazimentos de bauxita, conforme a distribuição dos títulos de concessões de lavra, situadas em locais com bom fornecimento de infraestrutura (principalmente energia elétrica) e logística (Figura 28). Essas empresas

realizam atividades diretamente ligadas à produção de insumos e produtos metálicos, como organizações envolvidas em uma ampla série de setores correlatos, referentes ao fornecimento de bens e serviços para as indústrias centrais.

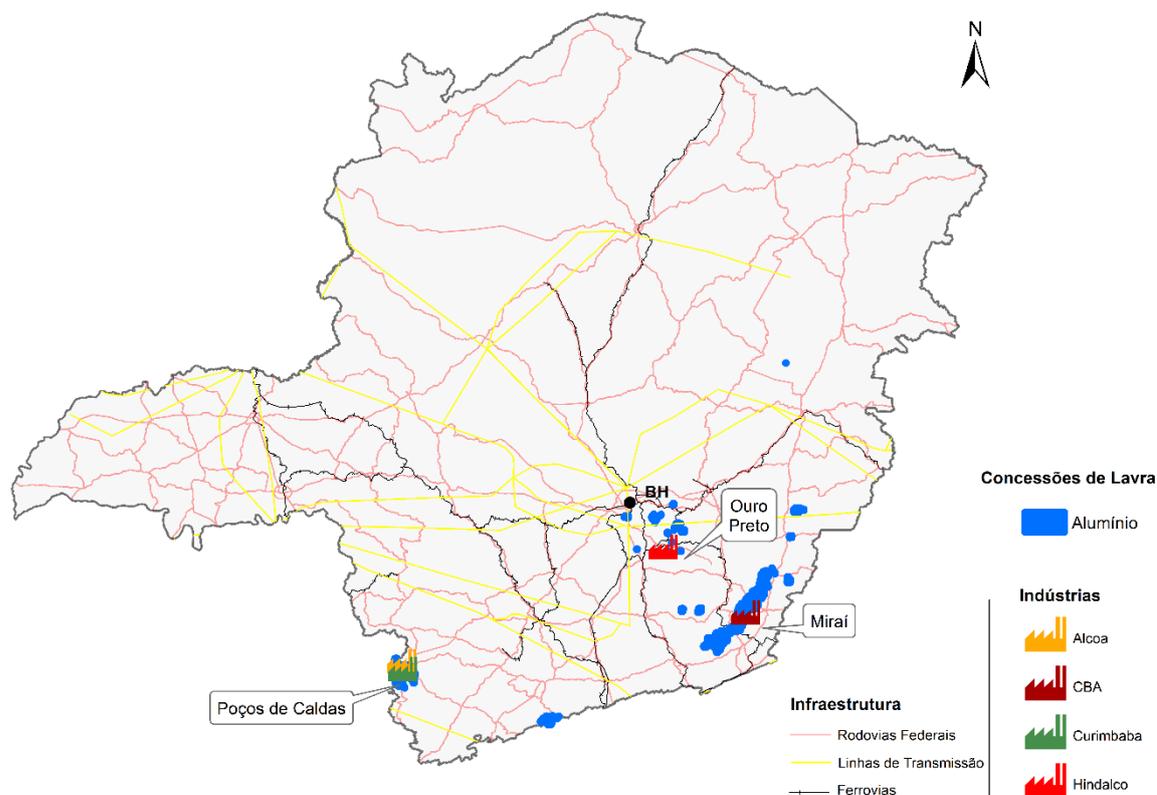


Figura 28 - Localização do parque produtivo de alumínio em Minas Gerais.

Dentre as principais empresas de transformação de alumínio que possuem unidades em Minas Gerais citam-se a Alcoa (Poços de Caldas), a Companhia Brasileira de Alumínio e a Hindalco.

A **Alcoa**, possui operações em mineração, refinaria, químicos, refusão e fábrica de pó de alumínio, em que calcina e hidrata alumina e, também, produz lingotes e pó de alumínio – produzido apenas no Brasil, entre todas as unidades Alcoa do mundo.

A **Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)**, tem capacidade instalada para beneficiar anualmente um milhão de toneladas de bauxita na unidade Poços de Caldas e 2,4 milhões de toneladas de bauxita na unidade de Mirai. Ressalta-se que a produção na unidade de Itamarati de Minas foi encerrada em 2015. A companhia ainda compra bauxita de terceiros.

A **Mineração Curimbaba**, possui duas unidades no município de Poços de Caldas com capacidade produtiva de 375 mil toneladas ao ano de bauxitas sinterizadas, bauxitas ativadas, argilas refratárias sinterizadas e propantes (CURIMBABA, 2022).

A **Hindalco** (Terrabel Empreendimentos) tem uma unidade de transformação na cidade de Ouro Preto que recebe a bauxita das unidades localizadas nos municípios de Faria Lemos e Pedra Dourada (RGInt de Juiz de Fora). A unidade de Ouro Preto produz alumina e hidrato de alumínio, com capacidade máxima de produção de alumina de 145 mil toneladas por ano.

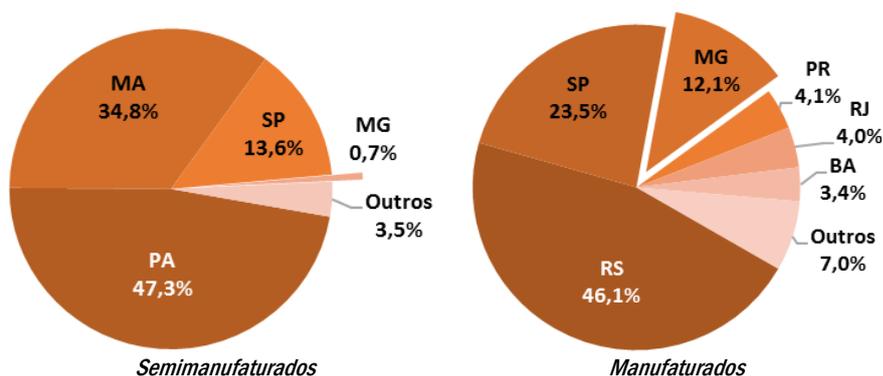
Aspectos Econômicos

Em 2020, o Brasil produziu aproximadamente 30,0 Mt de bauxita, sendo Minas Gerais responsável por 1,4% (ANM, 2021). Em 2019, a produção nacional de alumina atingiu 9,17 Mt, apresentando alta de 11,1% em relação ao ano anterior, já a produção do alumínio primário foi de 650,2 mil t (ABAL, 2021). Em 2018, a reciclagem total ficou em 680 mil t (ABAL, 2020).

No ano de 2020, o país exportou aproximadamente 8,6 Mt em produtos transformados de alumínio, o que gerou um montante de US\$ 3,18 bilhões, sendo os semimanufaturados responsáveis por aproximadamente 94% desse total. Já o total das importações foi de 730 mil t, o que correspondeu a US\$ 1,75 bilhões, com aproximadamente 81% representados por produtos semimanufaturados.

Dentre os principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio, Minas Gerais teve uma pequena participação na venda de produtos semimanufaturados, em 2020, representando US\$ 21,1 milhões (0,7%), já para os produtos manufaturados, a participação do Estado foi mais significativa, totalizando US\$ 24,1 milhões (12,1%) (Gráfico 52).

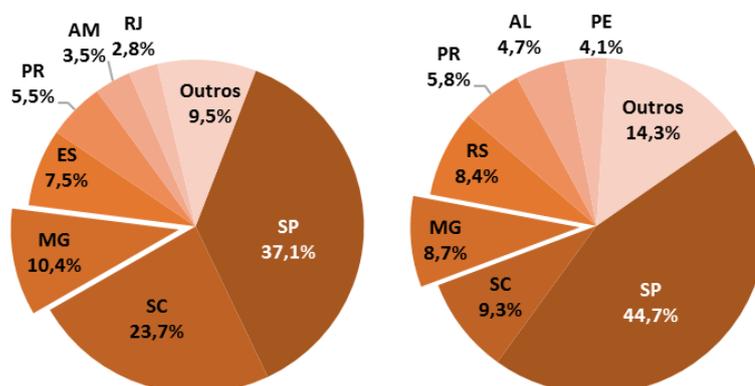
Apesar do Estado do Maranhão não figurar como grande produtor de bauxita, observa-se que é um dos principais exportadores de produtos semimanufaturados de alumínio. O que possivelmente explica esse fato é que parte da produção de alumina do Estado do Pará é destinado a esse Estado.



Fonte: COMEX STAT, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)

Gráfico 52 - Principais Estados exportadores de produtos transformados de alumínio.

Com relação às importações nacionais, tem-se que, em 2020, Minas Gerais ocupou a terceira posição em importação de produtos semimanufaturados e manufaturados, correspondendo, respectivamente, a um montante de US\$ 147,8 milhões e US\$ 28,7 milhões.



Semimanufaturados

Manufaturados

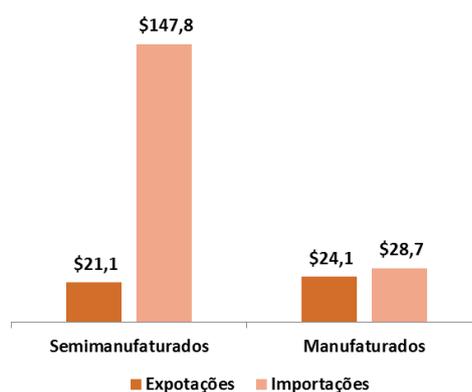
Fonte: COMEX STAT, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro)

Gráfico 53 - Principais Estados importadores de produtos transformados de alumínio

O comércio exterior da indústria de transformação de alumínio em Minas Gerais segue a tendência nacional, onde as exportações de bens primários ou semimanufaturados superam as de manufaturados. Nota-se que a importação de produtos com alto valor agregado vem apresentando crescimento, superando as exportações.

Em 2020, a importação mineira de produtos semimanufaturados e manufaturados de alumínio alcançou US\$ 176 milhões, o que representou um decréscimo de 9,4% em relação ao ano anterior. Dentre os bens semimanufaturados o alumínio não ligado, em formas brutas (NCM 76011000), foi o item mais importado, com US\$ 108,7 milhões. Já entre os bens manufaturados, o maior volume de importação foi para outras obras de alumínio (NCM 76169900), com aproximadamente US\$ 17,1 milhões.

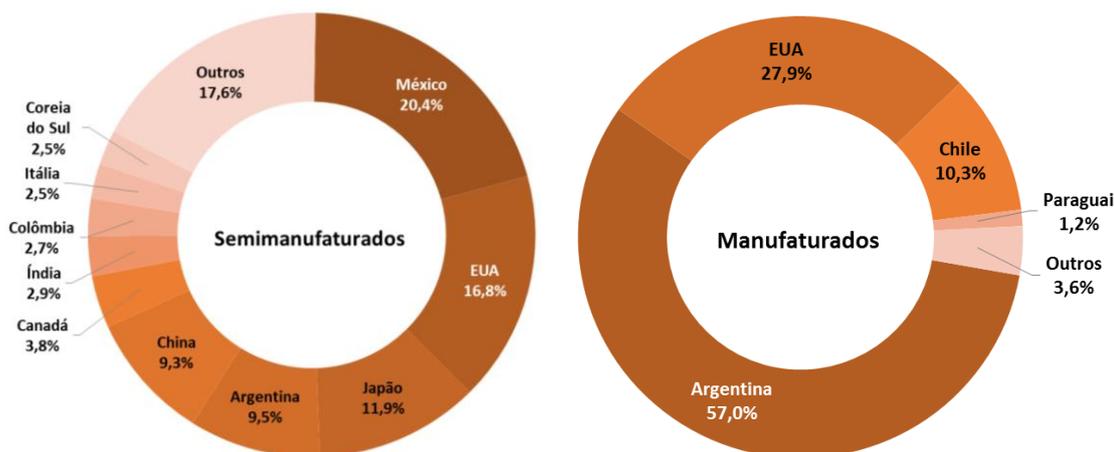
A indústria de transformação do alumínio no Estado, alcançou um volume de exportações de US\$ 45,2 milhões, em 2020, representando uma retração de 24% comparado ao ano anterior. Os produtos de destaque foram a alumina calcinada (NCM 28182010) e recipientes tubulares de alumínio de capacidade não superior a 300 litros (NCM 76129019), com valores FOB na ordem de US\$ 9,4 e US\$ 22 milhões, respectivamente.



Fonte: COMEX STAT, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

Gráfico 54 - Valores de exportação e importação de bens semimanufaturados e manufaturados de alumínio em Minas Gerais.

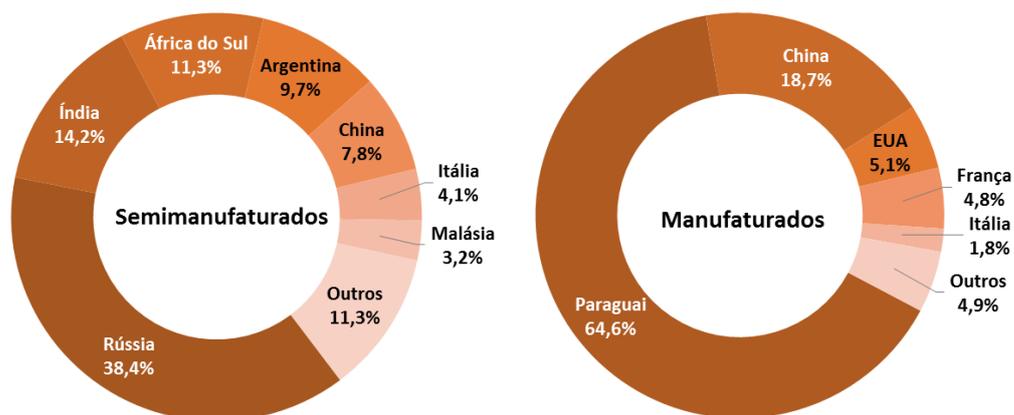
Os principais países que compraram produtos transformados de alumínio do Estado de Minas, em 2020, foram México (US\$ 4,32 milhões), EUA (US\$ 3,54 milhões), Japão (US\$ 2,52 milhões) e Argentina (US\$ 2,00 milhões), para produtos semimanufaturados; e Argentina (US\$ 13,74 milhões), EUA (US\$ 6,73 milhões) e Chile (US\$ 2,48 milhões), para produtos manufaturados (**Gráfico 55**).



Fonte: COMEX STAT, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

Gráfico 55 - Principais destinos das exportações mineiras de produtos transformados de alumínio.

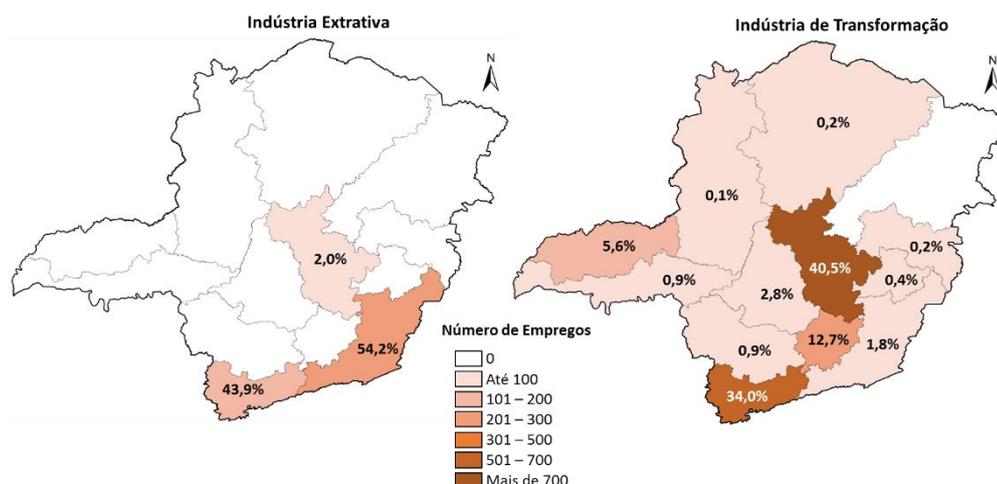
Dos 51 países que exportaram produtos transformados de alumínio para o Estado, os que se destacaram foram Rússia (US\$ 56,76 milhões), Índia (US\$ 21,03 milhões), África do Sul (US\$ 16,74 milhões) e Argentina (US\$ 14,41 milhões), para produtos semimanufaturados; enquanto Paraguai (US\$ 18,52 milhões), China (US\$ 5,37 milhões) e EUA (US\$ 1,48 milhões), foram os principais fornecedores de produtos manufaturados (Gráfico 56).



Fonte: COMEX STAT, 2020 (NCM conforme Sumário Mineral Brasileiro).

Gráfico 56 - Origem das importações mineiras de produtos da indústria de transformação de alumínio.

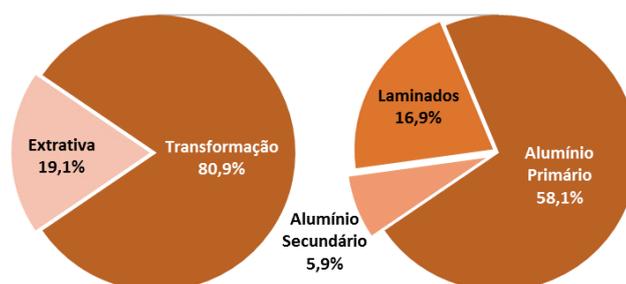
Na cadeia produtiva do alumínio, em 2020, a força de trabalho concentrou-se na indústria de transformação, com 1.936 empregos diretos gerados, principalmente nas RGInt de Belo Horizonte, Pouso Alegre e Barbacena. Já a atividade extrativa foi responsável por 456 empregos, localizados nas RGInt de Juiz de Fora, Pouso Alegre e Belo Horizonte (Figura 29).



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.

Figura 29 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do alumínio por Região Geográfica Intermediária.

Dentro da indústria de transformação os empregos foram principalmente para a produção de alumínio e suas ligas em formas primárias (1.389), produção de laminados de alumínio (405) e recuperação de sucatas de alumínio (142) (Gráfico 57).



Fonte: RAIS, 2020.

Gráfico 57 - Distribuição dos empregos da cadeia produtiva do alumínio metalúrgico.

3.1.4. Manganês (Mn)

O minério de manganês foi descoberto no século XVIII e foi uma das principais substâncias minerais na incipiente pauta de exportações do Brasil, desde o final do século XIX. É considerado um mineral estratégico, uma vez que é insumo indispensável para a produção de ligas de ferro-manganês.

As principais ocorrências e reservas de manganês do Estado estão localizadas ao sul do Quadrilátero Ferrífero, sendo a Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, considerada a mina de maior importância; e na Borda Oeste da Serra do Espinhaço Meridional, onde há ocorrências e depósitos em menor escala, hospedados em sequências metassedimentares (DIAS e CAXITO, 2018).

O número de títulos de concessões de lavra de minério de manganês em todo o Estado é de 48 e, desde o ano de 1992, não há registros de títulos concedidos. Segundo o SIGMINE, 31 empresas operam em Minas Gerais, mas somente três são destaque pelo tamanho do empreendimento (Vale, Mineração Nogueira Duarte e Tratex Mineração).

Segundo Dardene e Schobbenhaus (2003), as numerosas ocorrências de manganês que afloram ao sul do Quadrilátero Ferrífero, mais precisamente, no segmento Conselheiro Lafaiete-Ritópolis-Nazareno estão

associadas à sequência vulcanossedimentar do Grupo Barbacena, correlacionado ao Grupo Nova Lima do *Greenstone Belt* Rio das Velhas descrito por Dorr (1969).

Essa sequência vulcanossedimentar é constituída, na porção basal, por um espesso pacote de metavulcânicas máficas e ultramáficas intercaladas com níveis de BIF e metachert, sobreposto por metapelitos grafitosos com intercalações de metachert, BIF e por níveis manganésiferos silicatados, classificados como gonditos (intercalações entre quartzo e espessartita); e níveis manganésiferos carbonatados denominados de queluzitos, formados principalmente por rodocrosita (PIRES, 1977, 1983 *apud* DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003).

No Quadrilátero Ferrífero, nas regiões de Ouro Preto, Marina, Brumadinho e Itabirito há ocorrências de vários pequenos depósitos secundários de manganês que estão ligados a formação ferrífera. O manganês, neste caso, ocorre como minério em intercalações com os itabiritos da Formação Cauê, do Supergrupo Minas, formando minério de Fe-Mn, que é constituído essencialmente por psilomelana e pirolusita (LOBATO *et al.*, 2001 *apud* LEÃO *et al.*, 2019).

As principais minas que extraem minério de manganês no Estado são: mina Morro da Mina, operada pela Vale (com produção de 80 mil toneladas em 2017), localizada no município de Conselheiro Lafaiete; e as minas do Lucas e Portão (atualmente com regime de produção reduzida), localizadas entre os municípios de Dom Silvério e Domingos do Prata.

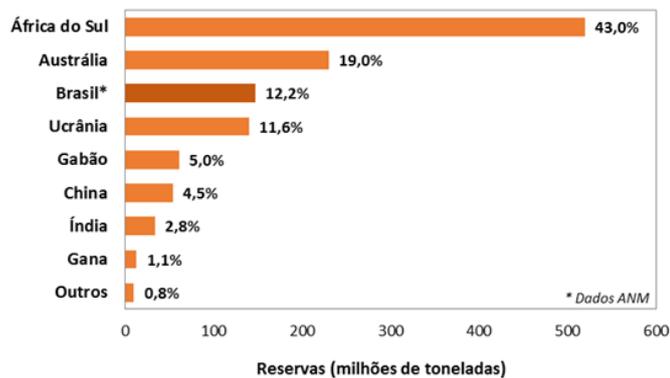
A Vale é a principal empresa mineradora de minério de manganês do país, sendo responsável por cerca de 70% do mercado nacional, atuando principalmente nos Estados Pará, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Outras empresas de mineração de menor porte, que atuam em Minas Gerais, são a **Mineração Nogueira Duarte** e a **Tratex Mineração**.

Entre 2007 e 2016, foram aprovados 42 relatórios finais de pesquisa pela ANM, de um total de 127, com um montante de 191 Mt de reservas contidas, o que equivale a cerca de 45 Mt de manganês contido (não considerando os recursos indicados e inferidos) (HEIDER e AMARANTE, 2018).

Existem, atualmente, um total de 47 concessões de lavra ativas no Estado de Minas Gerais, desde o início do sistema SIGMINE. Entre 2000 e 2021, foram registrados 154 requerimentos de pesquisa, 404 autorizações de pesquisa e 42 requerimentos de lavra para minério de manganês no Estado (SIGMINE - ANM, 2021).

Recursos e Reservas

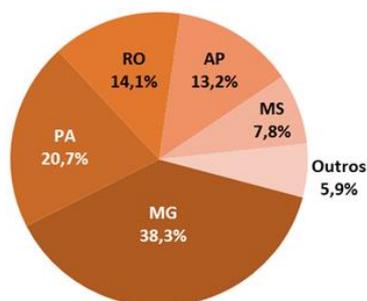
Segundo o *Mineral Commodity Summaries* (USGS), as reservas mundiais de manganês, em 2020, foram de 1.209,5 Mt de minério, distribuídas nos seguintes países: África do Sul (520,0 Mt), Austrália (230,0 Mt), Brasil (147,5 Mt), Ucrânia (140,0 Mt), Gabão (61,0 Mt), China (54,0 Mt), Índia (34,0 Mt) e Gana (13,0 Mt) (**Gráfico 58**). Estes oito países possuíam cerca de 99% do total das reservas do mundo.



Fonte: USGS, 2021/ ANM, 2021.

Gráfico 58 - Distribuição das reservas mundiais de manganês em milhões de toneladas.

No Brasil, as reservas lavráveis de minério de manganês, em 2020, eram da ordem de 147,5 Mt (ANM, 2021). Minas Gerais era o principal detentor, com 56,6 Mt; seguido pelo Pará (30,5 Mt); Rondônia (20,8 Mt); Amapá (19,5 Mt); e Mato Grosso do Sul (11,5 Mt). Em menor proporção, citam-se Mato Grosso, Goiás, Bahia, Tocantins e Ceará, que somaram cerca de 8,7 Mt (**Gráfico 59**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 59 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de manganês.

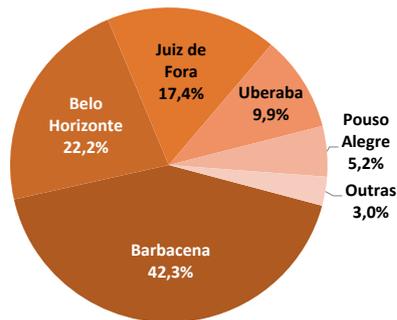
Em 2020, Minas Gerais registrou um montante de 101,5 Mt para os recursos inferidos; 107,3 Mt para recursos indicados; 156,1 Mt para recursos medidos; e 55,7 Mt para reservas lavráveis (**Gráfico 60**). Essas ocorrências estavam distribuídas em nove regiões do Estado.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 60 - Percentual dos recursos e reservas de manganês para Minas Gerais.

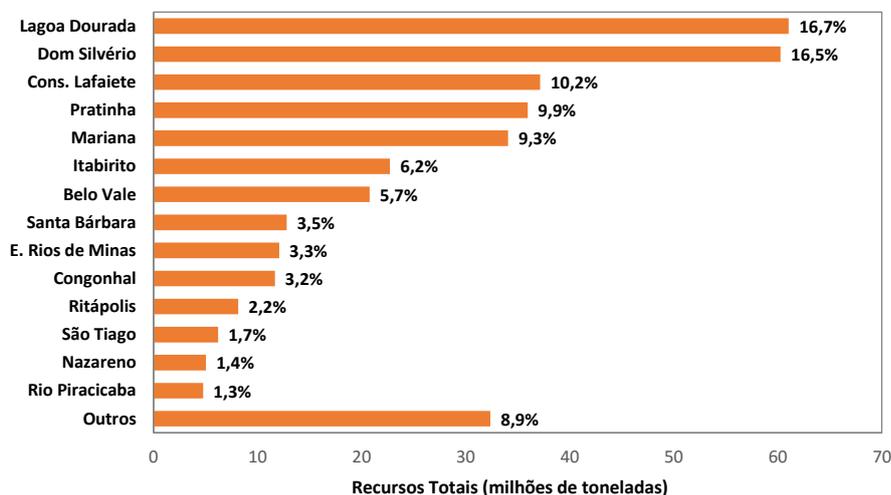
Em termos de **recursos totais** (medidos, indicados e inferidos), três RGInt foram as principais detentoras de depósitos de minério de manganês: as regiões de Barbacena (154,5 Mt); Belo Horizonte (81,2 Mt); e Juiz de Fora (63,6 Mt) (**Gráfico 61**). Em menores proporções, citam-se os depósitos das regiões Uberaba (36,0 Mt), Pouso Alegre (18,9 Mt), além de Ipatinga, Teófilo Otoni, Montes Claros e Varginha que somaram 10,8 Mt.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 61 - Distribuição por RGIInts dos recursos totais de minério de manganês em Minas Gerais.

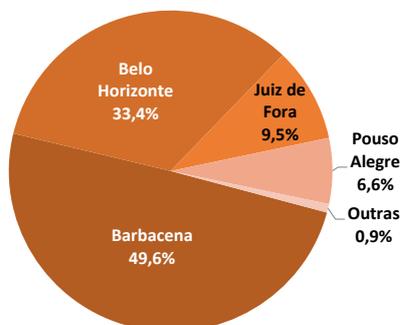
O montante de recursos totais foi distribuído em 41 municípios, sendo Lagoa Dourada, localizado na região de Barbacena, o que possuía o maior volume, com 61,0 Mt; seguido por Dom Silvério (60,3 Mt), Conselheiro Lafaiete (37,2 Mt), Pratinha (36,0 Mt), Mariana (34,1 Mt), Itabirito (22,7 Mt), Belo Vale (20,8 Mt), Santa Bárbara (12,8 Mt), Entre Rios de Minas (12,1 Mt) e Congonhal (11,7 Mt); além de Ritópolis, São Tiago, Nazareno, Rio Piracicaba e outros 27 municípios (**Gráfico 62**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 62 - Distribuição dos recursos totais de minério de manganês nos principais municípios de Minas Gerais.

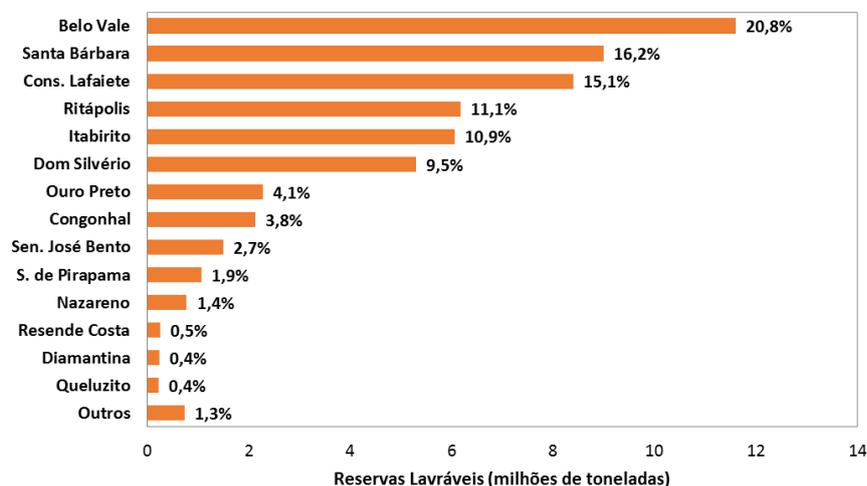
Em termos de **reservas lavráveis**, duas regiões se destacaram, sendo a principal a de Barbacena (27,6 Mt); e a região de Belo Horizonte (18,6 Mt). Citam-se ainda as jazidas localizados nas regiões de Juiz de Fora (5,3 Mt) e Pouso Alegre (3,7 Mt); além das regiões de Teófilo Otoni, Ipatinga e Montes Claros que somaram 500 mil t (**Gráfico 63**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 63 - Distribuição por RGIInts das reservas lavráveis de minério de manganês em Minas Gerais.

As reservas lavráveis estavam distribuídas em 21 municípios, sendo o município de Belo Vale o maior detentor, com mais de 11,6 Mt; seguido por Santa Bárbara (9,0 Mt); Conselheiro Lafaiete (8,4 Mt); Ritápolis (6,2 Mt); Itabirito (6,1 Mt); Dom Silvério (5,3 Mt); Ouro Preto (2,3 Mt) e Congonhal (2,1 Mt) e demais municípios (Senador José Bento, Santana de Pirapama, Nazareno, Resende Costa, Diamantina, Queluzito e mais sete municípios) (Gráfico 64).



Fonte: ANM, 2021.

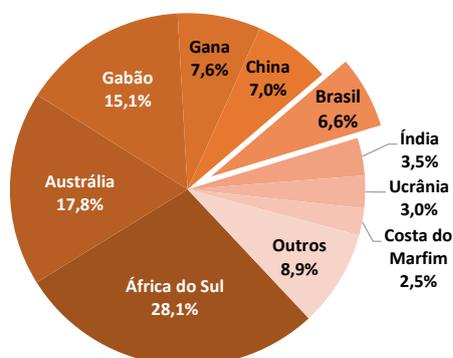
Gráfico 64 - Distribuição das reservas lavráveis de minério de manganês por municípios.

Na medida em que as minas de manganês entram em processo de exaustão, estima-se que a cotação desse bem mineral apresente tendência de valorização que, por sua vez, viabilize jazimentos de menor porte e com maior custo de produção.

Sem a previsão de novos ativos de classe mundial no território brasileiro, buscam-se novas tecnologias visando o prolongamento do processo produtivo de manganês, como o aproveitamento de resíduos, rejeitos e finos de rejeito, como já previsto para as minas da Serra do Navio (Amapá) e Mina do Azul (Pará).

Produção

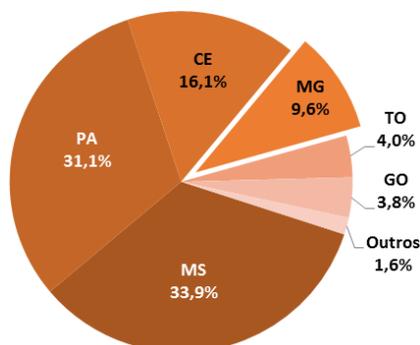
Dados do *Mineral Commodity Summaries* (USGS) e da ANM, mostraram que a produção mundial de manganês em 2020, foi estimada em 18,5 Mt em metal contido; com liderança da África do Sul, que respondeu por 5,20 Mt; seguido por Austrália (3,30 Mt); Gabão (2,80 Mt); e Gana (1,40 Mt). O Brasil apareceu na sexta posição, com 1,22 Mt (6,6% da produção mundial) (Gráfico 65).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 65 - Produção mundial de manganês.

No Brasil, a produção de manganês (em metal contido) foi liderada pelo Mato Grosso do Sul, com 412,2 mil t (33,9% do total nacional). Citam-se ainda o Pará (378,4 mil t); Ceará (195,8 mil t); Minas Gerais (116,8 mil t); Tocantins (48,1 mil t); e Goiás (46,5 mil t) (**Gráfico 66**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 66 - Distribuição da produção nacional de manganês.

Ao se avaliar a evolução histórica, a produção beneficiada de manganês no Estado apresentou tendência de crescimento no período de 2000 a 2010, com máximo de 737,3 mil toneladas (2010). A partir de 2011, houve forte queda, chegando a atingir o mínimo de 130 mil toneladas (2016). Após esse período, apresentou leve recuperação, porém, voltou a cair em 2020, quando atingiu o patamar de 190 mil toneladas (**Gráfico 67**).

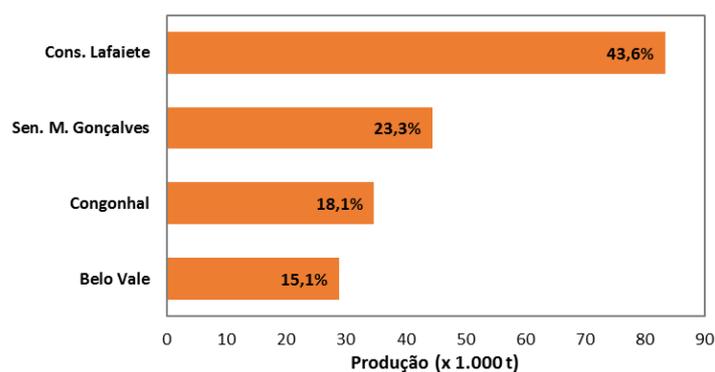


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, ANM.

Gráfico 67 - Produção beneficiada e valor total comercializado de manganês em Minas Gerais.

Em termos de valor total comercializado, observou-se uma tendência de crescimento entre 2000 e 2011, passando de R\$7,9 milhões, para aproximadamente R\$90 milhões; com posterior queda até 2015, alcançando os R\$18,6 milhões e apresentando tendência de crescimento. Em 2020, atingiu os R\$58,7 milhões.

A produção beneficiada do Estado de 2020 estava restrita a quatro municípios, sendo o volume de 83,4 mil t concentrado em Conselheiro Lafaiete. Na sequência apareceram Senador Modestino Gonçalves (44,5 mil t); Congonhal (34,7 mil t); e Belo Vale (28,8 mil t) (**Gráfico 68**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 68 – Produção beneficiada de manganês por municípios de Minas Gerais

Cadeia Produtiva

O minério de manganês tem papel importante no desenvolvimento de diversos processos de fabricação de aço, sendo comum o seu uso em ligas metálicas na indústria siderúrgica, o que chega a representar quase 98% de todo o manganês exportado pela indústria de transformação.

De forma geral, a cadeia produtiva do manganês está intrinsecamente ligada à indústria siderúrgica, uma vez que quase a totalidade do minério é insumo para a produção de ferro gusa e aço bruto, onde é usado para a obtenção de diversos tipos ligas (Fe-Si-Mn e Fe-Mn). Além disso, o manganês metálico de alta pureza é aplicado em fins mais nobres na siderurgia como a produção de aços inoxidáveis, aço ferramenta e na indústria de ligas não ferrosas à base de alumínio, cobre e níquel, principalmente. O minério de manganês ainda pode ser aplicado em outras indústrias, como a de pilhas secas, química, vidros e cerâmicas (**Figura 30**).

Ressalta-se que esse metal não é reciclável, possui ainda preço relativamente baixo, além de benefícios técnicos, que torna sua participação em diversas ligas mais viável, razão pela qual, não há um substituto econômico para o mesmo no mercado.

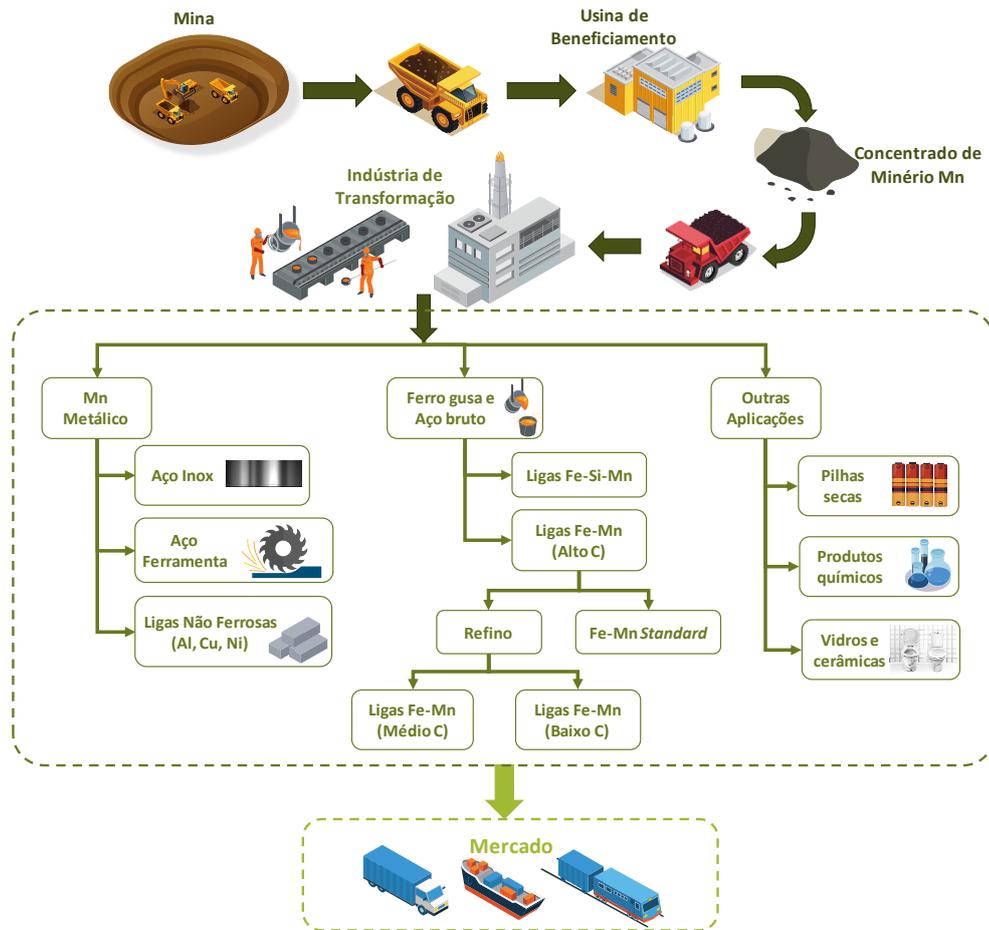
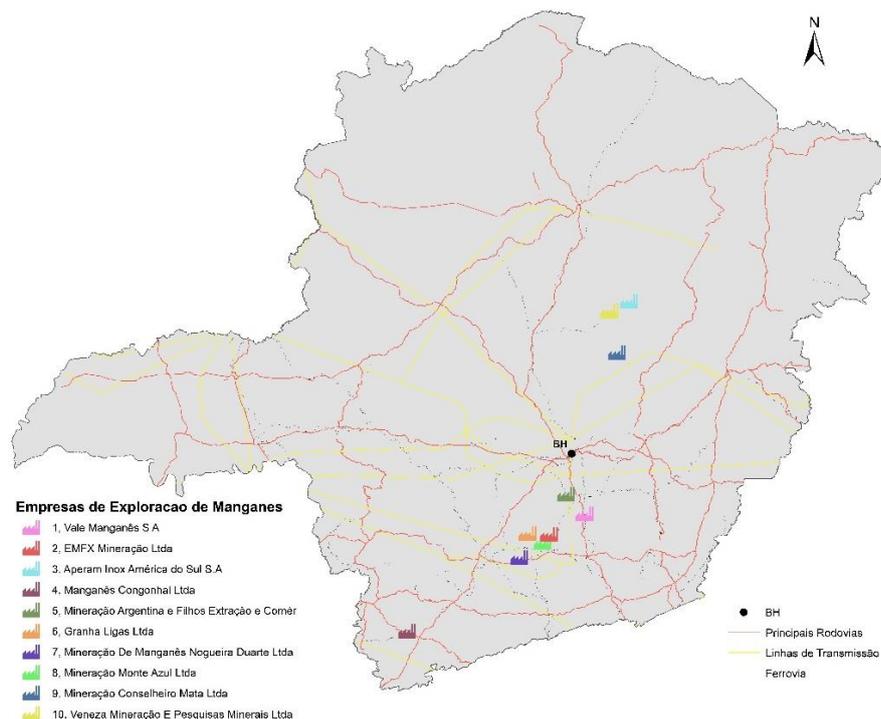


Figura 30 – Fluxograma esquemático das etapas da cadeia produtiva do manganês

O parque produtivo de manganês no Estado teve grande impulso devido a abundância de estradas de ferro, que atenderia a demanda externa de aço, principal destino do produto na década de 1920. A produção do manganês, em Minas Gerais, é dominada principalmente pela Vale, no Morro da Mina, considerado o depósito de maior importância, situado no Quadrilátero Ferrífero, no município de Conselheiro Lafaiete (**Figura 31**).



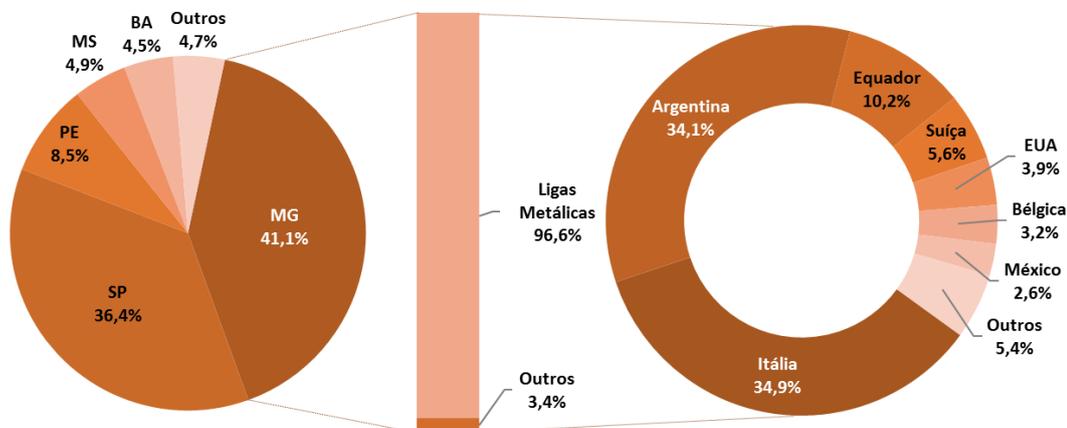
Fonte: SIGMINE/ANM.

Figura 31 - Localização das empresas da indústria extrativa de manganês.

Além das empresas de exploração de manganês, ressalta-se que algumas empresas siderúrgicas e de transformação, são detentoras de concessões de lavra no Estado, como Aperam e Companhia Brasileira de Alumínio. Dessa forma, percebe-se como a cadeia do manganês é interligada às cadeias de outros metais, justamente por sua grande aplicação em ligas diversas.

Aspectos Econômicos

O volume das **exportações** nacionais da indústria de transformação de manganês foi da ordem de 63 mil toneladas (2020), com um montante de US\$ 66,03 milhões. Desse total, Minas Gerais representou cerca de US\$ 27,16 milhões, principalmente na forma de ligas metálicas. Os principais países de destino das exportações mineiras foram Itália (US\$ 9,47 Mi); Argentina (US\$ 9,27 Mi); Equador (US\$ 2,78 Mi) e Suíça (US\$ 1,52 Mi) (Gráfico 69).

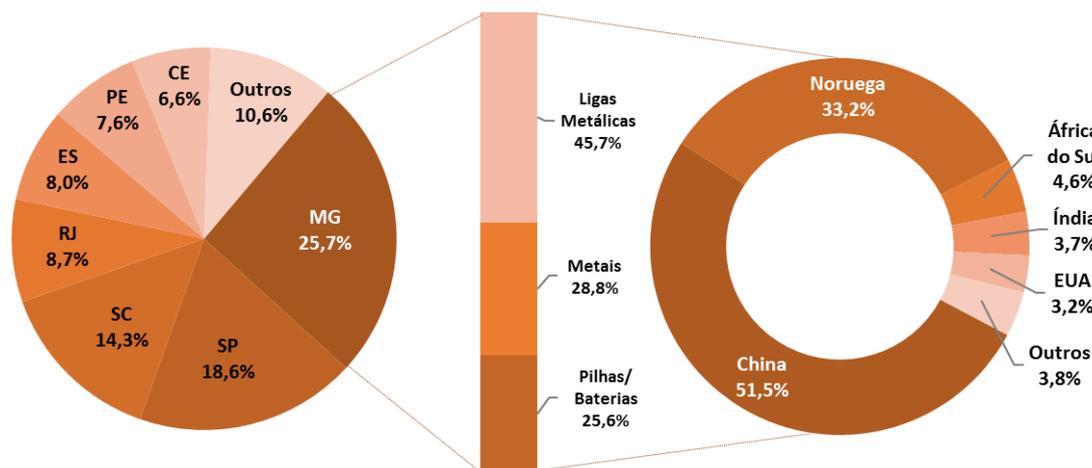


Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 69 - Exportações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).

Considerando as indústrias extrativa e de transformação de manganês, o volume das exportações mineiras, em 2020, foi de aproximadamente 51 mil toneladas, o que representou uma queda de 16,4%, frente às 60,5 mil toneladas de 2019. Em termos de valor FOB, a queda foi um pouco maior, em torno de 22,6%; passando de US\$ 39,47 milhões para US\$ 30,54 milhões.

As **importações** nacionais da indústria de transformação de manganês foram da ordem de 130 mil toneladas (2020), o que representou um montante de US\$ 128,64 milhões. Minas Gerais, representou US\$ 33,04 Mi, nas formas de ligas metálicas, metais, pilhas e baterias, provenientes, principalmente da China (US\$ 17,01 Mi), Noruega (US\$ 11,00 Mi), África do Sul (US\$ 1,52 Mi) e Índia (US\$ 1,24 Mi) (**Gráfico 70**).



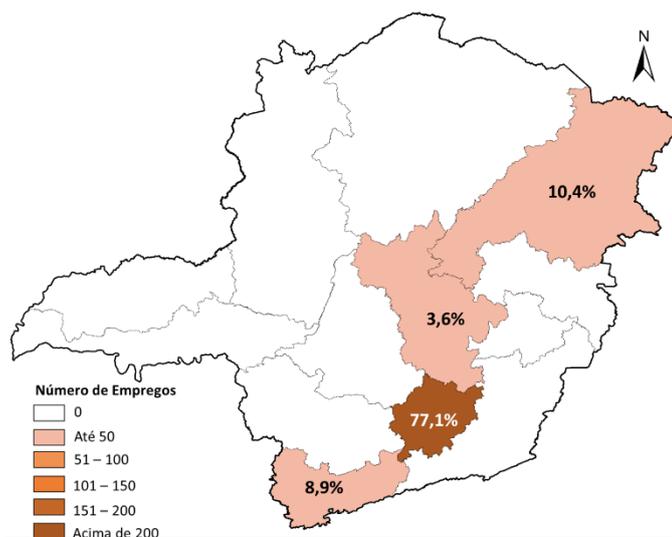
Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 70 - Importações nacionais da indústria de transformação de manganês com destaque para Minas Gerais (principais produtos e países).

Ressalta-se que Minas Gerais importa apenas produtos transformados de manganês, não havendo registros de importações de produtos da indústria extrativa para o ano de 2020.

Em comparação ao ano de 2019, observa-se que, em 2020, houve queda de 5,2% no volume de importações de produtos transformados, passando de 21,0 mil toneladas para 19,9 mil toneladas. No mesmo período, também se observou uma queda no valor FOB, passando de US\$ 38,61 Mi para US\$ 33,04 Mi.

Os dados do RAIS (2020) apontam que os empregos diretos, na cadeia produtiva do manganês, foram para a indústria extrativa, concentrando-se nas RGInt de Barbacena (216), Teófilo Otoni (29), Pouso Alegre (25) e Belo Horizonte (10) (**Figura 32**). Cabe ressaltar que esse bem mineral é consumido, quase que em sua totalidade, na indústria siderúrgica, não sendo contabilizados dados específicos para a indústria de transformação.



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.

Figura 32 – Quantificação dos empregos gerados na cadeia do manganês por Região Geográfica Intermediária.

3.1.5. Zinco (ZN)

As ocorrências de minério de zinco no Estado, que correspondem, em grande parte, às reservas nacionais, estão localizadas nos municípios de **Vazante** e **Paracatu**, na região de Patos de Minas Gerais.

Os jazimentos de zinco de Vazante estão relacionados às rochas pelito-carbonáticas do Grupo Vazante (DIAS *et al.*, 2015). A mineralização principal é constituída essencialmente por **willemita** (mineral-minério), associada a hematita e zincita, com franklinita, smithsonita, esfalerita e galena subordinadas, (MONTEIRO, 1997; MONTEIRO *et al.* 1996, 1999; BITENCOURT *et al.* 2001 *apud* DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003).

Amaral (1968), Pinto (1990) e Monteiro *et al.* (2006) *apud* Dias *et al.* (2015), ressaltam que essa mineralização pode conter ainda ganga de dolomita, siderita, quartzo, clorita rica em Zn, barita e concentrações subordinadas de magnetita e apatita. Siqueira (2013) ainda acrescenta que associados ao zinco podem ser identificados chumbo, cádmio, prata, cobalto, antimônio, cobre, níquel, arsênio, mercúrio, vanádio, urânio e Elementos de Terras Raras leves.

Na cidade de Vazante, na Região de Patos de Minas, está a maior mina subterrânea de zinco em operação no Brasil (**mina Vazante**), sendo a maior reserva brasileira de zinco, com cerca de dois milhões de toneladas e teor estimado em 22% de zinco, o que corresponde a quase 1% do total mundial.

Outra região que merece destaque no Estado é a de Paracatu pela presença de depósitos sulfetado de Pb-Zn, hospedados nos dolomitos do Grupo Vazante, onde a mineralização primária é constituída essencialmente por esfalerita e galena predominantes, com pirita e barita subordinadas (DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003). Nessa região está localizada a mina subterrânea de zinco de Morro Agudo (**Figura 33**), com teores *in situ* da ordem de 4,66% de Zn e 1,53% Pb, e teor médio lavrável de 3,93% Zn e 1,29% Pb.

As minas de Vazante e de Morro Agudo produzem, respectivamente, minérios silicatados e sulfetados, que após beneficiados, garantem mais de 80% da necessidade da planta metalúrgica de Três Marias, ao passo que a unidade de fundição, localizada em Juiz de Fora, produz zinco utilizando como matéria-prima o concentrado sulfetado importado.

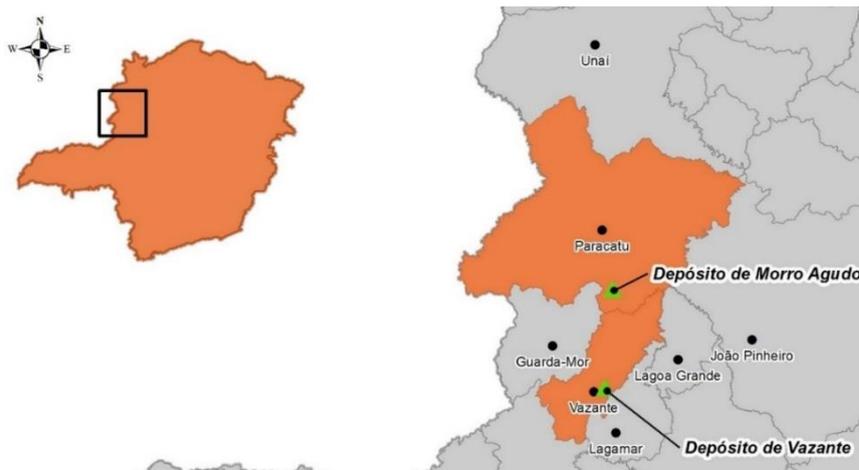
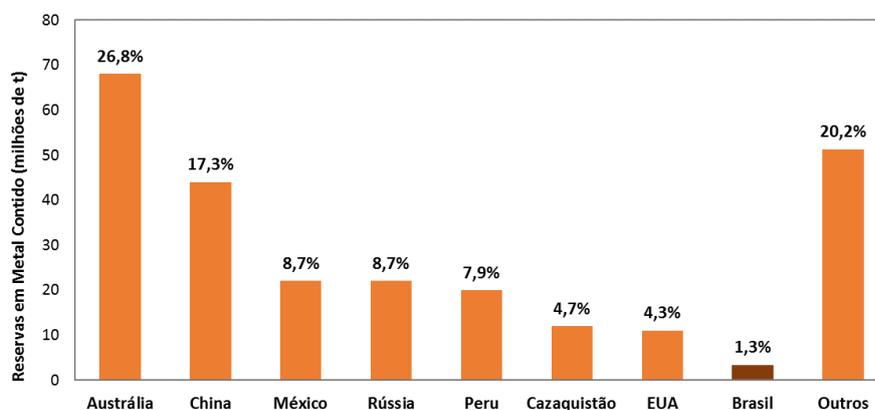


Figura 33 - Localização dos depósitos de minério de zinco no Estado de Minas Gerais.

A principal empresa produtora de zinco no Estado é a **Nexa Resources** que faz parte do Grupo **Votarantim**. Suas unidades industriais estão localizadas em dois empreendimentos mineiros, um em Vazante (com uma capacidade instalada de 170 mil toneladas/ano de zinco silicatado) e outro em Paracatu; além de duas usinas metalúrgicas, situadas em Três Marias e Juiz de Fora.

Recursos e Reservas

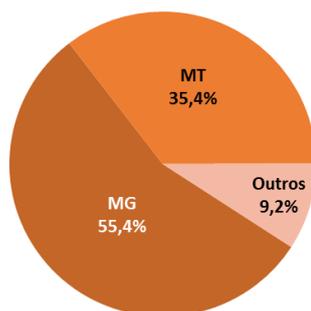
As reservas mundiais de zinco (em metal contido) atingiram 253,7 Mt, em 2020. As principais reservas estavam concentradas na Austrália (68,0 Mt), China (44,0 Mt), México (22,0 Mt); Rússia (22,0 Mt) e Peru (20,0 Mt) (**Gráfico 71**), sendo que 3,4 Mt estavam localizadas no Brasil, distribuídas principalmente por Minas Gerais, Mato Grosso e Rondônia. (USGS e ANM, 2021).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 71 - Distribuição das reservas mundiais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).

Segundo a ANM, em 2020, o Estado de Minas Gerais era o principal detentor nacional de recursos totais (medidos, indicados e inferidos) de minério de zinco, com 4,08 Mt de zinco contido; seguido pelo Mato Grosso (2,60 Mt); além de Rio Grande do Sul, Rondônia, Pará, Bahia e Paraná, que juntos possuíam 679,70 mil toneladas (**Gráfico 72**).

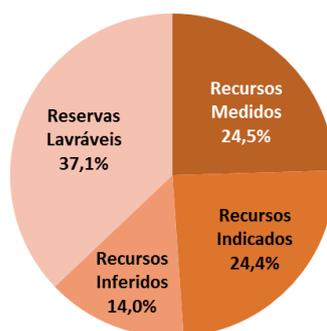


Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 72 - Distribuição nacional dos recursos totais de minério de zinco (em toneladas de metal contido).

É importante ressaltar que, somente os depósitos localizados em Minas Gerais e Mato Grosso têm importância econômica, sendo as reservas lavráveis concentradas em Minas Gerais, com 2,4 Mt (70,9%); e Mato Grosso, com 894,4 mil toneladas, ou 26,5% do total.

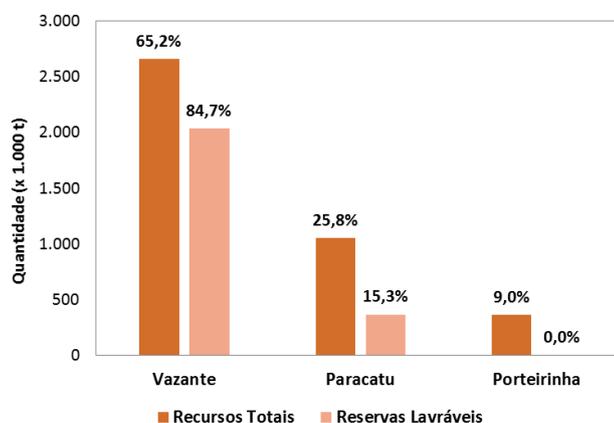
Em âmbito regional, segundo a ANM, em 2020, a distribuição dos recursos (medidos, indicados e inferidos) e das reservas lavráveis (em metal contido) (**Gráfico 73**) mostra que 1,59 Mt foram de recursos medidos; 1,58 Mt de recursos indicados; 907,96 mil t de recursos inferidos; e 2,41 Mt de reservas lavráveis.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 73 - Distribuição dos recursos e reservas de minério de zinco (em toneladas de metal contido) Minas Gerais.

Conforme mencionado, a Região Geográfica Intermediária de Patos de Minas é a principal região do Estado onde há ocorrências de zinco, distribuídas nos municípios de Vazante e Paracatu (**Gráfico 74**). Observa-se que o município de Vazante é o que concentra 65% dos recursos totais de minério de zinco (2,66 Mt) e 85% das reservas lavráveis (2,04 Mt), seguido pelo município de Paracatu, com 1,05 Mt em recursos totais e 367 mil t em reservas lavráveis. Cita-se ainda o município de Porteirinha, com 366 mil t em recursos totais.

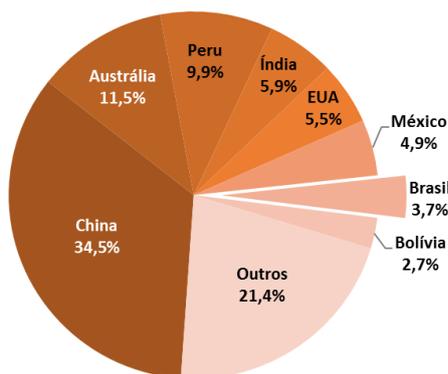


Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 74 - Distribuição regional dos recursos totais e reservas lavráveis de minério de zinco (em toneladas de metal contido).

Produção

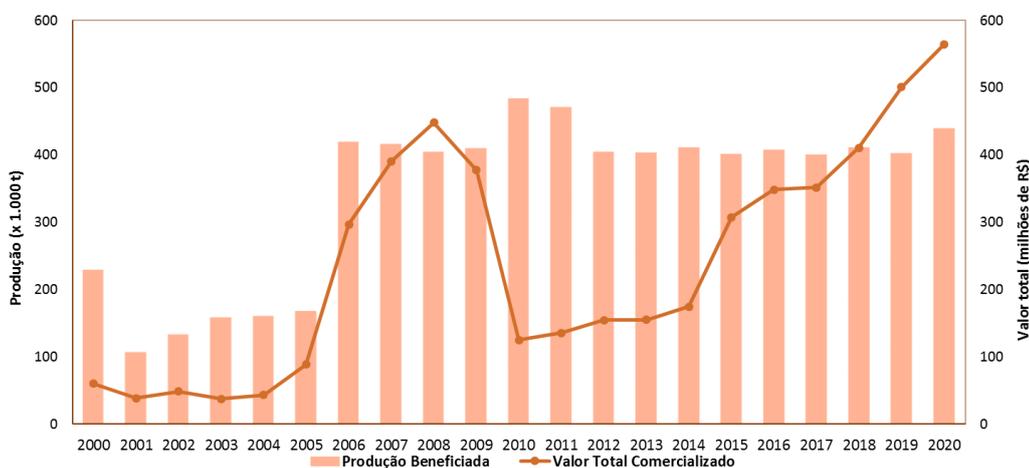
Segundo dados do *Mineral Commodity Summaries* (USGS) a produção mundial de zinco foi de 12,18 Mt, em 2020, sendo liderada pela China, com 4,20 Mt; seguida por Austrália (1,40 Mt) e Peru (1,20 Mt) (**Gráfico 75**). Dados do ANM mostram que a produção beneficiada nacional foi mais de 450,65 mil toneladas (2020), sendo Minas Gerais responsável por 97,5% do volume produzido. Ressalta-se, ainda, que houve tímida produção de 11,27 mil toneladas no Estado de Rondônia.



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 75 - Distribuição da produção mundial de zinco (x1.000 t).

Para o Estado de Minas Gerais, dados da ANM mostram que a produção beneficiada de zinco sofreu forte crescimento de 2005 para 2006 (150%), passando de aproximadamente 170 mil toneladas para 420 mil toneladas, se mantendo no patamar de 400 a 480 mil toneladas até 2020 (**Gráfico 76**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

Gráfico 76 - Produção beneficiada e valor total comercializado de zinco em Minas Gerais.

Com relação ao valor total da produção comercializada, observa-se uma grande variação no período de 2000 a 2020, atingindo um valor mínimo de R\$37,5 milhões em 2003, com pico de R\$448,1 milhões em 2008, com forte queda até 2014, voltando a subir em 2015 e atingindo R\$564,13 milhões em 2020.

A produção de zinco no Estado, está distribuída nos municípios de Vazante, com 378,53 mil t e valor comercializado de R\$ 399,14 milhões; e Paracatu, com 60,86 mil t e valor comercializado de aproximadamente R\$ 165,0 milhões.

Cadeia Produtiva

Minas Gerais é o principal produtor nacional de zinco metálico, com 278 mil toneladas em 2018 (NEXA, 2018). As minas de zinco do Estado estão localizadas nos municípios de Paracatu (Mina Morro Agudo) e Vazante (Mina Vazante), na região de Patos de Minas, operadas pela Nexa Resources, uma empresa do Grupo Votorantim. Os concentrados produzidos nessas minas são transformados nos municípios de Três Marias e Juiz de Fora (**Figura 34**), onde as operações também são realizadas pela Nexa. Cabe ressaltar que em Juiz de Fora, além de concentrados, materiais recicláveis (como sucatas e pó de aciaria) também são usados para a produção de zinco.

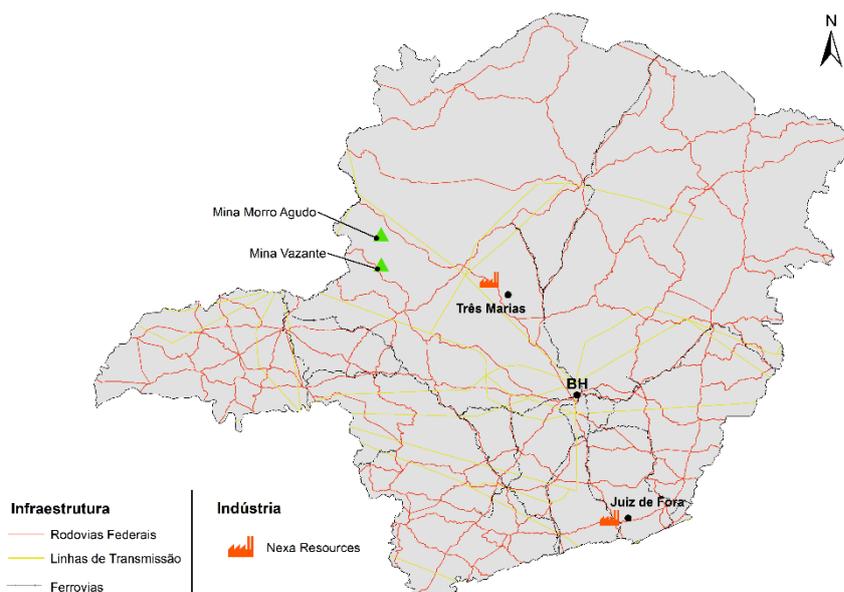


Figura 34 - Localização das indústrias de transformação de zinco em Minas Gerais

Em Três Marias são processados os concentrados das minas de Vazante (silicatado) e Morro Agudo (sulfetado), por rotas integradas de calcinação, lixiviação e eletroextração, onde são produzidos zinco metálico e óxido de zinco (**Figura 35**). Em Juiz de Fora, além dos processos citados, o zinco é transformado em forno de arco elétrico (NEXA, 2020).

É importante salientar que Minas Gerais faz a importação de concentrado de zinco sulfetado proveniente do Peru, o qual é transformado na usina de Três Marias, de forma a atender o mercado. A título de exemplo, no ano de 2021, foram importadas 209,4 mil toneladas de sulfetos de minério de zinco, o que correspondeu a mais de US\$ 208,0 milhões.

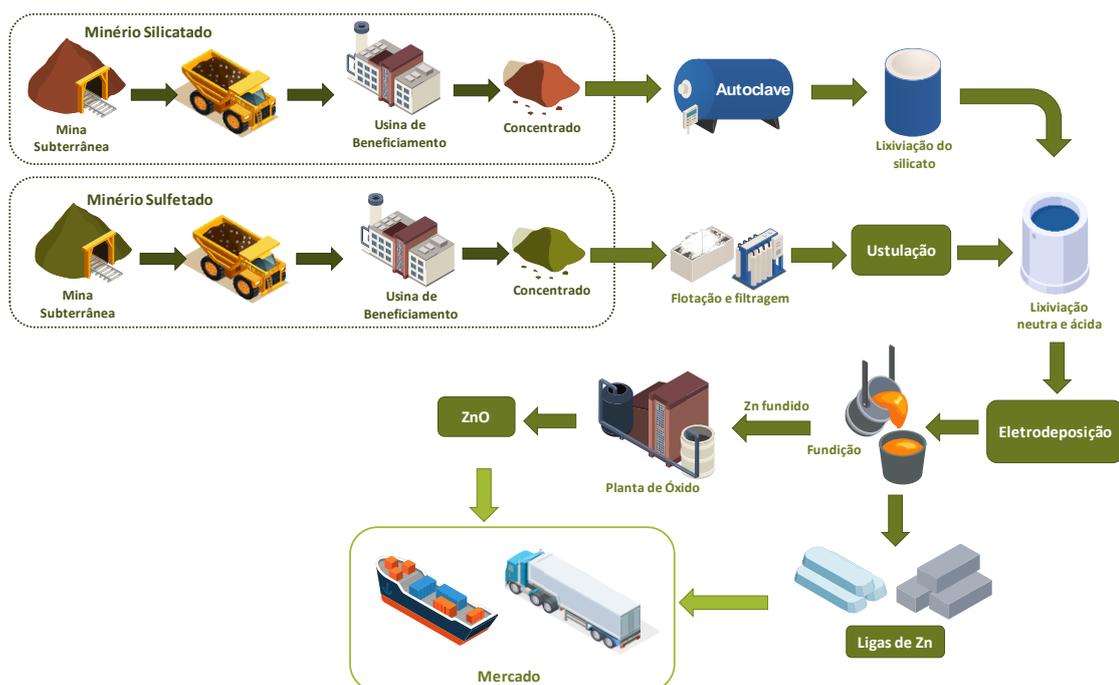
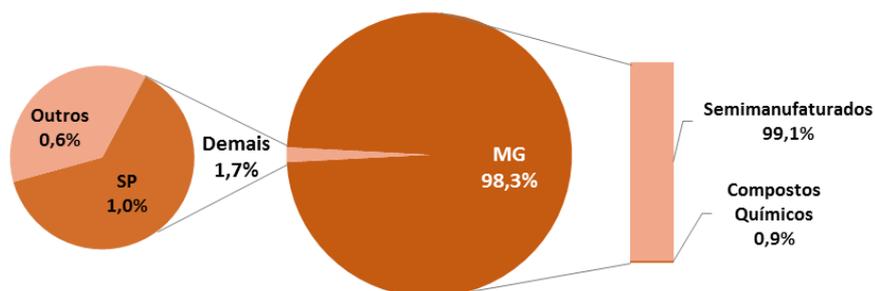


Figura 35 - Fluxograma esquemático da indústria de transformação do zinco.

O zinco é um mineral essencial com diversas aplicações, que incluem aumento do valor nutricional dos alimentos e da produtividade no agronegócio, sendo utilizado também na construção civil, em equipamentos eletroeletrônicos, em produtos de higiene pessoal, na galvanização aço para evitar a corrosão, dentre outros. Suas variações, como metal puro e ligas, óxidos, sulfatos, entre outras, fazem com que o zinco tenha diversas aplicações (NEXA, 2020).

Aspectos Econômicos

Tendo em vista o destaque nacional de Minas Gerais na produção mineral de zinco, cabe ressaltar a relevância da indústria de transformação do Estado, que, em 2020, foi responsável por um montante de US\$ 180,44 milhões em exportações, ou 98,3% do total nacional, o que correspondeu a 86,8 mil toneladas (Gráfico 77).

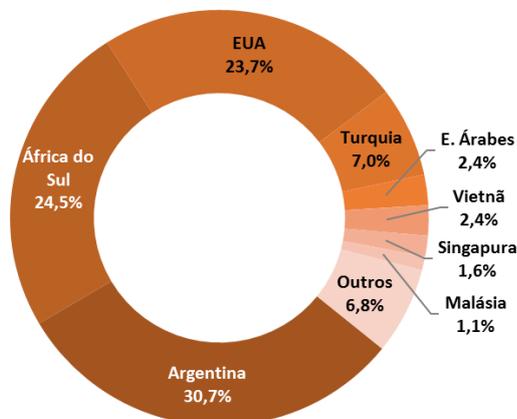


Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 77 - Distribuição das exportações nacionais da indústria do zinco com destaque para Minas Gerais.

Em Minas Gerais, houve apenas exportações de produtos da indústria de transformação de zinco, com maior peso para os semimanufaturados, que somaram mais de US\$ 178,75 milhões, representados pelos lingotes e ligas (NCM's 79011111, 79011210, 79012010 e 79011119); em menor proporção aparecem os compostos químicos, óxidos de zinco (NCM 28170010) e sulfato de zinco (NCM 28332970), com um montante de US\$ 1,68 milhões.

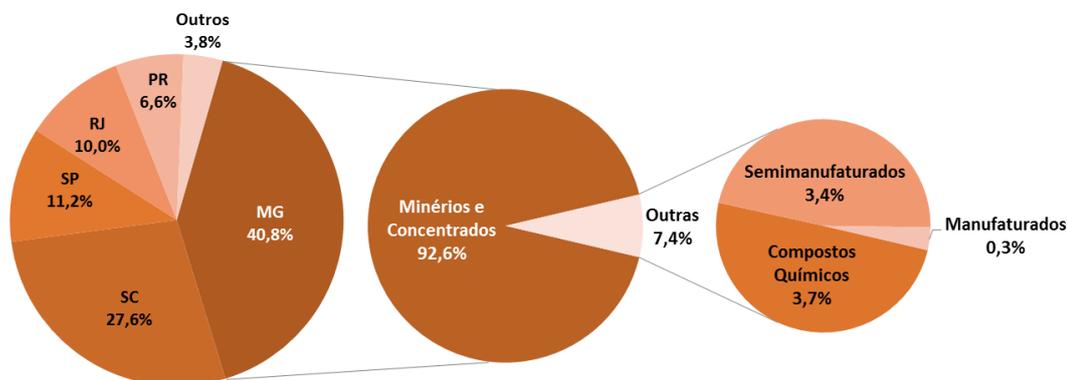
As exportações da indústria de transformação de zinco em Minas Gerais, tiveram como principais destinos Argentina (US\$ 55,36 milhões); África do Sul (US\$ 44,14 milhões); Estados Unidos (US\$ 42,72 milhões); e Turquia (US\$ 12,63 milhões) (**Gráfico 78**). Citam-se ainda a participação dos Emirados Árabes Unidos, Vietnã, Singapura e Malásia.



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 78 - Principais destinos das exportações da indústria de zinco em Minas Gerais

Em termos de importações da indústria de zinco, em 2020, o Brasil somou US\$ 265,64 milhões, sendo Minas Gerais responsável por US\$ 108,45 milhões; seguido por Santa Catarina (US\$ 73,33 milhões), São Paulo (US\$ 29,70 milhões) e Rio de Janeiro (US\$ 26,51 milhões). (**Gráfico 79**)

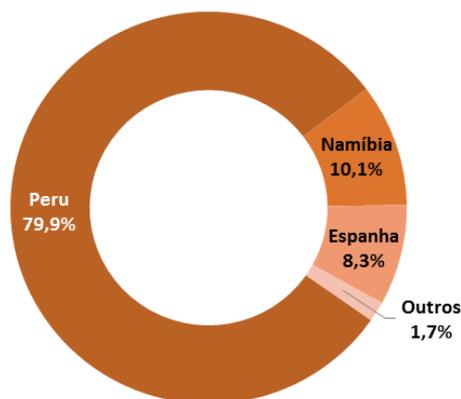


Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 79 - Distribuição nacional das importações da indústria de zinco, com destaque para Minas Gerais.

Em Minas Gerais, as importações da indústria de zinco foram, principalmente, de minérios e concentrados, responsáveis por um montante de US\$ 100,50 milhões, o que representou aproximadamente 93% das importações do Estado. A indústria de transformação somou US\$ 8,0 milhões, distribuídos em compostos químicos, produtos semimanufaturados e manufaturados.

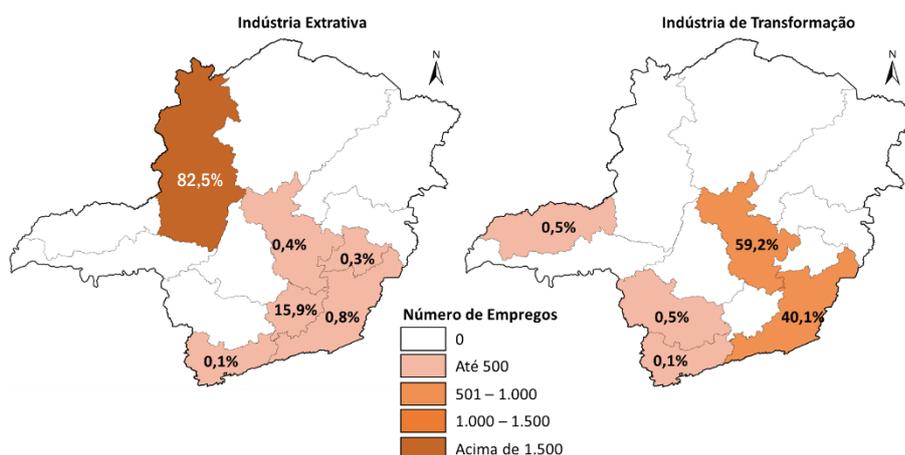
Dentre os principais países de origem das importações mineiras da indústria de zinco, em 2020, destacaram-se o Peru, com US\$ 86,71 milhões, representados por minérios e concentrados provenientes da unidade da Nexa, localizada na cidade de Cajamarquilla. Citam-se ainda a Namíbia (US\$ 11,0 milhões) e Espanha (US\$ 9,0 milhões) (**Gráfico 80**).



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 80 - Origem das importações dos produtos da indústria de zinco de Minas Gerais.

Uma vez que as principais minas de zinco do Estado estão localizadas nos municípios de Paracatu e Vazante, observou-se que, em 2020, a mão de obra da indústria extrativa esteve concentrada na RGInt de Patos de Minas, com 1.589 empregos diretos; podendo citar ainda as regiões de Barbacena, Juiz de Fora, Belo Horizonte, Ipatinga e Pouso Alegre. Para a indústria de transformação, os empregos diretos estavam concentrados nas RGInts de Belo Horizonte (914) e Juiz de Fora (619); e demais regiões com 10 empregos diretos (**Figura 36**).



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.

Figura 36 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia do zinco por Região Geográfica Intermediária.

Na cadeia produtiva do zinco, o setor extrativista foi responsável pela geração de 1.925 empregos diretos (2020). Já o setor de transformação foi responsável por 1.543 empregos, sendo distribuídos nos setores de produção de zinco em formas primárias (1.534) e laminados de zinco (9).

3.1.6. Nióbio (Nb)

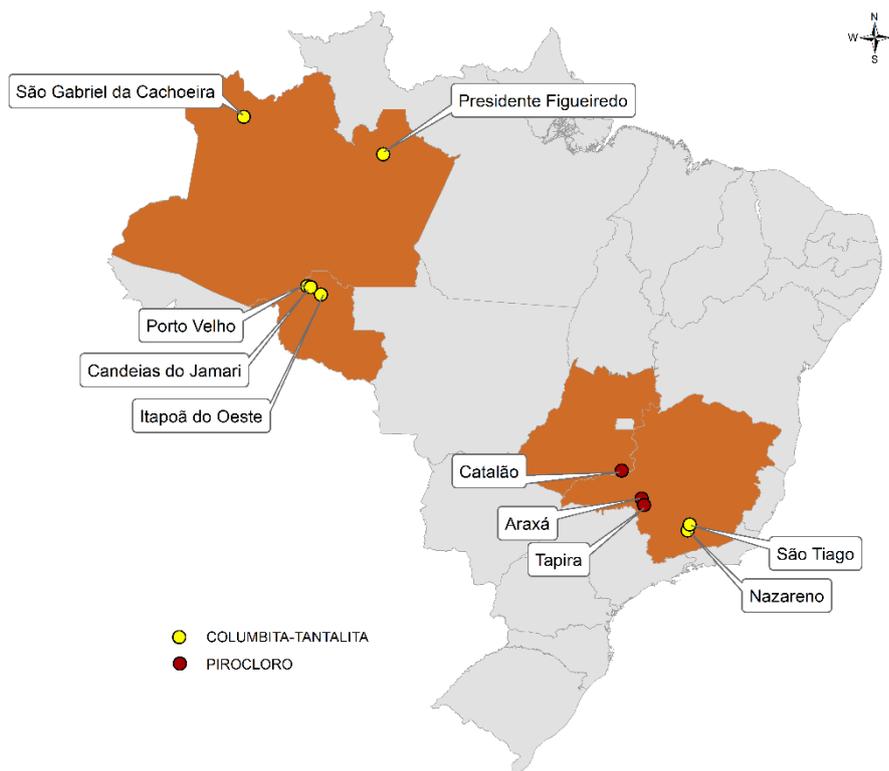
O nióbio provém principalmente de depósitos originados de corpos alcalino-carbonatíticos, onde se encontra o mineral pirocloro $(Na, Ca)_2(Nb, Ti)_2(O, F)_7$, principal mineral portador de Nb; e também em depósitos pegmatíticos e *pláceres*, onde o principal portador de Nb é a columbita-tantalita, $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$.

O nióbio é um metal estratégico, utilizado na industrialização de produtos que suportem altas e baixas temperaturas, como aviões e foguetes. Indispensável nas indústrias espacial e nuclear, várias ligas de nióbio são desenvolvidas por sua leveza e por sua supercondutividade, muito superiores à de outros minerais. Um exemplo disso, é a utilização do nióbio em baterias de alta performance (NbTiO). Seus principais derivados entram na composição de aços diversos, como nos aços de alta resistência usados na fabricação de tubulações

para transmissão de gás sob alta pressão, petróleo e água, e por ser um poderoso agente anticorrosivo, resistente aos ácidos mais agressivos (VILLELA, 2015).

O Brasil é o principal detentor mundial de recursos e reservas de nióbio, sendo ainda detectadas ocorrências em países como Canadá, Estados Unidos, Rússia, Austrália, Angola, Arábia Saudita, Groenlândia, dentre outros.

As principais ocorrências nacionais de Nb estão localizadas no município de São Gabriel da Cachoeira (Amazonas), no depósito de Seis Lagos, considerado um dos maiores do mundo com 2,9 Bt de minério; e pelos depósitos de Barreiro e Tapira, nos municípios de Araxá e Tapira, em Minas Gerais (Figura 37).



Fonte: ANM, 2018.

Figura 37 - Principais ocorrências brasileiras de nióbio.

Apesar do depósito de Seis Lagos ser a principal no território nacional, não existe tecnologia conhecida para o aproveitamento de qualquer um dos oito diferentes tipos de niobatos desse depósito. Além disso, este depósito não pode ser explorado, uma vez que está localizado em território indígena e dentro das áreas de proteção ambiental do Parque Nacional do Pico da Neblina e da Reserva Biológica Estadual do Morro dos Seis Lagos. Por sua vez, o depósito de Barreiro, em Araxá, constitui a maior reserva de Nb em exploração do mundo.

A principal empresa produtora de Nb no Estado é a **Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM)**, sendo 70% pertencente ao Grupo Moreira Salles, 15% pelo consórcio chinês (composto por cinco empresas) e 15% por um consórcio asiático (formado por quatro empresas japonesas e duas sul-coreanas).

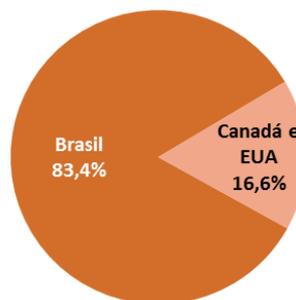
As atividades de mineração da **CBMM** estão localizadas no município de Araxá, e realizadas a céu aberto sem explosivos (Figura 38). No local explora-se o bariopirocloro $(Ba, Sr)_2(Nb, Ti)_2(O, OH)_7$. As unidades de concentração possuem uma capacidade conjunta instalada de 150 mil toneladas de ferro-nióbio equivalentes, ou 300 mil toneladas de concentrado de nióbio. Os processos de produção utilizados são: moagem a úmido, separação magnética, deslamagem e flotação. A unidade ainda conta com processo pirometalúrgico de refino, com pelotização e sinterização do concentrado, seguido de fusão redutora para remoção de chumbo e fósforo.



Figura 38 – Mina de nióbio CBMM (Araxá-MG).

Recursos e Reservas

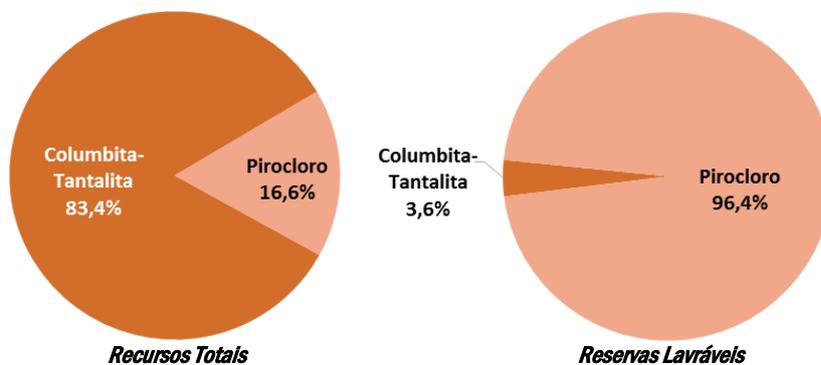
As reservas mundiais de nióbio estão principalmente concentradas no Brasil, com 8,88 Mt, seguido pelo Canadá e EUA, que somam 1,77 Mt (**Gráfico 81**). Ainda há registros de ocorrências, porém sem dados disponíveis, na Austrália, Angola, Rússia, Arábia Saudita, República Democrática do Congo, Groenlândia (território pertencente à Dinamarca), Finlândia, Gabão, Tanzânia, Nigéria, Malawi, Etiópia, dentre outros.



Fonte: ANM e USGS, 2021.

Gráfico 81 - Distribuição das reservas mundiais de nióbio.

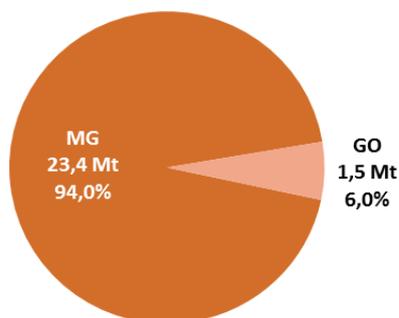
Em nível nacional, os dados da ANM mostraram que, em 2020, os recursos totais (medido, indicado e inferido) foram da ordem de 98,4 Mt, provenientes principalmente de columbita-tantalita, já as reservas lavráveis foram da ordem de 8,9 Mt, sendo provenientes principalmente de pirocloro (**Gráfico 82**). Ressalta-se que as reservas lavráveis correspondem a 8,3% das ocorrências nacionais de nióbio. Apesar disso, esse montante é suficiente para atender o mercado consumidor por aproximadamente 200 anos.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 82 – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de nióbio no Brasil (em Nb₂O₅ contido).

Enquanto os recursos e reservas de Nb, proveniente de columbita-tantalita, estão localizados principalmente nos Estados do Amazonas e Rondônia, os recursos e reservas provenientes de pirocloro, estão localizados, principalmente em Minas Gerais (Araxá, Tapira e Patrocínio) e Goiás (Catalão e Ouidor) (**Gráfico 83**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 83 - Distribuição nacional das reservas lavráveis de nióbio proveniente de pirocloro (em Nb₂O₅ contido).

Segundo a ANM, em 2020, as reservas lavráveis em Minas Gerais foram de 396,19 Mt de minério de pirocloro (ROM), com teor médio de 2,0% de Nb₂O₅.

O Sumário Mineral Brasileiro de 2017, informa que: em Goiás (Catalão e Ouidor) as reservas lavráveis são de 82,3 Mt de minério de pirocloro (ROM). No Amazonas, no município de Presidente Figueiredo, destaca-se o depósito de Pitinga, com uma reserva lavrável de 108,2 Mt de minério columbita (ROM) e de modo menos significativo, o Estado de Rondônia, onde o minério é oriundo de jazidas de columbita. Os teores desses depósitos variam, em média, de 0,21% a 2,85% de Nb₂O₅ contido.

Em âmbito estadual, em 2020, a distribuição dos recursos totais (medidos, indicados e inferidos) e das reservas lavráveis (**Gráfico 84**) mostraram que 13,89 Mt destes recursos são medidos; 907,6 mil toneladas são de recursos indicados; 679,44 mil toneladas referentes a recursos inferidos; e 7,92 Mt referentes a reservas lavráveis, de nióbio contido, provenientes principalmente de minerais-minério de **pirocloro**.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 84 - Distribuição estadual dos recursos e reservas lavráveis de nióbio (em Nb₂O₅ contido).

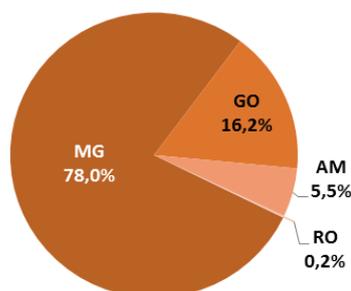
Destaca-se que, diante da abundância de recursos de nióbio no mundo, com mais de 300 ocorrências em vários países, a importância estratégica dos recursos brasileiros de nióbio é reduzida, e se existente, está associada ao desenvolvimento tecnológico deste metal (CARNEIRO, 2016). É importante ressaltar ainda, que o nióbio pode ser substituído por vanádio e titânio, que cumprem basicamente a mesma função. A vantagem do Brasil e da CBMM é o domínio de uma tecnologia avançada para produzir o metal e outros elementos agregados.

Produção

O *Mineral Commodity Summaries* (USGS), informou que, em 2020, a produção mundial de nióbio foi de aproximadamente 78 mil toneladas (Nb₂O₅ contido no concentrado), sendo o Brasil responsável por 91,0% do

total, e o Canadá por 7,9%. Por outro lado, dados da ANM, mostram que a produção nacional, em 2020, atingiu 168,19 mil toneladas

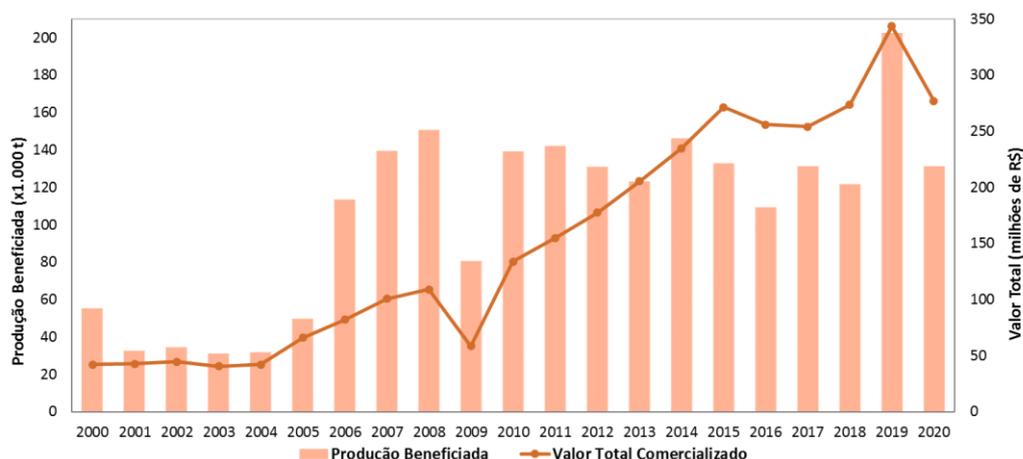
Em 2020, a produção comercializada nacional de nióbio, foi majoritariamente proveniente de pirocloro, sendo o Estado de Minas Gerais responsável por 131,2 mil toneladas e Goiás (27,3 mil t); Amazonas (9,3 mil t) e Rondônia (325 t) (**Gráfico 85**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 85 - Produção nacional de nióbio em 2020.

A produção beneficiada de nióbio, em Minas Gerais, apresentou crescimento significativo de 2005 para 2006, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro; passando do patamar de 50 mil t para aproximadamente 115 mil t, apresentando queda em 2009 (80 mil t), voltando a subir em 2010, mantendo a média de 130 mil t até 2018. No ano seguinte, a produção atingiu a marca histórica de 200 mil t, voltando a cair para o patamar de 130 mil t, em 2020 (**Gráfico 86**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

Gráfico 86 - Produção beneficiada e valor total comercializado de nióbio em Minas Gerais

No período de 2000 a 2020, o valor total da produção comercializada de nióbio no Estado apresentou tendência de crescimento, de R\$ 42 milhões (2000) para R\$ 343,2 milhões (2019), reduzindo para R\$ 276,9 milhões em 2020.

Cadeia Produtiva

Apesar de existirem ocorrências de nióbio em várias regiões do planeta, o Brasil tem papel de destaque na produção e comercialização de produtos semimanufaturados de nióbio, devido à tecnologia de extração, transformação e aplicação de nióbio proveniente de pirocloro (CBMM, 2020).

Em Minas Gerais, a cadeia produtiva do nióbio está concentrada no município de Araxá (**Figura 39**), sendo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), a única empresa que explora e comercializa nióbio no Estado. A companhia conta com um complexo industrial que inclui mina, unidade de concentração, unidades de refino e metalurgia, além da unidade de embalagem e expedição (CBMM, 2020), cujos produtos são ligas de ferrióniόbio, óxidos de nióbio, ligas de grau vácuo e nióbio metálico.

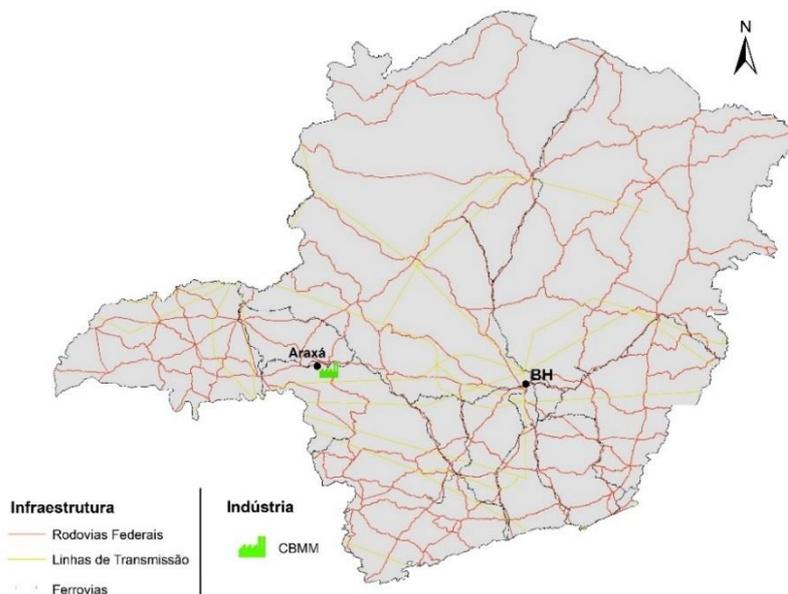


Figura 39 - Localização da principal indústria de transformação de nióbio em Minas Gerais

Aspectos Econômicos

O Brasil é considerado autossuficiente em Nb para atender a demanda do mercado interno, e desde a década de 1970, o país exporta produtos semimanufaturados de nióbio, tendo como carro chefe a liga ferro-niόbio (64% Nb, 31% Fe e outros elementos). Cerca de 90% da produção de nióbio são empregados na produção dessa liga (MORAES e SEER, 2018). O **Gráfico 87** mostra a evolução das exportações dos produtos da indústria de transformação de nióbio para o Brasil e Minas Gerais.

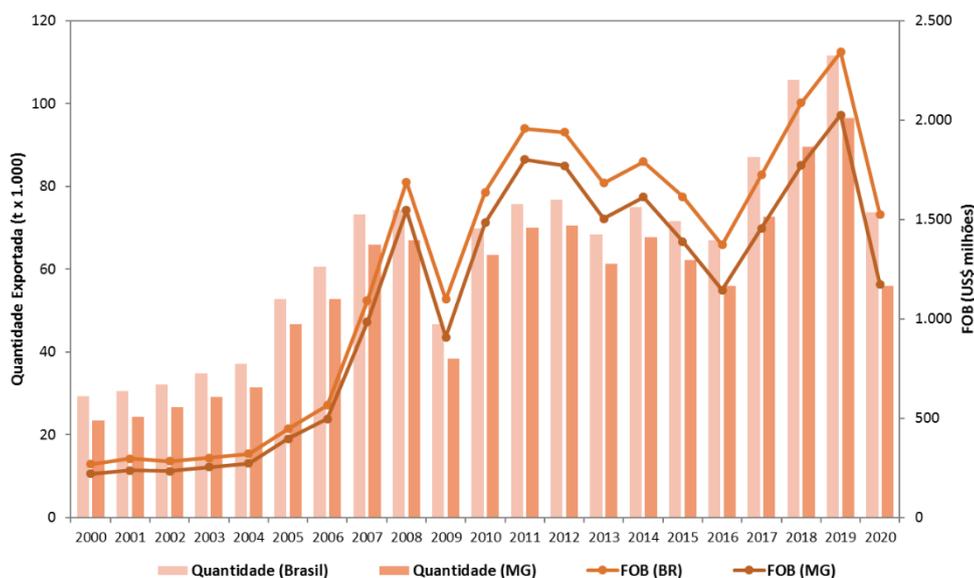
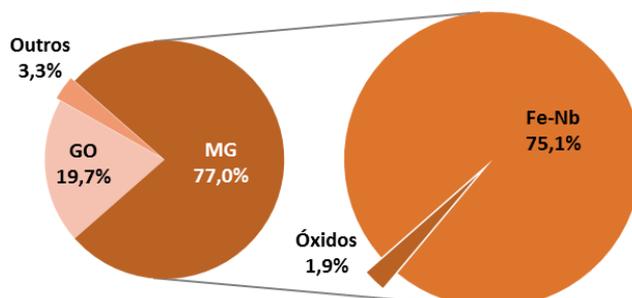


Gráfico 87 - Quantidade e valor FOB das exportações da indústria de transformação do Brasil e de Minas Gerais

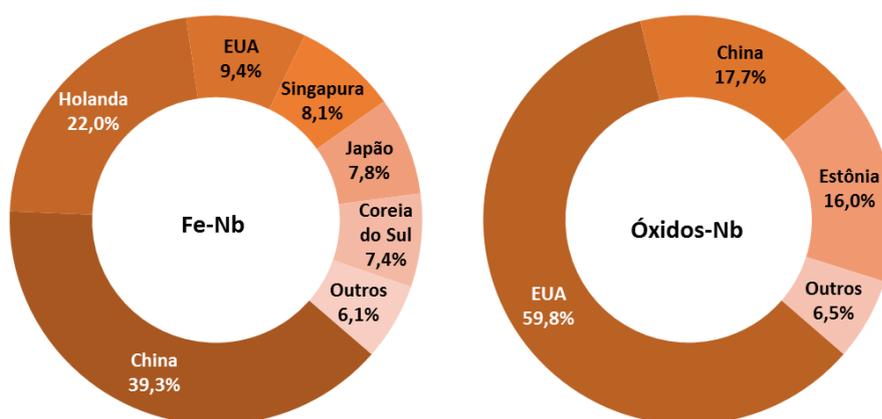
Minas Gerais sempre desempenhou um papel importante na exportação de produtos semimanufaturados de nióbio, na forma de ligas ferro-nióbio (NCM 72029300) e óxidos de nióbio (NCM 28259090). Em 2020, o Estado foi responsável por um volume de exportações de 55,9 mil t, o que correspondeu a aproximadamente 77% da exportação nacional desses produtos, e um montante de US\$ 1,18 bilhões (Gráfico 88).



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 88 – Exportações da indústria de transformação de nióbio no Brasil e em Minas Gerais

Os principais destinos das ligas de ferro-nióbio, produzidas no Estado, em 2020, foram China, com US\$450,53 milhões; Holanda (US\$ 252,26 milhões); e EUA (US\$ 107,73 milhões). Quanto às exportações de óxidos de nióbio, os EUA foram responsáveis por US\$ 17,08 milhões, seguido por China (US\$ 5,06 milhões) e Estônia (US\$ 4,56 milhões) (Gráfico 89).



Óxidos-Nb considerando total do NCM 28259090
Fonte: COMEX STAT, 2020

Gráfico 89 – Destino das exportações da indústria de transformação de nióbio de Minas Gerais

Os dados do RAIS (2020) demonstraram que, na cadeia produtiva do nióbio, a força de trabalho concentrou-se na indústria extrativa, com 183 empregos diretos, na atividade de extração e beneficiamento de minérios de nióbio e titânio, principalmente no município de Araxá (182) e Mariana (1).

3.1.7. Lítio (Li)

O lítio é encontrado na natureza sob a forma de fosfatos e silicatos como ambligonita, $\text{Li Al}(\text{F}, \text{OH})\text{PO}_4$; espodumênio, $\text{Li Al}(\text{SiO}_3)_2$; petalita, $\text{Li Al}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$; e lepidolita, $(\text{OH}, \text{F})_2 \text{KLiAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$, em rochas pegmatíticas, diques graníticos e em certos granitos grosseiros. Braga e Sampaio (2008) ressaltam que os evaporitos atualmente são as principais fontes de lítio.

O metal é intensamente utilizado desde a fabricação de vidros especiais, graxas, na indústria aeroespacial, e ainda na fabricação de baterias elétricas e reatores de fusão por laser. O lítio é um metal conhecido como “petróleo branco”, cuja demanda global tem aumentado para a produção de itens de alta tecnologia. Novos

desafios tecnológicos quanto às baterias de Li-S, estão em fase de estudos pela CODEMGE em parceria com a Oxis Energy

Em Minas Gerais, as ocorrências de lítio se localizam principalmente nas regiões leste e sul, e no extremo sudeste do Estado. As situadas a leste estão inseridas na **Província Pegmatítica Oriental** do Brasil, localizada geologicamente no Orógeno Araçuai, porção setentrional da Província Estrutural Mantiqueira; enquanto que as ocorrências a sul do Estado estão situadas na **Província Pegmatítica de São João del-Rei**, inserida na extremidade meridional do Cráton do São Francisco (PAES *et al.*, 2016).

Os registros de reservas de lítio em Minas Gerais ocorrem principalmente na região de Araçuai/Itinga, no Campo Pegmatítico de Itinga (um dos três campos do Distrito Pegmatítico de Araçuai), o qual detém 100% das reservas oficiais de lítio do Brasil, sendo o espodumênio e a petalita os minerais-minério (CHAVES, DIAS e CARDOSO, 2018).

A região do Vale do Rio Doce, localizada a leste do Estado, abriga pegmatitos que produzem minerais de lítio. As cidades de Governador Valadares, Galiléia, Conselheiro Pena, Resplendor, Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel são áreas produtoras de ambligonita, lepidolita e espodumênio com aplicações industriais; já as variedades do espodumênio (kunzita e hiddenita) são comercializadas como gemas. Ressalta-se que Linópolis, região rural de Divino das Laranjeiras, é a única produtora de ambligonita gemológica (NETTO *et al.*, 1998, *apud* CPRM, 2016).

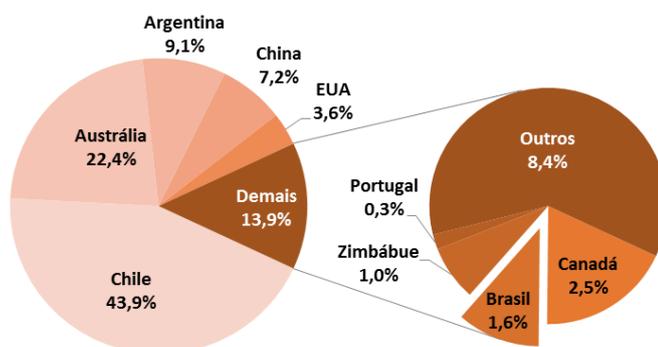
Na região centro sul do Estado de Minas Gerais, os principais municípios produtores são: Nazareno, São Tiago, Resende Costa, Conceição da Barra de Minas, São João del-Rei, Ritópolis e Coronel Xavier Chaves.

A **Companhia Brasileira de Lítio - CBL**, que tem mais de 1,3 Mt de reservas certificadas de espodumênio, é a única empresa brasileira produtora de carbonato e hidróxido de lítio. A companhia conta com unidade de mineração em Araçuai e planta de processamento químico em Divisa Alegre, ambos os municípios localizados no Território do Médio e Baixo Jequitinhonha (CODEMIG, 2018).

Há ainda informações que a **Sigma Lithium** está investindo em um projeto *Green Mining* de exploração de lítio de pegmatito, na região de Teófilo Otoni, em jazidas localizadas entre as cidades de Araçuai e Itinga.

Recursos e Reservas

Segundo o *Mineral Commodity Summaries* (USGS), em 2020, no panorama mundial, o Chile detém as maiores reservas de lítio, com 9,2 Mt; seguido por Austrália (4,7 Mt); Argentina (1,9 Mt) e China (1,5 Mt). Dados da ANM, mostraram que as reservas do Brasil foram de 329,5 mil toneladas, o que colocou o país na sétima posição mundial (Gráfico 90).

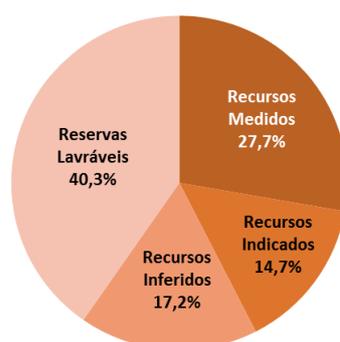


Fonte: USG e ANM, 2021.

Gráfico 90 - Distribuição mundial das reservas de minério de lítio (em LiO₂ contido).

Os dados da ANM mostram que, em 2020, os recursos e reservas de lítio estão localizados apenas no Estado de Minas Gerais, sendo provenientes de espodumênio e petalita. Entretanto, segundo Paes *et.al*/(2016), no Brasil há registros de ocorrências de lítio, além de Minas Gerais, nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Rio de Janeiro, Bahia e Tocantins.

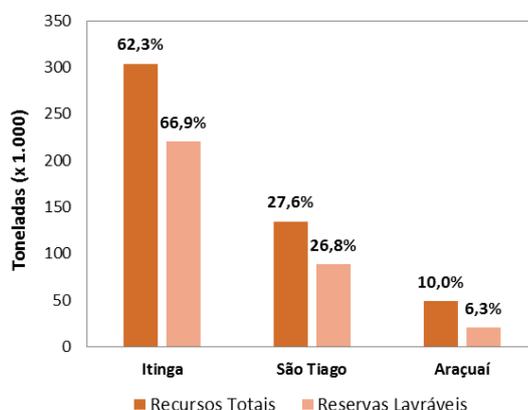
Cabe ressaltar que, em Minas Gerais, os recursos totais de lítio são provenientes de minerais-minério de espodumênio (97,0%) e petalita (3,0%); já as reservas lavráveis são de minerais-minério de espodumênio. Em 2020, o Estado registrou um montante de recursos medidos de 226,6 mil t, recursos indicados de 120,5 mil t, recursos inferidos de 140,5 mil t e 329,5 mil t de reservas lavráveis (**Gráfico 91**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 91 - Distribuição dos recursos totais e das reservas lavráveis de minerais-minério de lítio no Estado (em metal contido).

Segundo dados da ANM, em 2020, os principais depósitos de lítio estão localizados nos municípios de Araçuaí e Itinga, na RGInt de Teófilo Otoni; e São Tiago, na RGInt de Barbacena (**Gráfico 92**).



Fonte: ANM, 2021.

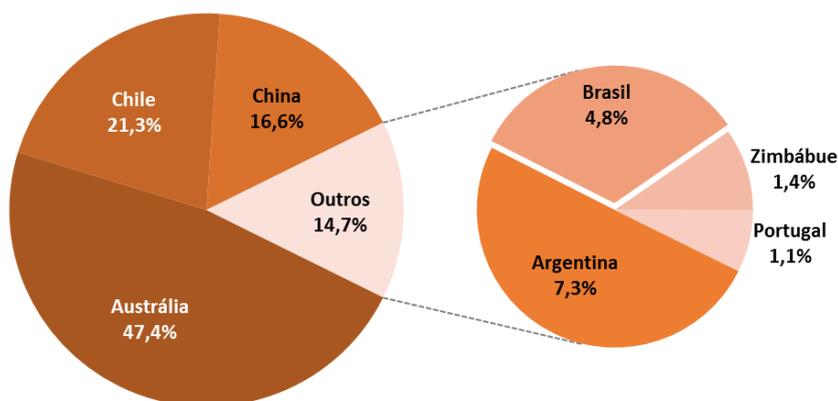
Gráfico 92 - Distribuição estadual dos recursos totais e das reservas lavráveis de minerais-minério de lítio (em metal contido).

Em termos de recursos totais, observa-se que o município de Itinga é o principal detentor dos depósitos, com 304,0 mil t; seguido por São Tiago (134,7 mil t); e Araçuaí (48,9 mil t). Já as reservas lavráveis estão distribuídas nos municípios de Itinga (220,4 mil t); São Tiago (88,2 mil t); e Araçuaí (20,9 mil t) (**Gráfico 92**).

Produção

Segundo dados do *Mineral Commodity Summaries* (USGS) e da ANM, a produção mundial de lítio foi de aproximadamente 84,4 mil toneladas, em 2020, sendo os principais países produtores a Austrália (40,0 mil t);

Chile (18,0 mil t); China (14,0 mil t); e Argentina (6,2 mil t), que juntos foram responsáveis por mais de 95% da produção mundial. Segundo dados da ANM, a produção nacional foi de 4.065 t, o que fez do Brasil o quinto produtor mundial (Gráfico 93).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 93 – Produção mundial de lítio em 2020.

Segundo dados da ANM, a produção nacional de lítio está concentrada em Minas Gerais, com a exploração realizada pela CBL em Araçuaí, que produziu 4.065 t de Li_2O contido no concentrado (2020). Parte da produção é direcionada para a fábrica de compostos químicos da empresa em Divisa Alegre (MG).

Observou-se que, no período de 2000 a 2005, o Anuário Mineral Brasileiro reportou a produção nacional de lítio em tonelada de Li_2O contido, que variou entre 309 e 598 toneladas e valor total entre R\$1,88 e R\$4,11 milhões. A partir de 2006, a produção foi reportada em toneladas de concentrado.

No âmbito estadual, entre 2006 e 2018, a produção beneficiada de lítio apresentou variação entre 6,35 e 15,28 mil t. Nos anos seguintes, observou-se um forte crescimento na produção, que atingiu 67,63 mil t em 2020, o que representou um crescimento de 412%. (Gráfico 94).

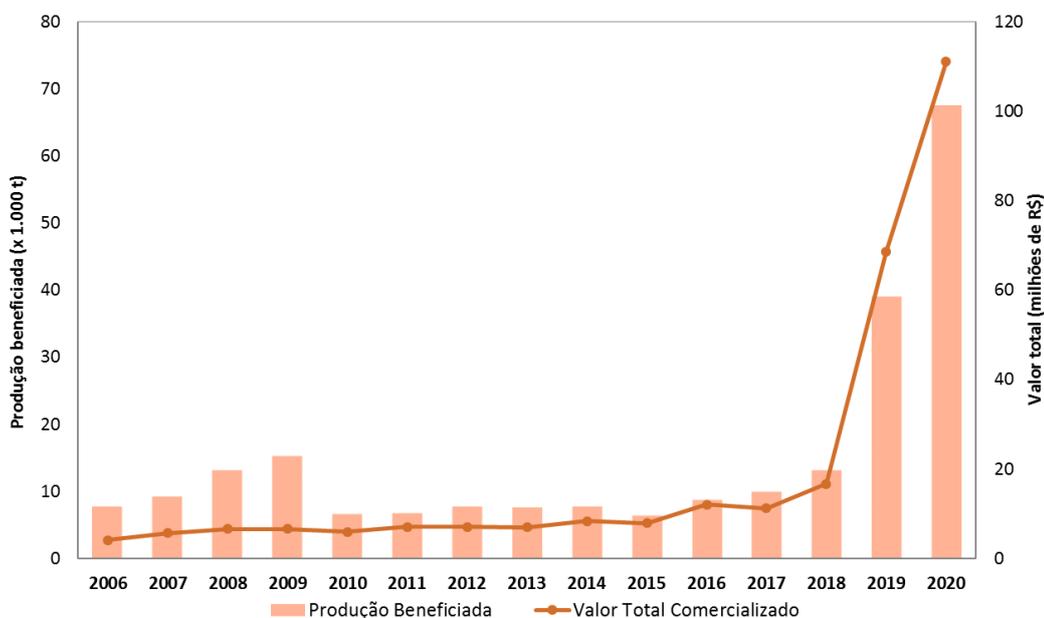


Gráfico 94 – Evolução da produção beneficiada e valor total comercializado de concentrado de lítio em Minas Gerais.

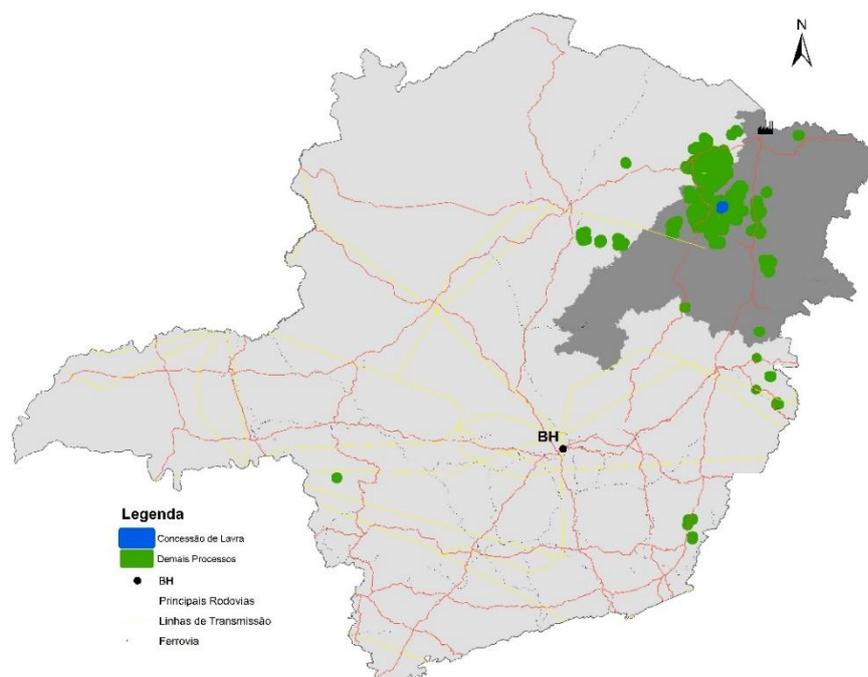
No período de 2006 a 2020, o valor total comercializado de lítio apresentou uma tendência de crescimento, passando de R\$4,10 milhões (2006), atingindo R\$111,2 milhões em 2020, um crescimento superior a 2.600%.

Cadeia Produtiva

O lítio apresenta diversas aplicações estratégicas por se tratar de um elemento mais leve, ter melhor potencial eletroquímico e a melhor relação entre peso e capacidade energética. Portanto, seu uso abrange desde aplicações energético nuclear, baterias para produtos eletrônicos e veiculares, até a produção de lubrificantes e graxas.

Os principais depósitos brasileiros de lítio se encontram em Minas Gerais, que detém a totalidade da produção nacional, sendo extraído e comercializado pela Companhia Brasileira de Lítio.

A pesquisa e extração do lítio em Minas Gerais é feita predominantemente a partir de rochas pegmatíticas, localizadas principalmente na RGInt de Teófilo Otoni (**Figura 40**). Observando o número total de processos minerários de autorização de pesquisa no período de 2000 a 2021 (124), nota-se que o ano de 2018 apresentou maior quantidade de processos (20) (SIGMINE, 2021).



Fonte: SIGMINE, 2021/ Elaboração: SEDE

Figura 40 – Localização dos processos e indústria de transformação do lítio.

A **Companhia Brasileira de Lítio (CBL)** é a principal produtora de concentrado de lítio, com capacidade de produção de 36 mil t anuais de concentrado de espodumênio, cujo teor médio é de 5,05% de LiO_2 . A extração é feita na Mina da Cachoeira e o beneficiamento na unidade de Meio Denso, localizados em Araçuaí. O concentrado é transferido para a fábrica de compostos químicos em Divisa Alegre/MG, que tem capacidade de produção de 1,5 mil t/a de carbonato de lítio equivalente, havendo ainda a produção de hidróxido de lítio monohidratado (CBL, 2020).

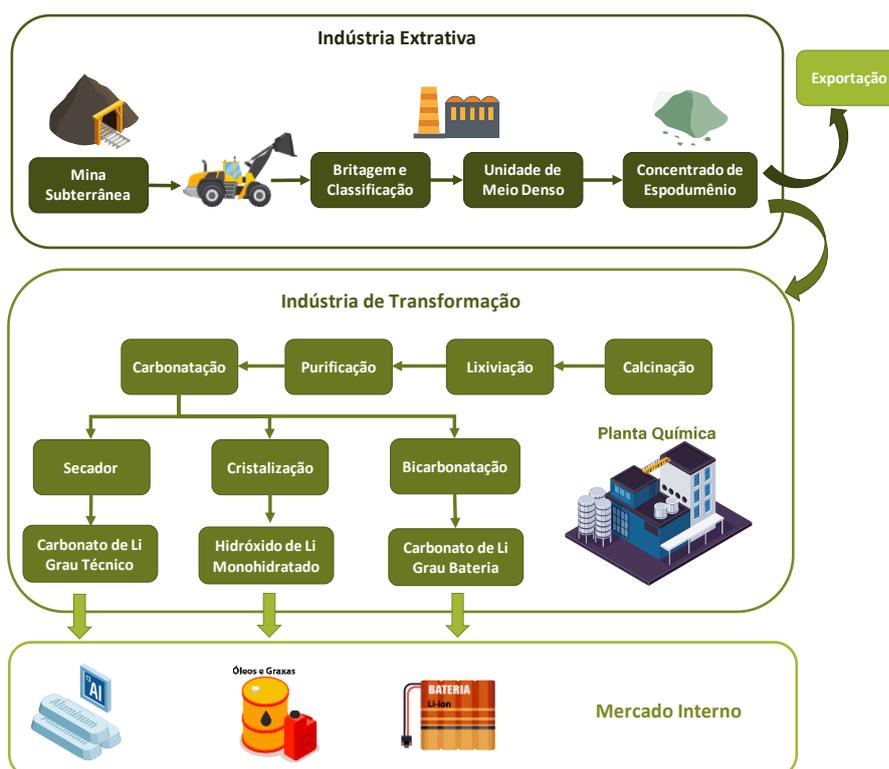
A CBL por ser classificada como uma empresa mineradora de pequeno porte, em termos de produção, gera cerca de 320 empregos diretos (CBL, 2020).

A **Sigma Lithium**, localizada no limite de Itinga e Araçuaí, está com projeto em fase de implantação, com testes de planta piloto para a implementação do processo de produção do concentrado a partir do espodumênio, com objetivo de produção de 220 mil t por ano, com 6% LiO₂.

A produção de lítio é feita majoritariamente no Estado de Minas Gerais, na região de Araçuaí, representando toda a produção nacional. A exploração e comercialização é realizada pela CBL a partir de uma mina subterrânea (Mina da Cachoeira), onde é extraído o pegmatito litífero, depois processado até tornar-se concentrado de espodumênio, para a produção de compostos de lítio.

O beneficiamento do minério é feito por etapas de britagem e classificação granulométrica que, posteriormente é processado na unidade de meio-denso, onde é obtido o concentrado de espodumênio. Esse concentrado é enviado para a planta química localizada no município de Divisa Alegre (MG), passando pelos processos de calcinação, lixiviação, purificação e carbonatação, para a obtenção do carbonato de lítio e produção dos demais derivados (**Figura 41**).

A partir da obtenção do carbonato de lítio, existem três rotas de processamento: *i*) etapa de secagem para a obtenção de carbonato de lítio grau técnico; *ii*) processo de cristalização para a produção de hidróxido de lítio monohidratado; *iii*) bicarbonatação para a obtenção de carbonato de lítio grau bateria (**Figura 41**). Todos esses produtos são destinados ao mercado interno.



Fonte: Adaptado de CBL, 2020.

Figura 41 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva do lítio.

Dentre os produtos oriundos da cadeia produtiva do lítio, o hidróxido de lítio é o produto de maior uso direto, sendo obtido a partir do carbonato de lítio ou diretamente de concentrado de espodumênio. É utilizado na produção de graxas lubrificantes especiais para assegurar um maior índice de viscosidade em diferentes temperaturas (ABDI, 2016).

O segundo produto mais consumido no Brasil é o carbonato de lítio, usado diretamente na indústria de alumínio primário, vidro e cerâmica (ABDI, 2016).

A tendência mundial de veículos elétricos e híbridos deve gerar grande demanda à indústria de componentes para as baterias de lítio, o que gera oportunidades para empresas brasileiras de diversos setores, como o extrativo mineral, o de transformação e o químico.

O mercado nacional de baterias de lítio é voltado para a aplicação em eletrônicos de consumo, entretanto há uma tendência mundial de veículos elétricos e híbridos que deve gerar grande demanda à indústria de componentes para as baterias de lítio, criando oportunidades para empresas brasileiras de diversos setores, como o extrativo mineral, o de transformação e o químico.

Entretanto, a indústria de baterias veiculares de lítio tem grandes desafios a serem superados, desde a implementação de estrutura tecnológica, capacitação da mão-de-obra, legislação, regulação, PD&I, difusão do uso e desenvolvimento de infraestrutura de postos de recarga para a viabilização dos veículos elétricos e híbridos, entre outros.

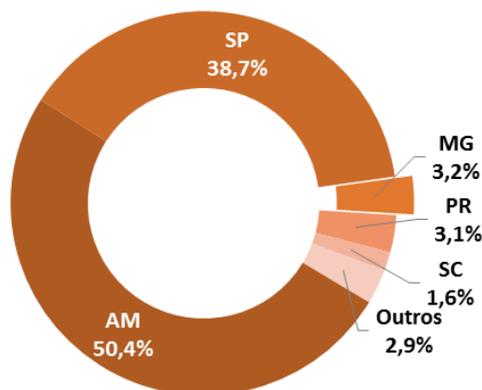
Aspectos Econômicos

No ano de 2020, o montante das exportações nacionais de lítio foi de US\$ 20,19 milhões, com a maior parte, US\$ 17,22 milhões, referentes a produtos da indústria extrativa, na forma de concentrado de espodumênio. A indústria de transformação, ficou limitada à exportação de pilhas e baterias (US\$ 2,96 milhões) e compostos químicos (US\$ 6,4 mil).

Ressalta-se que Minas Gerais foi o único responsável pelas exportações nacionais de concentrado de espodumênio com 66,82 mil t (2020). Desse montante, 99,56% foram destinados à China, e o restante foi para a Espanha, Turquia, Holanda, México, Alemanha, África do Sul, França, Áustria e Austrália. O Estado ainda exportou pilhas e baterias (US\$ 34,1 mil) principalmente para Vietnã, EUA e Colômbia.

Em 2020, as importações nacionais de produtos manufaturados de lítio atingiram o montante de US\$ 359,04 milhões, distribuídos em acumuladores elétricos de íon de lítio, que corresponderam a US\$ 344,49 milhões (96% do total); assim como pilhas e baterias (US\$ 14,04 milhões); resfriadores de água, de absorção por brometo de lítio (US\$ 493,31 mil); além de compostos químicos na forma de carbonatos, cloreto, hidróxido, nitrato, óxido e sulfato de lítio, que juntos corresponderam a US\$ 21,65 mil.

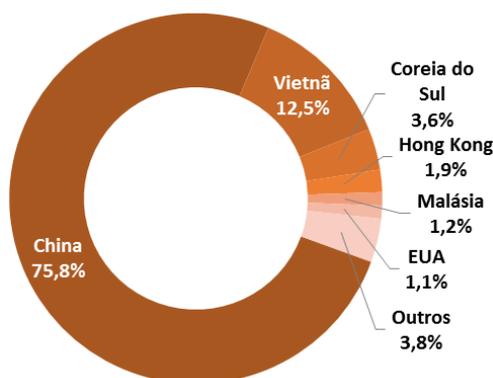
Do total das importações os Estados que mais compraram produtos manufaturados de lítio, foram o Amazonas (US\$ 181,05 milhões); seguido por São Paulo (US\$ 139,06 milhões); Minas Gerais (US\$ 11,54 milhões); Paraná (US\$ 11,24 milhões); e Santa Catarina (US\$ 5,62 milhões). Outros 20 Estados somaram US\$ 10,53 milhões (**Gráfico 95**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 95 – Principais Estados importadores de produtos manufaturados de lítio.

O principal país exportador de produtos manufaturados de lítio para o Brasil foi a China, com um montante de US\$ 272,19 milhões (2020), principalmente referentes a pilhas e baterias. Em seguida aparece o Vietnã (US\$ 45,0 milhões), Coreia do Sul (US\$ 19,96 milhões), Hong Kong (US\$ 6,98 milhões), Malásia (US\$ 4,18 milhões) e EUA (US\$ 4,09 milhões) (**Gráfico 96**). Seguindo a tendência nacional, Minas Gerais também importa pilhas e baterias elétricas de lítio principalmente da China (US\$ 8,64 milhões).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 96 – Principais países exportadores de produtos manufaturados de lítio para o Brasil.

O RAIS não fornece diretamente o número de empregos gerados na produção de espodumênio em Minas Gerais. Entretanto, informações não oficiais indicam que existem em torno de 300 empregos diretos na extração de lítio da CBL. Além disso, com a implantação das operações da Sigma Lithium, estima-se que serão gerados cerca de 600 empregos.

3.1.8. Elementos Terras Raras (ETRs) e Titânio (TiO₂)

Elementos Terras Raras (ETRs)

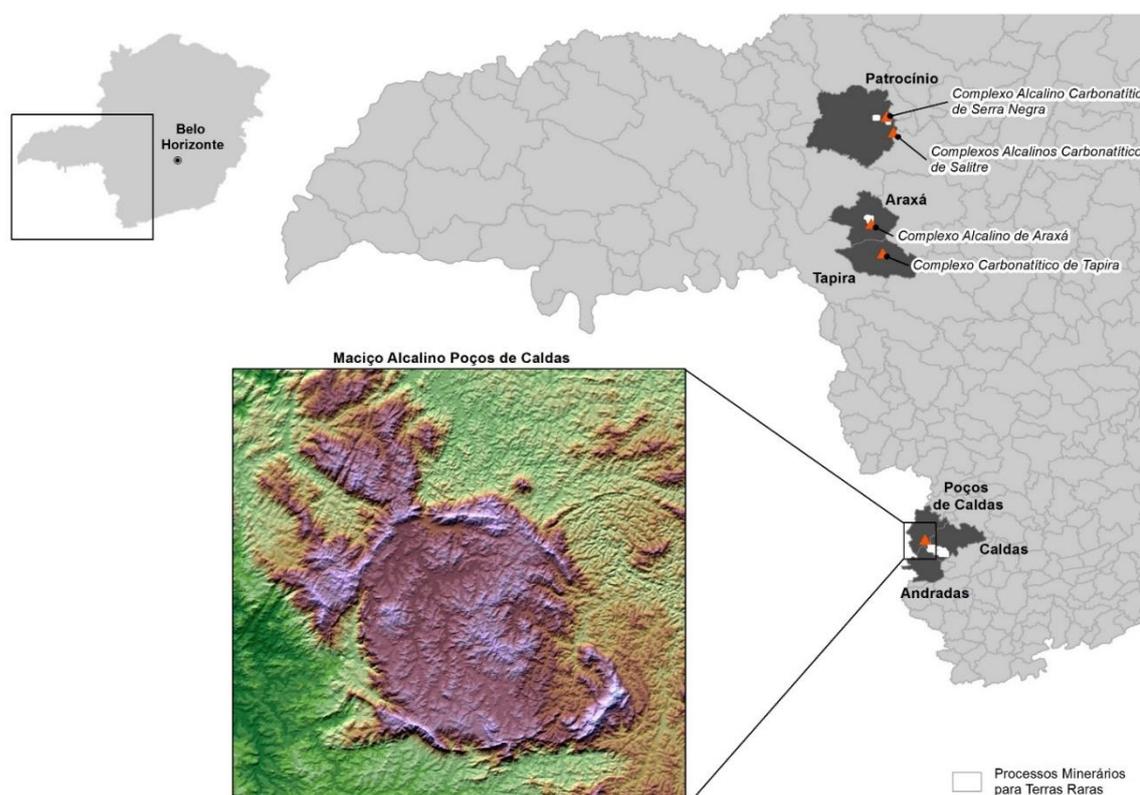
Os ETRs são em sua grande maioria pertencentes ao grupo dos lantanídeos (15 elementos), incluindo além desses, mais dois elementos: escândio e o ítrio. Estes ETRs estão presentes em mais de 200 minerais. Todavia, os minerais fornecedores de ETRs em volume econômico são: xenotima, monazita e bastenaesita e, como fonte futura de minerais-minério, perovskita, fluorita e zircão (MORAES e SEER, 2018).

Cabe ressaltar o vasto potencial de aplicações de ETRs, desde a indústria têxtil, de petróleo, metalúrgica e agricultura à indústria de alta tecnologia como turbinas eólicas, carros híbridos, televisores de tela plana,

telefone celular, lâmpadas fluorescentes compactas, ímãs permanentes, catalisadores de gases de escapamento, lentes de alta refração, cerâmica, LED, baterias e mísseis teleguiados (MORAES e SEER, 2018).

No Estado de Minas Gerais as ocorrências de ETRs aparecem relacionadas à **Província Ígnea do Alto Paranaíba**, que aloja os complexos alcalino-carbonatíticos, pipes kimberlíticos e kamafugíticos, localizados entre o centro-oeste e sudeste de Minas Gerais; às rochas vulcânicas alcalinas do **Grupo Mata da Corda**, a leste dessa Província; aos **pegmatitos** da região de São João del Rei e aos depósitos em **pláceres fluviais**, principalmente os da região de São Gonçalo do Sapucaí (MORAES e SEER, 2018; LOBATO e COSTA, 2018; DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003).

Em geral, as mineralizações de ETRs ocorrem de maneira subordinada nos depósitos de nióbio, fosfato e titânio, que se encontram alojados nos complexos alcalino-carbonatíticos. Os maciços alcalinos economicamente mais importantes (**Figura 42**) e que merecem destaques por conterem ETRs, além do maciço alcalino **Poços de Caldas** por ser o maior corpo intrusivo dômico e conter diversos depósitos minerais (Nb, ETR, Mo, etc.), são os de **Araxá** (Nb, P₂O₅, Ba, ETR), **Serra Negra** (TiO₂, P₂O₅, ETR) e **Tapira** (P₂O₅, TiO₂, Nb, ETR) (MORAES e SEER, 2018; LOBATO e COSTA, 2018; DARDENE e SCHOBENHAUS, 2003).



Fonte: ANM, 2018/ Elaboração: SEDE.

Figura 42 - Distribuição dos processos minerários de Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais e detalhe do Maciço Alcalino de Poços de Caldas

Ressalta-se que nos Complexos Alcalino Carbonatíticos de **Salitre I, II e III** os depósitos são de fosfato e titânio, todavia, há ocorrência de nióbio e ETRs. Os ETRs ocorrem de maneira muito subordinadas nestes depósitos, estando associados à apatita, perovskita, anatásio e monazita, além de elementos radioativos como urânio e tório. Durante o processo de beneficiamento mineral, estes ETRs são liberados numa faixa granulométrica muito fina, dificultando sua recuperação (MORAES e SEER, 2018).

Ocorrências de ETRs, como subprodutos do processamento de titânio (titanomagnetita e anatásio), são descritas nas lateritas, nos saprólitos e em rochas de afinidade kamafugíticas alteradas do **Grupo Mata da Corda**, que compõe o flanco leste do Arco do Alto Paranaíba (ROLIM, 2014 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Moraes e Seer (2018), citam alguns trabalhos de pesquisa entre 1940 a 1950, que alertaram para a presença de xenotímio e monazita, minerais fontes de elementos terras-raras, em **pegmatitos da região de São João del-Rei**; porém, sem mais informações atualizadas e detalhadas a respeito.

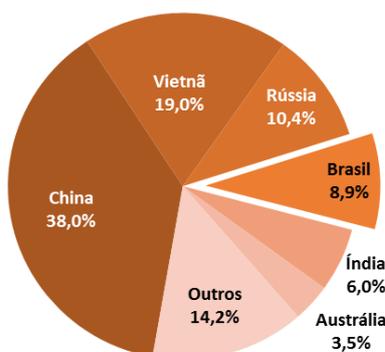
Ainda, são observados ETRs em depósitos tipo **pláceres fluviais**, como o depósito situado ao longo do rio São Gonçalo do Sapucaí. Estes ETRs concentram-se na monazita e o depósito ainda conta com concentrações de ilmenita, zirconita e ouro. Atualmente estas reservas pertencem a Vale (MORAES e SEER, 2018).

Em termos de processos minerários registrados, até março de 2021 (SIGMINE), para os Elementos Terras Raras no Estado de Minas Gerais, existiam nove processos pelo Regime de Concessão de Lavra, sendo cinco na fase de autorização de pesquisa, dois na fase de requerimentos de pesquisa e dois na fase de requerimentos de lavra. Não existe até o momento nenhuma Concessão de Lavra.

A **Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM)** possui uma mina de nióbio, que contém outras mineralizações como fosfato e ETRs.

Recursos e Reservas

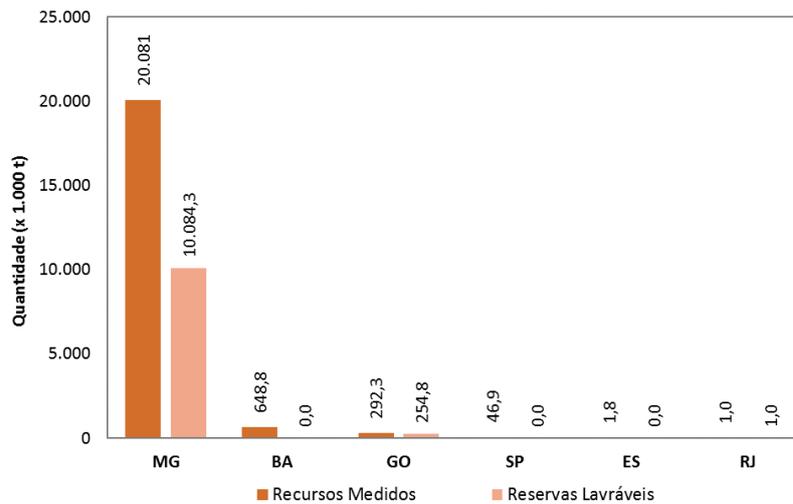
Segundo dados do *Mineral Commodities Summaries* (USGS) e da ANM as reservas mundiais de ETRs (incluindo monazita) foram da ordem de 115,8 milhões de toneladas (2020), com a China responsável por 44,0 Mt, seguido pelo Vietnã (22,0 Mt) e Rússia (12,0 Mt). O Brasil é o quarto detentor mundial dessas reservas com 10,3 Mt, havendo ainda ocorrências na Índia, Austrália, dentre outros (**Gráfico 97**).



Fonte: USGS, 2021/ ANM, 2021.

Gráfico 97 - Distribuição mundial de reservas de ETRs

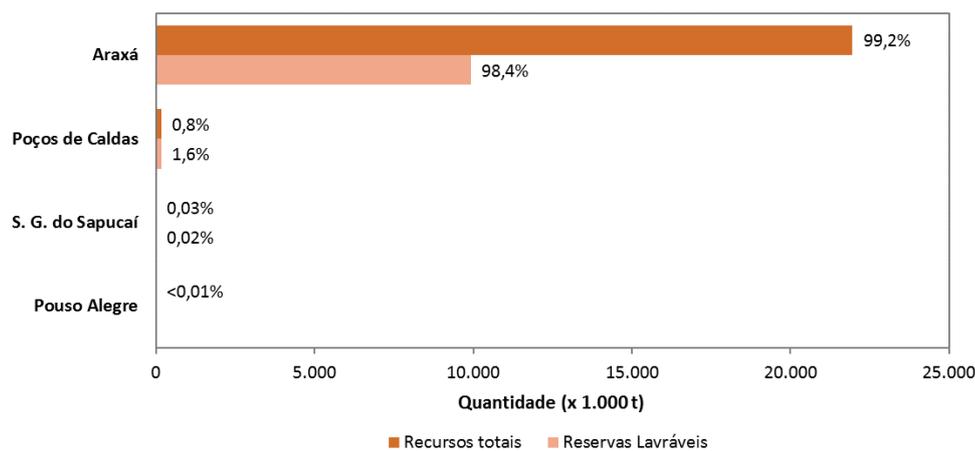
Dados do ANM mostraram que, em 2020, os recursos medidos e as reservas lavráveis de ETRs (incluindo monazita) se concentraram no Estado de Minas Gerais, com mais de 20,0 Mt e 10,0 Mt, respectivamente (**Gráfico 98**). Ainda existem ocorrências menos expressivas na Bahia, Goiás, São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro.



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 98 – Distribuição nacional dos recursos medidos e reservas lavráveis de ETR e monazita.

Em Minas Gerais, segundo dados fornecidos pela ANM/MG, em 2020, os recursos totais e reservas lavráveis de ETRs se concentraram no município de Araxá, com mais de 98% do volume das ocorrências (**Gráfico 99**). As demais estavam nos municípios de Poços de Caldas, São Gonçalo do Sapucaí e Pouso Alegre.



Fonte: AMG-MG, 2021.

Gráfico 99 – Distribuição estadual dos recursos e reservas de ETRs em Minas Gerais.

A USGS destaca que a produção mundial de 2020 foi liderada pela China, com 140 mil t (58,3%); seguida pelos EUA, com 38 mil t (15,8%); Myanmar, com 30 mil t (12,5%); e Austrália, com 17 mil t (7,1%). A ANM registrou uma produção de 708 t de monazita e ETR, no estado do Rio de Janeiro (2020).

Titânio (TiO₂)

O titânio é um mineral altamente resistente a corrosão e quimicamente inerte. Os minerais portadores de titânio são a ilmenita (FeTiO₂), que é fonte de 89% do Ti produzido mundialmente, anatásio (TiO₂), rutilo (TiO₂), perovskita (CaTiO₃) e leucocênio. Possui diversas aplicações, entretanto, boa parte de sua produção é usada na fabricação de tintas. É utilizado ainda em uma variedade de produtos, tais como plásticos, papel e tintas, conferindo luminosidade e opacidade (MORAES e SEER, 2018).

Segundo Moraes e Seer (2018), apenas 5% do concentrado de minerais de titânio produzido anualmente são empregados na produção do metal de titânio. Este metal é usado extensivamente na indústria aeroespacial na fabricação de motores de mísseis, nas aletas de turbinas, pontas das asas e cobertura de tubos de escapes. Na indústria química o metal é usado em recipientes e tubos anticorrosivos. É usado também na fabricação de instrumentos cirúrgicos como grampos e pregos cirúrgicos e outros. Ademais, é aplicado em equipamentos submarinos e de processamento de alimentos (ALECRIM, 1982).

Assim como os ETRs, as ocorrências de titânio no Estado aparecem relacionados a **Província Ígnea Alcalina do Alto Paranaíba**; ao **Grupo Mata da Corda** na região de Presidente Olegário e aos depósitos tipo *pláceres fluviais*, na região sul de Minas Gerais (MORAES e SEER, 2018).

Nos complexos alcalino-carbonatíticos, as mineralizações de titânio que ocorrem em diferentes depósitos alojados nesses complexos, em geral são subordinadas à mineralização primária (fosfato ou nióbio) e têm como principal mineral fonte de titânio o anatásio, proveniente da alteração da perovskita presentes nas rochas destes complexos. O anatásio seria, portanto, o responsável pelas ocorrências de titânio nos depósitos de Tapira, Serra Negra e Salitre (RIBEIRO *et al.* 2014 *apud* MORAES e SEER, 2018).

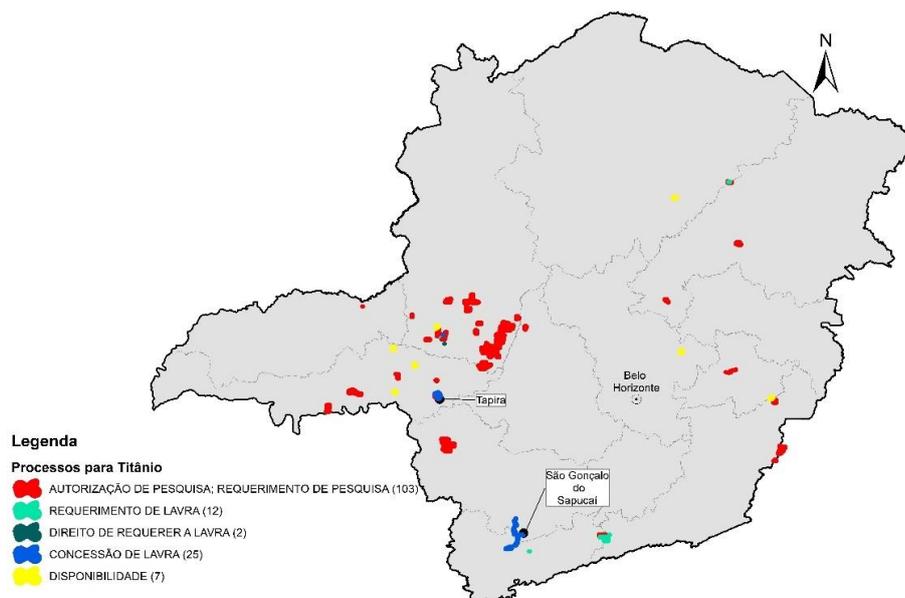
O **Complexo Carbonatítico de Tapira**, apesar de conter subordinadamente, **titânio** na sua mineralização, só o fosfato, atualmente, é beneficiado pela Mosaic Fertilizantes. Mesmo sendo a mineralização de titânio subordinada a de fosfato neste complexo, esta mineralização o faz ser também considerado um dos maiores depósitos de titânio do mundo (MORAES e SEER, 2018). Entretanto o complexo de Tapira, assim como o **Complexo Alcalino Carbonatítico de Serra Negra**, que apresenta potencial especialmente para **titânio**, não têm processos metalúrgicos para sua extração, o que dificulta a totalidade de aproveitamento desses depósitos (ILUKA 2014, SANTOS, 2010 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Ressalta-se que há dois problemas que inviabilizam a produção de TiO_2 nestes complexos: o anatásio ser o principal mineral primário, fonte de titânio, e este requerer processos tecnológicos específicos para sua extração e o fato da indústria mundial estar implantada para operar com rutilo e ilmenita. (ALECRIM, 1982).

Na região de **Presidente Olegário**, as ocorrências de titânio estão relacionadas as rochas do Grupo Mata da Corda, cujas amostras estudadas apresentaram teores de TiO_2 entre 8,2 e 10%, os quais são bem elevados quando considerado com amostras de rochas semelhantes em outras regiões do Estado, fazendo desta região um bom potencial prospectivo para titânio (ROSA, 2015 *apud* MORAES e SEER, 2018).

Ainda, são observados titânio, na forma de ilmenita, em depósitos tipo *pláceres fluviais*, como o depósito situado ao longo do rio São Gonçalo do Sapucaí, sendo um dos principais depósitos de titânio para o Estado, e que engloba os municípios de Turvolândia, Cordislândia, São Gonçalo do Sapucaí, Silvianópolis, São Sebastião da Bela Vista e Pouso Alegre, no sul de Minas Gerais (MORAES e SEER, 2018).

Foram registrados, até o primeiro trimestre de 2021 no SIGMINE, 142 processos minerários pelo Regime de Concessão de Lavra para pesquisa e exploração de titânio no Estado, sendo 71 processos em fase de autorização de pesquisa, 32 processos na fase requerimento de pesquisa, 25 na fase de concessões de lavra, 12 na fase de requerimento de lavra, dois na fase de requerer lavra. Além destes, constam sete áreas em disponibilidade.



Fonte: ANM, 2021/ Elaboração: SEDE.

Figura 43 - Distribuição dos processos minerários de titânio Minas Gerais.

É possível observar que as áreas de concessões de lavra no Estado estão situadas nas RGInts de Pouso Alegre, Varginha, Patos de Minas e Uberaba (**Figura 43**). Entretanto, na região de Uberaba, em virtude da diversidade de associações mineralógicas, essas concessões de titânio ficam subordinadas à exploração de fosfato e nióbio, em consequência das restrições tecnológicas para seu aproveitamento. Já as concessões de lavra que ocorrem ao sul estão paralisadas devido a questões legais, e não em função do mineral minério fonte ser a ilmenita.

Deste modo, o Estado de Minas Gerais detém recursos significativos dos seguintes minerais de titânio:

- **Rutilo:** nos municípios de Seritinga, Serranos e Aiuruoca. Uma unidade piloto de concentração da empresa japonesa JFE encontra-se em operação desde meados de 2018;
- **Ilmenita:** no município de Sapucaí-Mirim existem recursos que totalizam cerca de 100Mt de minério de ilmenita associada a magnetita e escândio;
- **Anatásio:** nos municípios de Araxá, Tapira, Serra do Salitre, Patrocínio e Patos de Minas existem enormes recursos do mineral anatásio associado a formações alcalinas de apatita. Os recursos de minério associado ao anatásio podem chegar a mais de 2,0 Bt.

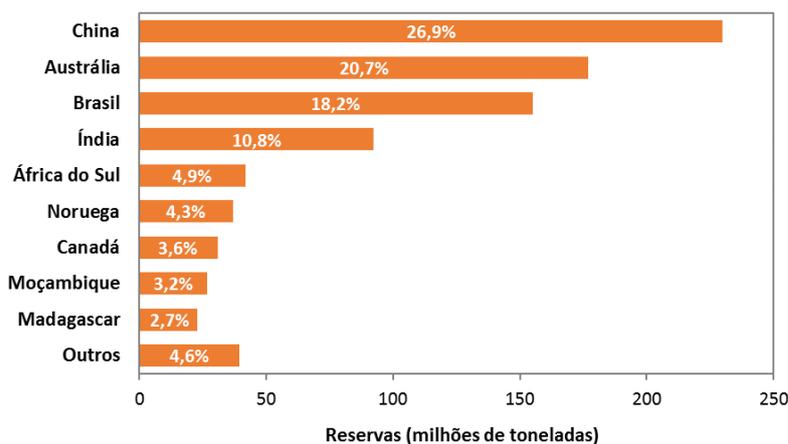
A indústria mundial do titânio é concentrada em cinco empresas que produzem TiO_2 de alta pureza por processos denominados rota sulfato ou rota cloreto, utilizando **essencialmente** rutilo e ilmenita. Dentre essas empresas, a única localizada no Brasil é a Cristal, localizada em Salvador, com produção de 60.000 toneladas por ano de TiO_2 . As outras empresas são: Chemours, Huntsman International, Kronos e Tronox. A Cristal foi recentemente adquirida pela Tronox. O anatásio não é ainda um mineral processado comercialmente, pois o seu tratamento representa um desafio tecnológico, pela enorme quantidade de impurezas contidas, como Mg, Fe, U, Th, Nb dentre outros.

A **Vale** estudou por vários anos a introdução do anatásio como um novo *feedstock* na cadeia de produção do dióxido de titânio, contudo sem sucesso. A grande quantidade de minerais deletérios contidos dentro do mineral de interesse, inviabilizou esse desenvolvimento.

A **CODEMGE** estuda o processamento direto do anatásio para a produção de dióxido de titânio através do processo de abertura e solubilização, purificação e precipitação do TiO_2 .

Recursos e Reservas

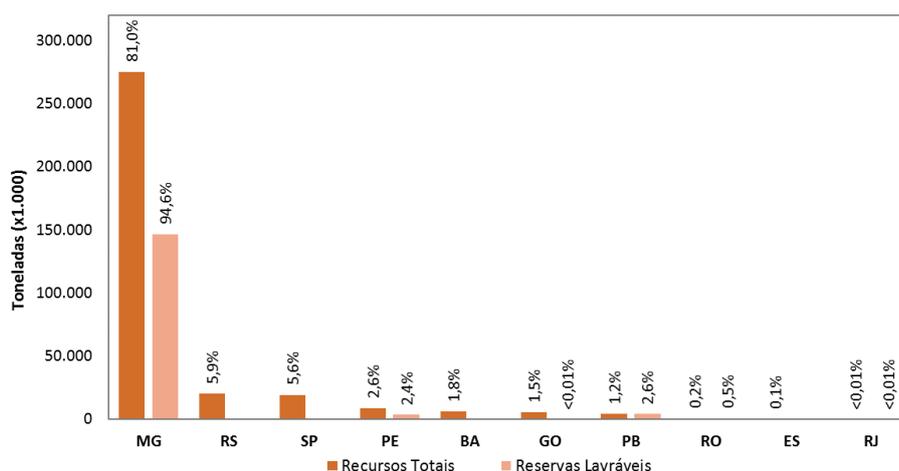
A partir dos dados do *Mineral Commodity Summaries* (USGS) e da ANM, em 2020, as reservas mundiais de titânio, provenientes de ilmenita e rutilo, concentraram-se principalmente na China (230 Mt); Austrália (177 Mt); Brasil (155, Mt, em metal contido), Índia (92,4 Mt) e África do Sul (41,8 Mt), existindo ainda reservas consideráveis na Noruega, Canadá, Moçambique e Madagascar (**Gráfico 100**).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 100 – Distribuição mundial das reservas de titânio proveniente de ilmenita e rutilo.

Em nível nacional, os dados mais recentes disponibilizados pela ANM, sobre a distribuição das reservas nacionais de titânio, são referentes a 2020. O destaque foi Minas Gerais, com um montante de recursos totais de mais de 275 Mt (81% do total nacional) e mais de 146 Mt de reservas lavráveis, aproximadamente 95% do total nacional. Porém, ainda existem recursos e reservas nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Pernambuco, Bahia, Goiás, Paraíba, Rondônia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (**Gráfico 101**).



Fonte: ANM, 2021.

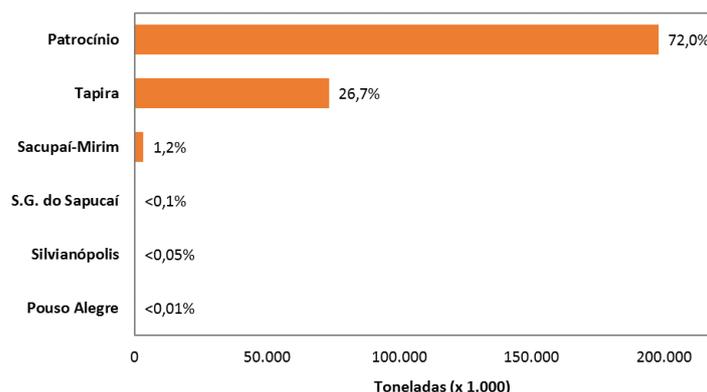
Gráfico 101 – Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de titânio (em metal contido).

Para o titânio oriundo de rutilo, ilmenita e anatásio, dados mais recentes disponibilizados pela ANM/MG mostraram que em 2020, o Estado apresentou uma distribuição de recursos totais de 274,9 Mt (em metal

contido), sendo 84,3 Mt de recursos medidos; 126,8 Mt de recursos indicados e 63,8 Mt de recursos inferidos. Já as reservas lavráveis somaram mais de 146,5 Mt (em metal contido).

Constatou-se que os **recursos totais** (em metal contido) estavam distribuídos principalmente na Região Geográfica Intermediária de Patos de Minas (72% do total). Ainda existiam recursos nas regiões de Uberaba (73,4 Mt); Pouso Alegre (3,3 Mt); e Varginha (150,6 mil toneladas).

Dentre os principais municípios, se destacam Patrocínio (198 Mt); e Tapira (73,4 Mt) (**Gráfico 102**). Ainda existem recursos nos municípios Sapucaí-Mirim, São Gonçalo do Sapucaí, Silvianópolis e Pouso Alegre.

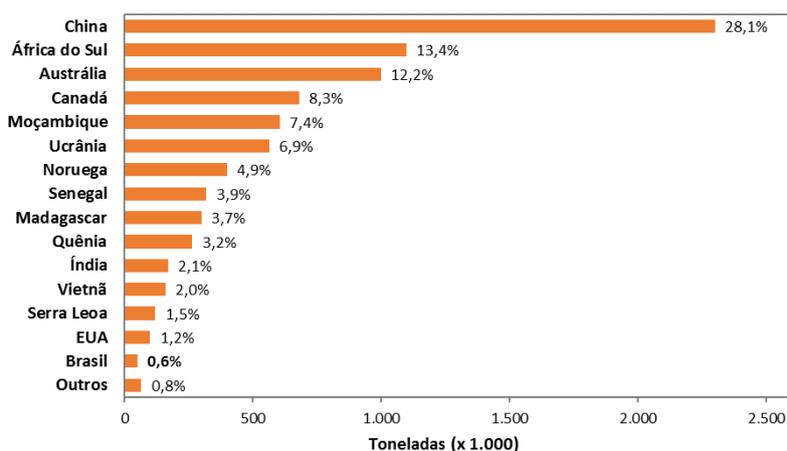


Fonte: ANM, 2021

Gráfico 102 - Recursos totais de titânio por município (em metal contido).

Produção

Em termos de produção mundial, a partir dos dados do *Mineral Commodity Summaries* (USGS), observa-se que os principais produtores de titânio oriundos de ilmenita e rutilo, em 2020, foram China, com 2,3 milhões de toneladas (Mt); África do Sul (1,1 Mt); Austrália (1,0 Mt); Canadá (680 mil t); e Moçambique (606 mil t) (**Gráfico 103**). Ainda houve registro de produção na Ucrânia, Noruega, Senegal, Madagascar, Quênia, Índia, Vietnã, Serra Leoa e EUA. O Brasil apareceu na 15ª posição, com cerca de 50 mil t (ANM, 2021).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 103 - Distribuição da produção mundial de titânio em 2020.

Dados da ANM reportam que o principal Estado produtor foi a Paraíba, responsável por 91,3% do total nacional. Havendo produção no Rio de Janeiro (6,1%), Bahia (1,0%), Goiás (1,0%), Espírito Santo (0,4%) e Rondônia (0,2%). Não existem dados publicados pela ANM sobre a produção de titânio no Estado de Minas Gerais.

3.2. SUBSTÂNCIAS NÃO METÁLICAS

3.2.1. Águas Minerais

Segundo a ANM, a água mineral ou potável de mesa é obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas. Caracteriza-se pelo conteúdo definido e constante de sais minerais e outros constituintes, considerando-se as flutuações naturais.

Ressalta-se que o aproveitamento de águas minerais ou potáveis de mesa é regulamentado pelo Código de Águas, atualmente dependente de concessão da União Federal.

O território brasileiro é composto por 12 grandes regiões hidrográficas que, além das precipitações pluviométricas, são abastecidas por sistemas de águas subterrâneas compostos por 181 aquíferos, dentre os quais se destacam os dois maiores do mundo em termos de reservas, o Alter do Chão e o Guarani.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, os sistemas de aquíferos são classificados segundo a sua formação rochosa e permeabilidade, podendo ser poroso, cárstico ou fraturado, sendo o sistema poroso o que possui o maior número de aquíferos.

Em Minas Gerais, estão localizados, em área total ou parcial, um montante de 20 aquíferos, sendo 11 do sistema poroso, seis no sistema cárstico e três no sistema fraturado (**Figura 44**) (Fonte: SNIRH/ ANA, 2018). Os aquíferos situam-se em quatro grandes regiões hidrográficas: Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, São Francisco e Paraná.

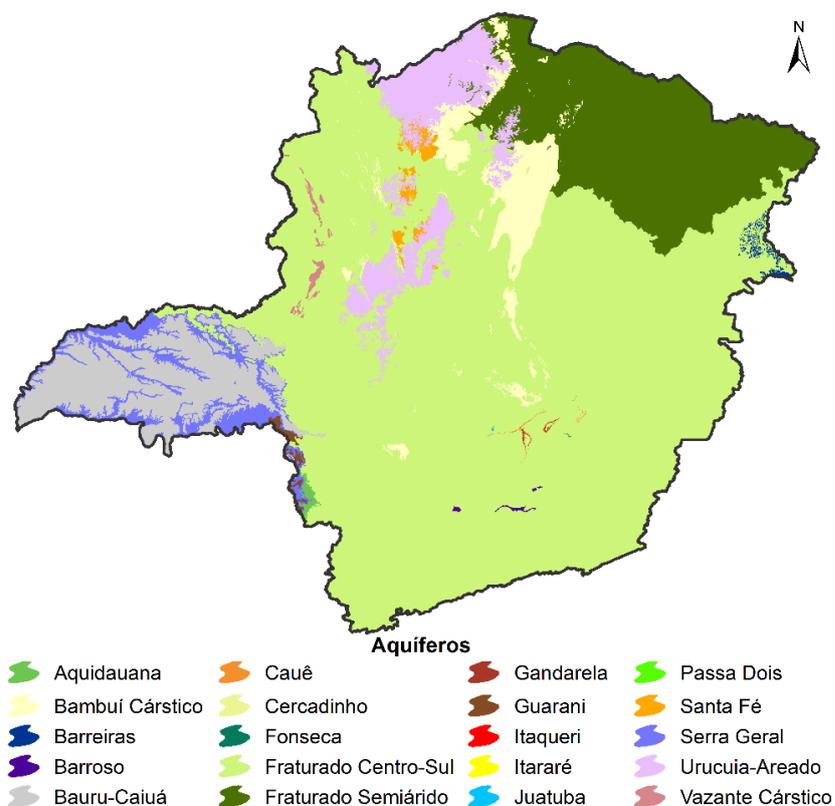


Figura 44 - Principais sistemas de aquíferos localizados em Minas Gerais.

Segundo Queiroz (2004), a diversidade litológica promove também a variedade hidrogeoquímica das águas (fluoretadas, radioativas, cálcicas, carbogasosas, sulfurosas, sulfo-alcálicas, sódicas, litinadas, férricas, alcalino-terrosas, alcalinobicarbonatadas e termais) e faixas de pH (entre 4,6 e 8,97).

A **Tabela 7** apresenta os aquíferos que possuem área aflorante no território do Estado Minas Gerais com respectivas áreas totais e reserva potencial explorável (RPE). É possível observar que o aquífero Fraturado Centro-Sul é um dos maiores do país e também o que possui maior área em Minas Gerais, e o segundo com maior potencial explorável em grande parte do Estado.

Tabela 7 - Aquíferos brasileiros com área aflorante em Minas Gerais.

Nome	Área total (km ² *)	Sistema	RPE (1.000 L/s)	Localização em MG
Serra Geral	420.593.395.061	Fraturado	1069	Parcial
Fraturado Centro-Sul	113.021.899.117	Fraturado	828	Parcial
Bauru-Caiuá	35.337.435.466	Poroso	752	Parcial
Guarani	89.221.245.384	Poroso	300	Parcial
Aquidauana	730.272.824.046	Poroso	245	Parcial
Barreiras	169.520.036.892	Poroso	196	Parcial
Urucuia-Areado	144.258.782.518	Poroso	195	Parcial
Itararé	373.877.984.834	Poroso	118	Parcial
Fraturado Semiárido	702.803.139.765	Fraturado	78	Parcial
Bambuí Cárstico	407.163.305.484	Cárstico	42	Parcial
Passa Dois	507.506.945.649	Poroso	Sem Informação	Parcial
Santa Fé	270.555.276.452	Poroso	Sem Informação	Parcial
Itaqueri	266.924.816.789	Poroso	Sem Informação	Parcial
Vazante Cárstico	128.464.222.814	Cárstico	Sem Informação	Total
Barroso	28.476.377.861	Cárstico	Sem Informação	Total
Cauê	26.016.652.543	Poroso	Sem Informação	Total
Gandarela	13.689.202.799	Cárstico	Sem Informação	Total
Cercadinho	10.539.868.706	Poroso	Sem Informação	Total
Juatuba	1.690.113.013	Poroso	Sem Informação	Total
Fonseca	916.028.369	Poroso	Sem Informação	Total

(*) Área total do aquífero no Brasil. (Fonte: SNIRH/ ANA - Ago/2018).

Na base de dados da ANM, até março de 2021, foram registrados no Estado um total de 463 processos, sendo 454 para água mineral, oito para água potável de mesa e um para águas termais. A maior parte dos processos registrados estão nas fases de autorização de pesquisa e concessão de lavra (**Tabela 8**).

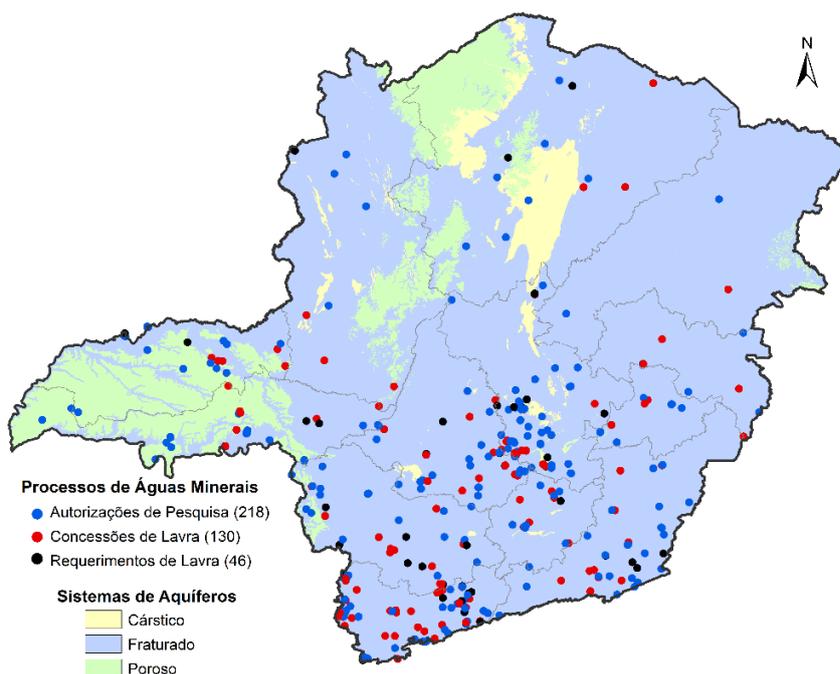
Tabela 8 - Número de registros de processos de exploração de águas para cada fase.

Fase do processo	Água mineral	Água potável de mesa	Águas termais	Total
Autorização de pesquisa	213	5	0	218
Concessão de lavra	129	0	1	130
Requerimento de pesquisa	46	0	0	46
Requerimento de lavra	45	1	0	46
Direito de requerer lavra	5	1	0	6

Fase do processo	Água mineral	Água potável de mesa	Águas termais	Total
Disponibilidade	16	1	0	17
Total Geral	454	8	1	463

Fonte: SIGMINE Março, 2021.

Os processos de autorização de pesquisa, requerimento de lavra e concessão de lavra, referentes à exploração de água estão distribuídos em aquíferos do sistema fraturado, principalmente na metade sul do Estado (SIGMINE – ANA, 2021) (Figura 45). Com base nas Figura 44 e Figura 45, é possível constatar ainda que a maior parte dos processos, referentes à pesquisa e à exploração de águas minerais no Estado, estão localizados nos aquíferos Fraturado Centro-Sul, Bauru-Caiuá e Serra Geral.



Fonte: SIGMINE Mar, 2021/ ANA, 2018

Figura 45 - Distribuição dos processos de águas minerais por sistema de aquíferos.

Dos principais usos das águas minerais, não considerando aqueles processos onde o uso não foi informado, tem-se que 297 foram destinados ao engarrafamento; 33 para balneoterapia e 31 destinados ao uso industrial (Gráfico 104).

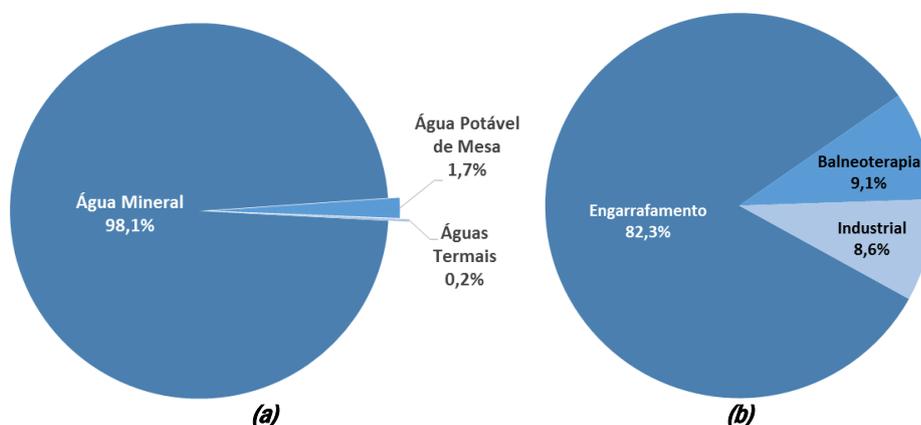


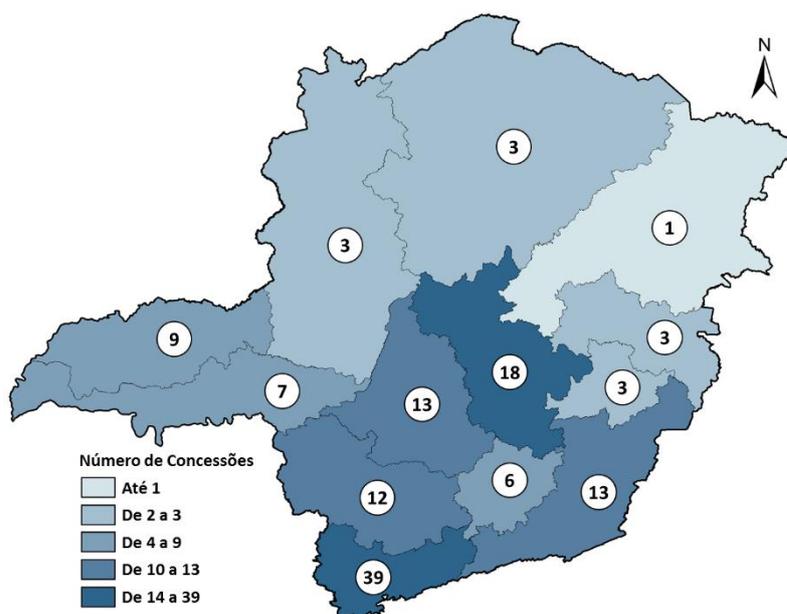
Gráfico 104 - Distribuição dos processos registrados na ANM quanto a: (a) substância; (b) uso.

Dentre as principais empresas que fazem uso das águas minerais, para engarrafamento e composição de produtos industrializados no Estado de Minas Gerais, estão a **CODEMGE**, a **Mineração Sal Nascente**, **Água Mineral Viva**, a **Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda.**, a **Água Mineral Serena Ltda.** e a **CPN Mineração Ltda.** (ANM, 2021).

Nicolau (2004) cita que é comum o uso da água subterrânea, de forma a suprir o abastecimento. Seguindo essa tendência, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA chega a usar em torno de 60% de poços tubulares de suas redes de distribuição.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM faz o monitoramento hidrológico em todo o território nacional através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), onde é possível realizar consulta, pesquisa, extração e geração de relatórios dos poços cadastrados. Até setembro de 2021 o sistema registrou 22.971 cadastros de poços tubulares, cisternas, surgências, nascentes e poços tipo Amazonas em Minas Gerais; com grande concentração de poços tubulares localizados na RGInt de Montes Claros (9.760 poços); nascentes na RGInt de Teófilo Otoni (436); e poços escavados (cacimbas e cisternas), na RGInt de Belo Horizonte (250).

Segundo Queiroz (2004) Distrito Hidromineral é “uma determinada área ou região de contexto hidrogeológico bem definido e caracterizado por sistema aquífero que concentra e produz água mineral, ou água mineral e potável de mesa, ou somente água potável de mesa”. Nesse contexto, o autor ressalta que o sudeste brasileiro é onde se concentra o maior número de distritos hidrominerais.



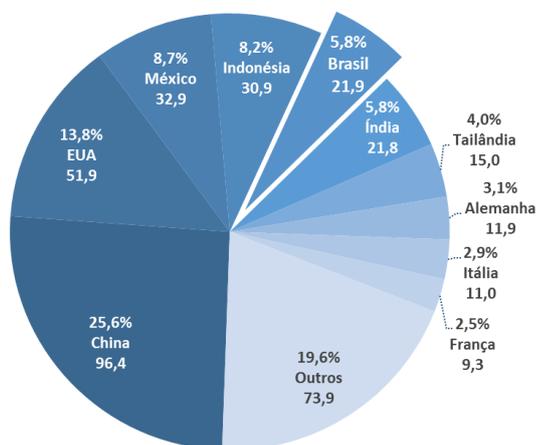
Fonte: SIGMINE/ Março, 2021.

Figura 46 – Distribuição das concessões de lavra de água por RGInt do Estado de Minas Gerais.

Segundo dados do SIGMINE, existem 130 concessões de lavra em Minas Gerais, as quais se concentram nas Regiões Geográficas Intermediárias de Pouso Alegre, Belo Horizonte, Divinópolis, Juiz de Fora, Varginha, dentre outras (Figura 46). Esses títulos estão distribuídos entre 113 empresas, das quais as maiores detentoras são: Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG (com nove títulos); Água Mineral Viva Ltda. (com quatro títulos); e Mineração Sal Nascente Ltda. (com quatro títulos).

Produção

O Sumário Mineral Brasileiro não divulga dados internacionais de produção de águas minerais. Há apenas informações referentes ao consumo de água engarrafada, com 377 bilhões de litros em 2017, com a liderança da China (96,4 bilhões de litros), seguido dos Estados Unidos, México, Indonésia e Brasil (**Gráfico 105**).

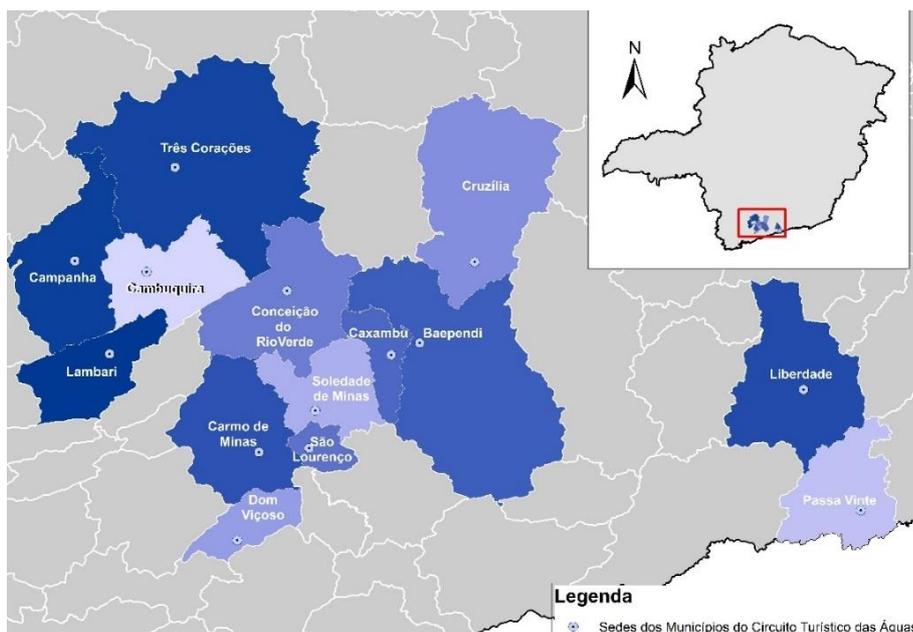


Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2018.

Gráfico 105 - Distribuição do consumo mundial de águas minerais engarrafadas (em bilhões de litros)

Dados da ANM indicam que a produção de água mineral no Brasil, em 2020, foi de 14,45 bilhões de litros, sendo que 52,7% do volume referente a garrafas retornáveis; 18,2% em embalagens descartáveis; e 29,1% usados na composição de produtos industrializados. Os principais estados produtores foram Bahia (23,3%), São Paulo (13,6%), Pernambuco (13%), Pará (5,8%), Ceará (5,4%), Rio de Janeiro (4,5%) e Minas Gerais (4,1%).

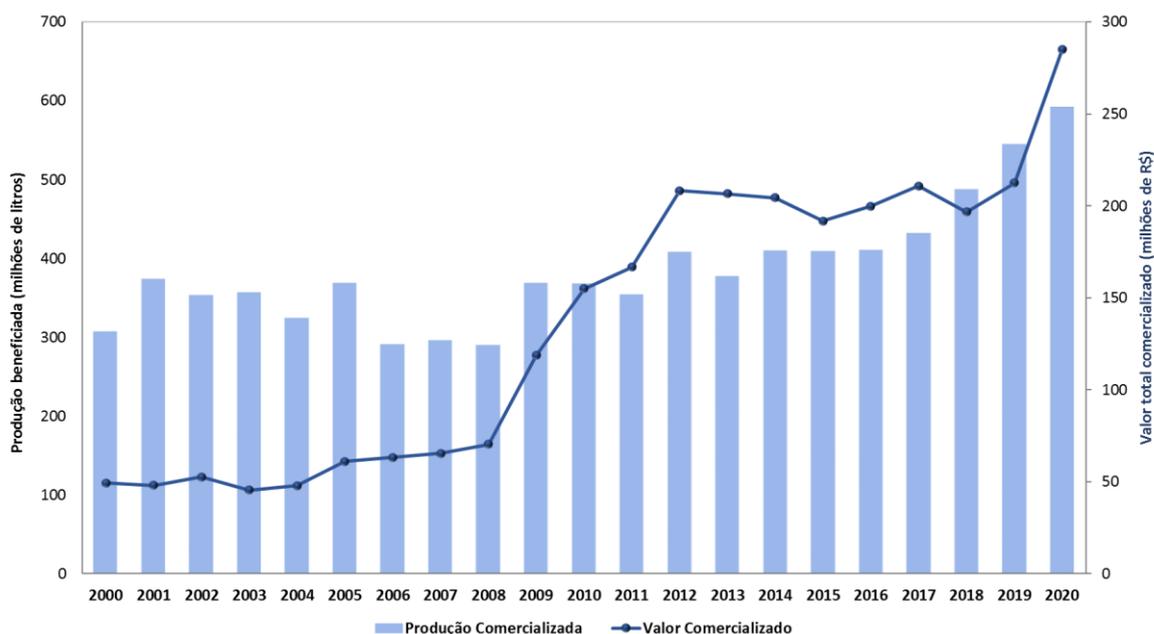
O Sumário Mineral Brasileiro de 2018 destaca que, em 2017 foram declarados 82,2 bilhões de litros de água mineral para uso em balneários. Nesse aspecto, Jeber A. e Profeta A.L. (2018) ressaltam a importância das estâncias hidrominerais para a atividade turística nos 14 municípios que compõem o chamado Circuito Turístico das Águas (**Figura 47**), em virtude do poder terapêutico e relevância histórica.



Fonte: Jeber A. e Profeta A.L. (2018).

Figura 47 - Municípios do Circuito Turístico das Águas de Minas Gerais

Para o Estado de Minas Gerais, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro e da ANM-MG, a produção beneficiada variou entre 290,7 e 592,3 milhões de litros, no período de 2000 a 2020, com média em 387,5 milhões de litros (**Gráfico 106**).



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

Gráfico 106 - Variação anual da produção beneficiada e do valor total comercializado de águas minerais.

Observa-se ainda que o valor total comercializado apresentou tendência de crescimento em todo o período, com acréscimo considerável, passando de R\$47,8 milhões (2004) para R\$285,0 milhões (2020), um crescimento de aproximadamente 500%.

Cadeia Produtiva

De acordo com os dados do SIGMINE, em 2021 existiam 130 concessões de lavra de águas minerais e termais ativas em Minas Gerais, cujos usos englobam engarrafamento, balneoterapia e industrial. Segundo dados da ANM-MG, em 2020, a produção de 593,2 milhões de litros de águas minerais do Estado foi distribuída para o envase e composição de produtos industrializados.

O processamento de águas minerais para o envasamento, englobam etapas desde sua captação em poços artesianos ou fontes naturais, essas águas são destinadas a locais de armazenamento (reservatórios de alvenaria ou aço inox), que posteriormente passam pelos processos de filtragem. A partir desse ponto pode, ou não, haver o processo de gaseificação, até envasamento. Após o envase, ocorrem os procedimentos de rotulagem, estocagem e distribuição para o mercado consumidor. Cabe ressaltar que há o processo de análises da qualidade físico-química da captação até o envasamento (**Figura 48**).

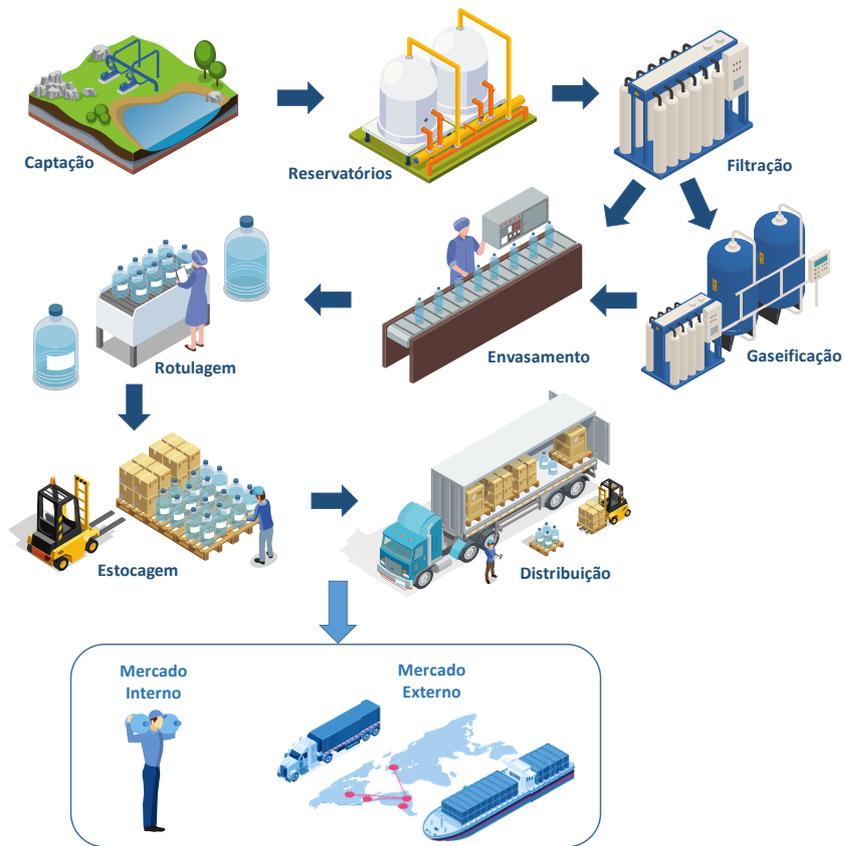


Figura 48 – Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de águas minerais (Adaptado de Lima, C.C., 2003)

Segundo dados do SIGMINE e da ANM, estima-se que o parque produtivo de águas minerais, em Minas Gerais, conta com 67 unidades de produção de 50 empresas, as quais estão localizadas principalmente nas RGInt de Pouso Alegre (23), Belo Horizonte (9), Varginha (9) e Divinópolis (6) (Figura 49) e (Tabela 9).

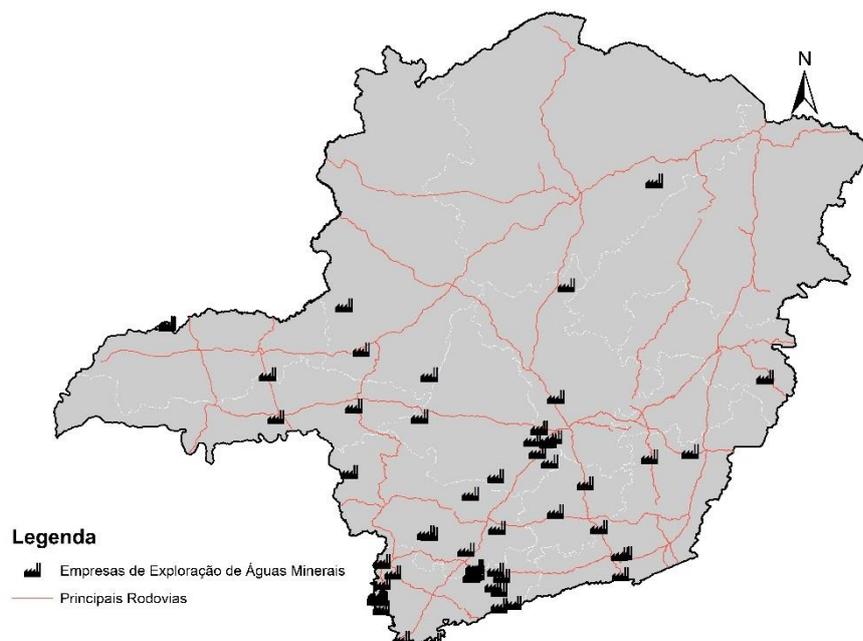


Figura 49 – Localização das empresas de exploração de águas minerais em Minas Gerais.

Tabela 9 – Empresas de exploração de águas minerais por RGInt de Minas Gerais

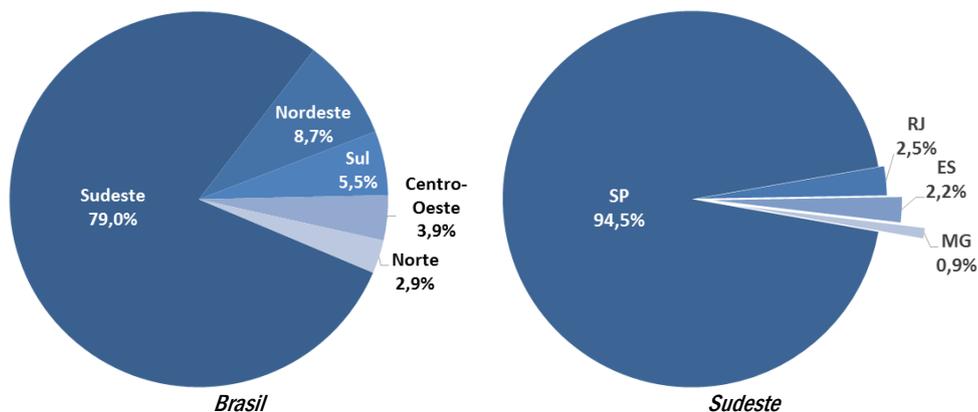
Empresa	RGInt
Água e Refrigerantes Menorah Ltda.	Juiz de Fora
Água Mineral Aguaí Ltda.	Belo Horizonte
Água Mineral Ouro de Minas Ltda. EPP	Barbacena
Água Mineral Santa Rita Ltda.	Patos de Minas
Água Mineral Serena Ltda.	Divinópolis
Água Mineral Varginha Ltda.	Varginha
Água Mineral Viva Ltda.	Divinópolis
Águas de Santa Cruz Ltda.	Patos de Minas
Águas Minerais de Patrocínio Ltda.	Patos de Minas
Águas Minerais Fonte Santa Cecília Ltda.	Pouso Alegre
Águas Minerais Poços de Caldas Ltda.	Pouso Alegre
Alvarenga Mineração e Engenharia Ltda. ME	Juiz de Fora
Andrea Vilar Silva Zille ME	Barbacena
ASB Bebidas e Alimentos Ltda.	Pouso Alegre
Baviera Águas Minerais de Alfenas Eireli	Varginha
Bocaina Água Mineral Ltda.	Varginha
Cambraia Mineração Indústria e Comércio de Água Mineral	Divinópolis
Cetro Ind. e Com. de Água Mineral Ltda.	Belo Horizonte
Comércio e Indústria de Bebidas Áurea Ltda.	Pouso Alegre
CODEMGE	Pouso Alegre
CODEMGE	Barbacena
CODEMGE	Uberaba
CODEMGE	Varginha
CPN Mineração Ltda.	Pouso Alegre
Curimataí Empreendimentos Ltda.	Belo Horizonte
D' Extrema Água Mineral Natural Eireli	Pouso Alegre
Empreendimentos Bartolomei Ltda. Me	Pouso Alegre
Empreiteira Sul Brasil Ltda.	Divinópolis
Empresa de Águas Engenho da Serra Ltda.	Pouso Alegre
Empresa de Mineração Água Santa Ltda.	Varginha
Empresa de Mineração Fonte Quinta S Del Rey Ltda.	Uberaba
Empresa Serra Azul Ltda. EPP	Pouso Alegre
Giancarlo Goncalves Duarte - ME	Montes Claros
GRIMAG Participações e Administração de Bens Ltda.	Varginha
Hidro Mineração Divina Pureza Ltda.	Juiz de Fora
Hidrobrás Águas Minerais do Brasil Ltda.	Belo Horizonte
Hiperagua - Empresa de Agua Mineral Ltda.	Divinópolis
Indústria e Comércio Água Mineral Estância Recanto	Uberaba
Irmãos Raffaelli Mineradora Ltda. ME	Pouso Alegre
José do Carmo Ninni Mineradora	Pouso Alegre
Marco Antônio Giusto ME	Varginha
Mineração Água Padre Manoel Ltda.	Pouso Alegre

Empresa	RGInt
Mineração Água Virtuosa Ltda. ME	Varginha
Mineração Pouso Alto Ltda.	Pouso Alegre
Mineração Sal Nascente Ltda.	Uberlândia
Nova Lambari Ltda. ME	Pouso Alegre
S.R. Mineração Ltda. ME	Juiz de Fora
São Luiz Empresa de Mineração e Águas Importadora e Exportadora Ltda.	Juiz de Fora
Scherrer & Merklein Indústria e Comércio Ltda.	Governador Valadares
União Boscatti Participação e Administração S.A.	Belo Horizonte
Vasconcelos & Serra de Minas Ltda. ME	Pouso Alegre
Vasconcelos e Cia. Ltda. ME	Pouso Alegre
Zucato Cia Ltda.	Pouso Alegre

Aspectos Econômicos

Exportações

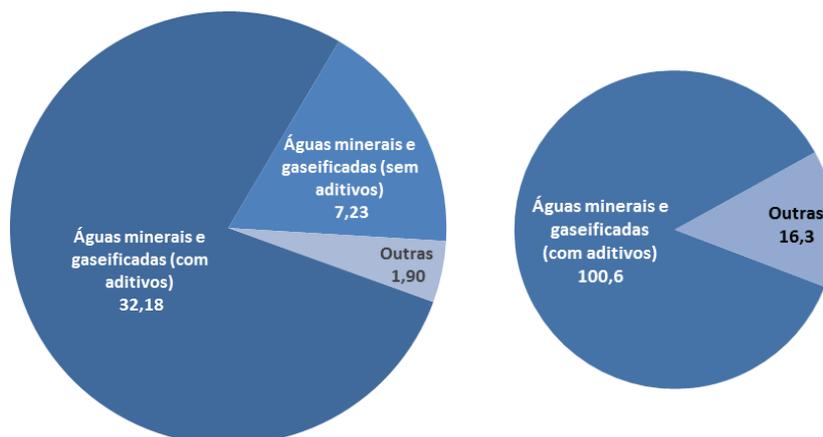
Segundo dados do Ministério da Economia, em 2020, do total das exportações nacionais de águas minerais (US\$ 14,2 milhões), Minas Gerais ocupava a 14ª posição, com US\$ 92,2 mil, apesar da região sudeste ser a principal exportadora (**Gráfico 107**).



Fonte: COMEX STAT, 2020

Gráfico 107 - Exportações nacionais de águas minerais com destaque para o sudeste.

O Brasil exportou mais de 41,3 milhões de litros de águas minerais e águas gaseificadas, com ou sem aditivos (açúcar, edulcorantes ou aromatizantes), entre outras. Os principais produtos de exportação de Minas Gerais foram águas minerais e gaseificadas (com aditivos), com um volume de 100,6 mil litros (86,1% do total do Estado) (**Gráfico 108**).



Brasil (milhões de litros)

Minas Gerais (mil litros)

Fonte: COMEX STAT, 2020

Gráfico 108 – Exportações de águas minerais em nível nacional e estadual por tipo de produto.

Dos 100 países importadores de águas minerais do Brasil, os principais foram Paraguai, EUA e Bolívia. Nesse cenário, Minas Gerais segue a tendência nacional, com volume de exportações para: Paraguai (41,4 mil litros), EUA (36,9 mil litros) e Portugal (9,9 mil litros) (**Gráfico 109**).

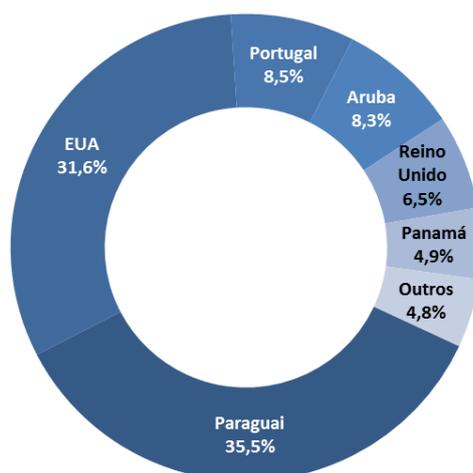


Gráfico 109 – Principais destinos das exportações de águas minerais de Minas Gerais

Importações

As importações nacionais de águas minerais foram de 4,0 milhões de litros (US\$ 2,95 milhões), oriundos de 15 países, em 2020. Dentre esses, destacam-se Itália (1,81 milhões de litros), França (661,3 mil litros), Argentina (631,8 mil litros) e outros (**Gráfico 110**). Já as importações mineiras, foram apenas do Reino Unido, com um volume de 89,2 mil litros, o que correspondeu a US\$ 150,5 mil.

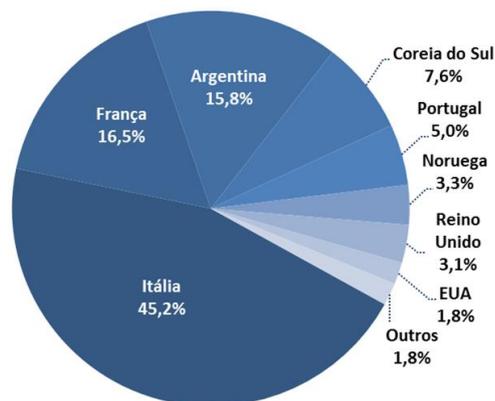


Gráfico 110 - Importações nacionais de águas minerais

Segundo os dados do RAIS, em 2019, a força de trabalho da cadeia produtiva de águas minerais gerou 2.581 empregos diretos, em Minas Gerais, distribuídos nos setores de transformação (fabricação de águas envasadas), com 1.593 empregos; construção civil (perfuração e construção de poços), com 578; e comércio (comércio atacadista de água mineral), com 410 empregos diretos.

Pela distribuição regional, do total de empregos diretos gerados, as Regiões Geográficas Intermediárias (RGIInt) de Juiz de Fora (2.889) e Belo Horizonte (903) foram as que mais empregaram em todo o Estado, considerando os três setores da cadeia produtiva de águas minerais (Gráfico 111).

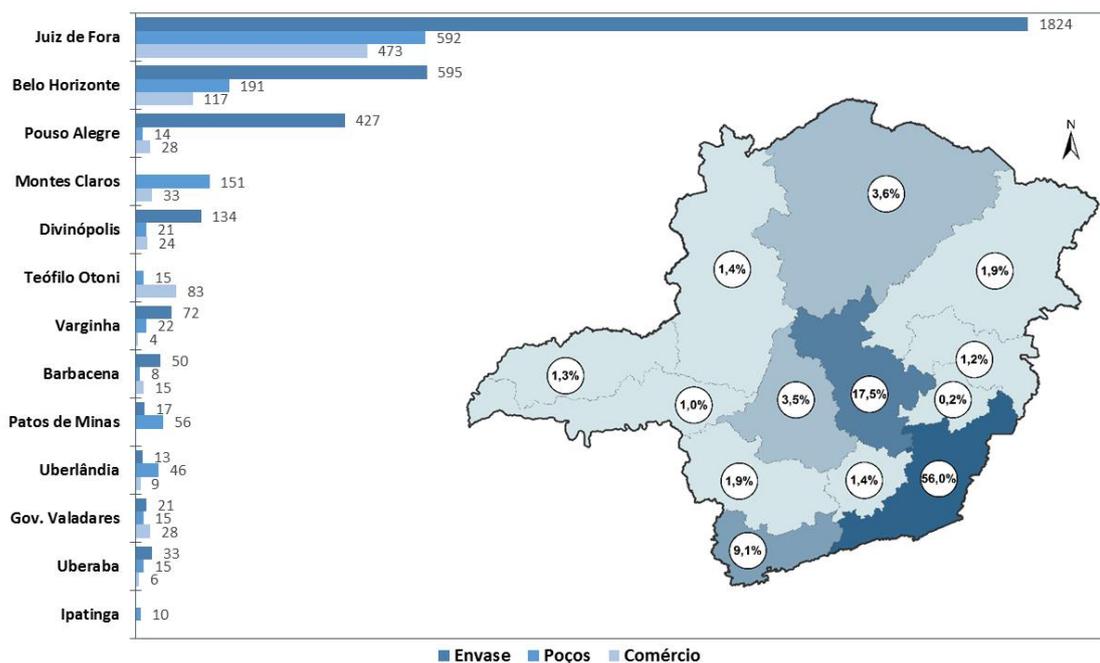


Gráfico 111 - Distribuição por RGIInt do número de empregos por segmentos (gráfico) e percentual do total de empregos da indústria de águas minerais (mapa).

3.2.2. Rochas Ornamentais e de Revestimento

Rochas ornamentais e de revestimento correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos ou chapas, que podem ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

Dentre os principais tipos de rochas, com aproveitamento no setor de rochas ornamentais e de revestimento no Estado de Minas Gerais, destacam-se as inúmeras e volumosas ocorrências de “**maciços granitóides**”, com grande diversidade de tipos. Os depósitos de **rochas quartzíticas**, as pequenas lentes de **mármore**s, as raras ocorrências de **esteatitos** (“pedra sabão”) e de **serpentinitos** e os grandes depósitos de materiais descritos comercialmente como **ardósias**, integram o conjunto das rochas ornamentais mineiras (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

As principais áreas de ocorrência de rochas ornamentais e de revestimento localizam-se nas regiões nordeste e leste (granitos), sudeste (granitos e gnaisses), sudoeste (gnaisses e sienitos) e central (ardósias, quartzitos, esteatitos, serpentinitos e mármore)s (Figura 50). O Estado de Minas Gerais detém a posição de maior produtor de granito não beneficiado do país (COSTA, CAMPELLO e PIMENTA, 2001).

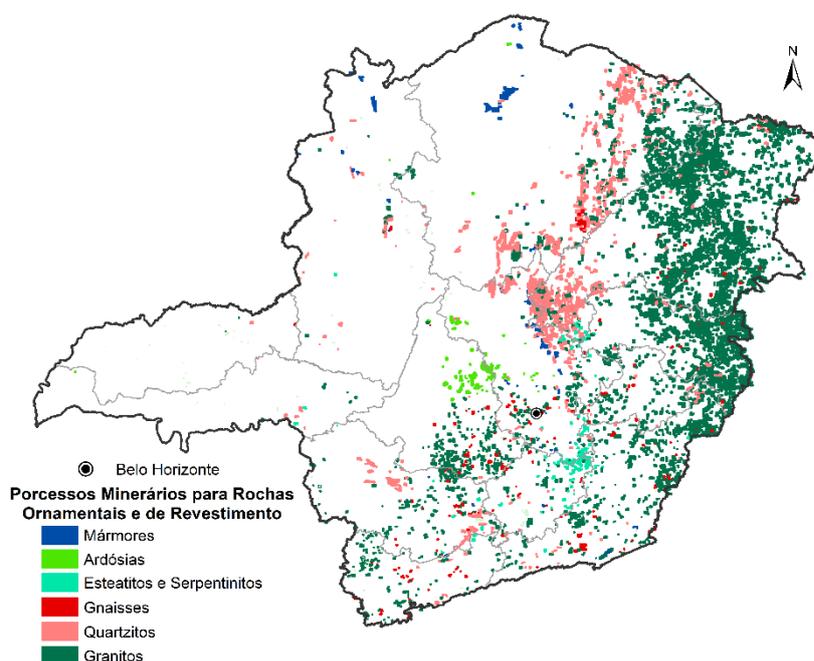


Figura 50 - Localização baseado em número de processos minerários de Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (SIGMINE, Março/ 2021).

A participação, em termos de processos minerários contidos no SIGMINE - ANM (2021), para rochas ornamentais e de revestimentos no Estado, foi em torno de 20% do total. Deste montante, 66,4% são referentes à pesquisa ou extração de granito; 19,6% a quartzito; 3,5% a gnaisse; 2,2% a ardósia; 2,0% a esteatito; 1,8% a mármore e outros com 4,5% (migmatitos, basalto, sienito, arenito, xisto, charnoquito, serpentinito, gabro, calcários, diabásio, pegmatito, filito, conglomerado, dolomito, dunito, tonalito, diorito, fonólito, pedra ornamental e tufo), (Gráfico 112)

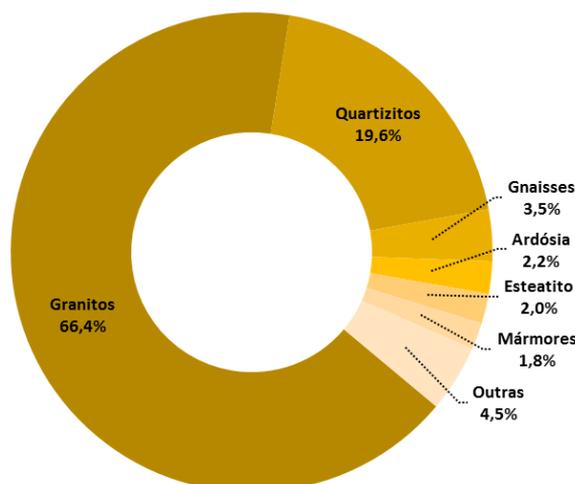


Gráfico 112 - Distribuição de processos minerários por tipo de rochas ornamentais

Os principais tipos de rochas ornamentais extraídos no Estado de Minas Gerais, classificados segundo a composição mineralógica, estão sintetizados na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Classificação com base nos critérios composicionais.

Rochas Ornamentais	Tipos	Localização	Nome comercial
Granitos Ornamentais	1) quartzo - feldspáticos	Granitos verdadeiros	RUBY RED
		Gnaisse migmatíticos ou não	VERDE LAVRAS e VERDE PRATA
	2) feldspáticos	sienitos	ÁS DE PAUS
		anortositos	AZUL DA NORUEGA
	3) máficos	Gabros de grão fino	NEGRO ABSOLUTO
		Basaltos	-
Quartzitos Ornamentais	Alto grau de recristalização e granulação fina	São Tomé das Letras e Luminárias (sul do Estado)	AZUL IMPERIAL, AZUL e ROSINHA DO SERRO. (comercializados como granitos).
	Alto conteúdo em minerais micáceos		Quartzito SÃO TOMÉ
	Pouco recristalizados (meta-arenitos)		Quartzito ROSA AURORA
	Altos conteúdos em feldspatos (meta-arcósios)		Quartzito PINK
Mármore	Carbonáticos, Sedimentares e metamórficos	Nas regiões de Cachoeira do Campo e de Campos Altos.	Calcários/BEGE BAHIA, dolomitos e mármore/AURORA PÉROLA JACARANDÁ, PRETO FLORIDO e VERDE JASPE
Ardósias		Região de Sete Lagoas ao sul e Pirapora ao norte.	*Ardósias
Esteatitos (Pedra Sabão) e Serpentinóis		Viriato, Santa Rita de Ouro Preto, Congonhas do Campo, Ouro Branco.	Com frequência, estas rochas são referenciadas comercialmente de forma incorreta como granitos.

Fonte: Costa, Campello e Pimenta (2001)

*Para a principal área considerada como de ocorrência de ardósia, essas rochas não correspondem do ponto de vista da petrologia a ardósias típicas, entretanto, são comercialmente referenciadas como tal.

Dentre as principais empresas que produzem e comercializam rochas ornamentais e de revestimento no Estado, podem ser mencionadas:

A **Mineração Pecuária Morrinhos (MPM Slate)** que explora e comercializa ardósias na Fazenda Morrinhos, localizada na rodovia entre os municípios de Papagaios e Pompéu, possuindo reservas cubadas com estimativa de vida útil de 30 anos.

A **Micapel Slate**, que explora e comercializa ardósia, quartzito e esteatito (pedra sabão). Está localizada no município de Pompéu e conta com processos de prospecção, extração e beneficiamento. A Micapel juntamente com a Engenharia S.A. (EGESA), desenvolve um projeto para o reaproveitamento e utilização de rejeitos de ardósia, sob a forma de brita e de pó, na construção civil e na pavimentação de vias de rodagem. A empresa ainda desenvolve alternativa de aproveitamento do resíduo da ardósia usado na agricultura como remineralizador de solos.

A **Associação dos Mineradores e Beneficiadores de Ardósia de Minas Gerais (AMAR-MG)** que conta com dez empresas associadas na exploração e comercialização de ardósia na região de Papagaios, Sete Lagoas e Paraopeba.

A **A. Pelucio Comércio e Exportação**, que realiza a extração e beneficiamento de quartzito, está localizada no município de Baependi. A empresa possui 1.500.000 m² de jazidas no interior de Minas Gerais para exploração e comercialização de quartzito, com utilização em revestimento e ornamentação.

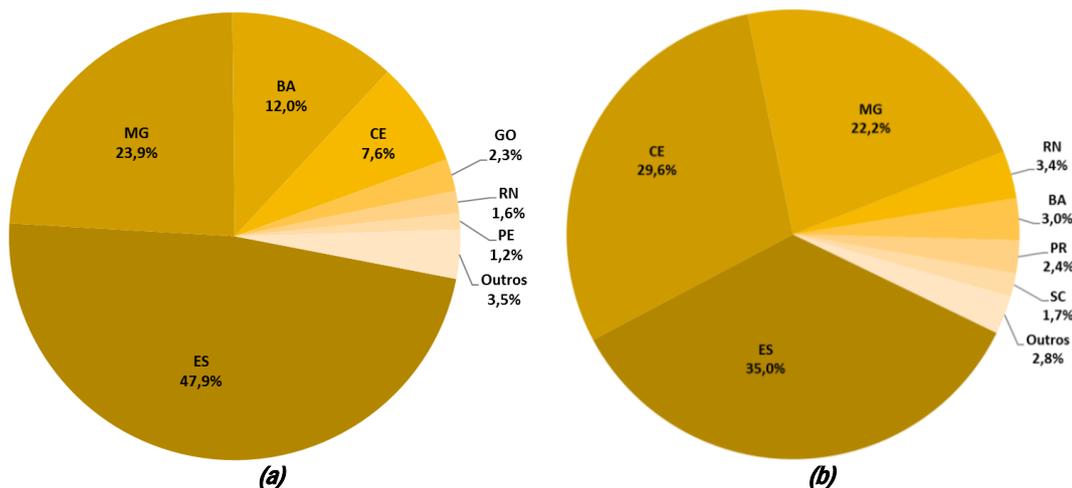
A **Itinga Mineração**, que explora e comercializa granitos, mármore e quartzitos, está localizada no município de Itinga. A empresa conta com capacidade produtiva calculada em mais de 100.000 toneladas de blocos/ano.

A **Ouro Preto Pedra Sabão (OPPS)**, que explora e comercializa esteatito e granitos, localizada no município de Ouro Preto (Distrito de Cachoeira do Campo). É uma das principais exportadoras de pedra sabão do país. A empresa possui um amplo portfólio, que inclui desde peças artesanais a produtos manufaturados como painéis, chapas e ladrilhos para revestimentos e pisos, fontes, painéis, chafarizes, portais, molduras para portas e janelas, balaustrada e lavabos coloniais, além de kits completos para revestimentos de fornos para aquecimento doméstico.

Recursos e Reservas

Segundo dados da ANM (2021), os recursos totais (medidos, indicados e inferidos), (**Gráfico 113a**), e reservas lavráveis nacionais (**Gráfico 113b**), referentes a rochas ornamentais e de revestimento, estão concentradas majoritariamente no Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e Ceará.

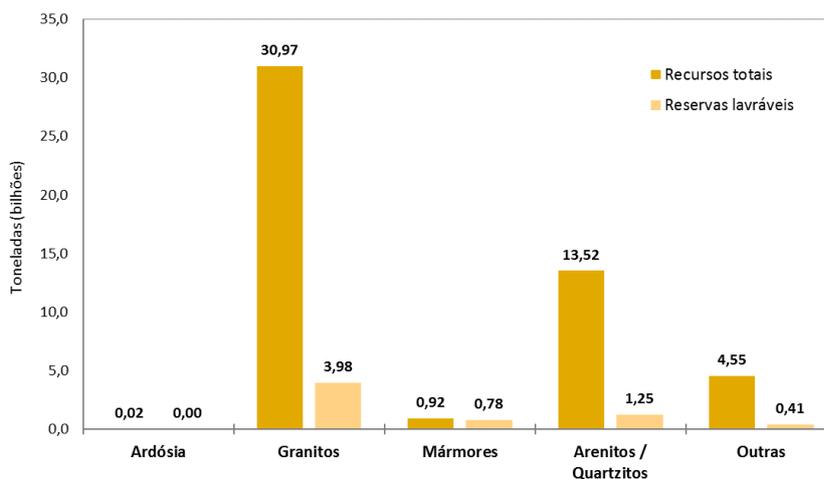
Salienta-se que Minas Gerais apresentou um volume de recursos totais em torno de 50,7 Bt. Este segmento é liderado pelo Espírito Santo, que possui um total de 101,5 Bt (**Gráfico 113a**). Em termos de reservas lavráveis, o Estado de Minas Gerais é o terceiro detentor e possui em torno de 6,8 Bt, ficando atrás do Espírito Santo (10,7 Bt); e Ceará (9,0 Bt) (**Gráfico 113b**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 113 - Distribuição nacional dos recursos totais (a) e reservas lavráveis (b) de rochas ornamentais e de revestimento.

Em 2020, segundo dados da ANM/MG, observou-se que os recursos totais em Minas Gerais foram principalmente de **granitos e afins** (31,0 Bt) e **quartzitos/arenitos** (13,5 Bt), que juntos são responsáveis por aproximadamente 90% das ocorrências de rochas ornamentais do Estado (**Gráfico 114**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 114 - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis dos tipos de rochas ornamentais e de revestimento.

Segundo dados disponibilizados pela ANM/MG, em 2020, as regiões e os municípios mineiros detentores de recursos e reservas mais relevantes por tipo de rocha foram:

- **Ardósia:** A ANM forneceu apenas dados referentes a recursos medidos e indicados, em um montante de 21,2 Mt, localizados apenas no município de Ibiaí, na RGIInt de Montes Claros;
- **Quartzitos/Arenitos:** Francisco Dumont, Gouveia, Congonhas do Norte, Guapé, Diamantina, Carmo do Rio Claro, São Thomé das Letras, Datas, Conceição do Mato Dentro, São José da Barra, Alpinópolis e Gão Mogol (**Gráfico 115**);

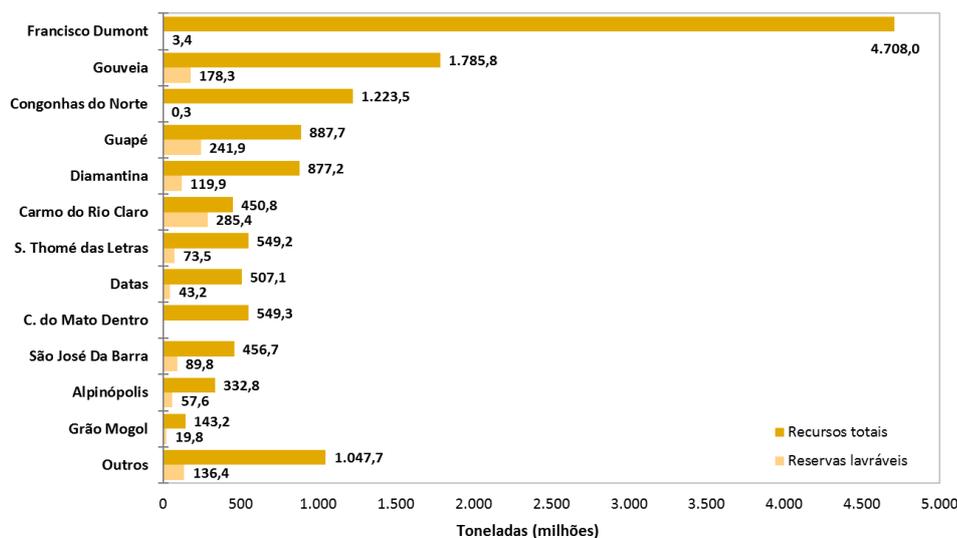


Gráfico 115 – Distribuição por municípios do montante de recursos totais e reservas lavráveis de quartzitos/arenitos.

- **Granitos e afins:** as ocorrências estão distribuídas, principalmente nas porções leste e sul do Estado, nas Regiões Geográficas Intermediárias de Governador Valadares, Teófilo Otoni; Juiz de Fora, Ipatinga, Varginha, Pouso Alegre, Montes Claros, Divinópolis (**Gráfico 116**);

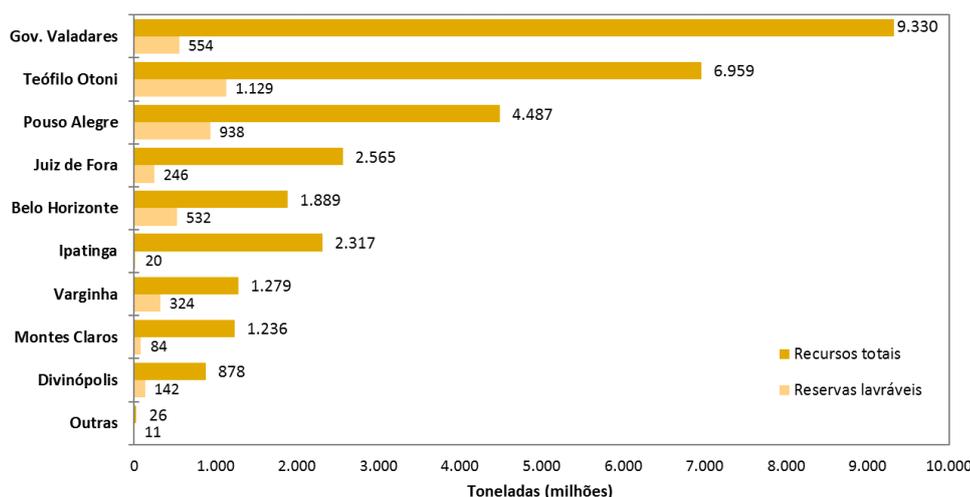


Gráfico 116 – Distribuição por RGLIs do montante de recursos totais e reservas lavráveis de granitos e afins.

Destacam-se, os municípios de Caldas (2.940,1 Mt), Santa Rita de Caldas (2.268,5 Mt), Dolores de Guanhanes (2.247,5 Mt), Monjolos (2.236,3 Mt), Alvarenga (1.830,3 Mt), Itueta (1.462 Mt), Coronel Murta (1.281,4 Mt), Santa Rita do Itueto (1.133,4 Mt), Medina (1.076 Mt) e Itinga (993 Mt), que juntos detém 50% do total de recursos e reservas do Estado.

- **Mármore e afins:** Sete Lagoas, Santana de Pirapama, Monjolos e Ouro Preto (**Gráfico 117**) que juntos detém aproximadamente 97% do total de recursos e reservas do Estado;

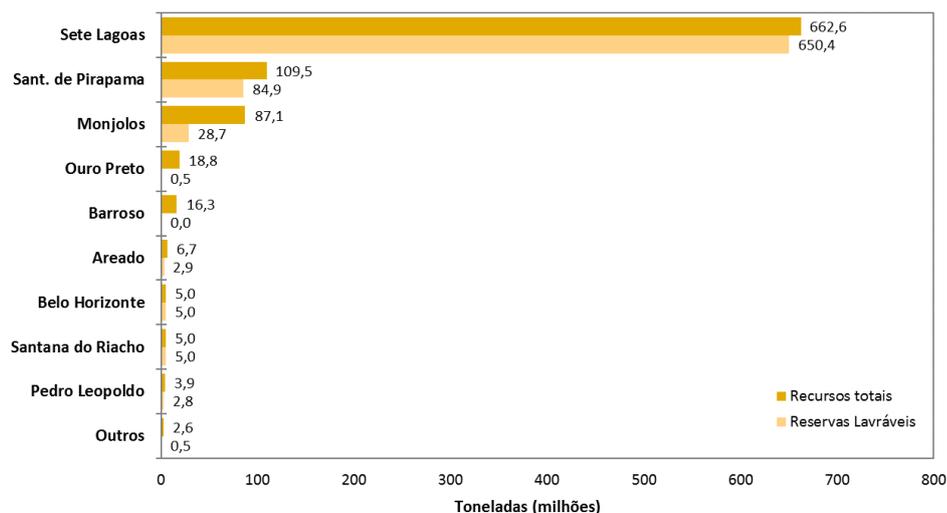


Gráfico 117 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis de mármore e afins.

- **Outras (pedra de talhe, esteatito, basalto):** Buenópolis, na RGInt de Belo Horizonte; Diamantina e Senador Modestino Gonçalves, na região de Teófilo Otoni; Buritizeiro, na região de Montes Claros; São Thomé das Letras e Guapé, na região de Varginha; Durandé, na região de Juiz de Fora; e Poços de Caldas, na região de Pouso Alegre (**Gráfico 118**).

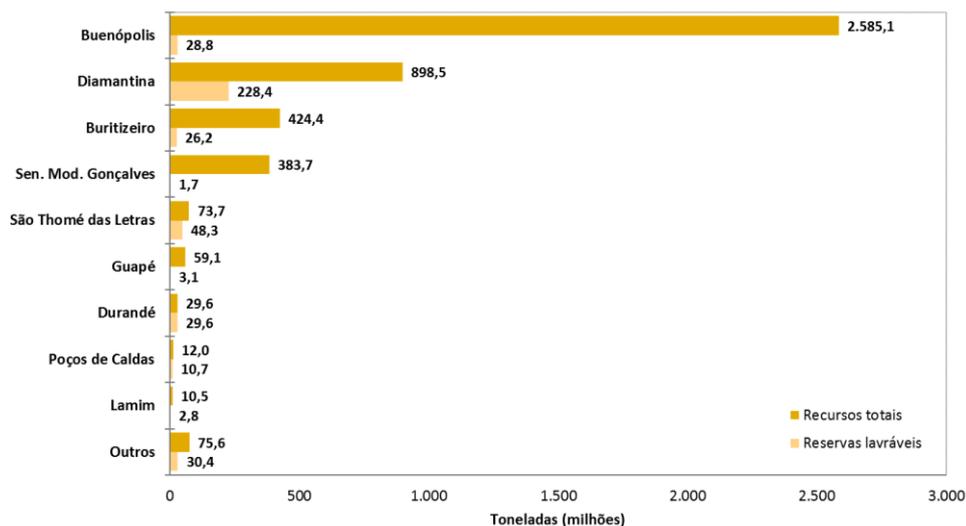
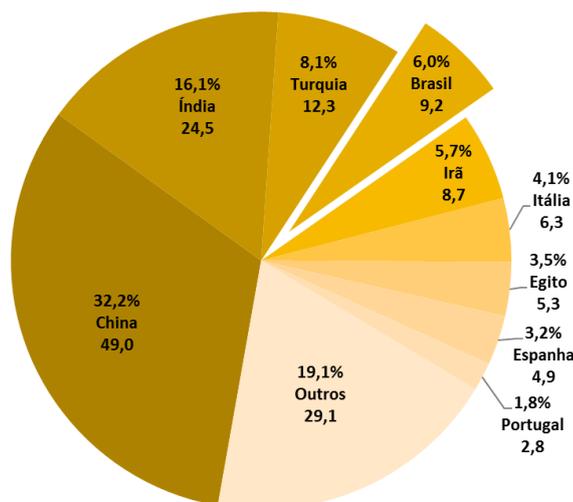


Gráfico 118 – Distribuição por município do montante de recursos totais e reservas lavráveis para as demais substâncias usadas como rochas ornamentais e de revestimento.

Produção

Em 2017, a produção mundial de Rochas Ornamentais e de Revestimento foi da ordem de 152 Mt, onde a China foi responsável por 46 Mt; seguido da Índia; Turquia e Brasil. Também ocorreu produção no Irã, Itália, Egito, Espanha e Portugal (**Gráfico 119**).



Fonte: Sumário Mineral Brasileiro, 2018.

Gráfico 119 - Distribuição da produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento

No Brasil existem cerca de 1.500 frentes de produção ativas e 1.200 variedades comerciais. A participação dos granitos e similares correspondeu a cerca de 55% da produção nacional, com as ardósias e quartzitos foliados apresentando produção em declínio, devido à queda nas exportações. As regiões Sudeste e Nordeste são responsáveis por cerca de 90% da produção nacional (SUMÁRIO MINERAL BRASILEIRO, 2018).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (Abirochas), a produção nacional de Rochas Ornamentais e de Revestimento foi de 9,0 Mt, em 2020, sendo os principais estados produtores, o Espírito Santo (2,8 Mt), Minas Gerais (1,8 Mt), Bahia (1,2 Mt) e Ceará (1,0 Mt) (Gráfico 120).

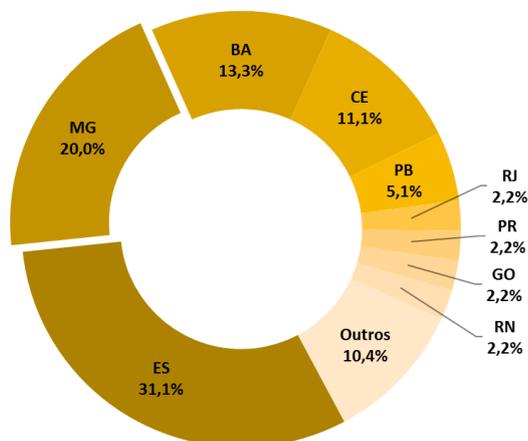
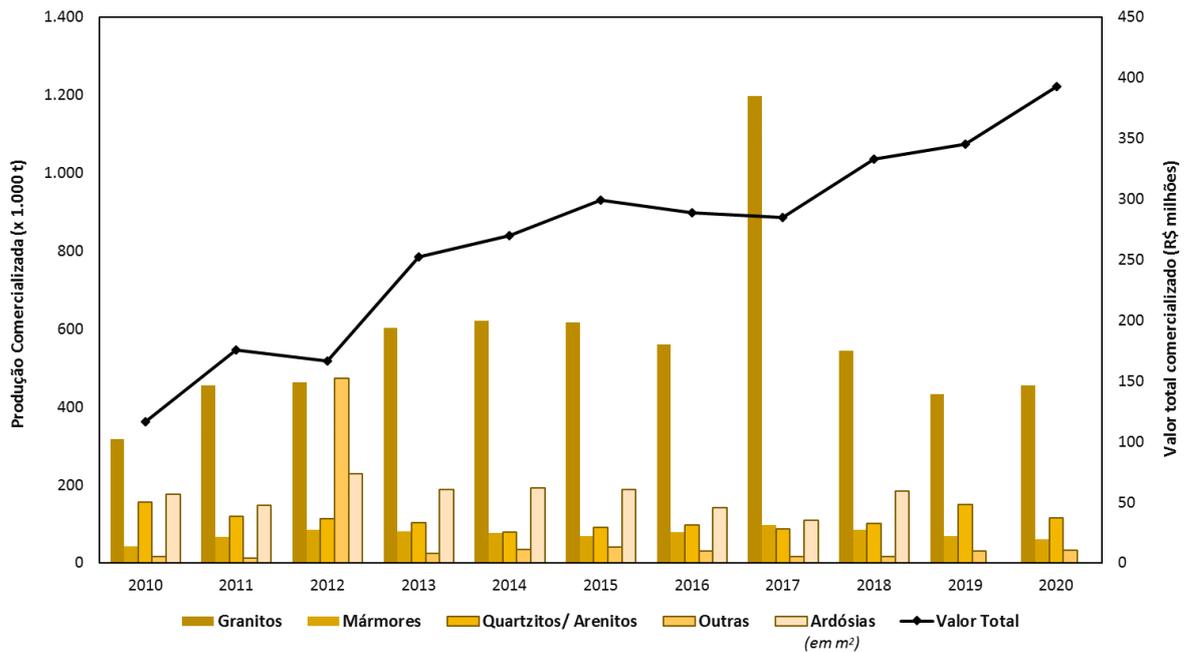


Gráfico 120 - Distribuição nacional da produção de Rochas Ornamentais e de Revestimento

Em Minas Gerais, a produção total de Rochas Ornamentais e de Revestimento foi, predominantemente, de granitos e afins, que apresentou tendência de crescimento no período de 2010 a 2020. Entre 2010 e 2014 o crescimento passou de 318,4 para 621,3 mil t, apresentando leve queda até 2016, com um salto, em 2017, para 1.197 mil t, voltando ao patamar de 450 e 540 mil t nos anos seguintes (Gráfico 121).



Fonte: ANM, 2021

Gráfico 121 – Produção e valor total comercializado de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.

Ressalta-se que os dados de ardósias são referentes até o ano de 2018 e estão apresentados em metros quadrados. Para essa substância, a produção alcançou o máximo de 228,1 m², em 2012 com posterior tendência de queda até 2017 e recuperação no ano seguinte. Ainda existe a participação de quartzitos/arenitos, mármore e outras, dentre as quais englobam a pedra de talhe, esteatito (pedra-sabão) e basalto.

Observa-se que o valor total comercializado (considerando todos os tipos de rochas, **exceto ardósias**) apresentou tendência de crescimento no período, passando de R\$116,8 milhões em 2010, para mais de R\$392,7 milhões em 2020, um crescimento de mais de 230%.

Cadeia Produtiva

Minas Gerais é um dos principais detentores de recursos e reservas de rochas ornamentais e de revestimento, figurando como o segundo maior produtor nacional de blocos e placas, sendo o mercado impulsionado preponderantemente por granitos e afins, sobretudo no volume de exportações estaduais. Apesar disso, a cadeia produtiva ainda é carente de investimentos na indústria de transformação para obtenção de produtos com maior valor agregado.

É importante acrescentar ainda, que o Estado continua sendo um importante polo produtor de rochas quartzíticas e de tipos exóticos, como os pegmatíticos, com ênfase para as áreas produtoras da região nordeste, onde também é crescente a produção dos xistos ornamentais (COSTA, A.G., 2018).

Os processos de beneficiamento de rochas ornamentais visam basicamente a transformação dos blocos, extraídos na fase de lavra, em produtos finais ou semiacabados (**Figura 51**). Desta forma, podem se separar as fases de beneficiamento em primário e secundário. O primeiro compreende a preparação e serragem dos blocos em chapas de espessura variável, usualmente dois ou três centímetros. No segundo processo, as chapas são submetidas a acabamento superficial, com ou sem resinagem, que pode ser um simples desbaste, polimento, escovado, flameado ou outros tipos, assim como a produção de ladrilhos e outras peças (VIDAL *et. al.*, 2014).



Figura 51 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de Rochas Ornamentais e de Revestimento.

De forma geral, as rochas ornamentais são submetidas a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, a partir de blocos de grande tamanho, volumes de 8 a 12 m³, para desdobramento em chapas, com posterior polimento ou tratamento superficial. Em seguida, são vendidas para a produção de ladrilhos, placas de revestimento ou peças ornamentais, ou ainda pias, tampos de mesa, bancadas, etc. (VIDAL *et. al.*, 2014).

Segundo dados do Sindicato Intermunicipal das Indústrias de Beneficiamento de Mármore, Granitos e Rochas Ornamentais no Estado de Minas Gerais (Sinrochas), as empresas associadas que realizam o beneficiamento de rochas ornamentais, no Estado, estão localizadas principalmente nas RGInts de Belo Horizonte, Governador Valadares, Teófilo Otoni e Montes Claros (**Figura 52**) e (

Tabela 11).

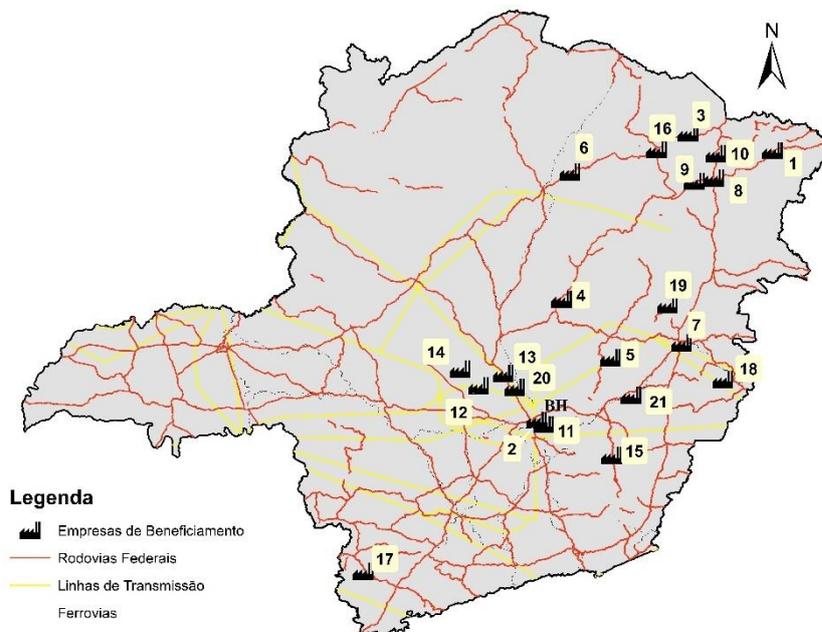


Figura 52 - Localização das empresas de beneficiamento Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (Sinrochas, Agosto/ 2021).

Tabela 11 - Localização das empresas de beneficiamento Rochas Ornamentais e de Revestimento de Minas Gerais (Sinrochas, Agosto/ 2021)

Num	RGInt	Município	Empresa
1	Teófilo Otoni	Almenara	Gran Vale Extração de Rochas Ornamentais
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	FC Mármores e Granitos Eireli
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Global Granite Ltda.
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Indaiá Mármores e Granitos Ltda.
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Marmoraria Santa Luzia Ltda.
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Pirâmide Mármores e Granitos
2	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Quality Granitos e Mármores Ltda.
3	Montes Claros	Curral de Dentro	Granfêlix Mineração Indústria e Comércio Ltda.
3	Montes Claros	Curral de Dentro	Mineração Granduvalle
4	Teófilo Otoni	Diamantina	Diamantina Mineração e Cia Ltda.
4	Teófilo Otoni	Diamantina	R2 Mineração Ltda.
5	Governador Valadares	Dores de Guanhões	Calafuria Mineração Ltda.
6	Montes Claros	Francisco Sá	Brix Mineração do Brasil Ltda.
7	Governador Valadares	Governador Valadares	Nevestones Ltda.
8	Teófilo Otoni	Itaobim	K2 Mineração e Exportação Ltda.
9	Teófilo Otoni	Itinga	Itinga Mineração Ltda.
10	Teófilo Otoni	Medina	Gransena Exportação e Comércio Ltda.
11	Belo Horizonte	Nova Lima	Marmoraria Mharmaros Comércio e Indústria Ltda.
11	Belo Horizonte	Nova Lima	Mg Mármores e Granitos Ltda.
11	Belo Horizonte	Nova Lima	Pedras Paraná
11	Belo Horizonte	Nova Lima	Phoenix Mármores e Granitos Eireli
11	Belo Horizonte	Nova Lima	ARQ Pedras
12	Divinópolis	Papagaios	BC Stones Ltda.
12	Divinópolis	Papagaios	Lithos Mineração Ltda.
12	Divinópolis	Papagaios	MAP Mineração Alto das Pedras Ltda.
12	Divinópolis	Papagaios	Mineração Pecuária Morrinhos Ltda.
12	Divinópolis	Papagaios	Minerar Ltda.
13	Belo Horizonte	Paraopeba	Mineração JB Ltda.
14	Divinópolis	Pompéu	Micapel Mineração Capão das Pedras Ltda.
15	Juiz de Fora	Ponte Nova	Quality Export. Ind. e Com. de Pedras Ornamentais Ltda.
16	Montes Claros	Salinas	Ragnarok Granitos Ltda.
17	Pouso Alegre	Santa Rita de Caldas	Mineração Café Ltda.
18	Governador Valadares	Santa Rita do Itueto	Mineração Brasilmag
19	Governador Valadares	São José da Safira	GCB Mineração Ltda.
20	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Edmármores Granitos
21	Ipatinga	Timóteo	Jova Decorações Ltda.

Apesar do grande potencial de Minas Gerais para o processamento de rochas graníticas, verifica-se que a quase totalidade da produção de blocos é destinada para o Espírito Santo. Isso se dá em função de um número reduzido de indústrias de transformação no Estado. Vale destacar que o desejável é exportar cada vez mais materiais processados, considerando-se que chapas polidas tem valor agregado muito maior do que aquele dos blocos.

No entanto, Minas Gerais segue à frente na produção de ardósias e de quartzitos, uma vez que os processos de beneficiamento para essas rochas são mais simples (VIDAL *et. al.*, 2014).

Tendo em vista o maior aproveitamento de blocos, em casos especiais, e visando uma melhor recuperação e redução do volume de perdas, algumas rochas são beneficiadas fora das dimensões recomendadas pela ABNT. Esse aproveitamento de blocos gera recursos para as empresas e contribui para reduzir impactos ou danos ambientais provocados pelas pilhas de rejeitos e resíduos em geral (VIDAL *et. al.*, 2014).

Aspectos Econômicos

Exportações

De acordo com o Ministério da Economia, o total das exportações brasileiras de rochas ornamentais somou 1,96 Mt em 2020, correspondendo a US\$ 722,8 milhões. Desse valor apurado, Minas Gerais foi responsável por US\$ 91,5 milhões, sendo o segundo maior exportador. Desse montante, US\$ 44,1 milhões foram de bens primários e US\$ 47,4 milhões referentes a produtos semimanufaturados (**Gráfico 122**).

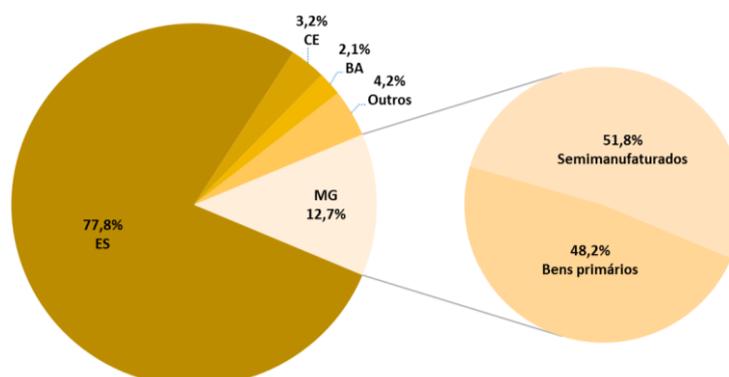


Gráfico 122 - Exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento por Unidades da Federação, com destaque para Minas Gerais.

Em Minas Gerais (2020), as exportações de bens primários de rochas ornamentais e de revestimento, comercializadas em bruto, blocos ou placas foram, principalmente, de granitos (US\$ 36,21 milhões) e quartzitos/arenitos (US\$ 7,06 milhões). As demais, ardósias, mármore, esteatitos e outras, somaram US\$ 818,6 mil (**Gráfico 123**). Por outro lado, no tocante às rochas processadas, ou semimanufaturadas, o maior volume de exportações foi de ardósias (US\$ 41,91 milhões) e esteatitos (US\$ 4,60 milhões), e em menor proporção, os produtos de granitos e mármore (**Gráfico 124**).

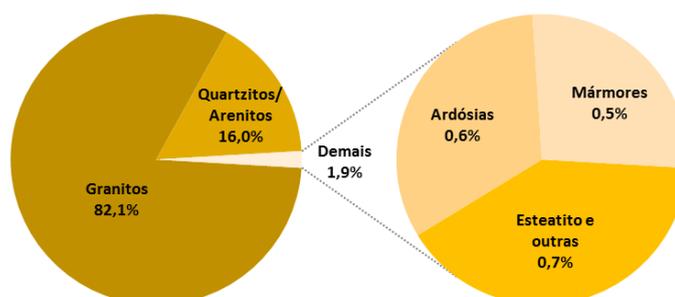


Gráfico 123 - Exportações de bens primários de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.

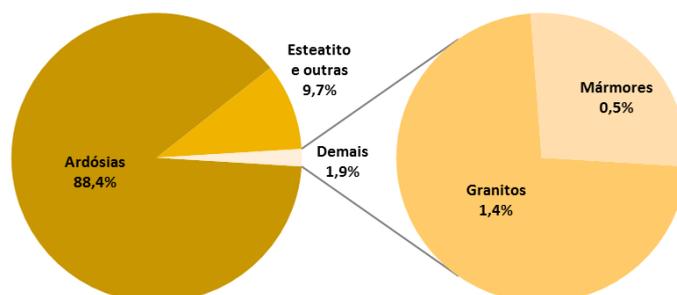


Gráfico 124 - Exportações de produtos semimanufaturados de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais.

As exportações mineiras de bens primários de rochas ornamentais, em 2020, tiveram como principais destinos China (US\$ 29,34 milhões), Itália (US\$ 6,85 milhões), Hong Kong (US\$ 1,65 milhões) e Alemanha (US\$ 1,54 milhões). Em relação aos produtos semimanufaturados, os principais destinos foram Reino Unido (US\$ 18,25 milhões), EUA (US\$ 9,76 milhões), Alemanha (US\$ 3,55 milhões) e Itália (US\$ 2,09 milhões) (Gráfico 125).

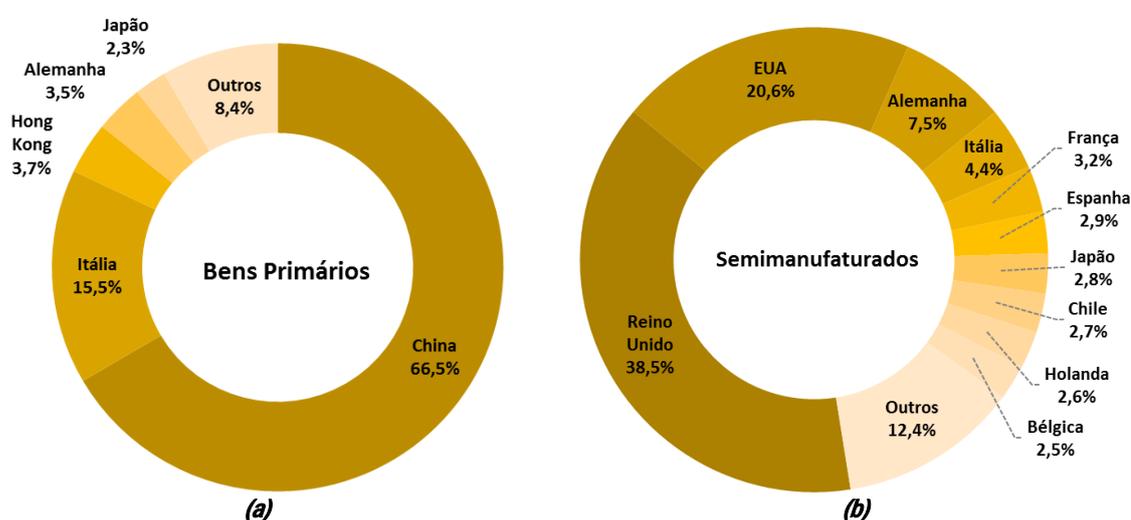


Gráfico 125 - Principais destinos exportações de produtos de rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais.

Importações

Segundo dados do Ministério da Economia, em 2020, as importações nacionais, totalizaram 135 mil t, o que correspondeu a, aproximadamente, US\$ 20,7 milhões, sendo os principais estados importadores São Paulo (US\$ 8,86 milhões), Paraná (US\$ 2,98 milhões), Espírito Santo (US\$ 2,04 milhões) e Santa Catarina (US\$ 1,42 milhões). A participação de Minas Gerais foi de apenas US\$ 569,1 mil, divididos em US\$ 274,5 mil para bens primários e US\$ 294,6 mil para produtos semimanufaturados (Gráfico 126).

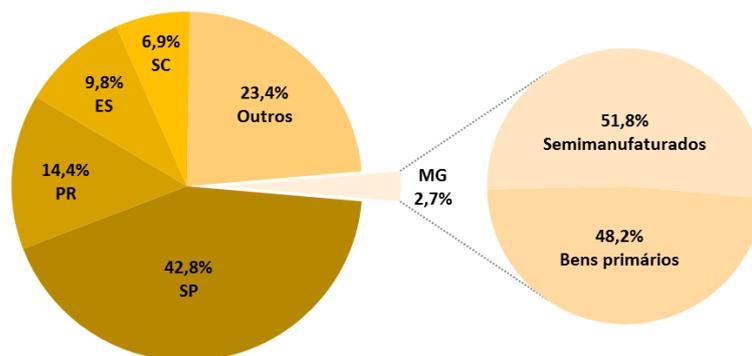


Gráfico 126 - Importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento por Unidades da Federação, com destaque para Minas Gerais.

Em Minas Gerais, as importações foram principalmente de mármore em forma bruta - bens primários (US\$ 236,7 mil) e processada - produtos semimanufaturados (US\$ 256,3 mil) (Gráfico 127).

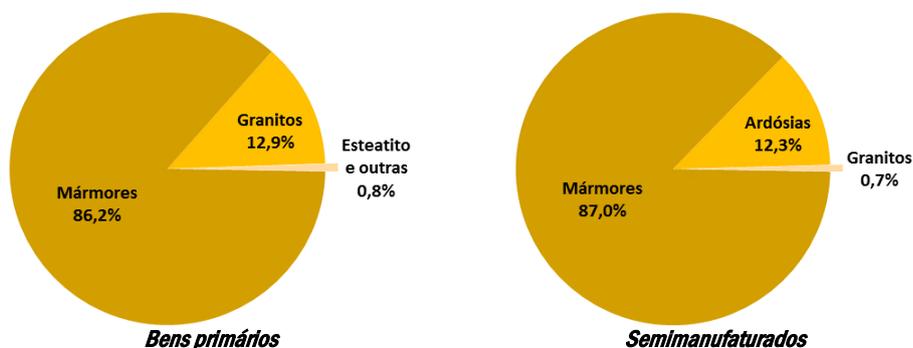


Gráfico 127 - Importações de rochas ornamentais e de revestimento em Minas Gerais

Os principais países de origem das importações mineiras de bens primários de rochas ornamentais foram Itália (US\$ 162,69 mil), Grécia (US\$ 73,98 mil), Turquia (US\$ 21,61 mil) e Irã (US\$ 13,93 mil). Já os produtos semimanufaturados, foram originários da China (US\$ 135,61 mil), Itália (US\$ 93,96 mil), Índia (US\$ 28,05 mil), Espanha (US\$ 23,77 mil) e Turquia (US\$ 13,17 mil) (Gráfico 128).

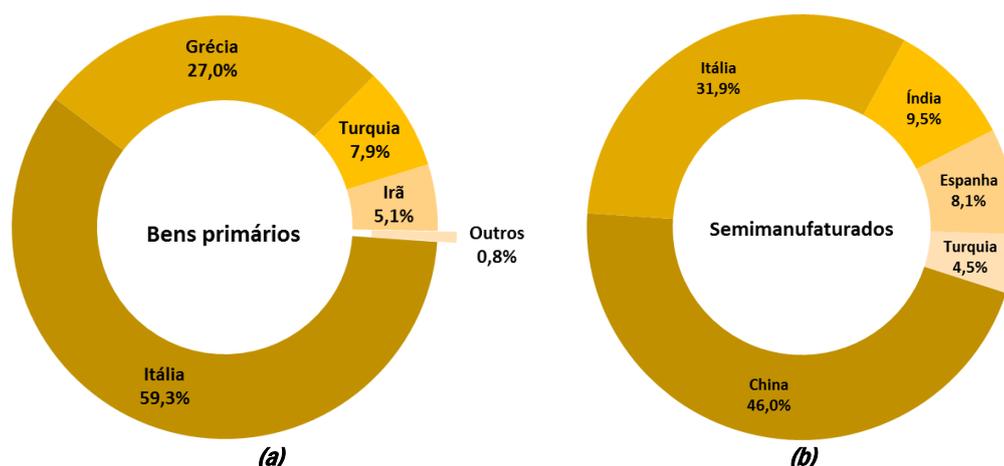


Gráfico 128 - Principais países de origem das importações de produtos de rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais.

Segundo os dados do RAIS, em 2020, a distribuição da mão de obra na cadeia produtiva das rochas ornamentais e de revestimento, a força de trabalho concentrou-se na indústria de transformação, com 5.292 empregos diretos gerados, concentrados na atividade de “aparelhamento de placas e execução de trabalhos em mármore,

granito, ardósia e outras pedras”. Já a atividade extrativa foi responsável por 2.523 empregos, distribuídos na extração e beneficiamento de granitos (1.777), ardósias (702) e mármore (44) (**Gráfico 129**).

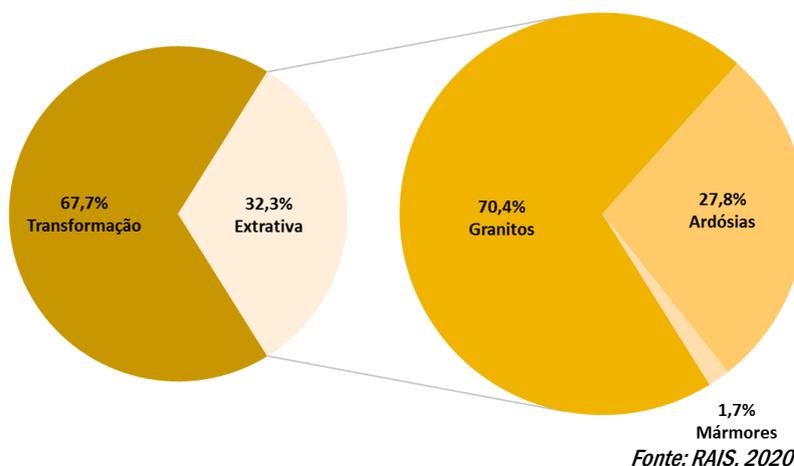
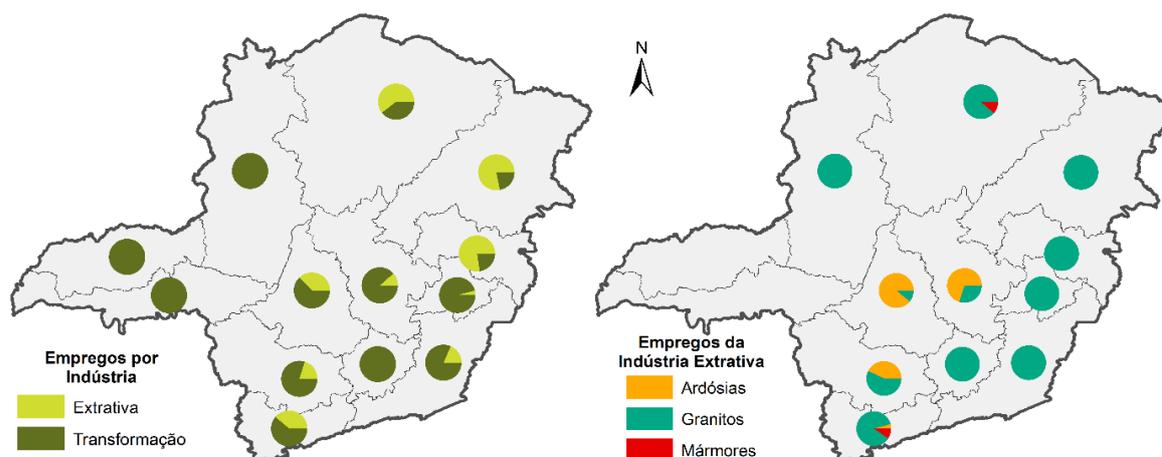


Gráfico 129 – Distribuição dos empregos da indústria de Rochas Ornamentais e de Revestimento.

A mão de obra da indústria de transformação está distribuída por todo o Estado, concentrando-se nas RGInt de Belo Horizonte (1.435), Divinópolis (947), Varginha (566) e Juiz de Fora (529). Já a indústria extrativa, tem forte participação nas RGInt de Teófilo Otoni (638), Divinópolis (561), Governador Valadares (465) e Pouso Alegre (211) (**Figura 53**).



Fonte: RAIS, 2020.

Figura 53 – Distribuição dos empregos diretos gerados pela indústria das Rochas Ornamentais e de Revestimento.

Os empregos da indústria extrativa são decorrentes, principalmente, da extração e beneficiamento de granitos, sobretudo nas RGInt de Teófilo Otoni (635), Governador Valadares (465), Pouso Alegre (182) e Montes Claros (164). A extração e beneficiamento de ardósias tem sua força de trabalho restrita às RGInt de Divinópolis (500), Belo Horizonte (132), Varginha (61) e Pouso Alegre (9); e a mão de obra para a extração e beneficiamento de mármore, está limitada às RGInt de Montes Claros (21), Pouso Alegre (20) e Teófilo Otoni (3) (**Figura 53**).

3.2.3. Gemas

O Estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor de gemas do país, em termos de valor total comercializado (aproximadamente R\$ 1,3 milhões) (ANM, 2021). Em todo Estado são encontrados inúmeros minerais com características gemológicas (cor, dureza e raridade) que atendem a indústria joalheira local, nacional e,

sobretudo o mercado internacional, com aproximadamente US\$ 1,9 bilhões em exportações, considerando ouro e diamantes (COMEX STAT, 2020).

O principal polo produtor de gemas de Minas Gerais se insere na Província Gemológica Oriental do Brasil (Figura 54), subdividida em diversos distritos (PINTO e PEDROSA-SOARES, 2001; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2001).

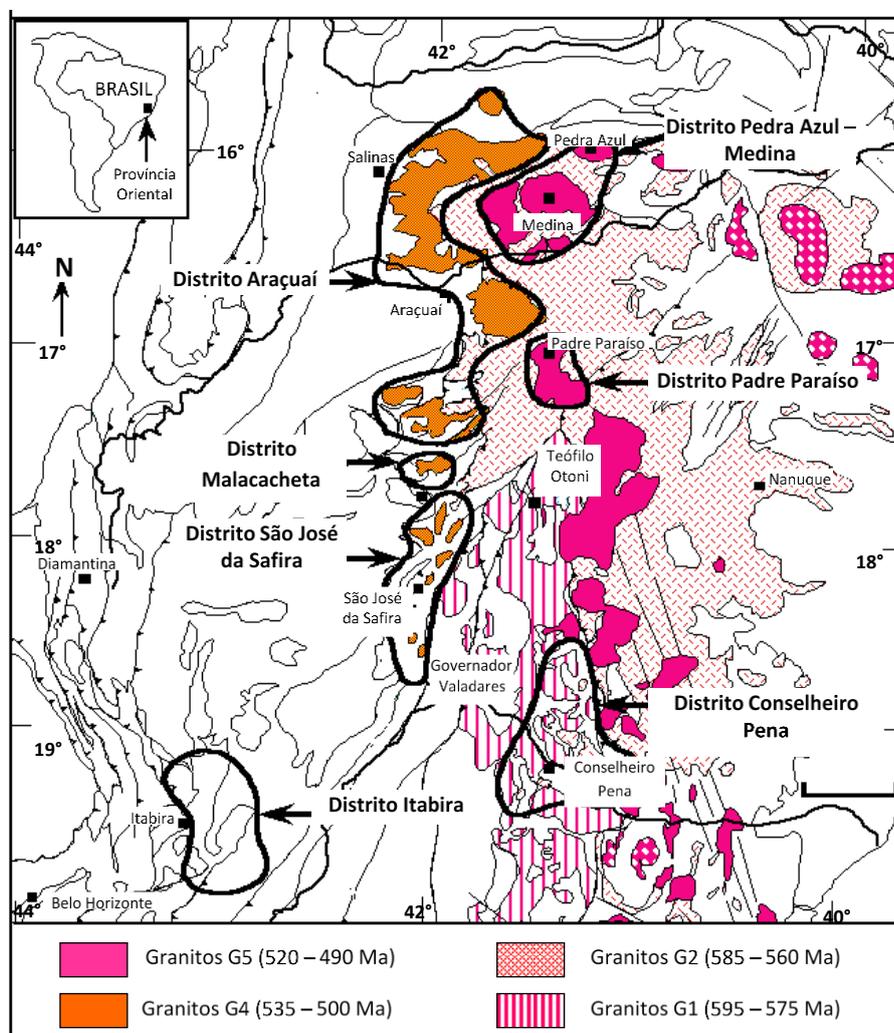
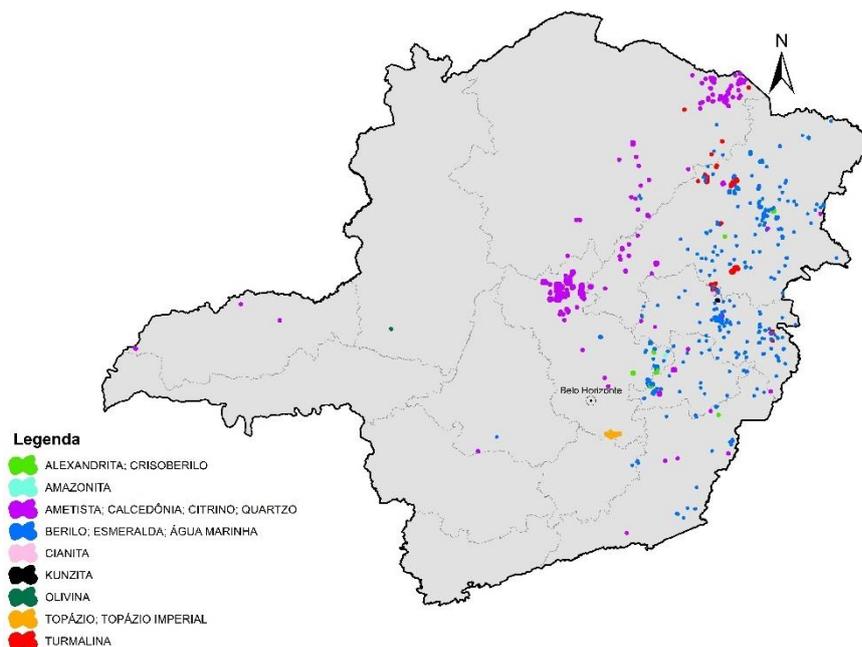


Figura 54 - Mapa da Província Gemológica Oriental do Brasil (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2001).

Entre as substâncias que constam nos processos de requerimento de lavra garimpeira, permissão de lavra garimpeira, requerimento de lavra e concessão de lavra do SIGMNINE/ANM-MG, classificadas como gemas citam-se: *água-marinha*, *alexandrita*, *amazonita*, *ametista*, *berilo*, *calcedônia*, *cianita*, *citrino*, *crisoberilo*, *esmeralda*, *kunzita*, *olivina*, *quartzo*, *turmalina*, *topázio*, sendo o Estado de Minas Gerais a única fonte de *topázio imperial* no mundo (Figura 55). Ressalta-se que não foram considerados os diamantes, uma vez que serão abordados à parte.



(SIGMINE - Março, 2021).

Figura 55 - Distribuição dos processos minerários de gemas no Estado de Minas Gerais.

Os principais polos mineradores são os municípios de Ouro Preto, Itabira, Nova Era, Guanhães, Governador Valadares, Teófilo Otoni, Araçuaí, Turmalina, Malacacheta, Corinto e Diamantina.

Existem dois Arranjos Produtivos Locais (APL) de gemas: o APL de Gemas e Joias da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e o APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (**Tabela 12**).

Tabela 12 - Principais ocorrências de gemas na região do APL de Gemas e Joias de Teófilo Otoni (Adaptado de QUEIROZ, 2016)

Tipos de gemas	Município	Pedra lapidada
Turmalina preta, azul, bicolor e incolor, quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, quartzo rosa, citrino, quartzo enfumaçado, berilos, granadas, espodumênios, cassiterita, tantalita-columbita e autunita	Araçuaí	Espodumênio 
Quartzo rosa, cristais de quartzo, granada vermelha, cordierita azulada a negra, biotita, topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Ataléia	Quartzo rosa 
Quartzo leitoso e maciço, cristais de quartzo, variedades de berilo, topázio, turmalina, água-marinha, topázios (incolor, amarelo e azul), quartzo (incolor, mórion e enfumaçado) citrino, crisoberilo (olho de gato), alexandrita	Carai	Citrino 
Topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Catuji	Crisoberilo 
Turmalina, morganita, andaluzita, tópazio e quartzo	Coronel Murta	Turmalina 

Tipos de gemas	Município	Pedra lapidada
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Itaipé	Granada vermelha 
Quartzo, turmalina preta, granada e berilo	Itinga	Granada 
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Novo Cruzeiro	Quartzo 
Topázio azul, água-marinha e crisoberilo	Novo Oriente de Minas	Topázio azul 
Topázio azul, água-marinha, crisoberilo, quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Padre Paraíso	Crisoberilo 
Quartzo, granada vermelha e cordierita azulada a negra	Pavão	Quartzo 
Água-marinha	Poté	Água-marinha 
Crisoberilo e alexandrita	Setubinha	Alexandrita 
Titanita, zircão, granada, quartzo e epidoto	Teófilo Otoni	Zircão 

O setor é constituído basicamente por micro e pequenas empresas, com elevado grau de informalidade, tanto na produção, lapidação e comercialização. As indústrias mineiras de joalheria, bijuteria e lapidação estão localizadas principalmente nos municípios de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Belo Horizonte.

Como principais gargalos, o IBGM (2005) aponta a insuficiente integração de ações dos setores público e privado; a duplicidade de esforços; a inexistência de governança; a carência de assistência técnica na prospecção e extração; os conflitos existentes em função dos direitos minerários com os órgãos ambientais; a escassez de qualificação pessoal e capacidade de gestão; a reduzida agregação de valor ao produto; a forte concorrência informal, inclusive de estrangeiros; a existência de máquinas e equipamentos obsoletos e a falta de capital de giro.

Apesar das dificuldades do setor, cabe destacar as suas potencialidades, uma vez que o Estado de Minas Gerais detém um dos maiores polos gemológicos do mundo. Soma à vocação histórica da região para a diversidade de produção de gemas; a fabricação de artesanato, joias e bijuterias; a boa infraestrutura viária; o envolvimento das prefeituras; a existência de instituições de ensino, pesquisa e fomento como SENAI, SEBRAE, SENAC, e as escolas de mineração, lapidação e joalheria em Teófilo Otoni e Governador Valadares (IBGM, 2005).

Cadeia Produtiva

A cadeia produtiva de gemas (**Figura 56**) compreende desde a extração mineral, que engloba todo e qualquer material e serviços utilizados na extração da matéria-prima; a indústria de lapidação, artesanato e artefatos de pedras; a indústria joalheira, de folheados e bijuterias, seus insumos, matérias-primas e as máquinas/equipamentos usados no processo de produção, além das estratégias de marketing e a incorporação do design aos produtos, e por último a comercialização desses produtos no mercado interno e externo. (Fonte IBGM, 2005).

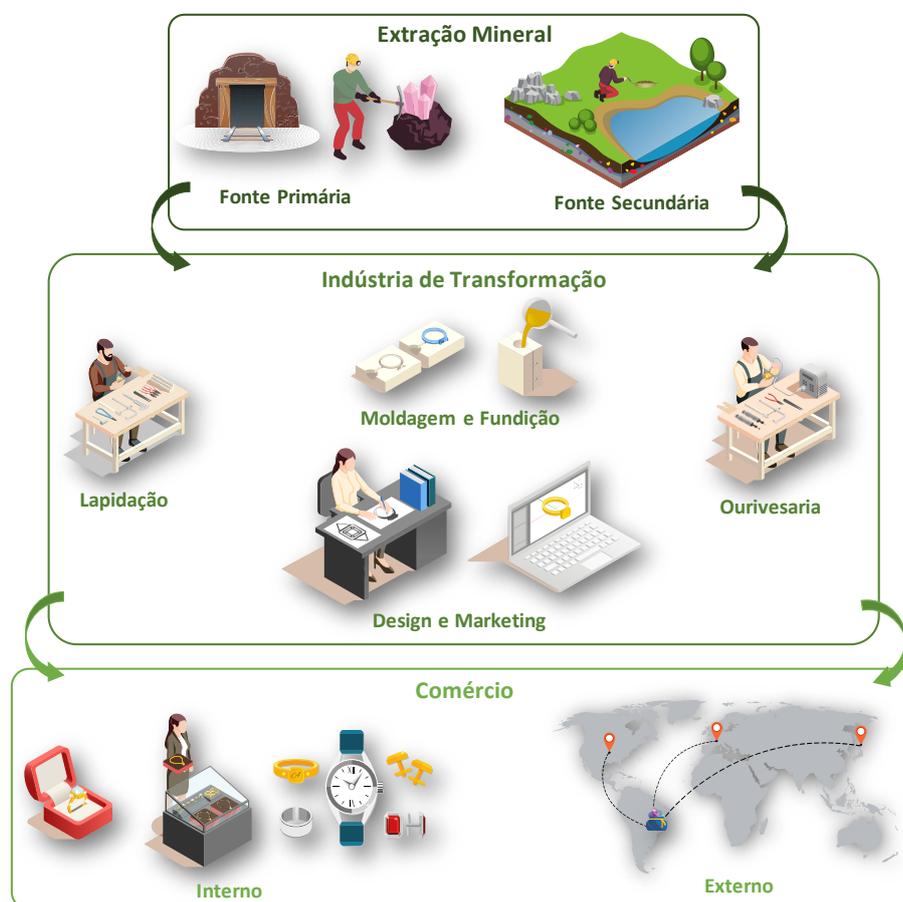
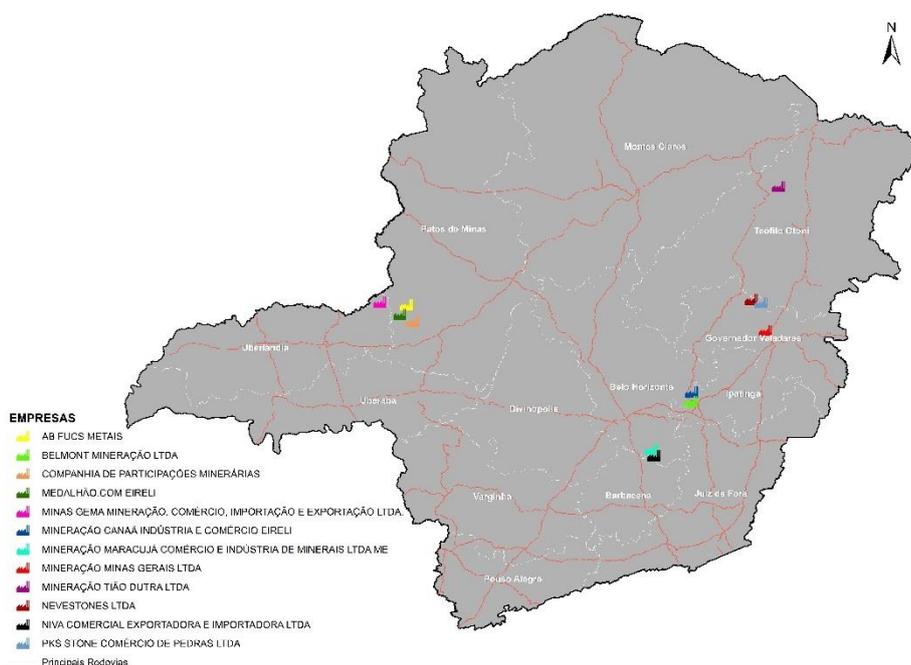


Figura 56 – Fluxograma esquemático da cadeia produtiva de gemas, joias e afins.

A extração de gemas no estado é realizada principalmente por meio de atividades garimpeiras e por pequenas empresas de mineração; requerida junto à ANM com total de 1.015 processos minerários de exploração de gemas, não considerando os diamantes (SIGMINE, março de 2021).

Segundo dados da Junta Comercial do Estado de Minas Gerais (JUCEMG), até junho de 2021, o número de empresas ativas (incluindo os microempreendedores individuais) totalizou 119.818 estabelecimentos, sendo o setor de comércio responsável pela maior parte (cerca de 90%), não considerando extração e transformação de

metais preciosos. Segundo os dados da ANM, apenas 14 empresas arrecadaram CFEM no Estado (até out/2021), localizadas nas RGInt de Teófilo Otoni, Governador Valadares, Belo Horizonte, Patos de Minas e Uberlândia (Figura 57).



Fonte: ANM, 2021.

Figura 57 – Localização das empresas do setor de gemas que arrecadaram CFEM.

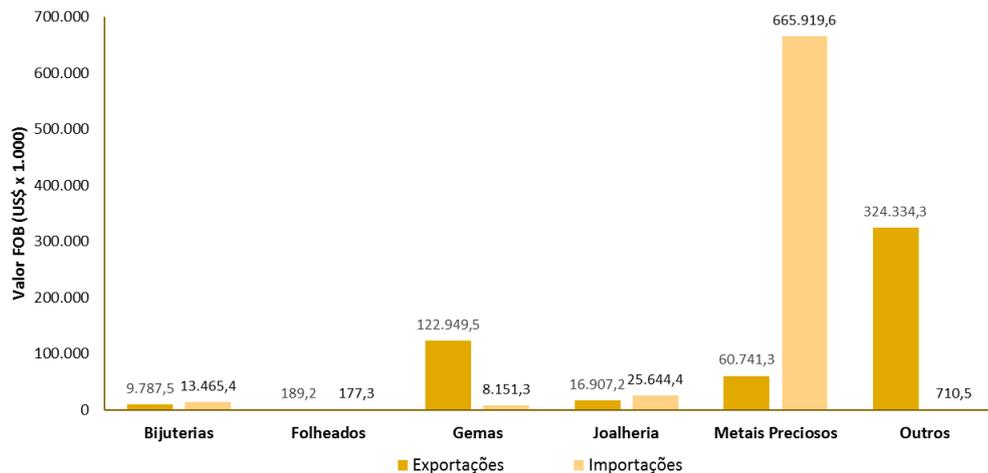
Aspectos Econômicos

É importante salientar que as análises econômicas da cadeia produtiva de gemas, foram considerados os segmentos de bijuterias, folheados, gemas, joalheira, metais preciosos e outros, agrupados segundo os códigos NCM descritos na Tabela 13, exceto ouro e diamantes.

Tabela 13 – Segmentos da cadeia produtiva de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes) com respectivos códigos NCM

Segmento	Códigos NCM
Bijuterias	71171100; 71171900; 71179000; 71181090; 71189000
Folheados	71070000; 71110000
Gemas	71011000; 71031000; 71039100; 71039900; 71049000; 71059000; 71161000; 71162090; 71012200; 71042090
Joalheria	71131100; 71131900; 71132000; 71141100; 71141900; 71142000
Metais Preciosos	71061000; 71069100; 71069220; 71069290; 71090000; 71101100; 71101910; 71101990; 71102100; 71102900; 71103100; 71104100; 71151000; 71104900
Outros	71123020; 71123090; 71129100; 71129200; 71129900; 71159000;

No ano de 2020, a balança comercial brasileira de gemas, joias e afins, foi superavitária para gemas, com exportações na ordem de US\$ 120 milhões. Ressalta-se que as exportações de resíduos e obras de metais preciosos em geral, também superaram as importações, alcançando um montante de US\$ 324,3 milhões. Por outro lado, para os metais preciosos, em bruto e semimanufaturados, destaca-se que houve um déficit de aproximadamente US\$ 600 milhões (Gráfico 130).



Fonte: COMEX STAT, 2020.

Gráfico 130 - Balança comercial brasileira de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes).

A distribuição nacional das exportações de gemas, joias e afins (Valor FOB), em 2020, foi para os Estados de São Paulo (US\$ 279,15 milhões), Bahia (US\$ 81,36 milhões), Rio Grande do Sul (US\$ 80,97 milhões) e Minas Gerais (US\$ 54,22 milhões). Por outro lado, o Amazonas foi o principal Estado importador, com US\$ 649,30 milhões, referentes à comercialização de paládio, ródio, platina e prata em bruto, além de produtos semimanufaturados de prata (**Gráfico 131**).

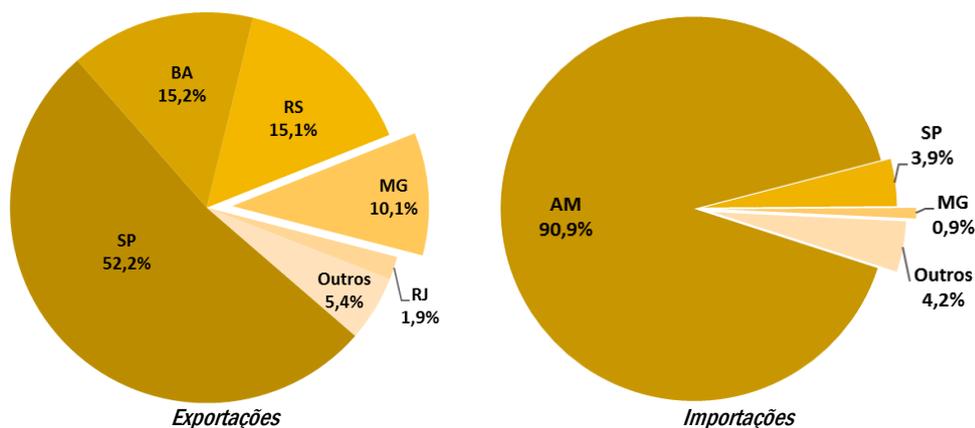


Gráfico 131 - Exportações e importações nacionais de gemas, joias e afins.

No mesmo período, no cenário estadual, com exceção de metais preciosos, todos os demais segmentos da cadeia produtiva de gemas, joias e afins foram superavitários, destacam-se gemas, com exportações de US\$ 38,45 milhões, e outros (resíduos e obras de metais preciosos em geral) com US\$ 11,66 milhões (**Gráfico 132**).

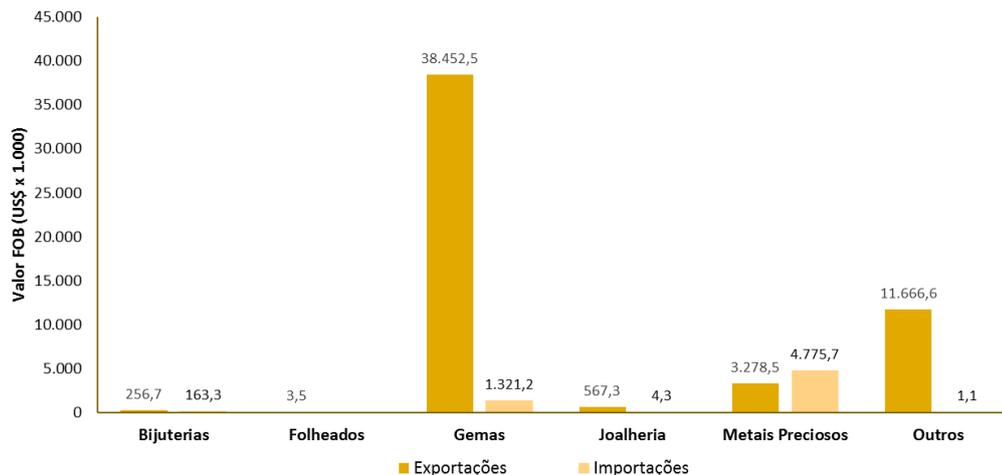


Gráfico 132 – Balança comercial de gemas, joias e afins (exceto ouro e diamantes) em Minas Gerais.

Os principais destinos das exportações mineiras foram os EUA (US\$ 27,57 milhões), Bélgica (US\$ 6,05 milhões), Alemanha (US\$ 5,89 milhões) e Hong Kong (US\$ 4,81 milhões). Já as importações foram originárias, principalmente do Peru (US\$ 4,74 milhões), referentes a prata em forma bruta; e Alemanha (US\$ 623,32 mil), referentes a rubis, safiras e esmeraldas lapidados e outras gemas (Gráfico 133).

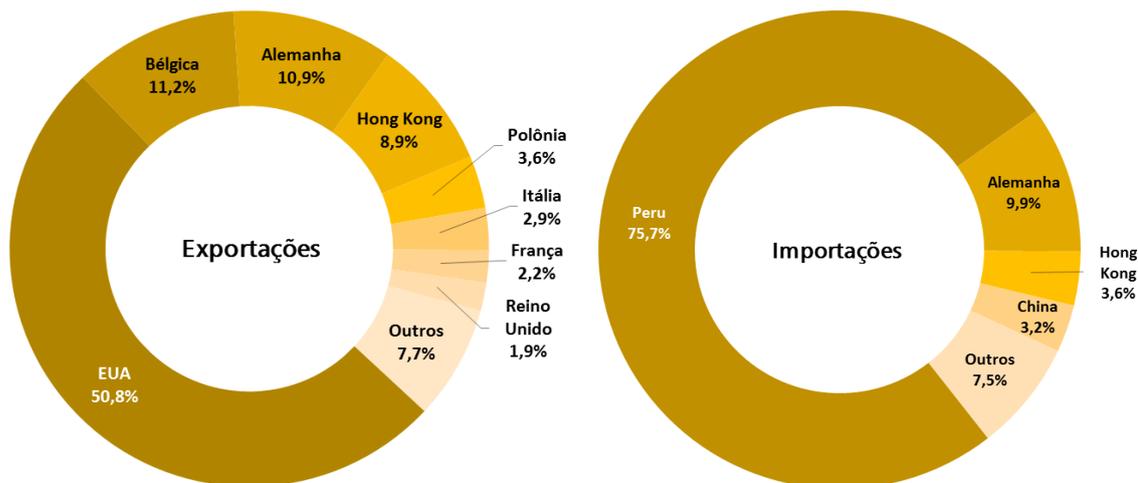
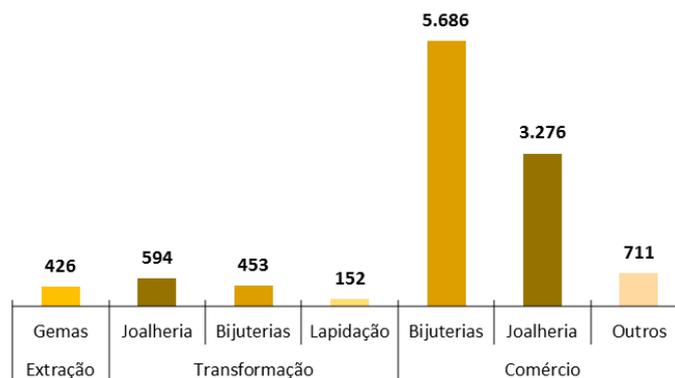


Gráfico 133 – Principais destinos e origens de gemas de Minas Gerais.

Segundo levantamento realizado pela Junta Comercial do Estado de Minas Gerais (JUCEMG), existem 668 microempresas nas áreas de lapidação, além de um número desconhecido de garimpeiros. Segundo dados do RAIS, em 2019, na cadeia produtiva de gemas, joias e afins, 11.298 postos de trabalho estavam ocupados, distribuídos nos setores de extração, transformação e comércio. Ressalta-se que não foram considerados os empregos dos setores de extração e transformação de metais preciosos, que foram contabilizados no tópico da substância ouro.

O setor de extração de gemas foi o que apresentou o menor número de postos de trabalho, em um total de 426 empregos diretos. O setor de transformação registrou 1.199, distribuídos nos segmentos de joalheria, bijuterias e lapidação. No setor de comércio foram registrados 9.673 empregos, nos segmentos de bijuteria, joalheria e outros (Gráfico 134).

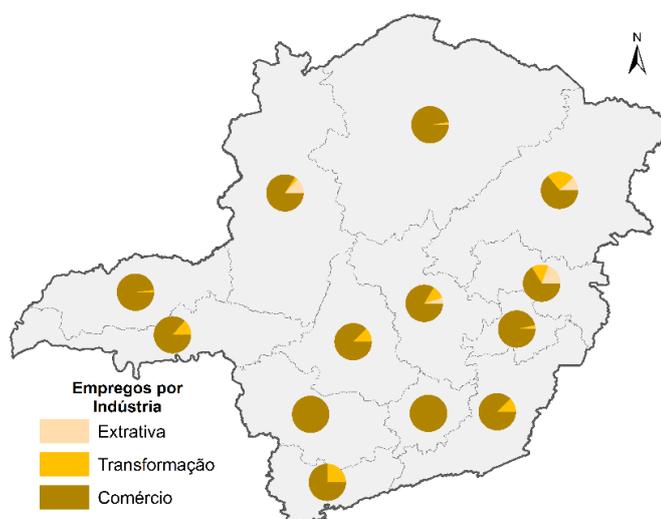


Fonte: RAIS, 2019.

Gráfico 134 - Distribuição dos empregos diretos da cadeia produtiva de gemas, joias e afins.

Estima-se que a cadeia produtiva de gemas envolve um maior número de empregos não contabilizados no sistema do RAIS, devido às atividades informais existentes no setor.

A mão de obra do setor de extração de gemas está distribuída principalmente nas RGIInt de Belo Horizonte (225), Governador Valadares (86), Patos de Minas (62) e Teófilo Otoni (37). Já para o setor de transformação está distribuído em todo o Estado, porém com maior concentração nas RGIInt de Belo Horizonte (529), Pouso Alegre (196) e Juiz de Fora (147). E o setor de comércio, tem forte participação nas RGIInt de Belo Horizonte (3.828) e Juiz de Fora (1.004), embora seja distribuído em todo o território estadual (Figura 58).



Fonte: RAIS, 2019.

Figura 58 - Distribuição dos empregos diretos gerados pela indústria de gemas, joias e afins.

3.2.4. Diamantes

Todas as informações deste item foram obtidas do SIGMINE - ANM/MG, do Anuário Mineral Brasileiro, do Sumário Mineral Brasileiro e do Projeto Diamante Brasil (NETO *et.al*, 2017), que apresenta um extensivo trabalho de pesquisa geológica e de campo sobre as áreas diamantíferas de Minas Gerais.

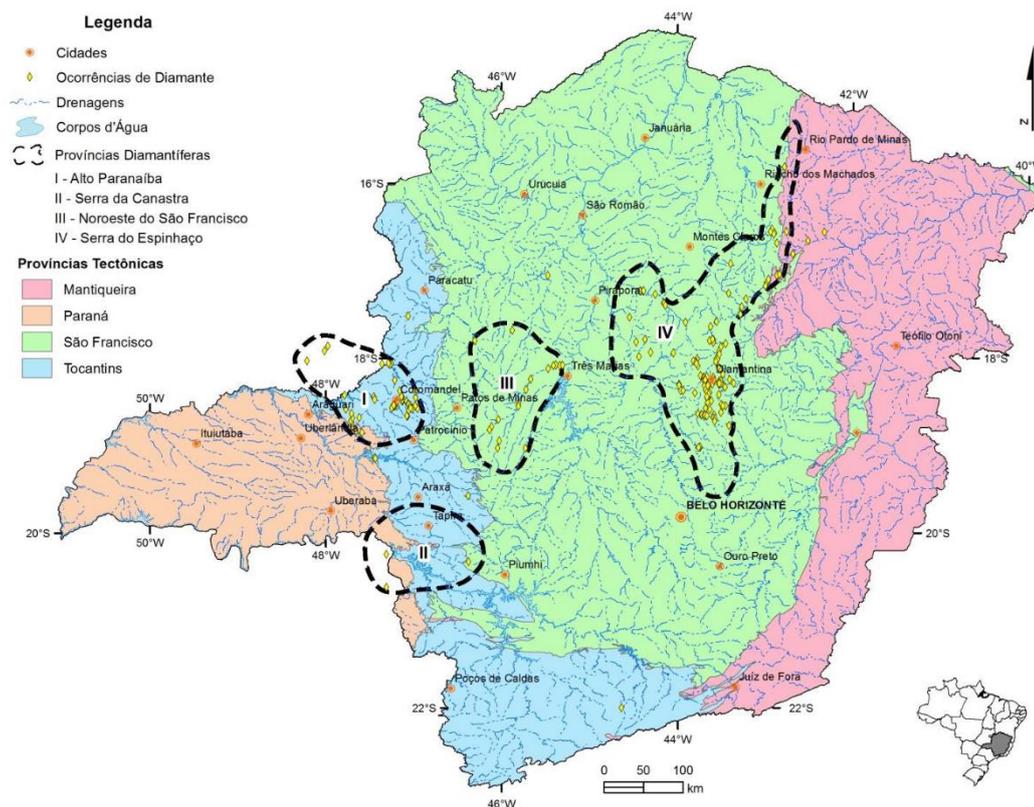
Diamantes em Fontes Secundárias

A exploração de diamantes em Minas Gerais começou de forma clandestina, no início do século XVIII, em lavras exclusivamente de fontes secundárias.

Das aproximadamente 29 áreas diamantíferas que ocorrem no território brasileiro, representadas principalmente por depósitos sedimentares, as ocorrentes no Estado de Minas Gerais têm especial papel na história do diamante no Brasil, graças à imensa quantidade de diamantes encontrados.

No Estado de Minas Gerais, se destacam duas regiões com maior concentração de diamantes que se destacam: o **Arco do Alto Paranaíba** e a **Serra do Espinhaço Meridional**. Com base em estudos de populações de diamantes, foi possível distinguir quatro províncias diamantíferas no Estado: **Alto Paranaíba (I)**, **Serra da Canastra (II)**, **Noroeste do São Francisco (III)** e **Serra do Espinhaço (IV)** (Figura 59). As províncias diamantíferas I e II ocorrem no oeste do Estado e ocupam áreas de faixa móvel (Faixa Brasília), enquanto as áreas (III e IV) estão dispostas dentro do Cráton São Francisco (NETO *et.al*, 2017). As principais subdivisões em distritos e campos, assim como as principais drenagens de cada província estão sumarizadas na **Tabela 14**.

Ressalta-se, que o maior número de ocorrência de diamantes e área de dispersão encontram-se nas províncias **Noroeste São Francisco (III)** e **Serra do Espinhaço (IV)**, enquanto aquelas localizadas nas faixas móveis, **Províncias Alto Paranaíba (I)** e **Serra da Canastra (II)**, apresentam maiores teores de diamantes e tamanho dos cristais, por vezes maiores que 100 quilates (ct). Esses diamantes gigantes são encontrados particularmente na região de Coromandel, província diamantífera do Alto Paranaíba. Os principais garimpos explorados dessas províncias estão em depósitos do tipo paleoluvião e encontram-se, em sua grande maioria, paralisados em função de questões legais.



Fonte Neto *et al.* (2017)

Figura 59 - Mapa de localização e contexto tectônico das províncias diamantíferas de Minas Gerais. Segundo proposta de Chaves *et al.* (2008) e Benitez (2009), Projeto Diamante Brasil I.

A exploração de diamantes em fontes secundárias propiciou o desenvolvimento de cidades no oeste mineiro, tais como: Coromandel, Abadia dos Dourados, Romaria, Grupiara, Cascalho Rico, Estrela do Sul, Tupaciguara, Monte Carmelo, Ituiutaba, Patrocínio, Patos de Minas, Carmo do Paranaíba, Tiros, Abaeté, entre outras

(SVISERO, 1995 *apud* CPRM, 2017). Essas cidades apresentam em comum os chamados “cascalhos”, que são depósitos aluvionares, recentes ou antigos, encontrados nas margens de rio ativos e em paleocanais, respectivamente.

Tabela 14 - Localização dos diamantes secundários nas principais drenagens por província diamantífera, principais características físicas, processos de extração e beneficiamento e situação legal.

PROVÍNCIAS DIAMANTÍFERAS	DISTRITOS	CAMPOS	DRENAGEM
ALTO PARANAÍBA	COROMANDEL		*Rio Santo Inácio
			*Rio Santo Antônio do Bonito
			Rio Douradinho
			Rio Paranaíba
			Rio Dourados
			Rio Preto
			Córrego Buriti
		Córregos dos Bois, dos Pilões e Água Limpa	
	ROMARIA - ESTRELA DO SUL		Rio Bagagem
SERRA DA CANASTRA	ALTO SÃO FRANCISCO		Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Vargem Bonita, Rio Santo Antônio e Rio Samburá)
	MÉDIO RIO GRANDE		Pequenos Córregos da Região de Franca SP e na região Mineira
NOROESTE DO SÃO FRANCISCO'			Rio Abaeté
			Rio Borrachudo
SERRA DO ESPINHAÇO	DIAMANTINA	SOPA- GUINDA	Os ribeirões das Pedras, do Guinda e Caldeirão
		SÃO JOÃO DA CHAPADA	Rios Caeté – Mirim e Pardo Grande Ribeirão São João.
		EXTRAÇÃO BOA VISTA	Córrego Curralinho e o Ribeirão do Inferno.
		JEQUITINHONHA	Rio Jequitinhonha
		DATAS	Ribeirão Datas
		PRESIDENTE KUBISTCHEK	Córrego Raiz, Pratinha, Capela Velha e Ananias, pertencentes à região das cabeceiras do rio Jequitinhonha.
	GRÃO MOGOL		Rio Itacambiruçu, afluente direto do rio Jequitinhonha.
	JEQUITAI		Jequitai
ITACAMBIRA			

* Consideradas as mais importantes drenagens diamantíferas conhecidas na região de Coromandel (CPRM/ 2017).
(Fonte: NETO et. al., 2017)

Exploração de Diamantes em Fontes Primárias

Trabalhos de prospecção mineral para fontes primárias de diamante em Minas Gerais iniciaram no final da década de 1960, apesar de antigos relatos da existência de rocha kimberlítica e da extensiva exploração de depósitos secundários desde o século XVIII.

No ano de 1969, um *pipe* kimberlítico foi descoberto à margem do rio Santo Inácio, no município de Coromandel, mais de 250 anos após o primeiro diamante brasileiro ter sido encontrado nas proximidades da atual cidade de

Diamantina (MG) (BARBOSA, 1991 *apud* CPRM, 2017). Depois da descoberta deste corpo kimberlítico, conhecido como Vargem-1, uma nova era é iniciada na prospecção de diamantes em Minas Gerais e em todo o Brasil.

O Grupo De Beers desenvolveu por mais de 30 anos um extensivo programa de exploração para fontes primárias de diamantes em Minas Gerais. Além da De Beers, ressalta-se a contribuição de outras empresas na descoberta de mais corpos kimberlíticos, em Minas Gerais e pelo Brasil como: CPRM, Prospec, BP, Rio Tinto, Brazilian Diamonds, Blackswan, Vaaldiam, Vendome Mine.

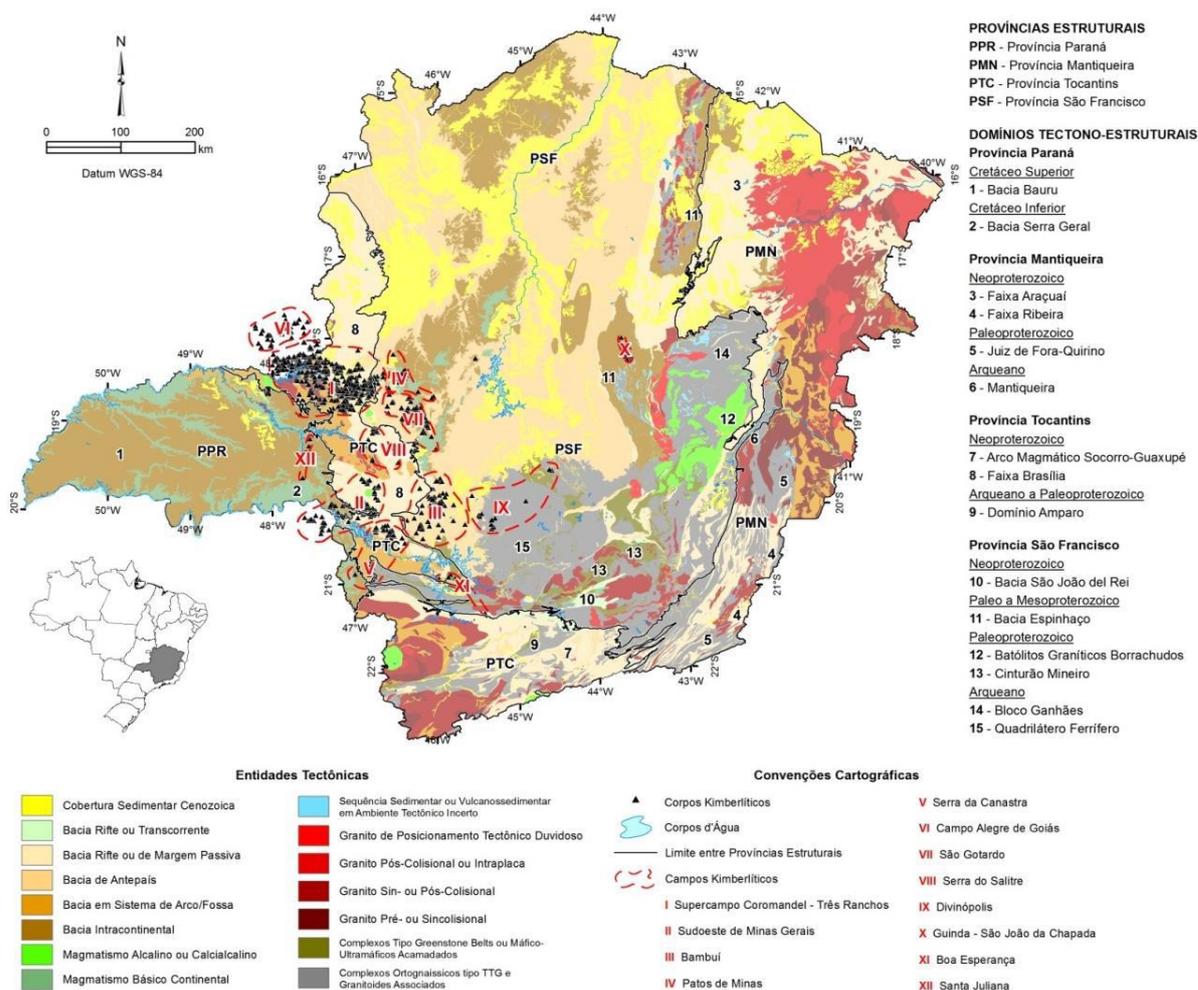
Com o decorrer dos trabalhos, a quantidade de corpos kimberlíticos descobertos no Estado aumentou substancialmente ao longo dos anos. Atualmente, Minas Gerais é o Estado com a maior quantidade de corpos kimberlíticos conhecidos (772) chegando a 973 ao considerar as intrusões kimberlíticas das regiões adjacentes (CPRM, 2017). Alguns desses corpos são portadores de diamantes.

As intrusões de afinidade kimberlítica de Minas Gerais e regiões adjacentes foram agrupadas em 12 campos distintos (Figura 60). (I) Supercampo Coromandel – Três Ranchos, (II) Sudoeste Goiás, (III) Bambuí, (IV) Patos de Minas, (V) Campo Alegre de Goiás, (VI) São Gotardo, (VII) Serra do Salitre, (IX) Divinópolis, (X) Guinda – São João da Chapada, (XI) Boa Esperança e (XII) Santa Juliana. As principais características desses campos estão sumarizadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Principais Campos Kimberlíticos em Minas Gerais (Projeto Diamante Brasil – CPRM, 2017).

CAMPO KIMBERLÍTICO	ÁREA	LOCALIZAÇÃO	Nº DE INTRUSÕES KIMBERLÍTICAS	CARACTERÍSTICAS DOS DIAMANTES
Supercampo Coromandel – Três Ranchos (SCKTR)	11.600 Km ²	Localizado entre os municípios de Catalão (GO) e Patrocínio (MG), na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro.	580	Microdiamantes (<1 ct).
Sudoeste de Minas Gerais (CKSWMG)	6.000 Km ²	Localizado na divisa entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, limitado pelos municípios de Ibiá (MG) e Ituverava (SP)	96	Microdiamantes
Bambuí (CKB)	6.000 Km ²	Localizado no Sudoeste de Minas Gerais e dentro dos municípios de Piumhi e Córrego Danta.	66	Microdiamantes
Patos de Minas (CKPM)	1.750 Km ²	Localizado no oeste de Minas Gerais na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.	23	-
Serra da Canastra (CKSC)	3.900 Km ²	Localizado no sudoeste de Minas Gerais, entre os municípios de São Sebastião do Paraíso e São Roque de Minas.	47	Microdiamantes
Campo Alegre de Goiás (CKCAG)	3.100 Km ²	Localizado no sudoeste de Goiás, próximo à divisa com Minas Gerais.	45	-
São Gotardo (CKSG)	2.700 Km ²	Localizado no centro – oeste de Minas Gerais nos limites dos municípios de Lagoa Formosa e São Gotardo.	61	Microdiamantes
Serra do Salitre (CKSS)	1.800 Km ²	Localizado no sudoeste de Minas Gerais e limitada pelos municípios de Serra do Salitre e Ibiá.	17	-
Divinópolis (CKDV)	6.000 Km ²	Localizado na porção centro-sul de Minas Gerais, dentro dos municípios de Lagos da Prata e Pequi.	17	Microdiamantes
Rochas Relacionadas-Guinda São João da Chapada	-	Tais rochas são encontradas na porção mineira da Serra do Espinhaço e no Espinhaço baiano. Os nove corpos intrusivos de afinidade kimberlítica foram	9	-

CAMPO KIMBERLÍTICO	ÁREA	LOCALIZAÇÃO	Nº DE INTRUSÕES KIMBERLÍTICAS	CARACTERÍSTICAS DOS DIAMANTES
		identificados entre a vila de Guinda e o povoado Macacos na região de Diamantina.		
Boa Esperança (CKBE)	935 Km ²	Localizado no centro-sul de Minas Gerais, entre os municípios de Carmo do Rio Claro e Três Pontas.	7	-
Santa Juliana (CKSJ)	440 Km ²	Localizado na região do Triângulo Mineiro, nos limites dos municípios de Pedrinópolis e Conquista.	4	-



Fonte Neto et al., 2017

Figura 60 - Mapa de localização e de contextualização tectono-geológica dos campos kimberlíticos do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Geologia e limite cratônico extraídos respectivamente de Pinto & Silva (2014) e Bizzi et al. (2003).

Recursos e Reservas

Segundo dados da USGS, em 2020, as reservas mundiais de diamante foram da ordem de 1.400 milhões de quilates (Mct), sendo a Rússia o detentor das maiores reservas de diamante (650 Mct), seguido de Botswana (310 Mct), República Democrática do Congo (150 Mct), África do Sul (130 Mct), Austrália (25 Mct) e outros

países (120 Mct) (*Mineral Commodity Summaries*, 2021). A publicação não cita o Brasil, entretanto, segundo dados da ANM, o montante de reservas lavráveis de diamantes foi de 131,1 Mct, em 2020.

No cenário nacional, segundo dados da ANM, ao se considerar as fontes primárias e secundárias de diamante, o Estado de Minas Gerais possui um total de reservas lavráveis de mais de 127,3 Mct de diamante contido, atrás do Estado do Mato Grosso, que possui em torno de 3,0 Mct.

É possível constatar ainda que, as reservas lavráveis de diamante de **fonte primária** no Estado estão principalmente concentradas nos municípios de **Tiros, Diamantina e São Gonçalo do Abaeté**, e aquelas de **fontes secundárias** estão distribuídas nas Regiões Geográficas Intermediárias de Teófilo Otoni, Patos de Minas, Uberaba, Uberlândia, Varginha, Montes Claros, Belo Horizonte e Divinópolis.

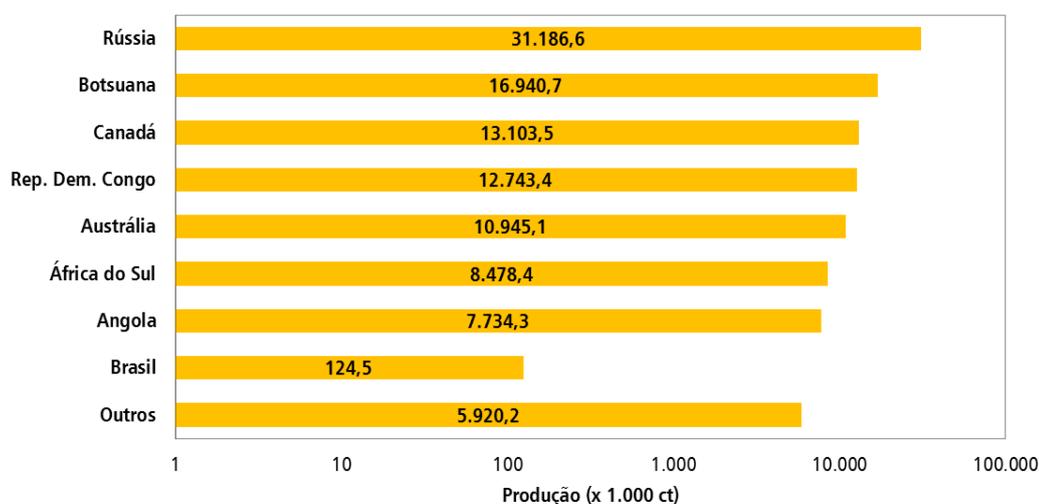
As **reservas lavráveis** de diamante de fonte secundária estão majoritariamente no município de Diamantina, com 125,3 Mct, o que representa 98,5% das reservas do Estado. Ainda existem 17 municípios com recursos medidos na faixa de 1,5 mil a 952 mil ct, tais como Carbonita, Frutal, Coromandel, Abadia dos Dourados, Vargem Bonita e São Gonçalo do Abaeté, dentre outros.

Uma das empresas mineradoras mais relevantes na exploração de diamantes no Estado é a **GAR Mineração, Comércio, Importação e Exportação Ltda.**, atuante há mais de 60 anos. A empresa explora áreas de fonte primária, localizadas nos municípios de Romaria e Monte Carmelo; e de fontes secundárias, localizadas no município de Abaeté.

Cita-se também a **Cooperativa dos Garimpeiros da Região de Coromandel (Coopergac)**, que explora diamantes de fonte secundária, com 130 cooperados que atuam no município, comercializando exclusivamente diamantes brutos.

Produção

Segundo dados do *KPCS - Annual Global Summary*(2020), a produção nacional de diamantes foi muito tímida, pouco mais de 124 mil ct, ou 0,1%, quando comparada aos demais países. Destacam-se a Rússia com 29,1%; Botsuana com 15,8% e Canadá com 10,8%. Ainda existe produção considerável na República Democrática do Congo, Austrália, África do Sul e Angola (**Gráfico 135**).



Fonte: *KPCS - Annual Global Summary*, 2020.

Gráfico 135 - Distribuição da produção mundial de diamantes.

Segundo dados da ANM, em 2020, a produção nacional de diamantes foi superior a 123 mil ct, o que gerou um montante de R\$ 126,0 milhões, provenientes dos Estados da Bahia (93,6%), Mato Grosso (5,2%) e Minas Gerais (1,1%). Em nível estadual, tem-se que 87,3% foram de diamantes secundários e 12,7% de diamantes primários (Gráfico 136).

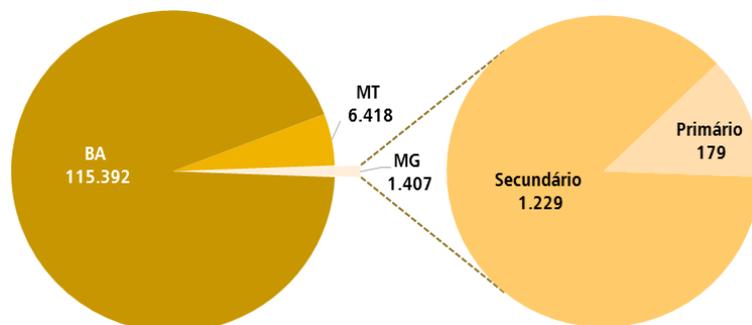
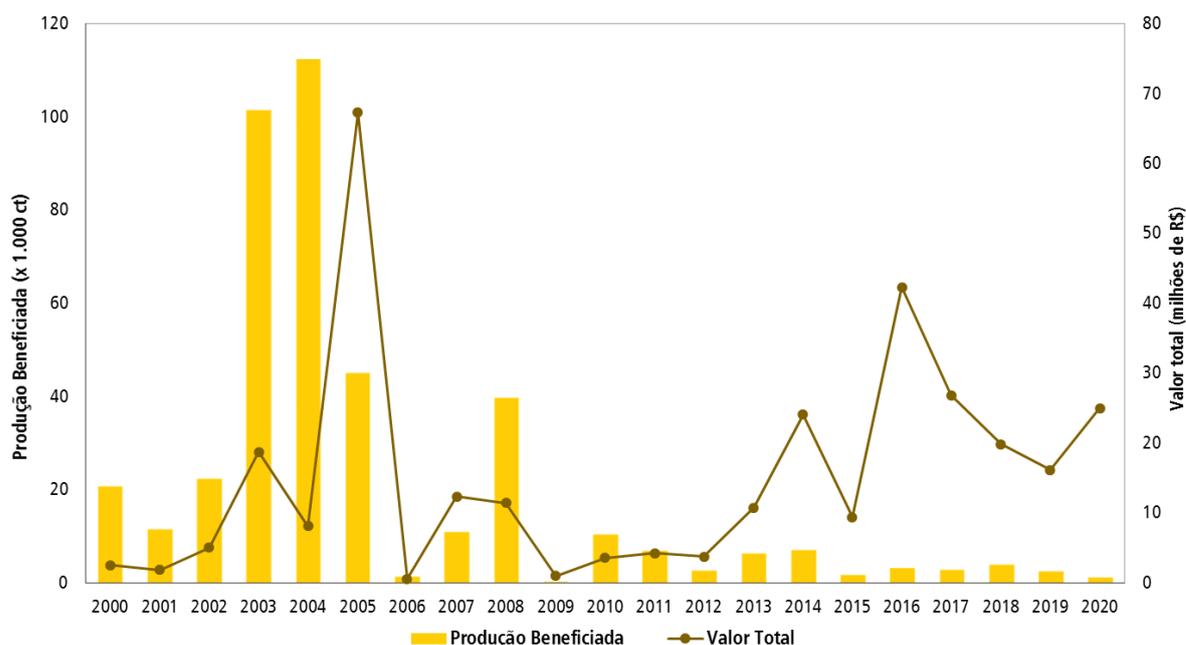


Gráfico 136 – Produção nacional de diamantes com destaque para Minas Gerais

No Estado, a evolução da produção beneficiada teve grande variação no período de 2000 a 2020, com máximo de 112,4 mil ct em 2004, um crescimento de cinco vezes quando comparada a 2002, e mínima de 1,4 mil ct em 2020 (Gráfico 137). Em termos de valor total comercializado, observa-se uma grande variação no período, com máximo de R\$67,4 milhões em 2005, e mínimo de aproximadamente R\$670 mil em 2006.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro

Gráfico 137 – Evolução da produção e valor total comercializado de diamante.

Cadeia Produtiva

Os métodos de lavra e beneficiamento de diamantes de fontes secundárias das principais províncias diamantíferas do Estado encontram-se sumariados nas Tabela 16 e Tabela 17. Ressalta-se que só há registros para as províncias do Alto do Paranaíba e Serra do Espinhaço.

Tabela 16 – Métodos de lavra e beneficiamento de diamantes secundários da província diamantífera do Alto do Paranaíba

PROVÍNCIA DIAMANTÍFERA - ALTO PARANAÍBA			
DISTRITOS	DRENAGEM	LAVRA	BENEFICIAMENTO
COROMANDEL	Rio Santo Inácio	Sistema de cata mecanizado, com retroescavadeiras, pás-carregadeiras e/ou caminhões para extração e transporte do cascalho diamantífero	Apuração através de planta de beneficiamento com Jigue
	Rio Santo Antônio do Bonito	Embora existam garimpos mecanizados, há predomínio de sistema de cata	Apuração manual
	Rio Douradinho	Quando em atividade, estes garimpos operam em sistema de cata mecanizado, com tratores, retroescavadeiras e caminhões	Apuração a partir de planta de beneficiamento com jigues
	Rio Paranaíba	Predomina sistema de cata e balsa garimpeira com draga e mergulhador.	Apuração semimecanizado, através de balsas garimpeiras equipadas com jigue.
	Rio Dourados	Balsas garimpeiras	Balsas garimpeiras
	Rio Preto	Sistema de cata mecanizado, com tratores, retroescavadeiras e caminhões	Sistema de apuração a partir de planta de beneficiamento com jigues
	Córrego Buriti	Sistema de cata com trator	Apuração através de lavanderias manuais
	Córregos dos Bois, dos Pilões e Água Limpa	Sem Informação	Sem Informação
ROMARIA - ESTRELA DO SUL	Rio Bagagem	Sistema semimecanizado com dragas e mergulhadores	Sistemas semimecanizados de concentração com jigues e peneiramento manual

Fonte: (CPRM/ 2017).

Tabela 17 – Métodos de lavra e beneficiamento de diamantes secundários da província diamantífera da Serra do Espinhaço

PROVÍNCIA DIAMANTÍFERA - SERRA DO ESPINHAÇO			
DISTRITOS	DRENAGEM	LAVRA	BENEFICIAMENTO
DIAMANTINA	Os ribeirões das Pedras, do Guinda e Caldeirão	Era Semimecanizado, realizado por meio de desmonte hidráulico com jatos d'água e, por vezes com auxílio de retroescavadeiras, tratores e pás-carregadeiras.	Era realizado por meio de bicas e/ou jigues, com apuração final feita através de lavanderia manual.
	Rios Caeté – Mirim e Pardo Grande Ribeirão São João.	Era semimecanizado de desmonte hidráulico com jatos d'água e auxílio de retroescavadeiras, tratores, pás – carregadeiras draga. Atualmente, os garimpos trabalham de forma manual.	Era realizado por meio de bicas e jigues, e apuração final realizada com lavanderias manuais.
	Córrego Curralinho e o Ribeirão do Inferno.	Sistema de cata semimecanizado, com desmonte hidráulico através de jatos d'água e auxílio de retroescavadeiras, tratores e pás-carregadeiras.	Sistema de pré-concentração com bicas e jigues, e apuração final realizada com lavanderias manuais.
	Rio Jequitinhonha	São feitos por desmonte hidráulico por jato d'água e dragagem.	Realizado através de jigues e bicas. Apuração é feita por método manual.

PROVÍNCIA DIAMANTÍFERA - SERRA DO ESPINHAÇO			
DISTRITOS	DRENAGEM	LAVRA	BENEFICIAMENTO
	Ribeirão Datas	O sistema era semi-mecanizados de cata com desmonte hidráulico com auxílio de jatos d'água, retroscavadeiras, pás-carregadeiras e tratores.	A concentração era feita através de bicas e jigues.
	Córrego Raiz, Pratinha, Capela Velha e Ananias (cabeceiras do rio Jequitinhonha)	Sistemas Manuais de cata	Sistemas manuais de apuração.
GRÃO MOGOL	Rio Itacambiruçu (afluente rio Jequitinhonha).	O sistema era de cata manual. Exceto o garimpo do Vau (mecanizado).	Concentração e apuração completamente manual
JEQUITAI	Jequitaí	Sem Informação	Sem Informação
ITACAMBIRA		Sem Informação	Sem Informação

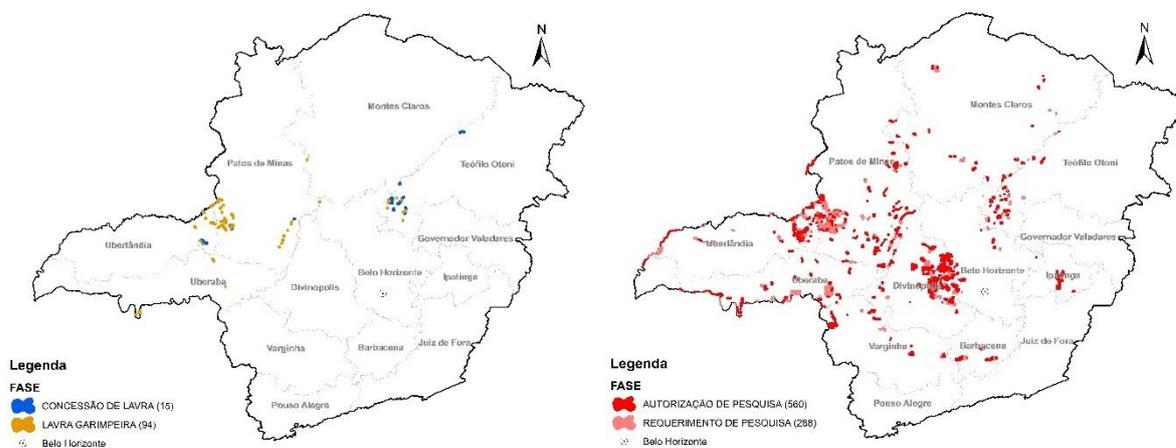
Fonte: (CPRM/ 2017).

As características físicas dos diamantes que ocorrem ao longo das nove drenagens que compõem a Província do Alto do Paranaíba são predominantemente de cor marrom claro, amarelo e branco, com inclusões de minerais de cor preta e, raros diamantes de cor rosa. De forma geral, os diamantes recuperados nessa província são de cinco a 30 ct, porém diamantes maiores que 100 ct são recuperados com certa frequência.

Com relação às características físicas dos diamantes que ocorrem nas oito drenagens da província da Serra do Espinhaço, ressalta-se que, predominantemente apresentam cores branca e verde, com cristais euédricos e de boa qualidade. Geralmente, são diamantes cujo o peso médio está abaixo de 10 ct, entretanto há ocorrências acima de 10 ct e, de forma mais rara, entre 28 e 60 ct.

O Estado ainda conta com exploração de diamantes de fontes primárias, nos quais os processos de beneficiamento se diferem pelo uso de metodologias mecanizadas de separação como britagem, moagem, jigues, separadores em meio denso, separadores magnéticos e eletrostáticos, mesa de graxa, até o uso de separadores óticos ou a raios-X (COSTA e LUZ, 2005).

Atualmente, há registros no SIGMINE de 1.398 processos minerários para extração de diamantes para usos gemológico e industrial, sendo 15 concessões de lavra concentradas na RGInt de Teófilo Otoni; e 94 PLG, concentradas entre as RGInt de Patos de Minas e Uberlândia. Ainda há potencial de exploração em outras RGInt como Divinópolis, Ipatinga, Uberaba, Montes Claros, Barbacena e Varginha (Figura 61).



Concessões de lavra e PLG

Requerimentos e Autorizações de Pesquisa

Figura 61 – Distribuição dos processos de exploração de diamantes em Minas Gerais.

Como a indústria produtiva de diamantes é toda realizada nas imediações das áreas de ocorrência, pode-se inferir que a **Figura 61** represente o parque produtivo dos diamantes em Minas Gerais, uma vez que não há transporte do minério ou do concentrado de diamantes para fora da área da jazida, ou mina, mas somente dos diamantes apurados. Esse é o procedimento adotado em todas as minas em produção no Brasil e no mundo (WATKINS, J.M. *et al*, 2009).

Aspectos Econômicos

Segundo dados do Ministério da Economia, em 2020, o saldo da balança comercial nacional de diamantes brutos e/ou semimanufaturados foi superavitária em US\$ 18,25 milhões; já para produtos manufaturados à base de diamantes houve déficit de US\$ 118,1 milhões. Em nível estadual, observou-se o mesmo comportamento, houve superávit para os diamantes brutos e/ou semimanufaturados de US\$ 6,2 milhões, e déficit para os manufaturados de US\$ 3,6 milhões. Dessa forma, fica claro a carência de investimentos para o desenvolvimento da indústria de transformação à base de diamantes no país (**Gráfico 138**).

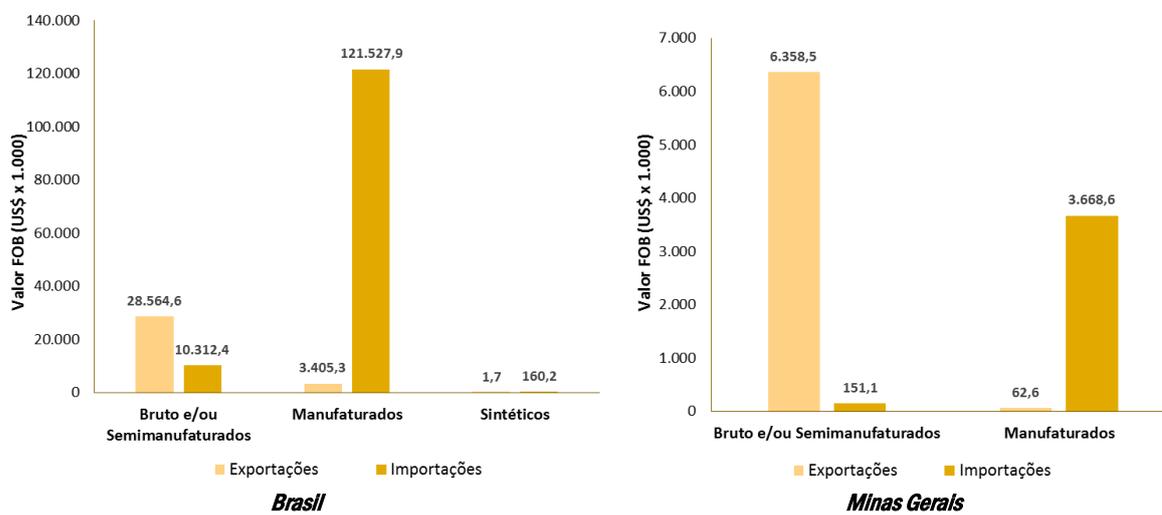


Gráfico 138 – Balança comercial de diamantes no Brasil e em Minas Gerais

Em nível nacional, o total exportado foi US\$ 31,9 milhões, em 2020, sendo os principais estados exportadores Bahia (US\$ 19,2 milhões), Minas Gerais (US\$ 6,4 milhões) e São Paulo (US\$ 4,6 milhões), considerando diamantes brutos e/ou semimanufaturados e os produtos manufaturados (**Gráfico 139**). Nesse mesmo período, o total das importações atingiu um montante de US\$ 132 milhões, sendo o Espírito Santo (US\$ 61,3 milhões), São Paulo (US\$ 28,3 milhões) e Santa Catarina (US\$ 15,3 milhões) os maiores importadores, e Minas Gerais aparece na sétima posição, com US\$ 3,8 milhões (**Gráfico 139**).

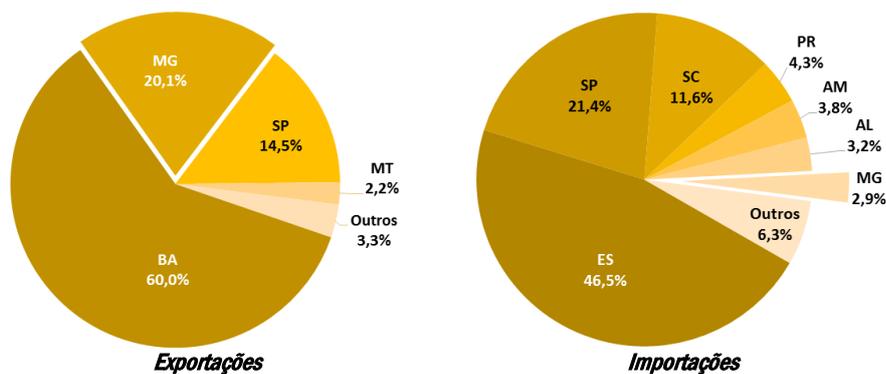


Gráfico 139 – Exportações e importações nacionais de diamantes.

Os principais produtos de exportação em Minas Gerais foram os diamantes brutos e/ou semimanufaturados, identificados com os códigos NCM 71023100 (Não industriais), com valor FOB de US\$ 5,5 milhões; e NCM 71021000 (Trabalhados), com aproximadamente US\$ 845 mil. Já os produtos manufaturados exportados foram mós de diamantes naturais ou sintéticos (NCM 68042111, 68042119 e 68042190), com US\$ 62,6mil (Gráfico 140). As exportações mineiras tiveram como principais destinos, Israel (US\$ 4,4 milhões), Bélgica (US\$ 1,3 milhões), Emirados Árabes (US\$ 369,5 mil) e EUA (US\$ 238 mil), dentre outros.

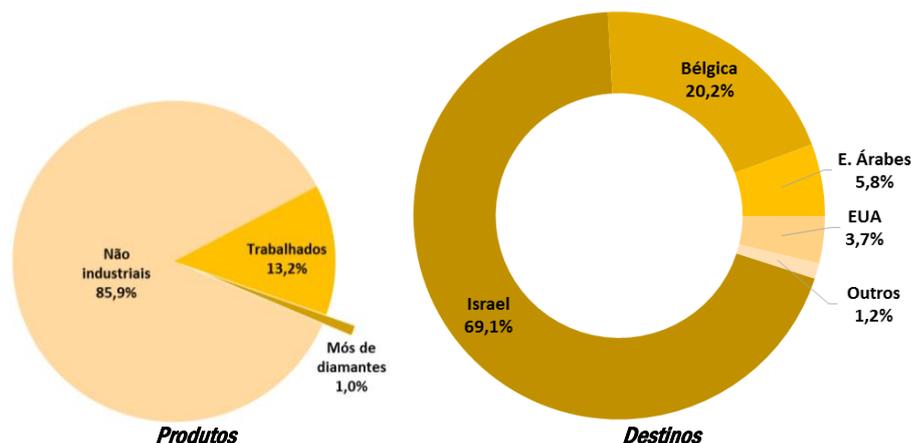


Gráfico 140 – Principais produtos e destinos das exportações de diamantes de Minas Gerais

Em termos de importação, os principais produtos adquiridos em Minas Gerais, foram majoritariamente de mós de diamantes naturais ou sintéticos (NCM 68042111, 68042119 e 68042190), com valor FOB de US\$ 3,7 milhões. Ainda houve importações de outros produtos semimanufaturados (NCM 71051000, 71162010 e 71023900). As origens das importações foram principalmente China (US\$ 2,9 milhões), Canadá (US\$ 280,2 mil), Portugal (US\$ 194,2 mil) e Taiwan (US\$ 160 mil) (Gráfico 141).

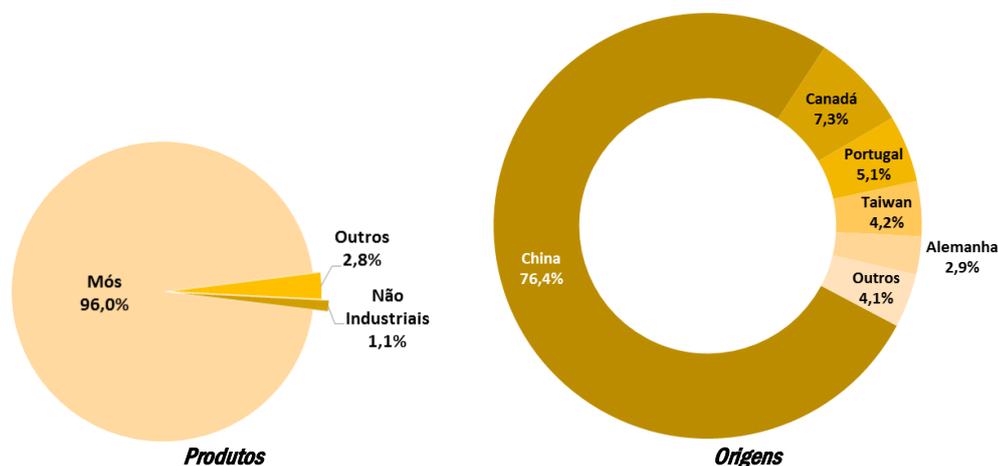


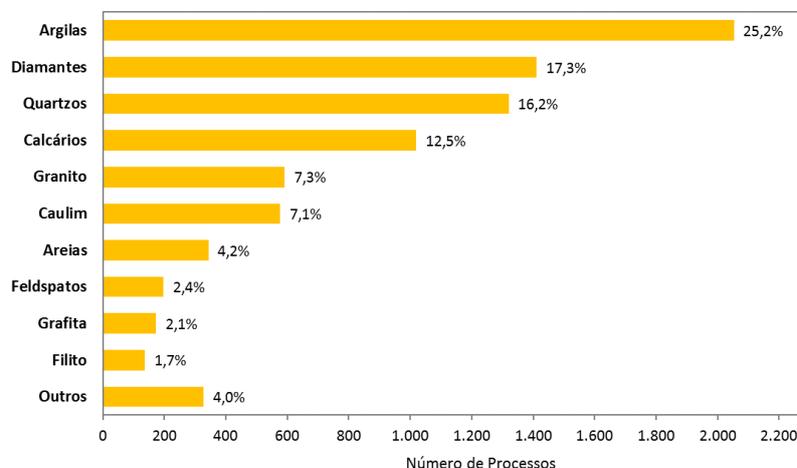
Gráfico 141 – Principais produtos e origens das importações de diamantes de Minas Gerais

Ressalta-se que não foram encontrados registros de empregos diretos gerados pela indústria de diamantes no RAIS, para o ano de 2019. As empresas arrecadoras de CFEM para diamantes, são as mesmas que atuam no comércio de gemas e joias, conforme base de dados da ANM.

3.2.5. Minerais Industriais

Segundo Lins (2008), Minerais Industriais são aqueles que *in natura* ou após algum tratamento se prestam como matéria prima para a fabricação de uma grande variedade de produtos. No Estado de Minas Gerais, segundo

levantamento no SIGMINE (março de 2021), os minerais industriais que mais se destacam, em volume de processos minerários, estão apresentados no **Gráfico 142**.



Fonte: SIGMINE/ Março, 2021

Gráfico 142 – Distribuição dos processos minerários por substância com uso como minerais industriais.

Nesta seção serão abordados os minerais industriais considerando o volume de processos minerários, a relevância dos recursos e reservas lavráveis, a significância da produção e o interesse estratégico desses minerais para a economia mineral do Estado de Minas Gerais (argilas, areias industriais, calcário e grafita).

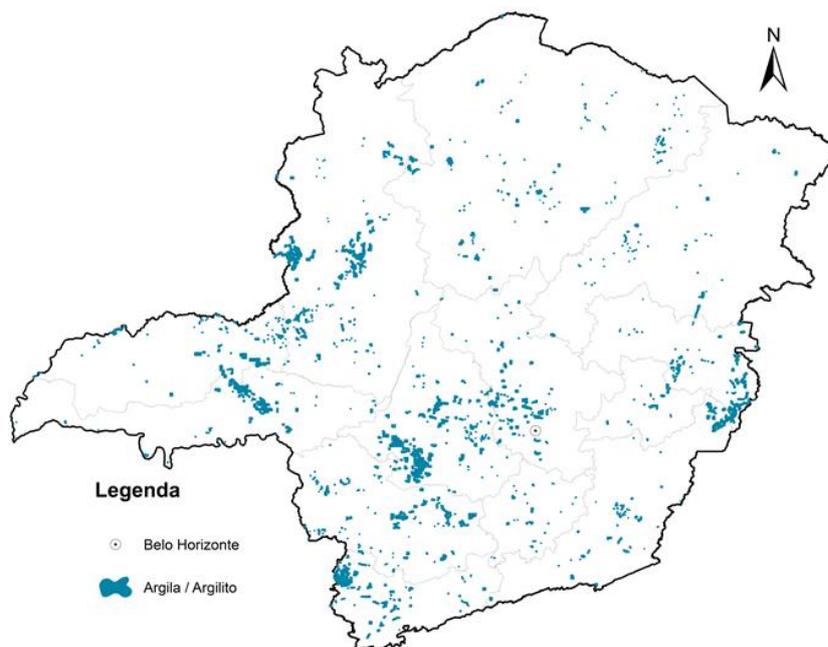
3.2.5.1. Argilas

As argilas se referem a um material natural, terroso, composto essencialmente de silicatos hidratados de alumínio (argilominerais), com diversos graus de substituição pelo ferro, sódio, potássio, cálcio e magnésio (ALECRIM, 1982). É ainda um termo que designa uma faixa de dimensão de partículas geralmente inferior a 5 µm utilizada na análise mecânica de rochas sedimentares e solo (ALECRIM, 1982). O termo “argila” se aplica também, genericamente, para designar uma grande variedade de materiais envolvendo sedimentos e rochas (argilitos) compostas predominantemente por argilominerais (SANTOS, 1975 *apud* ALECRIM, 1982).

As diversas aplicações das argilas vão desde a construção civil, na fabricação de cerâmica vermelha (telha, manilhas, tijolos de pavimentação e ladrilhos), até utilização na fabricação de porcelanas cerâmicas, materiais refratários, isolantes elétricos, indústria de papel, cimento *Portland*, em refinamentos de óleos e na indústria da borracha como carga a matéria-prima básica (ALECRIM, 1982).

Nesse item serão abordadas as ocorrências de argilas dos tipos comuns, plásticas e refratária, usadas de forma geral na indústria cerâmica, onde constituem os componentes básicos de praticamente todos os produtos.

As ocorrências/depósitos de argilas, para uso industrial, estão por todo o território mineiro, entretanto, percebe-se concentrações nas regiões de **Belo Horizonte, Divinópolis, Uberaba, Patos de Minas, Varginha, Pouso Alegre, Governador Valadares e Ipatinga**, conforme apontam os processos minerários registrados no SIGMINE (**Figura 62**), cuja quantidade de concessões de lavra e registros de licenciamento para esta substância até início de 2021, foram de 192 e 558, respectivamente.



Fonte: SIGMINE, 2021/ Elaboração: SEDE
Figura 62 - Localização dos processos minerários de argilas para uso industrial

As ocorrências/depósitos de argilas na região Metropolitana e regiões adjacentes estão associadas a terrenos de idade variadas, desde arqueano até o quaternário, as do Sul de Minas estão associadas predominantemente as rochas alcalinas, situadas no Planalto de Poços de Caldas, enquanto que as ocorrências do Triângulo Mineiro são oriundas principalmente de rochas básicas, de idade possivelmente mesozoica (ALECRIM, 1982). Segundo este mesmo autor, devido o predomínio de registros de argilas refratárias sobre os demais tipos na região do Triângulo mineiro, esta área poderia ser denominada de “província da argila refratária”.

Essas ocorrências e/ou depósitos de argilas refratárias no Triângulo Mineiro, nas proximidades de Uberaba e Uberlândia, ocorrem nos domínios das rochas sedimentares atribuídas à Formação Marília, do Grupo Bauru. Trata-se de uma sequência sedimentar areno-argilosa depositada no topo da sequência estratigráfica da Bacia do Paraná (Cretáceo Superior) e basicamente constituída por conglomerados, arenitos, calcetres, argilitos e siltitos (CHAVES e DIAS 2017, SEER e MORAES 2017 *apud* VICTORIA, 2018).

Ressalta-se que as argilas refratárias que ocorrem no Sul/Sudoeste de Minas, entre as cidades de Andradas e Poços de Caldas, estão associadas à formação dos depósitos de bauxita, ambos produtos da alteração de nefelina sienitos, sienitos, fonolitos e tinguaitos que constituem o Complexo Alcalino de Poços de Caldas (VICTORIA, 2018).

Em termos de recursos e reservas, as ocorrências de **argilas comuns** estão distribuídas em 54 municípios mineiros e concentram-se principalmente nas regiões de Varginha e Divinópolis, onde os municípios de Ijaci, Arcos e Iguatama detêm o maior volume desses depósitos no Estado.

As ocorrências de argilas **refratárias** estão distribuídas em 36 municípios mineiros e concentram-se principalmente nas regiões de Patos de Minas, Uberaba e Pouso Alegre, onde os municípios de Guarda-Mor, Sacramento e Poços de Caldas detêm o maior volume de recursos e reservas lavráveis do Estado.

As **argilas plásticas** (do tipo *ball clay*) que são utilizadas na indústria de cerâmica branca como louças de mesa, peças sanitárias e porcelanas elétricas, apresentam depósitos localizados principalmente nas regiões de Belo

Horizonte e Pouso Alegre, onde os municípios de Pouso Alegre, Esmeraldas e Inhaúma, possuem mais de 4,0 Mt em recursos totais.

As principais empresas de exploração e/ou transformação que utilizam argilas no estado são a Magnesita Refratários S.A., Mineração Curimbaba Ltda., Empresas de Cimentos Liz S.A. e Votorantim Cimentos Brasil Ltda.

A **Empresa de Cimento Liz S.A.**, antiga SOIECOM (Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração), que opera a unidade localizada entre os municípios de Lagoa Santa e Vespasiano, produz e comercializa cimento do tipo Portland.

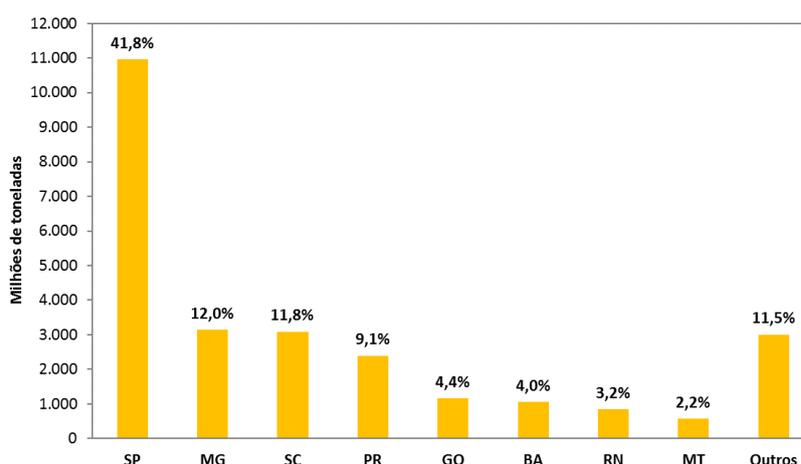
A **Magnesita Refratários S.A.** é uma empresa multinacional que tem operações no Brasil, nos Estados da Bahia e Minas Gerais. A empresa atua na exploração, transformação e comercialização de minerais industriais como magnesita, dolomita, cromita e argilas na indústria de refratários para aplicações nas indústrias de aço, não metálicos (cimento, vidro e cal) e não ferrosos (alumínio, cobre, zinco, prata e níquel).

No Estado de Minas Gerais, a **Magnesita** possui uma mina de argila, localizada em Uberaba, com capacidade produtiva de 72 mil toneladas/a, reservas de 22 Mt e vida útil de 100 anos; além de duas unidades localizadas em Contagem (com produção de 738mil t/a) e Coronel Fabriciano (15mil t/a); e ainda em Contagem, onde se situam a Sede da América do Sul, escritório de vendas e o Centro de Desenvolvimento e Pesquisa.

Recursos de Reservas

Dados disponibilizados pela ANM mostram que, em 2020, o volume de recursos totais de argilas, em âmbito nacional, foi de aproximadamente 21,55 bilhões de toneladas (Bt), não fazendo distinção entre os diferentes tipos (comuns, plásticas, refratárias, bentonitas, tufo vulcânico e ocre) e usos (industrial e construção civil) das argilas. Em termos de reservas lavráveis, o volume total foi de 4,67 Bt.

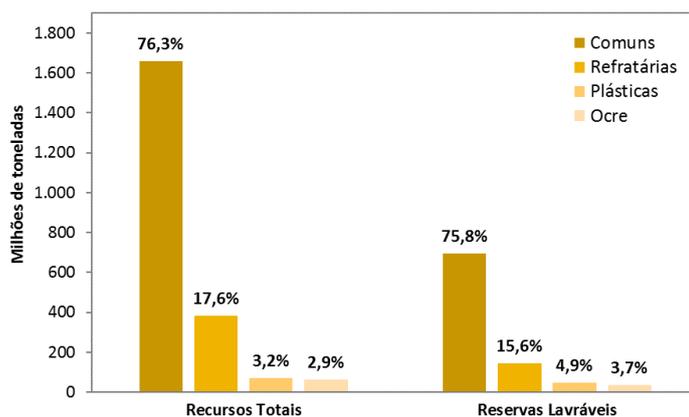
Nesse cenário, os recursos e reservas de argilas estavam distribuídos em 24 estados, sendo São Paulo responsável por um montante de 10,10 Bt. Minas Gerais aparece como segundo maior detentor, com 3,14 Bt, seguido por Santa Catarina, Paraná, Goiás, Bahia, Rio Grande do Norte e Mato Grosso (**Gráfico 143**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 143 - Distribuição nacional de recursos e reservas de argilas

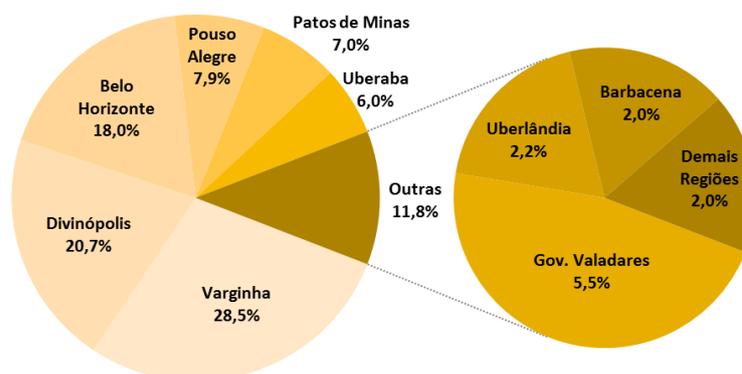
Em âmbito estadual, dados da ANM/MG mostram que, em 2020, as argilas do tipo **comum** foram mais relevantes em termos de volumes de recursos totais (76,3%) e reservas lavráveis (75,8%) (**Gráfico 144**).



Fonte: ANM-MG, 2021

Gráfico 144 - Distribuição estadual dos recursos totais e reservas lavráveis por tipos de argilas

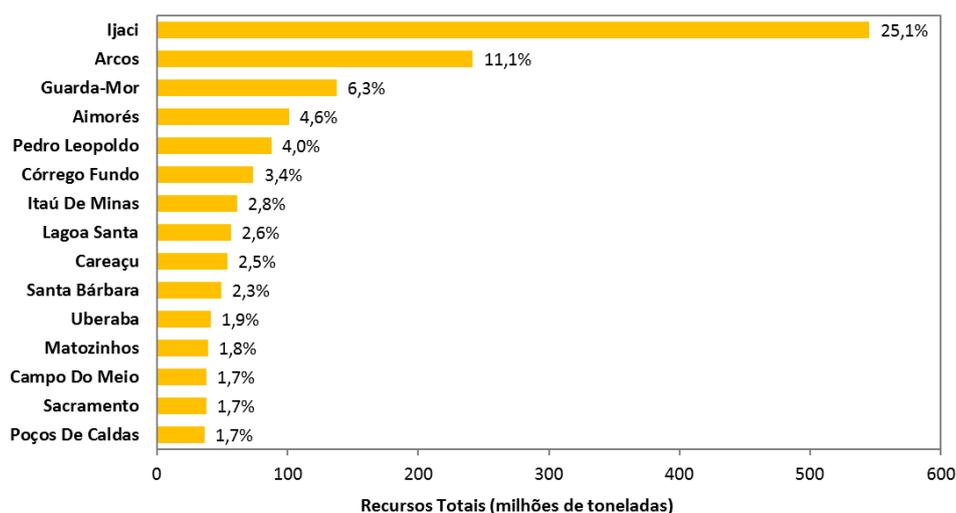
Os depósitos de argila estão distribuídos em todas Regiões Geográficas Intermediárias, sendo cerca 94% do total de recursos e reservas lavráveis concentradas, principalmente, em sete RGInt (**Gráfico 145**).



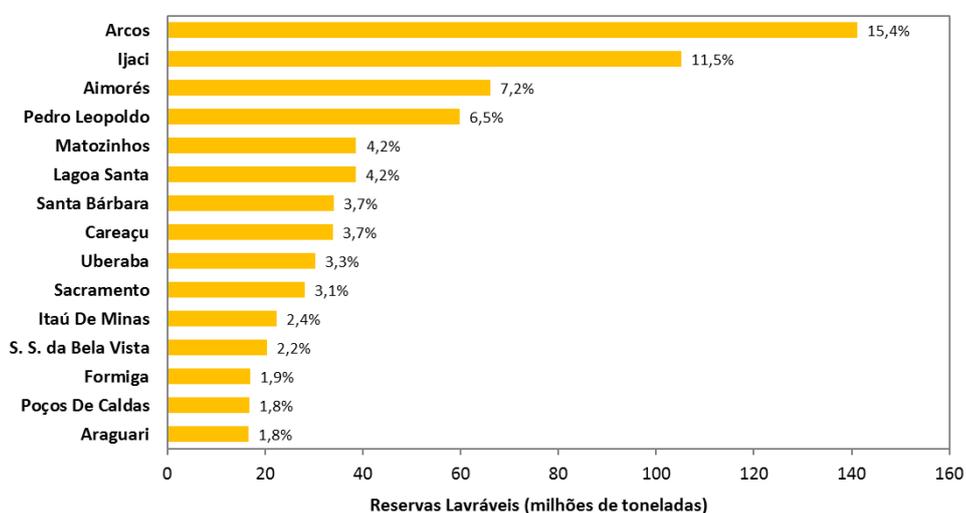
Fonte: ANM/MG, 2021.

Gráfico 145 - Distribuição dos recursos e reservas de argila por Regiões Geográficas Intermediárias do Estado.

Os 15 municípios com maior volume de recursos totais e reservas lavráveis do Estado somam aproximadamente 75% dos recursos totais e 80% das reservas lavráveis estaduais (**Gráfico 146**) (ANM/MG, 2020).



(a)



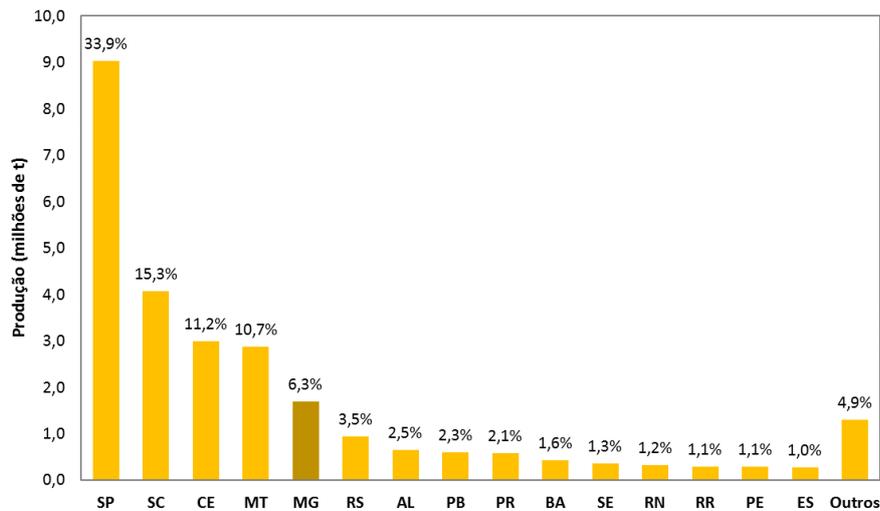
(b)

Fonte: ANM/MG, 2021

Gráfico 146 - Distribuição regional por principais municípios (a) dos recursos totais de argila; (b) das reservas lavráveis de argila.

Produção

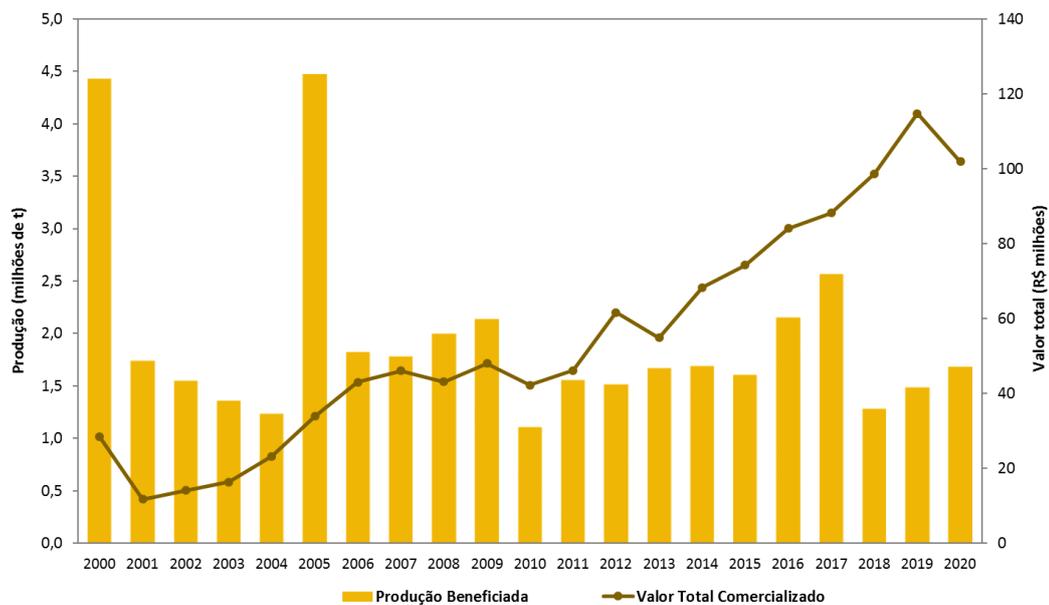
Segundo dados da ANM, em 2020, a produção nacional de argilas (não fazendo distinção de tipos ou usos) foi de 26,66 milhões de toneladas (Mt), com valor R\$ 572,56 milhões. Os maiores produtores nacionais de argilas foram São Paulo (9,03 Mt), Santa Catarina (4,08 Mt), Ceará (2,99 Mt) e Mato Grosso (2,87 Mt). Minas Gerais, ocupou a quinta posição, com um volume produzido de 1,69 Mt (**Gráfico 147**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 147 – Distribuição da produção nacional de argilas.

Apesar da produção estadual de argilas ter passado por oscilações no período de 2000 a 2020, nota-se uma leve tendência de crescimento até 2014, com posterior queda. Ocorreram picos de aproximadamente 4,5 Mt nos anos de 2000 e 2005. Por outro lado, de 2002 a 2004 a produção foi inferior aos 1,5 Mt (**Gráfico 148**).



Fontes: Anual Mineral Brasileiro/ ANM-MG.

Gráfico 148 – Evolução da produção comercializada e do valor total comercializado de argilas em Minas Gerais.

No período analisado, observa-se tendência de crescimento no valor total comercializado, com mínimo de R\$11,8 milhões em 2001 e máximo de R\$114,8 milhões em 2019, representando um crescimento de dez vezes.

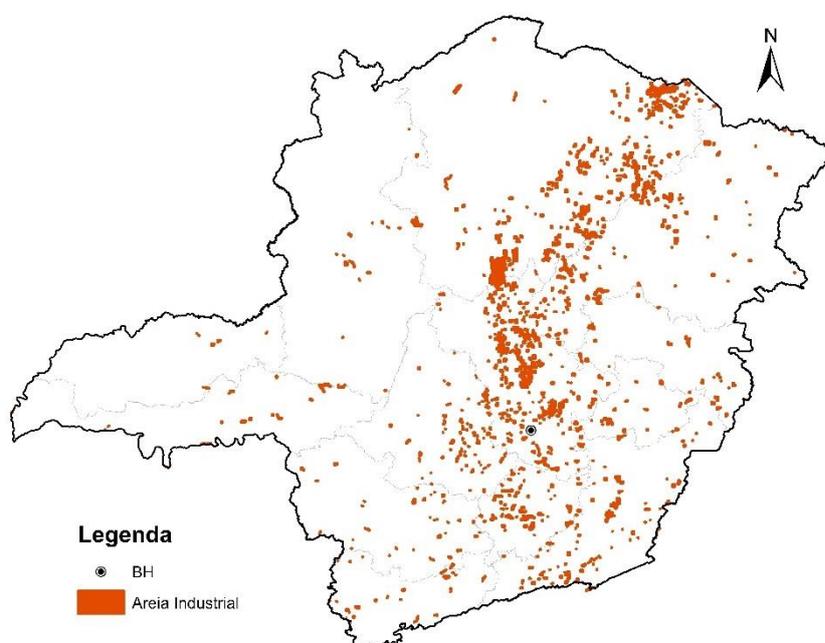
3.2.5.2. Areia Industrial

Segundo Luz e Lins (2008), denominam-se areias industriais os materiais com granulometria entre 0,5 e 0,1 mm contendo alto teor de SiO₂, na forma de quartzo, e baixíssimo grau de impurezas (óxidos de ferro, minerais pesados e argilas). As areias quartzosas, quartzito, arenito e areia de sílica (*silica sand*) são extremamente importantes na fabricação de vidros e na indústria de fundição (em moldes), com uso na indústria cerâmica; na

fabricação de refratários e de cimento; na indústria química, fabricação de ácidos e de fertilizantes; no fraturamento hidráulico para recuperação secundária de petróleo e gás; como carga e extensores em tintas e plásticos; e também em aplicações não industriais como horticultura e locais de lazer.

Em geral, as fontes que originam os sedimentos quartzosos depositados no Estado são diversas e independem de unidades geológicas específicas, em virtude da grande ocorrência de rochas siliciclásticas (arenito, quartzito, granito, gnaiss etc.) em território mineiro (VICTORIA, 2018). Entretanto, cita-se aqui algumas fontes geológicas de areias em Minas Gerais como as provenientes de arenitos associados a rochas sedimentares das Bacias do São Francisco (e.g. Grupo Areado e Grupo Urucuia) e do Paraná (e.g. Formação Botucatu do Grupo São Bento), de idade fanerozoica, (ALKMIM, 2018) e aos quartzitos que ocorrem principalmente em depósitos do Quadrilátero Ferrífero (ex: Grupo Itacolomi), em rochas do Supergrupo Minas (ALKMIM, 2018).

Observa-se que os processos minerários, referentes areias de uso industrial, estão distribuídos principalmente em uma faixa que atravessa as regiões de Montes Claros, Teófilo Otoni, Ipatinga, Belo Horizonte, Divinópolis, Barbacena e Juiz de Fora (**Figura 63**).



Fonte: SIGMINE, 2021/ Elaboração: SEDE

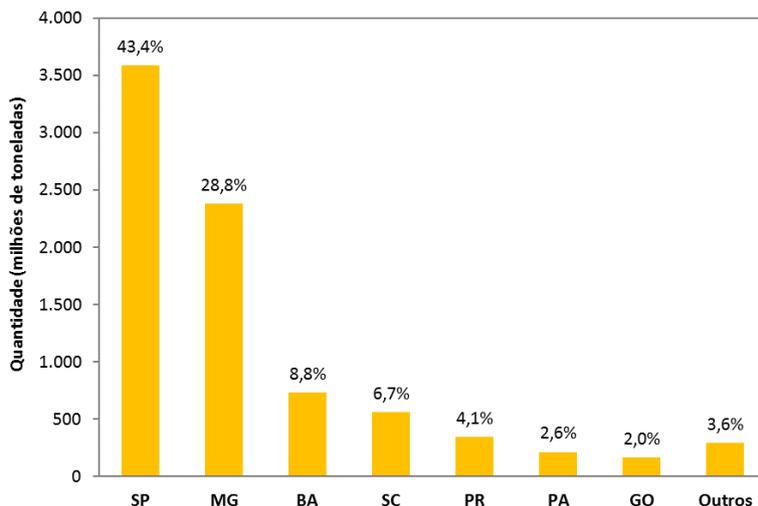
Figura 63 - Localização dos processos minerários de areias industriais

A principal empresa mineradora do país, que atua no segmento da mineração de areias industriais, é a **Mineração Jundu**, *joint-venture* entre a **Saint-Gobain** e a **Unimin do Brasil/Sibelco**, com produção e comercialização de areias-base, areias especiais, sílica moída, entre outros. A companhia fornece para os mercados industriais de vidro, fundição, cerâmico, construção civil e petróleo. Em Minas Gerais, a **Saint-Gobain**, através da **Weber-Quartzolit**, possui uma unidade de beneficiamento de areia para argamassa no município de Santa Luzia, com jazida localizada a 110 km, em São Gonçalo do Rio Abaixo.

É importante salientar que, de forma geral, as demais empresas produtoras de areia industrial existentes no Estado de Minas Gerais são familiares.

Recursos e Reservas

Em nível nacional, a soma de recursos totais e reservas lavráveis de areias industriais superaram os 8,27 Bt, em 2020, sendo distribuídos principalmente em São Paulo (3,59 Bt), Minas Gerais (2,38 Bt), Bahia (728,33 Mt), Santa Catarina (557,55 Mt) e Paraná (341,59 Mt) (**Gráfico 149**); porém, há ocorrências significativas no Pará (213,15 Mt) e Goiás (161,90 Mt).



Fonte: Anuário Mineral, 2021

Gráfico 149 – Distribuição nacional dos recursos e reservas de areias industriais.

No Estado de Minas Gerais (2020), do montante de 2,33 Bt de recursos e reservas de areias industriais, 90% se concentraram em cinco Regiões Geográficas Intermediárias. O restante desses recursos estava distribuído em outras seis RGInt (**Gráfico 150**) (ANM/MG, 2021).

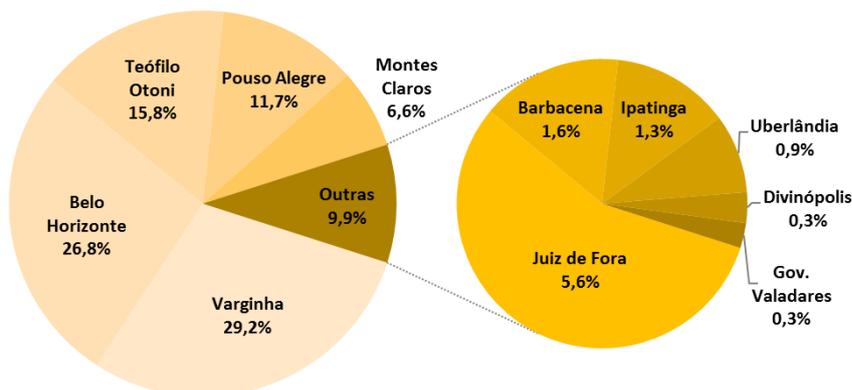
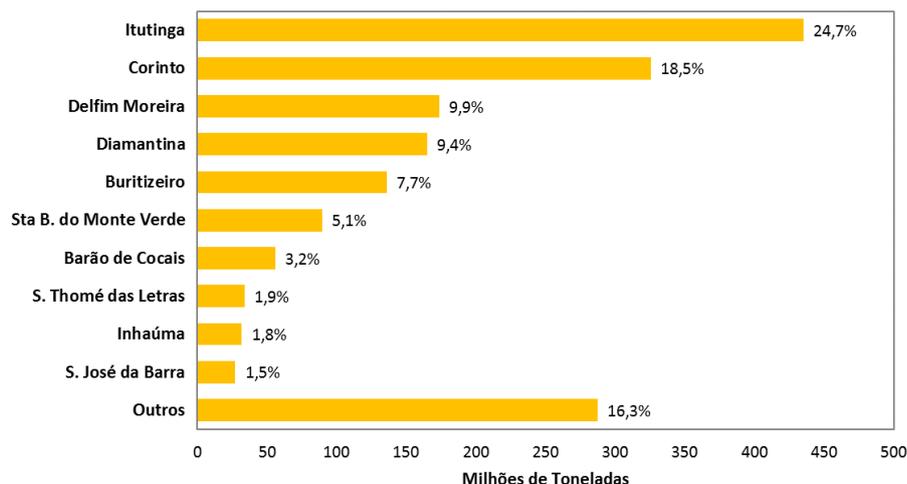


Gráfico 150 - Total de recursos e reservas de areias industriais por Regiões Geográficas Intermediárias de Minas Gerais.

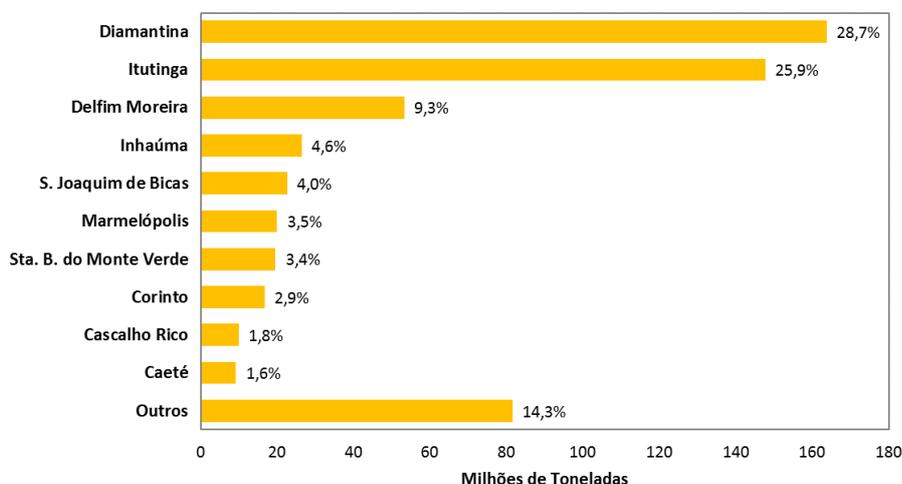
Dos municípios mineiros onde há recursos totais de areias industriais no Estado, dez deles totalizam mais 83,7% desses recursos, com destaque para o município de Itutinga (RGInt Varginha), com mais de 435,1 Mt; seguido pelos municípios de Corinto (325,7 Mt, RGInt Belo Horizonte); e Delfim Moreira (173,5 Mt, RGInt Pouso Alegre) (**Gráfico 151**).



Fonte: ANM/MG, 2021

Gráfico 151 - Distribuição por município dos recursos totais de areias industriais.

Em termos de reservas lavráveis, Minas Gerais conta com 81 municípios que extraem areias industriais, dos quais dez lavram um montante de aproximadamente 570 Mt (**Gráfico 152**). Dentre estes destaca-se o município de Diamantina, com 163,7 Mt; seguido por Itutinga (147,7 Mt), Delfim Moreira (53,3 Mt), Inhaúma (26,5 Mt), São Joaquim de Bicas (22,7 Mt), Marmelópolis (20 Mt), Santa Bárbara do Monte Verde (19,6 Mt), Corinto (16,7 Mt), Cascalho Rico (10 Mt) e Caeté (9,2 Mt). Os demais municípios produtores somaram 81,6 Mt de reservas.

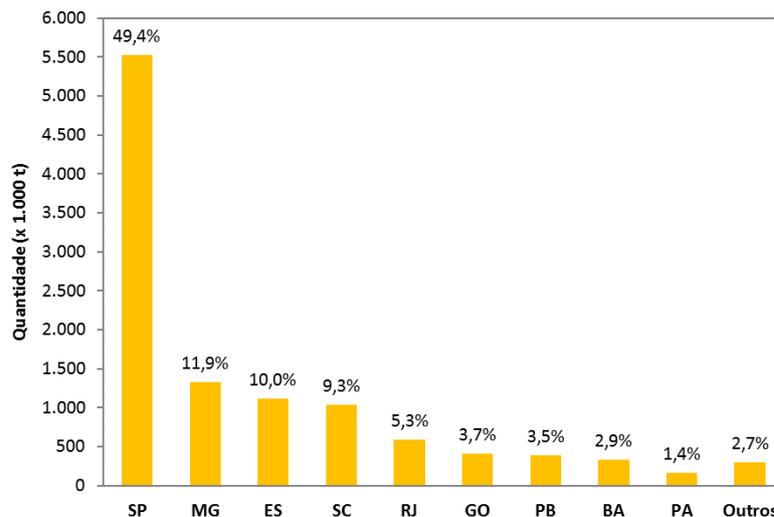


Fonte: ANM/MG, 2021

Gráfico 152 - Distribuição por município das reservas lavráveis de areias industriais.

Produção

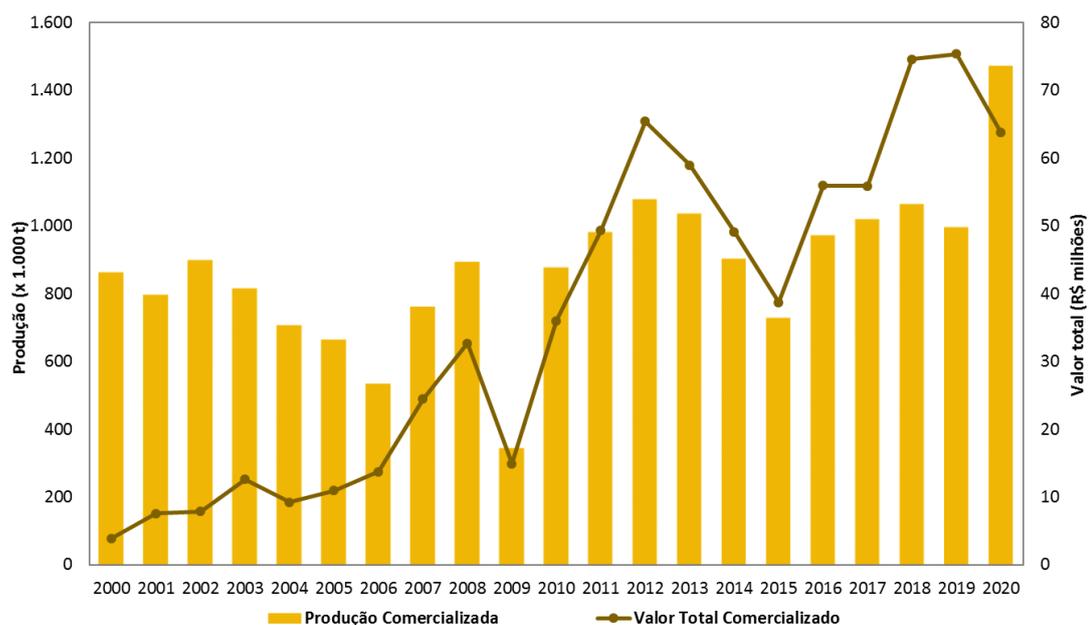
Segundo dados da ANM, a produção de areias industriais, tendo como fontes primárias: quartzito, quartzo e sílex, colocou o Estado de Minas Gerais como segundo maior produtor nacional, com aproximadamente 1,33 Mt; sendo a primeira posição ocupada por São Paulo (5,52 Mt). Citam-se ainda o Espírito Santo (1,11 Mt) e Santa Catarina (1,04 Mt) (**Gráfico 153**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 153 - Distribuição da produção nacional de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex.

A produção estadual de areias industriais variou entre 345 mil t (2009) e 1,47 Mt (2020), com o valor total comercializado apresentando tendência de crescimento, com máximo de R\$75,4 milhões em 2019 (Gráfico 154).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM-MG.

Gráfico 154 - Evolução da produção e do valor total comercializado de areias industriais, quartzito industrial, quartzo industrial e sílex em Minas Gerais.

3.2.5.3. Calcário e Dolomito

São rochas carbonáticas, sedimentares, compostas predominantemente por calcita (CaCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) respectivamente, porém outros carbonatos podem estar presentes como aragonita (CaCO_3), ankerita (FeCO_3) e a magnesita (MgCO_3) (ALECRIM,1982), além de conter impurezas como matéria orgânica, silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros (CAMPELLO,2018). A coloração do calcário varia do branco ao preto, passando pelo cinza claro e escuro. Muitos calcários têm tons avermelhados, amarelos, azuis ou

verdes, dependendo do tipo de impurezas (ALECRIM, 1982). Essas rochas quando submetidas ao metamorfismo são denominadas de mármore.

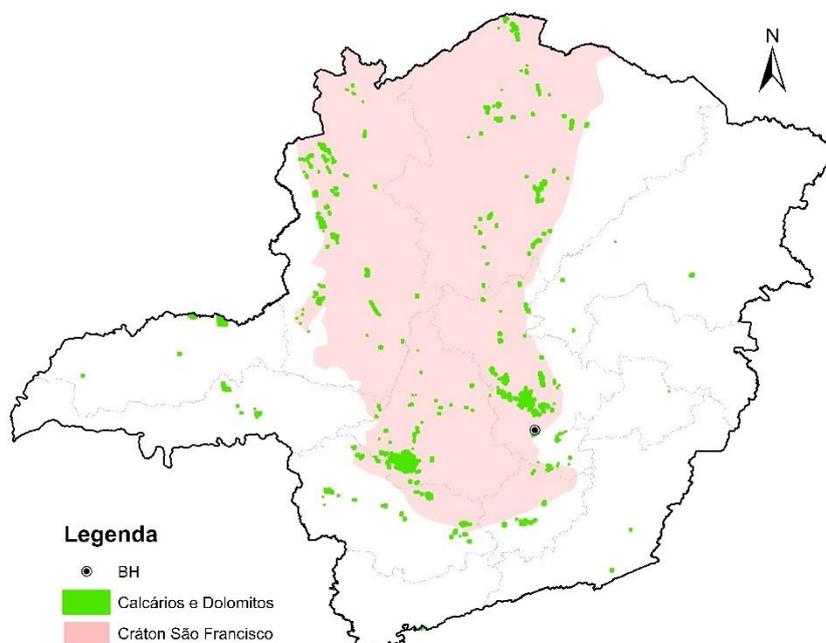
O calcário e o dolomito destinam-se à indústria cimenteira, à fabricação de cal, à produção de corretivo de solos, metalurgia, à produção de vidros, produtos químicos e construção civil (ALECRIM, 1982)

As ocorrências de rochas carbonáticas no Estado estão associadas as rochas, que vão desde idade Paleoproterozoica, como a Formação Gandarela, do Grupo Itabira; passando por rochas do Grupo Bambuí como as das Formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, de idade Neoproterozoica; até rochas de idades Neocretáceas, Formação Marília, do Grupo Bauru (CAMPELLO, 2018). O autor cita ainda os Grupos: Carandaí (Formação Barroso), Vazante (Membro Pamplona Superior) e Araxá, como unidades geológicas com comprovada potencialidade para exploração de rochas carbonáticas.

Conforme o número total de processos minerários concedidos pela ANM/MG, é possível visualizar as principais áreas de ocorrência/depósito deste bem mineral, com uso industrial, pelo Estado, (Figura 64). Ressalta-se que essas ocorrências e/ou depósitos estão bem distribuídas ao longo do Cráton do São Francisco.

Em termos de concessão de lavras para calcário e dolomito, havia em todo o Estado um total de 192 concessões distribuídas principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de Belo Horizonte (71) e Divinópolis (56), enquanto que o número de requerimento de lavra foi de 273, com destaque para a região de Divinópolis (114) e a Belo Horizonte (82).

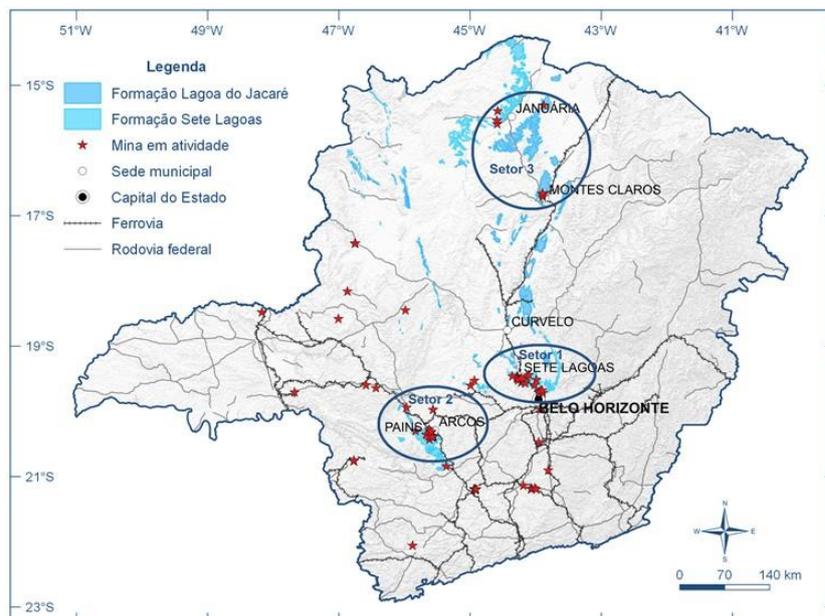
Campello (2018) destaca a relevância da região do Cráton do São Francisco, sob o ponto de vista de produção mineral. Esta região abarca uma quantidade significativa de depósitos relacionados às rochas do Grupo Bambuí, sobretudo os calcários da Formação Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré. Segundo o mesmo autor, outras unidades geológicas que merecem igual destaque, no aspecto à produção mineral de calcários, são os Grupos: São João del Rei, Araxá, Vazante e Itabira.



Fonte: SIGMINE, 2021/ Elaboração: SEDE

Figura 64 - Localização dos processos minerários de calcários e dolomitos para uso industrial.

Levando em consideração que o Grupo Bambuí é a principal unidade geológica que abriga maior quantidade de depósitos de calcários explorados no Estado, e as magnitudes dos seus depósitos, principalmente os relacionados às Formações Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré, subdividiu-se estas ocorrências carbonáticas em três setores (CAMPELLO, 2018) (Figura 65).



Fonte: (CAMPELLO, 2018)

Figura 65 - Mapa de localização dos setores de ocorrências de calcários no Grupo Bambuí.

Setor 1 Norte RMBH, englobando Belo Horizonte, Vespasiano, Pedro Leopoldo, Lagoa Santa, São José da Lapa, Prudente de Moraes, Matozinhos, Sete Lagoas, Capim Branco e Confins. Esta região lavra principalmente calcarenitos, direcionados à produção de cimento, cal, insumos para construção civil e corretivo de solos;

Setor 2 Sudoeste de Minas Gerais onde se destacam os municípios de Arcos e Pains, além de envolver os municípios de Lagoa da Prata, Córrego Fundo, Formiga, Dorésópolis, Pimenta e Campo Belo. Este setor explora principalmente calcarenitos magnesianos a dolomíticos, cujo produto destina-se à siderurgia;

Setor 3 Norte de Minas, salientando os municípios de Montes Claros e Janaúria, além dos municípios de Janaúba, Itacarambi, Unaí e Montalvânia que exploram calcários para construção civil, cal, corretivo de solo e fertilizantes.

Além do **Grupo Bambuí**, destacam-se as unidades geológicas do **Grupo Itabira**, Supergrupo Minas, (mármore da Formação Gandarela); **Grupo Araxá** (mármore encaixado em filitos e clorita-xisto na base do Grupo Araxá); **Grupo São João del-Rei** (calcários puros e dolomíticos); **Grupo Vazante** (dolomitos); **Grupo Bauru** (arenitos calcíferos e calcários conglomeráticos).

As principais empresas que extraem e comercializam calcários (calcítico e/ou dolomítico) no Estado são Votorantim Cimentos Ltda., Lafarge Holcim, CSN Cimentos, Camargo Corrêa Cimento S.A., Mineração Belocal Ltda. (Lhoist); Britacal e a Ical.

A **Votorantim Cimentos Ltda.** atua em 12 países, sendo a sexta maior companhia da indústria cimenteira em capacidade do mundo. A empresa opera em Minas Gerais, no município de Itaú de Minas, com capacidade de produção de 2,2 Mt/a de cimento; 1,9 Mt/a de clínquer; 350 mil toneladas por ano (t/a) de argamassa;

750 mil t/a de calcário agrícola; 210 mil t/a de cal hidratada. Seus produtos atendem aos setores construção civil, industrial e de infraestrutura (MINÉRIOS & MINERALES, 2017).

A **CSN Cimentos** atua na cidade de Arcos (fábrica), com centros de distribuição em Varginha, Juiz de Fora e Uberlândia. Sua capacidade de produção de cimentos é de 4,3 Mt/a. Os finos do processo de britagem dos fundentes são utilizados como corretivos agrícolas. Os finos de calcários calcíticos são aproveitados para a produção de cimento.

A **Lafarge Holcim** atua na área cimenteira nas cidades de Barbacena, Barroso, Belo Horizonte, Uberaba, Montes Claros e Pedro Leopoldo.

Mineração Belocal Ltda. (Lhoist) – Usa cálcio na fabricação de aço como aglomerante, agentes fundentes e outras aplicações. Seu portfólio atende às indústrias de siderurgia, mineração e pelletização; processamento metalúrgico de metais não ferrosos; petróleo, gás e biocombustíveis; químicos; vidro; celulose e papel; produtos refratários; e polímeros.

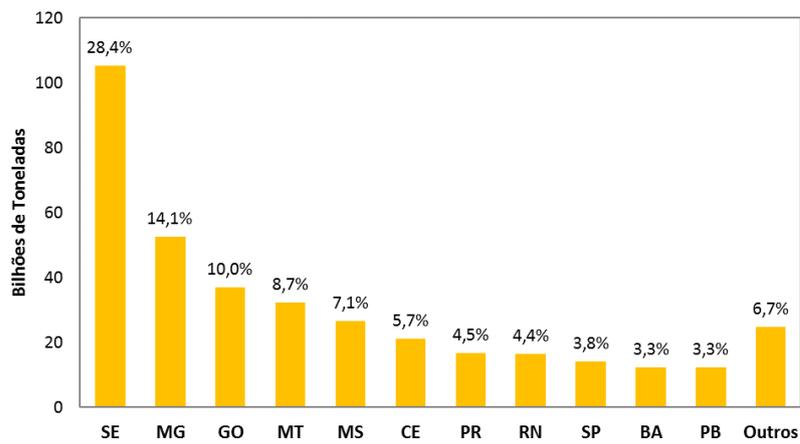
A **Camargo Corrêa Cimentos (InterCement)** possui 40 unidades de produção de cimento, 70 centrais de concreto espalhadas por oito países, e possui um dos maiores complexos cimenteiros do mundo. No Brasil a empresa conta com 16 unidades de produção, especificamente em Minas Gerais, apresenta mina localizada em Santana do Paraíso e usinas localizadas em Pedro Leopoldo e Ijaci.

A **Britacal** é uma empresa do **Grupo Mineração de Calcário Montividiu**. As empresas do grupo produzem calcário agrícola em 18 unidades com jazidas próprias (MG, GO, TO e DF). Em Minas Gerais possui usinas, sendo duas localizadas em Uberaba (Calcário Triângulo Indústria e Comércio Ltda.) e duas em Coromandel (Empresas Reunidas de Calcários Ltda.).

A **Ical (Indústria de Calcinação Ltda.)** possui duas jazidas localizadas nos municípios de São José da Lapa (que extrai calcário calcítico para uso como cal virgem, com 97% de CaO) e Pains (que explora calcário dolomítico para uso como cal virgem, cal hidratada e calcário). A empresa ainda possui outras unidades no Estado, localizadas em Matozinhos (Eimcal), Betim (Montreal Ltda. e Usibrita Ltda.) e Prudente de Moraes (Eimcal). As unidades possuem capacidade de produção de 1,8 Mt/a e reservas 1,5 Bt de calcário calcítico e dolomítico.

Recursos e Reservas

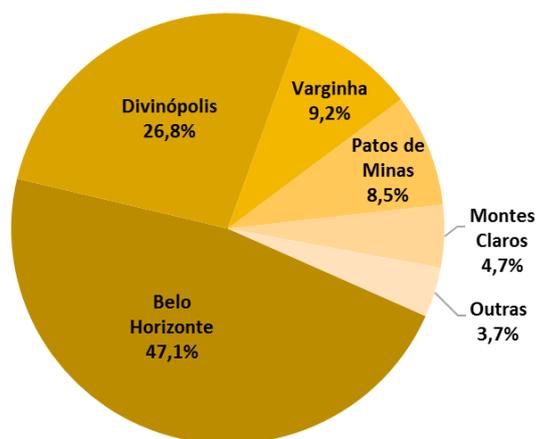
Segundo os dados da ANM, em 2020, o Brasil possuía um total de 371,1 bilhões de toneladas (Bt) em recursos e reservas de calcários, dolomita e magnesita, onde os maiores detentores desses depósitos/jazidas foram Sergipe (105,26 Bt), Minas Gerais (52,44 Bt), Goiás (370,6 Bt), Mato Grosso (32,25 Bt) e Mato Grosso do Sul (26,49 Bt). Ainda merecem destaque Ceará (21,05 Bt), Paraná (16,72 Bt), Rio Grande do Norte (16,41 Bt), São Paulo (14,10 Bt), Bahia (12,28 Bt) e Paraíba (12,27 Bt) (**Gráfico 155**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 155 – Distribuição nacional do volume de recursos e reservas de calcário, dolomito e magnesita.

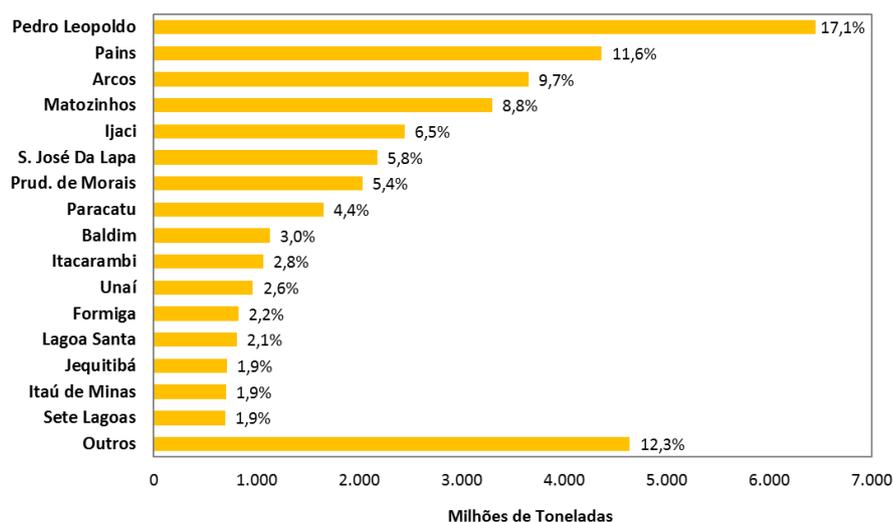
Dados da ANM-MG mostram que, em 2020, os recursos e reservas de calcário, dolomito e magnesita no Estado se concentraram nas regiões de Belo Horizonte (24,23 Bt); seguida pelas regiões de Divinópolis (13,80 Bt); Varginha (4,76 Bt); Patos de Minas (4,35 Bt), Montes Claros (2,42 Bt) e demais regiões que totalizaram 1,93 Bt (Gráfico 156).



Fonte: ANM/MG, 2021.

Gráfico 156 – Distribuição regional dos recursos e reservas de calcário em Minas Gerais.

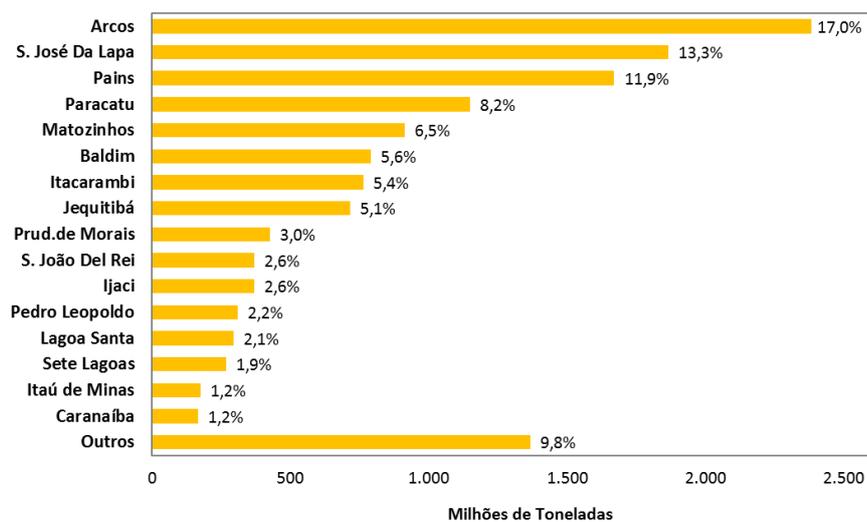
Em Minas Gerais, dentre os 65 municípios detentores de recursos totais de calcário, dolomito e magnesita, dez se destacam por conterem mais de 75% do montante de 28,3 Bt desses recursos, com destaque para Pedro Leopoldo, Pains, Arcos, Matozinhos, Ijaci, São José da Lapa e Prudente de Moraes, que superaram 2,0 Bt (Gráfico 157).



Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 157 – Distribuição estadual de recursos totais de calcário para os dez principais municípios do Estado.

Em termos de reservas lavráveis de calcário, 57 municípios do Estado detinham mais de 13,8 Bt, dentre os quais dez somaram aproximadamente 80% deste montante. Os municípios de Arcos, São José da Lapa, Pains e Paracatu superaram os 1,0 Bt em reservas (**Gráfico 158**).

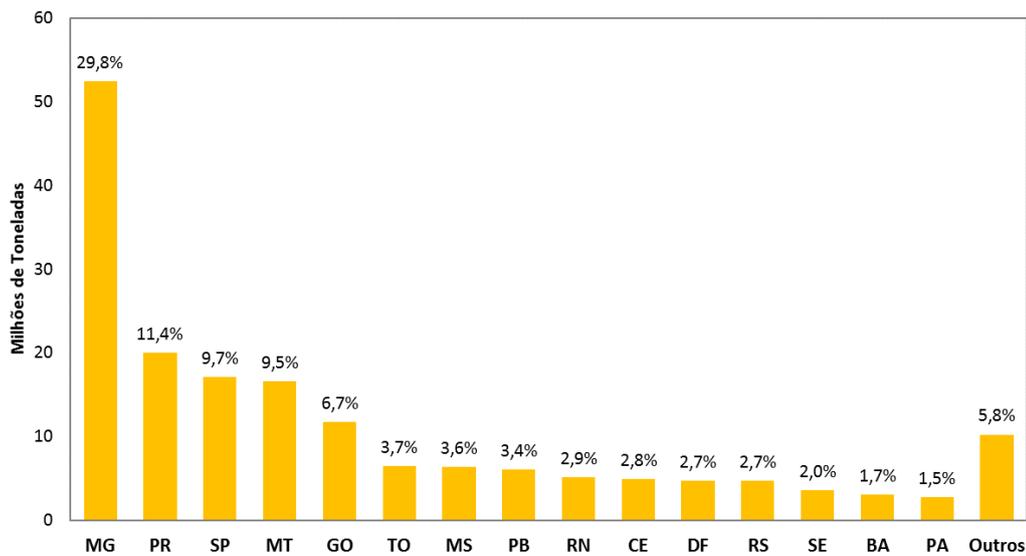


Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 158 – Distribuição estadual de reservas lavráveis de calcário para os dez principais municípios do Estado.

Produção

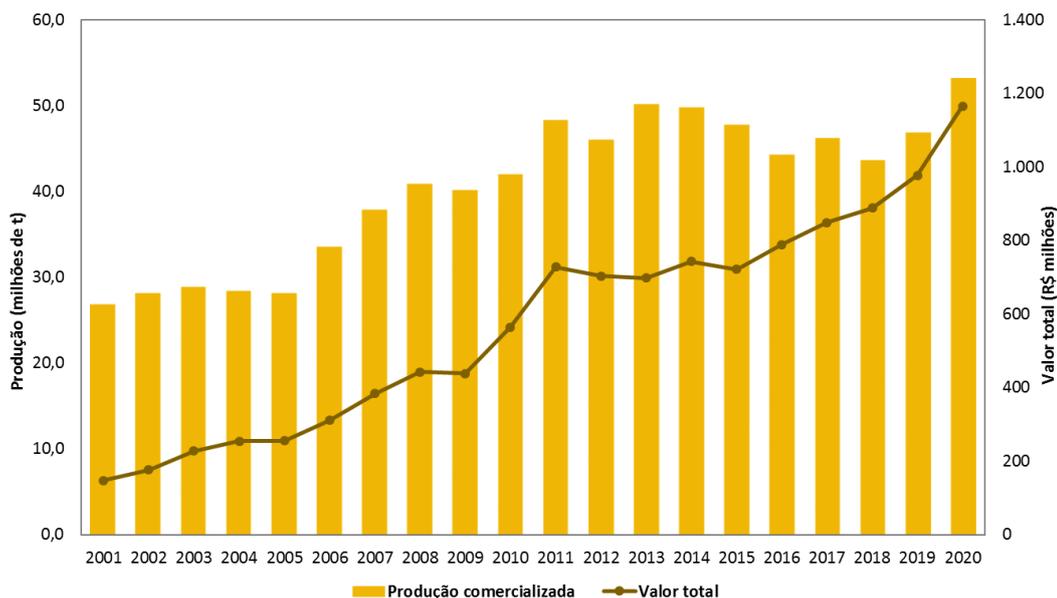
O Estado de Minas Gerais se destacou na produção nacional de calcários, dolomitos e magnésita, em 2020, com 52,4 Mt, o que representou um valor de R\$ 1,14 bilhões. Os Estados do Paraná e São Paulo ocuparam, respectivamente, o segundo e terceiro lugar com uma produção da ordem de 20 Mt e 17 Mt, respectivamente (ANM) (**Gráfico 159**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 159 – Distribuição da produção nacional de calcário, dolomito e magnesita.

No período de 2001 a 2005, a produção de calcário e dolomito em Minas Gerais se manteve no patamar médio de 28 Mt, subindo para 38 Mt entre 2006 e 2010, mantendo a média de 47,5 Mt nos anos seguintes. Observou-se que o valor total comercializado apresentou tendência de crescimento nesse mesmo período, passando de R\$147,4 milhões (2001) para R\$1,16 bilhões (2020) (Gráfico 160).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM/MG.

Gráfico 160 – Evolução da produção e valor total comercializado de calcário industrial em Minas Gerais.

3.2.5.4. Grafita

A grafita é um mineral de cor preto a cinza, lustroso e untuoso ao tato, constituído de carbono puro e podendo conter impurezas de óxidos de ferro, alumínio, fósforo, argila, betume e gases. Na natureza a grafita ocorre nas formas cristalina (lamelar (*flake*) e massiva (*lump*)) e microcristalina (denominada incorretamente como amorfa) (SAMPAIO *et al.*, 2005; ALECRIM, 1982; BELÉM, 2018).

As ocorrências e depósitos economicamente aproveitáveis de grafita no Brasil estão situadas nos Estados de Minas Gerais e Bahia (ALECRIM,1982).

Segundo Dardenne e Schobbenhaus (2003) a **Faixa Araçuaí** abarca principais depósitos minerais, de idade neoproterozoica, entre eles os depósitos do Distrito de Grafita de Pedra Azul - Salto da Divisa. Esses depósitos que se situam nas proximidades das cidades de Pedra Azul e Salto da Divisa, na região do Jequitinhonha, são constituídos predominantemente por grafitas tipo *flake* e grafita fina; e divididos em dois tipos de depósitos: Depósitos Associados à Unidade Xistosa, como os de Pedra Azul e os Depósitos Associados à Suíte Kinzigítica como os de Salto da Divisa-Itamaraju.

Os depósitos de grafita situado no município de Almenara e as zonas mineralizadas das regiões de Pedra Azul, Bandeira, Guaratinga, Itamaraju, Jacinto, Jordânia, Maiquinique, Mata Verde, Salto da Divisa e Santa Maria do Salto, entre outros, compõem a Província Grafítica do Nordeste de Minas Gerais e Sul da Bahia (Província Bahia-Minas) (BELÉM, 2006).

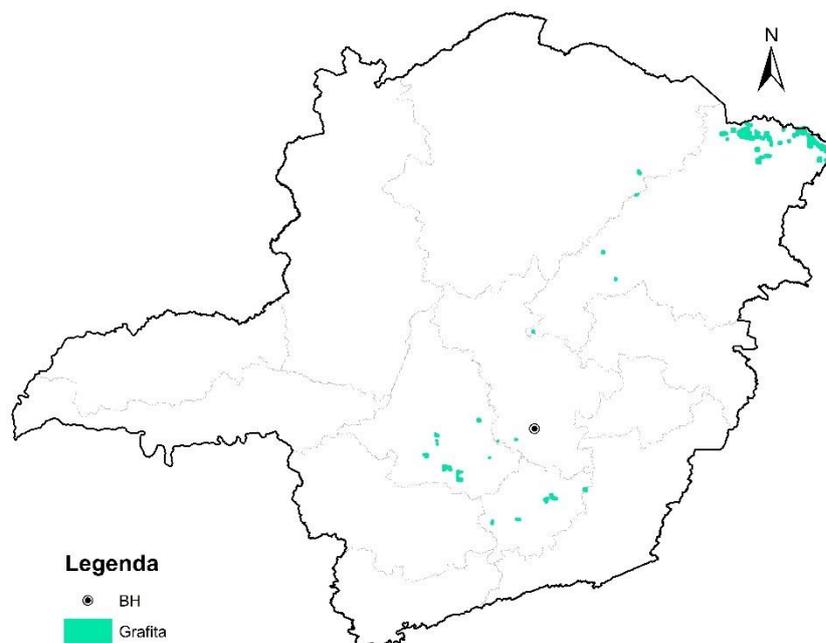
A **Província Bahia-Minas** abriga grandes depósitos de grafita, fazendo do extremo nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia uma das maiores regiões produtoras de grafita *flake* do mundo (BELÉM,2018). Segundo a autora, as mineralizações de grafita encontram-se disseminadas e muito raramente maciças (concentradas em forma de “buchos”) nestes depósitos; que estão essencialmente relacionados a rochas metamórficas, do Proterozoico da Faixa Araçuaí, como Grafita Xisto, do Grupo Macaúbas, e o Grafita Gnaiss, presente na suíte Kinzigítica do Complexo Jequitinhonha.

As mineralizações dessa província têm sido prospectadas ou mineradas pela Nacional de Grafite Ltda. (BELÉM,2018).

Outra área de destaque para exploração de grafita no Estado está na porção meridional do **Cráton São Francisco**, mais precisamente a 4 km, a norte/nordeste da cidade de Itapeçerica, onde há uma das maiores minas de grafita do Brasil, ficando atrás apenas dos depósitos de grafita da Província Bahia-Minas (BELÉM, 2018). As mineralizações de grafita nestes depósitos encontram-se disseminadas nos grafita xistos, da Sequência Paraderivada da Unidade Itapeçerica (Chaves *et. al*, 2015 *apud* Belém, 2018), do denominado Complexo Metamórfico Campo Belo (CMCB) (BELÉM, 2018). Ainda segundo a autora, regiões próximas a Itapeçerica, como de Arcos e Formiga também são áreas objeto de interesse.

Ressalta-se ainda as regiões de Itatiaiuçu e Mateus Lemes, na região do Cráton, como áreas de ocorrências de grafita no Estado. Essas ocorrências estão associadas a ampla distribuição de rochas grafitosas, do Grupo Nova Lima, do Supergrupo Minas, nessas regiões (BELÉM, 2018).

Analisando as ocorrências e/ou depósitos de grafita no Estado, através dos processos minerários do SIGMINE, constata-se concentração desses processos, principalmente na região de Teófilo Otoni, com um total de 128 processos, e de outros poucos nas regiões de Divinópolis e Barbacena (**Figura 66**).



Fonte: SIGMINE, 2021/Elaboração: SEDE

Figura 66 – Localização dos processos minerários de grafita.

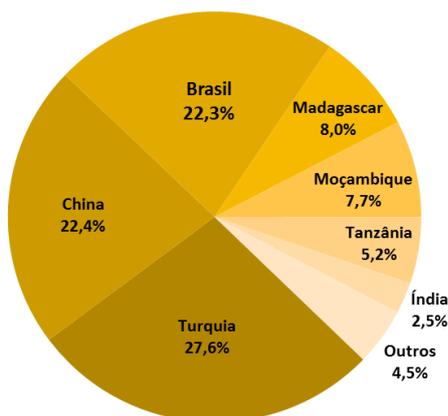
As principais empresas que lavram, beneficiam e comercializam grafita no Estado são a Nacional de Grafite e a Grafita MG.

A **Nacional de Grafite Ltda.** concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento de grafita natural cristalina em três plantas localizadas próximas às jazidas, nos municípios de Salto da Divisa, Pedra Azul e Itapeçerica, que produzem cerca de 70 mil t/a de grafita. A unidade de Itapeçerica conta com um centro de pesquisas. A sede comercial e administrativa da empresa situa-se na cidade de São Paulo e comercializa produtos para diversas aplicações nas indústrias (baterias, peças e componentes, metalurgia, refratários, lubrificantes, polímeros e agricultura).

A **Grafita MG** lava minério de grafita nos municípios mineiros de Serra Azul de Minas e Mateus Leme. Sua produção atingiu as 17 mil toneladas de grafita em 2004, destinada ao mercado de ferro-gusa (LOBATO, 2009).

Recursos e Reservas

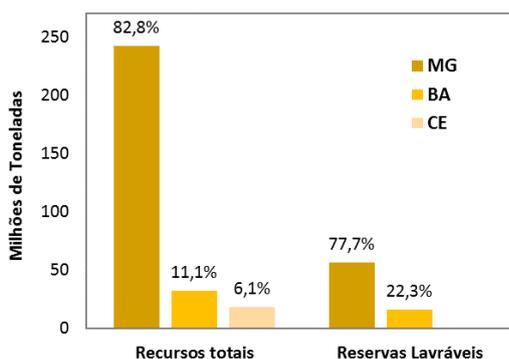
No panorama mundial, em termos de volume total de reservas de grafita, o Brasil ocupava a terceira posição, com um total de 72,7 Mt (ANM), em 2020, sendo os primeiros lugares ocupados por Turquia (90 Mt) e China (73 Mt) (USGS) (Gráfico 161).



Fonte: USGS, 2021/ ANM, 2021.

Gráfico 161 - Reservas mundiais de grafita.

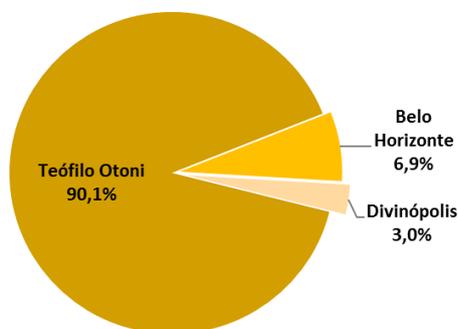
Minas Gerais é o principal detentor nacional das ocorrências de grafita com 242,7 Mt em recursos totais e 56,4 Mt em reservas lavráveis, seguido pelos estados da Bahia (32,4 e 16,2 Mt) e Ceará (18,0 Mt) (**Gráfico 162**) (2020).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 162 - Distribuição nacional dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita.

Dados preliminares da ANM/MG apontaram que a região de Teófilo Otoni detém 269,5 Mt em ocorrências (recursos e reservas) de grafita no Estado, seguida pelas regiões Belo Horizonte (20,8 Mt) e Divinópolis (8,8 Mt) (**Gráfico 163**).



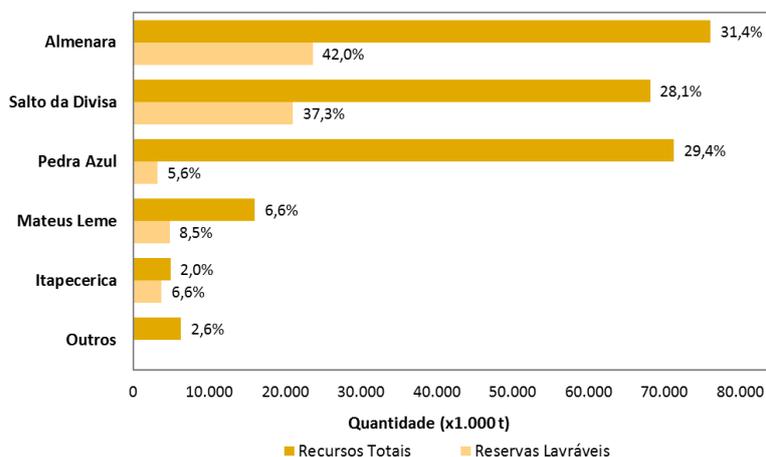
Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 163 - Distribuição regional dos recursos e reservas de grafita em Minas Gerais.

Dente os nove municípios mineiros com ocorrências de grafita, cinco deles somam, aproximadamente, 98% do montante de recursos totais e reservas lavráveis (**Gráfico 164**).

Em termos de recursos totais, os principais municípios detentores de depósitos de grafita são Almenara (76,1 Mt); Pedra Azul (71,3 Mt) e Salto da Divisa (68,2 Mt), localizados na RGInt de Teófilo Otoni.

As reservas lavráveis estão concentradas nos municípios de Almenara (23,7 Mt); Salto da Divisa (21,0 Mt); e Pedra Azul (3,2 Mt) situados na RGInt de Teófilo Otoni. Citam-se também o município de Mateus Leme (4,8 Mt), na RGInt de Belo Horizonte; e Itapecerica (3,7 Mt), na RGInt de Divinópolis.



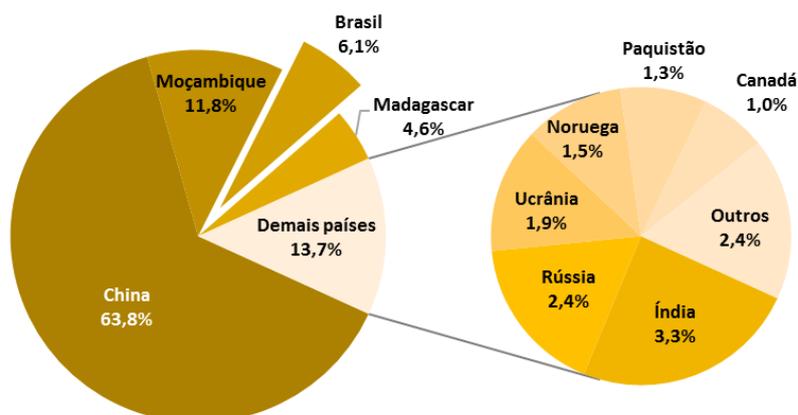
Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 164 – Distribuição dos recursos totais e reservas lavráveis de grafita nos municípios de Minas Gerais.

Existem ainda depósitos localizados nos municípios de Jordânia e Cachoeira de Pajeú, localizados na RGInt de Teófilo Otoni; e Córrego Fundo e São Francisco de Paula, na RGInt de Divinópolis.

Produção

Em 2020, a produção mundial de grafita foi de aproximadamente 1,0 milhão de toneladas, sendo dominada pela China (650 mil t); seguida por Moçambique, (120 mil t). O Brasil apareceu em terceiro lugar, com 62,6 mil t. Também houve registro de produção em Madagascar, Índia, Rússia, Ucrânia, Noruega, Paquistão e Canadá (Gráfico 165).

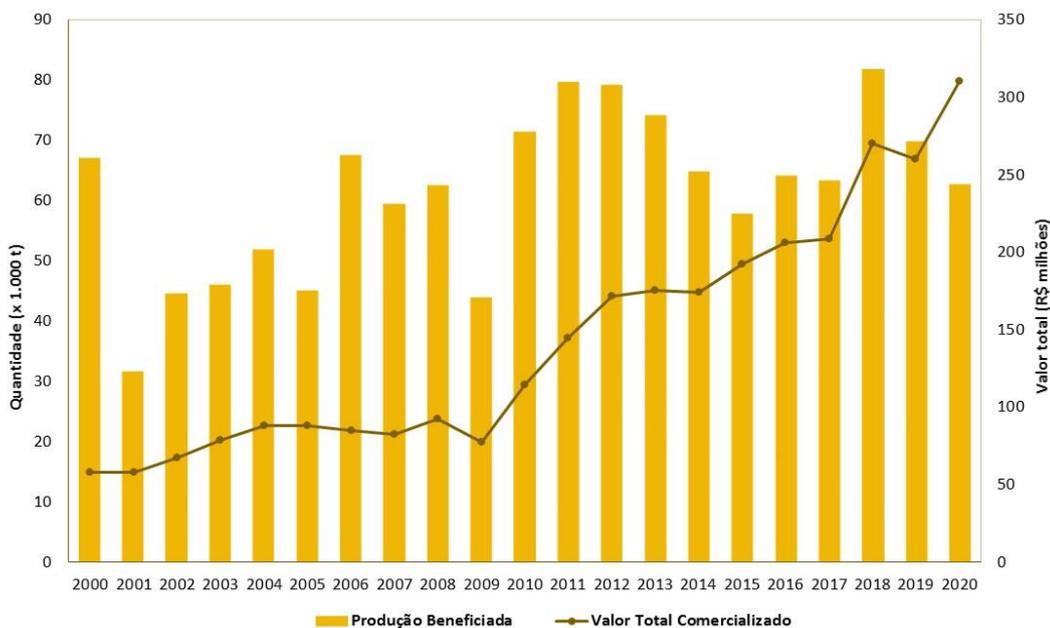


Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 165 – Produção mundial de grafita em 2020

Ressalta-se que, em 2020, a produção brasileira de grafita natural beneficiada foi de 62.654 toneladas, sendo Minas Gerais, responsável pela totalidade da produção nacional (provenientes dos municípios de Pedra Azul, Itapecerica e Salto da Divisa).

A produção beneficiada de grafita no Estado teve variações entre 2000 e 2020, com volumes máximos da ordem de 80 mil t em 2011, 2012 e 2018. Em 2001, a produção atingiu o mínimo de 31,6 mil t. Observa-se um uma tendência de crescimento no valor total comercializado, variando de R\$57,8 milhões (2000), para R\$310,5 milhões (2020) (Gráfico 166).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM-MG

Gráfico 166 - Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de grafita em Minas Gerais.

Grafeno

Derivado da grafita, o grafeno é a grande aposta do momento em termos de desenvolvimento científico e tecnológico, uma vez que essa substância é 200 vezes mais resistente do que o aço, flexível, eficiente condutor de eletricidade, mais barato do que a maioria dos produtos utilizados na indústria de ponta.

Com grande variedade de aplicações, o grafeno é usado no setor aeroespacial, na produção de componentes eletrônicos, transmissores e baterias, e na nova geração de raios laser muito mais rápidos e potentes, na área biomédica (equipamentos hospitalares), energia, telecomunicações, tecnologias voltadas para o meio ambiente (incluindo a dessalinização da água do mar). O Grafeno promete simbolizar a nova revolução na indústria microeletrônica entre outras, e estima-se que o seu potencial de mercado seja de US\$ 1,0 trilhão, em um horizonte de 10 anos.

Em nível mundial, existe um programa da União Europeia, denominado *Graphene Flagship*, com investimentos da ordem de 1,3 bilhão de Euros, envolvendo mais de 150 instituições e 23 países, para o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a utilização do grafeno em três áreas principais: a identificação das aplicações do grafeno e potencialidade de cada uma delas; onde e como o usar o grafeno; e o desenvolvimento de produção em escala industrial.

O Brasil recebeu R\$30 milhões destinados à Universidade Mackenzie, em São Paulo, para a implantação do Instituto Mackgraphpe, voltado para pesquisa, produção e aplicação do grafeno. O instituto usa o minério oriundo de Minas Gerais e possui uma rede de pesquisadores de diversas instituições, incluindo a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), através do Centro de Nanotubos.

O Brasil está em uma posição privilegiada, pois possui uma das maiores reservas de grafita do mundo e o primeiro instituto de grafeno da América Latina (Mackgraph). Em função disso, o investimento nas pesquisas com o grafeno se faz necessário, uma vez que pode trazer grande retorno econômico e financeiro, entretanto falta mão-de-obra especializada no país.

Em julho de 2016, a CODEMIG - em parceria com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN/CNEN) e com a UFMG - lançou o Projeto “MGgrafeno: Produção de grafeno a partir da grafite natural e aplicações” que prevê a criação da primeira planta piloto do Brasil para produção de grafeno. Neste caso, o grafeno será produzido a partir da grafita natural e visa a agregação de valor a esse material onde o preço pode chegar a US\$ 100,00 por grama (CODEMIG, 2016).

Cadeia Produtiva

As maiores reservas lavráveis brasileiras de grafita estão localizadas em Minas Gerais, Ceará e Bahia, totalizando 70 milhões de toneladas (Mt). Ressalta-se que as melhores ocorrências gráficas estão nos municípios de Salto da Divisa e Pedra Azul (MG), com reservas lavráveis de estimadas em 23 e 15 Mt, respectivamente. A produção mundial foi da ordem de 1,2 Mt (2017), com o Brasil responsável por 5,2%, ocupando a terceira posição.

A grafita tem diversas aplicações industriais, como na indústria tradicional de refratários (tijolos de alta temperatura e revestimentos utilizados nas indústrias de metais, cerâmica, vidro, petroquímica e cimento). Além desse segmento, a grafita é utilizada na fabricação de baterias (anodo de grafite), na produção de aço, lonas de freio para veículos, lubrificantes e o **grafeno** (HEIDER, 2018).

O mineral pode ser classificado em três tipos comerciais: grafita em flocos, em veio cristalino e amorfa, e por fim, subdivididos em vários “graus” baseando-se no teor de carbono, tamanho da partícula e tipos de impurezas. A grafita natural tem a sua equivalente comercial que é a grafita sintética.

Principais tipos comerciais:

- Grafita natural
 - Cristalina
 - Flocos (*flake*) (> 85% de C)
 - Grafita expandida
 - Veios (*lump*) (> 90% de C)
 - Amorfa (60-85% de C)
- Grafita sintética (artificial)
 - Fonte de carbono: coque de petróleo calcinado, sem aditivos.

O minério de grafita é extraído, das duas principais províncias gráficas do Estado (Itapeverica e Pedra Azul). A cadeia produtiva da grafita segue uma rota que pode ser resumida conforme ilustrado abaixo (**Figura 67**).

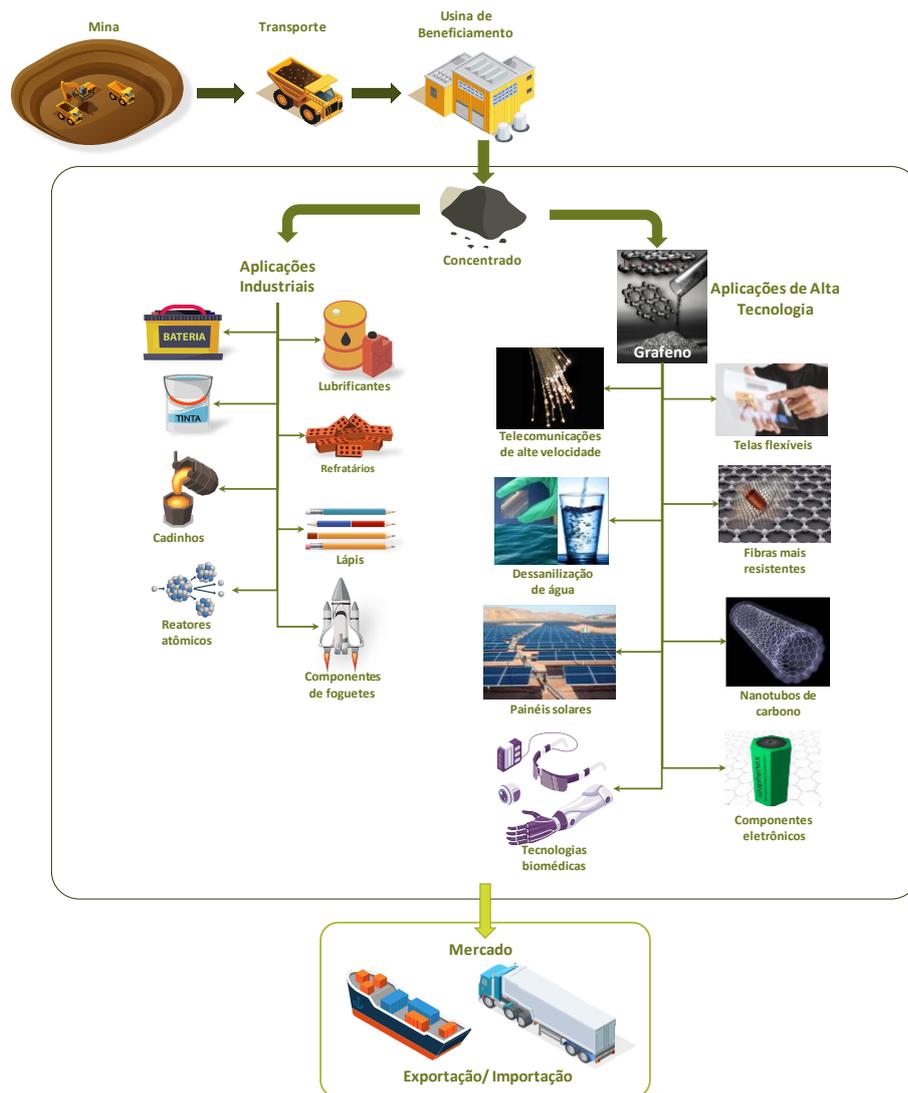
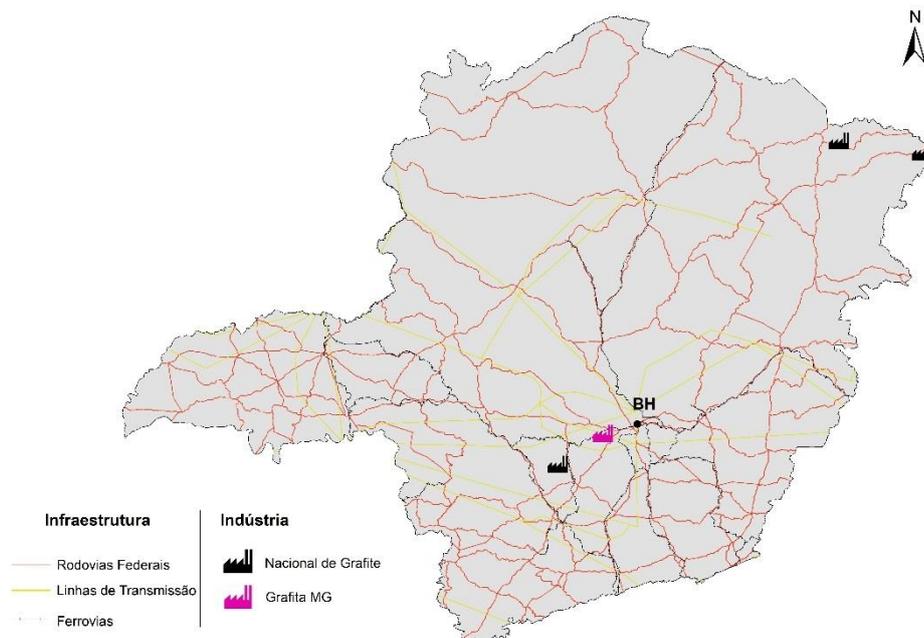


Figura 67 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva da grafita

Após a extração o minério passa por etapas de beneficiamento que compreendem, de maneira simplificada, homogeneização, moagem, concentração mecânica e flotação atingindo teores de entre 75 e 98 % sendo destinado a diversas aplicações.

Entretanto, algumas aplicações industriais exigem teores de carbono superiores a 98%. Para atender a esse mercado, há um processo de purificação química que atinge teores de até 99,95% de carbono. Após a concentração química, a grafita passa pelos processos de filtragem e secagem, classificação, briquetagem e intercalação.

O parque produtivo está localizado na mesma região de extração, situada nas RGInts de Teófilo Otoni e Divinópolis, sendo a principal empresa produtora Nacional de Grafite (Figura 68).



Fonte: ANM/ Elaboração: SEDE

Figura 68 – Localização do parque produtivo de grafita em Minas Gerais

Em 2020, a produção da **Nacional de Grafite**, foi de 14.315 toneladas (Itapecerica), 39.239 toneladas (Pedra Azul) e 9.100 toneladas (Salto da Divisa) (ANM). O minério de grafita natural depois de lavado é concentrado em produtos cujo teor de carbono fixo variam de 89,0 a 94%, e se dividem, quanto a granulometria, em três tipos: grafita granulada (*lump*), grafita de granulometria intermediária e grafita fina (LOBATO, 2009).

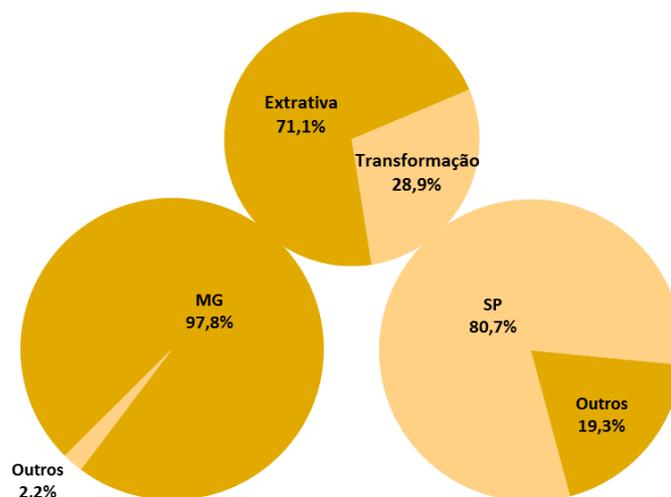
Os produtos são demandados principalmente pelas indústrias de refratários, de baterias, de lubrificantes, de metais e automobilística (LOBATO, 2009).

A **Grafita MG**, que lavra minério de grafita no município de Mateus Leme, em Minas Gerais, produziu 6.869 toneladas de grafita em 2019 (ANM). Segundo Lobato (2009), a produção da empresa em 2004 destinou-se ao mercado após simples moagem e vendida para produtores de ferro-gusa.

Aspectos Econômicos

As exportações nacionais de grafita foram da ordem de US\$ 35,75 milhões (2020), sendo US\$ 25,43 milhões originários da indústria extrativa e US\$ 10,32 milhões da indústria de transformação (**Gráfico 167**).

Apesar de Minas Gerais ser o principal detentor nacional de recursos e reservas de grafita natural, a indústria de transformação está concentrada no estado de São Paulo. Esse fato também se reflete no comércio exterior, uma vez que Minas Gerais é o maior exportador do minério em forma natural (US\$ 24,86 milhões), e São Paulo, o principal exportador de produtos transformados (US\$ 8,33 milhões) (**Gráfico 167**).

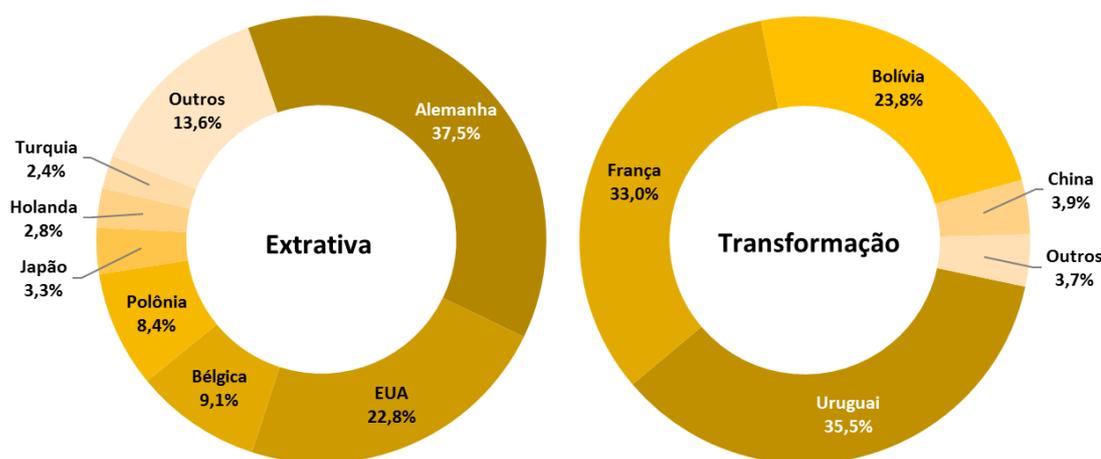


COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 167 - Distribuição das exportações nacionais de grafita.

Do total de exportações nacionais de grafita, em 2020, Minas Gerais, participou com aproximadamente 70% sendo, US\$ 24,86 milhões da indústria extrativa, onde o principal produto foi a grafita em forma natural. Já a indústria de transformação, representou apenas US\$ 9,62 mil, principalmente de produtos cerâmicos refratários de grafita.

Os principais destinos das exportações referentes à indústria extrativa da grafita, em Minas Gerais, foram Alemanha (US\$ 9,31 Mi); EUA (US\$ 5,67 Mi); Bélgica (US\$ 2,26 Mi) além de Polônia, Japão, Holanda, Turquia e outros 22 países. Já a indústria de transformação teve como principais destinos, o Uruguai (US\$ 3,42 mil); França (US\$ 3,18 mil); Bolívia (US\$ 2,29 mil), além de China, México e Argentina (**Gráfico 168**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 168 - Destino das exportações dos produtos das indústrias extrativa e de transformação de grafita de Minas Gerais.

As importações nacionais de grafita, em 2020, foram de US\$ 110,29 milhões, sendo 98,3% referentes à indústria de transformação e 1,7% da indústria extrativa. Nesse contexto, Minas Gerais participou com US\$ 818,61,3 mil na indústria extrativa e com US\$ 3,18 milhões na indústria de transformação (**Gráfico 169**).

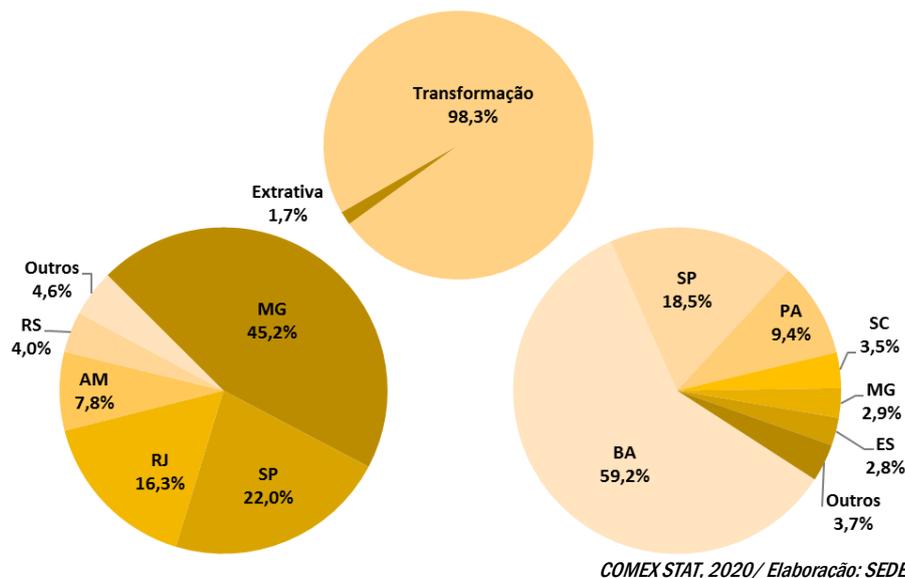


Gráfico 169 - Distribuições das importações nacionais de grafita.

Do total de importações nacionais de grafita, em 2020, Minas Gerais, participou US\$ 4,0 milhões (3,6%), representados, principalmente, por produtos da indústria de transformação (US\$ 3,18 Mi).

Minas Gerais importou produtos da indústria extrativa, principalmente da China (US\$ 799,6 mil), além de Áustria e EUA. Por outro lado, as importações da indústria de transformação, foram provenientes dos EUA (US\$ 1,46 Mi), Suíça (US\$ 742,16 mil), além de China, Alemanha, Itália e outros 13 países (Gráfico 170).

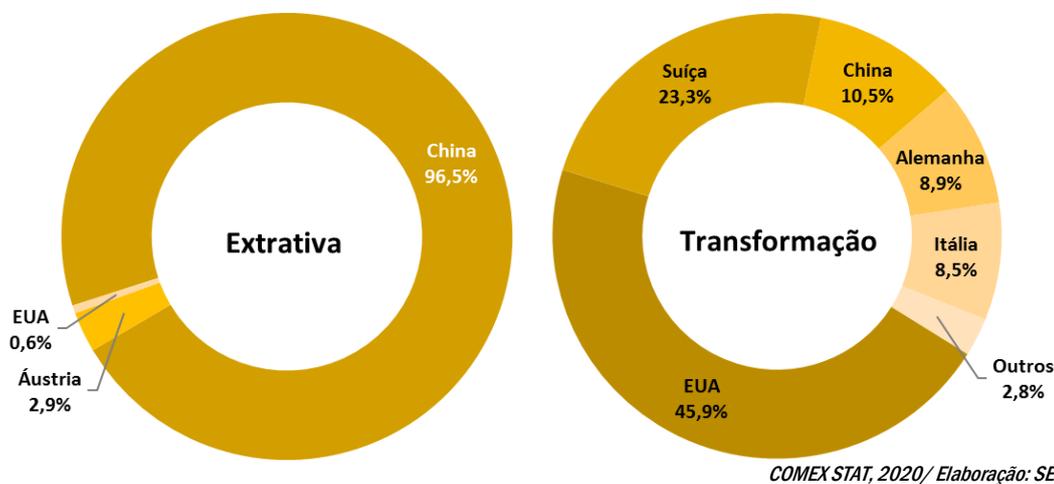
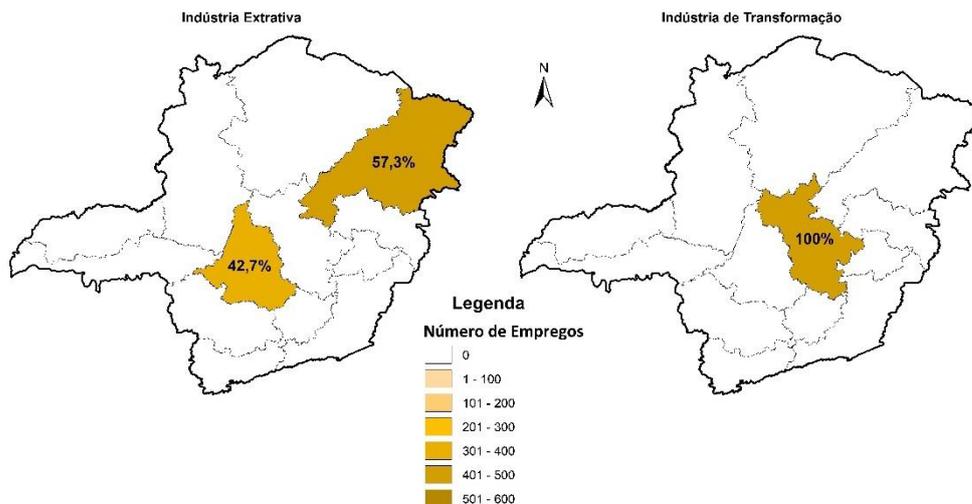


Gráfico 170 - Origem das importações dos produtos das indústrias de extração e transformação de grafita de Minas Gerais.

É importante salientar que o Brasil importou um montante de US\$ 74 milhões de grafita artificial, sendo Bahia, São Paulo e Espírito Santo os principais Estados compradores.

Segundo o RAIS (2020), o número de empregos diretos gerados na cadeia produtiva da grafita, concentrou-se na indústria extrativa, com 855 postos de trabalho, distribuídos entre os municípios de Itapeverica (363), na RGIInt de Divinópolis; Pedra Azul (342) e Salto da Divisa (148), na RGIInt de Teófilo Otoni. Já a indústria de transformação foi responsável por 589 empregos, concentrados na RGIInt de Belo Horizonte, nos municípios de Contagem (480) e Ibirité (12) principalmente para a fabricação de eletrodos, contatos e outros artigos de carvão e grafita para uso elétrico, eletroímãs e isoladores (Figura 69).



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: DMIN-SEDE.

Figura 69 - Quantificação dos empregos gerados na cadeia da grafita por Região Geográfica Intermediária

3.2.5.5. Feldspatos

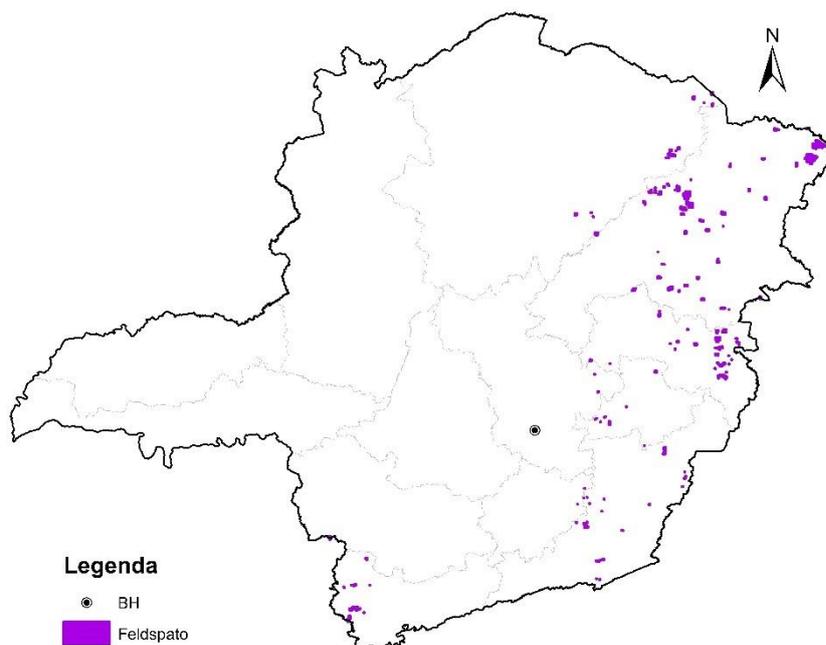
Os feldspatos são, entre os silicatos, os minerais de maior abundância na crosta terrestre e englobam dois grupos de minerais predominantes: os álcalis-feldspatos e os plagioclásios, que são silicatos de potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca). Mais raramente, os minerais podem conter o bário (Ba) na sua estrutura.

Esses minerais do grupo do feldspato estão presentes como constituintes essenciais de rochas **ígneas**, como granitos, pegmatitos e nefelina-sienitos, de onde se originam os principais tipos de depósitos para extração. Ocorrem também em rochas **metamórficas**, **sedimentares** e como areias feldspáticas sedimentares (ALECRIM,1982).

Os feldspatos são empregados principalmente na indústria cerâmica, cuja sua função primordial é aumentar a maleabilidade da mistura e, conseqüentemente, sua resistência. Este bem mineral ainda participa na fabricação de vidros, prótese dentária, pastas, isolantes térmicos e elétricos, etc.

As principais fontes de feldspatos são oriundas de pegmatitos encaixados em granitos ou em xistos sob a forma de corpos lenticulares ou diques. Em Minas Gerais, os principais depósitos e lavras concentram-se na **Província Pegmatítica Oriental** na qual se inserem os vales dos rios Doce e Jequitinhonha (região de Governador Valadares, Conselheiro Pena, Virgem da Lapa, Itinga, Galiléia, Divino das Laranjeiras, Barão de Cocais dentre outros) e na **Província Meridional**, no sudoeste do Estado (Andradas, Poços de Caldas, Inconfidentes, Caldas, Ouro Fino) e a sudeste de Minas Gerais (ALECRIM,1982).

Em termos de processos minerários de feldspatos, é possível constatar que há uma concentração na porção leste do Estado, principalmente nas regiões de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Ipatinga. Existindo ainda, em menor proporção, processos nas regiões de Juiz de Fora, Pouso Alegre, Montes Claros e Belo Horizonte (Figura 70).



Fonte: SIGMINE, 2020/ Elaboração: SEDE

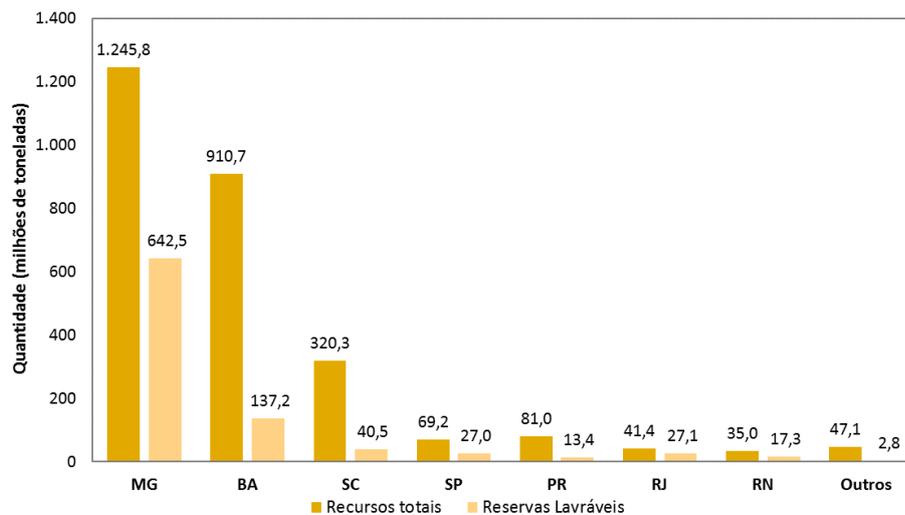
Figura 70 - Localização dos processos minerários de feldspatos com uso industrial.

Dentre as principais empresas que extraem e comercializam feldspatos no Estado, estão a **Mineração Curimbaba Ltda.** (Poços de Caldas) e a **Mineração Thomazini Ltda** (Itinga).

Recursos e Reservas

O *Mineral Commodity Summaries* (USGS, 2020), ressalta que as reservas mundiais de feldspatos (e nifelina sienito) são abundantes em todos os países produtores, porém foram divulgados dados apenas em oito países, com o Egito sendo o maior detentor mundial, com cerca de 1,0 bilhão de toneladas; ainda houve dados do Irã (630 Mt), Índia (320 Mt), Tailândia (240 Mt), Turquia (240 Mt), República da Coreia (180 Mt) e República Tcheca (23 Mt). Dados da ANM, mostram que as reservas lavráveis nacionais foram de 907,7 Mt, o que colocou o país como segundo maior detentor de reservas mundiais desse bem mineral.

Dados ANM mostram que, em 2020, o montante recursos e reservas nacionais de feldspatos, estão distribuídos nos Estados de Minas Gerais (1,89 Bt), Bahia (1,05 Bt), Santa Catarina (360,8 Mt), São Paulo (96,2 Mt), seguidos por Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Espírito Santo, Paraíba, Tocantins e Ceará (**Gráfico 171**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 171 - Distribuição nacional dos recursos e reservas de feldspatos.

Em Minas Gerais, a distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos, leucita e nefelina-sienito se concentra na região de Pouso Alegre, com mais de 1.440 Mt, o que representa 76,3% do total. Ainda merecem destaque as regiões de Belo Horizonte (251,8 Mt) e de Governador Valadares (61,5 Mt) (**Gráfico 172**). Podem também ser encontradas ocorrências nas regiões de Teófilo Otoni, Montes Claros, Juiz de Fora e Ipatinga (ANM/MG, 2021).

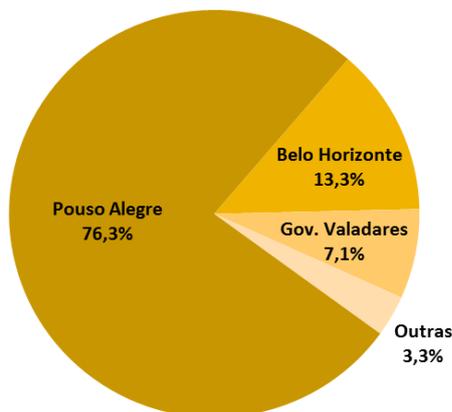
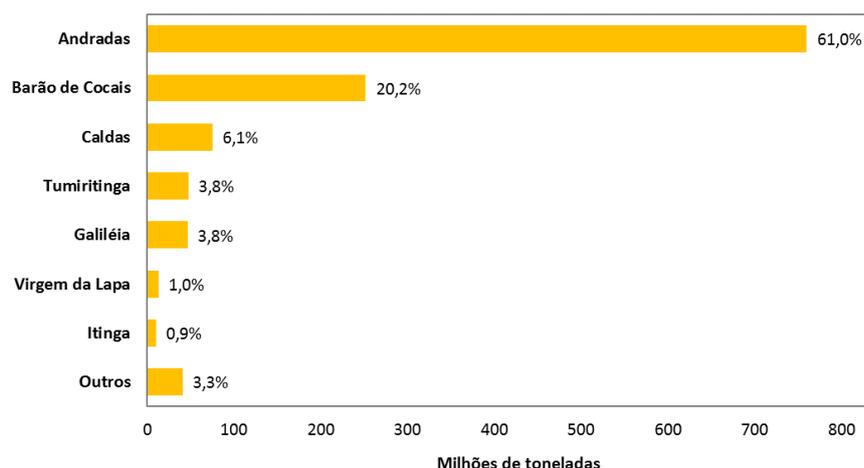


Gráfico 172 - Distribuição regional dos recursos e reservas de feldspatos em Minas Gerais.

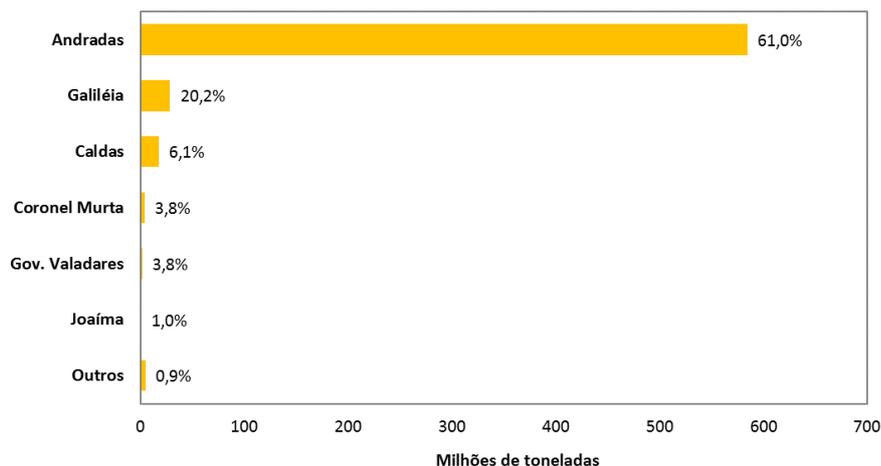
Dentre 35 municípios mineiros detentores de recursos totais de feldspatos, Andradas é responsável por aproximadamente 760 Mt dessas ocorrências. Citam-se ainda os municípios de Barão de Cocais (251,8 Mt); Caldas (75,7 Mt); Tumiritinga (47,4 Mt); Galiléia (46,8 Mt); Virgem da Lapa (12,9 Mt); e Itinga (10,6 Mt) (**Gráfico 173**).



Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 173 - Principais municípios com recursos totais de feldspatos no Estado de Minas Gerais.

Em termos de reservas lavráveis, a distribuição se dá entre 21 municípios, com Andradas sendo o principal detentor (584,4 Mt); seguido por Galiléia (28,4 Mt); Caldas (18,0 Mt), Coronel Murta (4,2 Mt); Governador Valadares (1,4 Mt) e Joáima (1,3 Mt) (**Gráfico 174**).

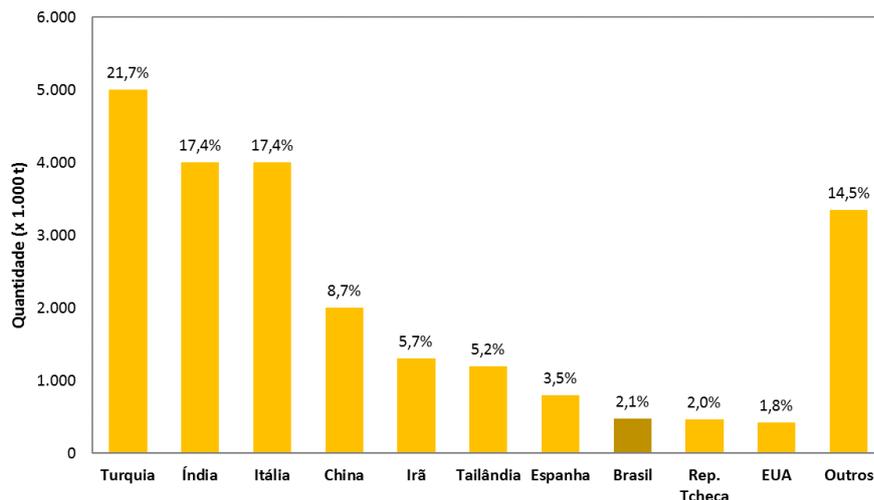


Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 174 - Principais municípios com reservas lavráveis de feldspatos no Estado de Minas Gerais.

Produção

Em 2020, a produção beneficiada mundial de feldspatos foi de aproximadamente 23 Mt, liderada pela Turquia (5,0 Mt); seguida por Índia (4,0 Mt); Itália (4,0 Mt); e China (2,0 Mt) (USGS). A partir dos dados da ANM, o Brasil fica oitavo lugar, com 477,7 mil toneladas (**Gráfico 175**).



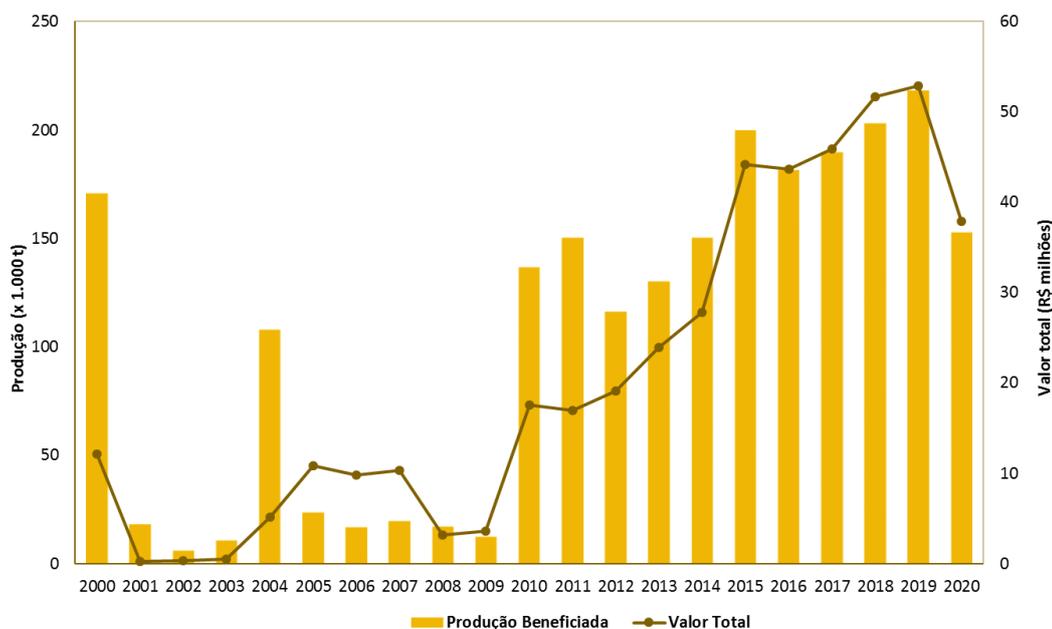
Fonte: USGS/ANM, 2021.

Gráfico 175 - Distribuição da produção mundial de feldspatos.

Em nível nacional, a produção bruta comercializada de feldspatos, em 2020, foi de 269.313 toneladas. O Estado de Minas Gerais foi responsável por 44,4% da produção bruta, seguido por Paraná (24,6%), Paraíba (22,1%), Bahia (5,6%), Espírito Santo (2,1%) e Rio de Janeiro (1,2%) (ANM, 2021).

A produção beneficiada totalizou 477.663 toneladas, dominada por Santa Catarina (35%), Minas Gerais (32%) e Paraná (30%). Rio Grande do Norte, São Paulo, Paraíba e Rio de Janeiro somaram 2,8% do total (ANM, 2021).

A produção mineira de feldspatos (incluindo leucita e nefelina-sienito) foi irregular no período de 2000 a 2009, com aumento significativo a partir de 2010, alcançando 136,9 mil t, e atingindo o máximo de 218,2 mil t em 2019. Em 2020, voltou a cair para 153,0 mil t. O valor total comercializado acompanhou a tendência da produção no período, alcançando R\$52,9 milhões em 2019, com retração da ordem de 30% em 2020 (Gráfico 176).



Fones: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM-MG.

Gráfico 176 - Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de feldspatos em Minas Gerais.

3.2.6. AGROMINERAIS

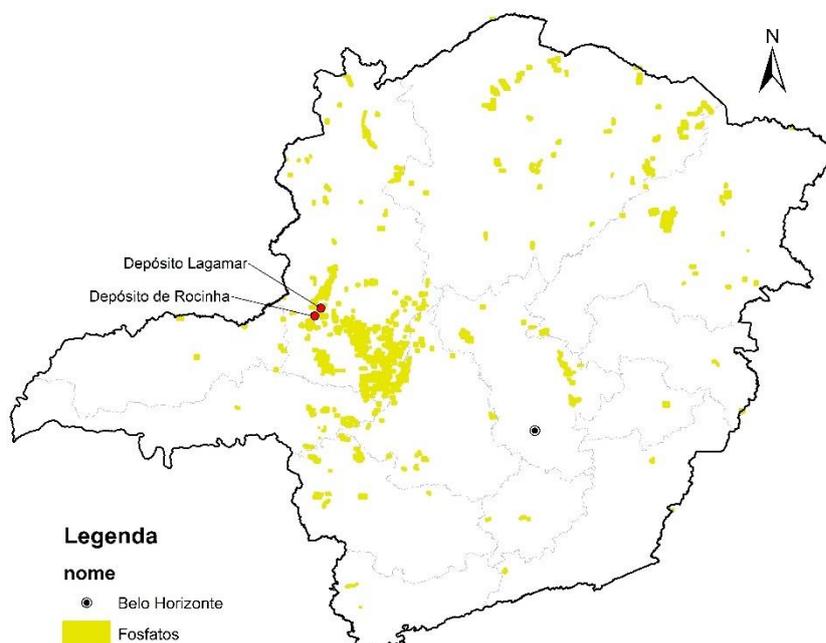
Os fertilizantes de origem mineral mais frequentemente usados são aqueles provenientes de **rochas fosfatadas**, com grandes reservas e depósitos relevantes localizados no Estado de Minas Gerais. Também ocorrem os fertilizantes potássicos, estes com principais depósitos nacionais localizados no Estado de Sergipe e os fertilizantes nitrogenados, como o salitre do Chile (nitrato de sódio).

3.2.6.1. Fosfatos

Os fertilizantes inorgânicos que contêm fósforo estimulam o crescimento radicular das plantas e são geralmente constituídos por minerais do **grupo da apatita** (ALECRIM, 1982). Esses por sua vez estão presentes como minerais acessórios em diversas rochas ígneas, metamórficas, sedimentares, pegmatitos ou associadas a rochas alcalinas.

Outras fontes de fosfatos são aquelas provenientes da **fosforita**, que são fosfatos tribásicos de cálcio, cuja composição se assemelha a da apatita. No entanto, apresenta estrutura amorfa ou variedades criptocristalinas, de origem magmática. Existem ainda as fontes provenientes do **alumínio fosfato** que são fosfatos hidratados de alumínio, de estrutura amorfa, associados a fosfatos de ferro (ALECRIM, 1982).

Em Minas Gerais, os principais depósitos de fosfatos estão localizados na região de Patos de Minas. Entretanto, ocorrências dessas substâncias também estão presentes nas demais regiões como a de Uberaba, Varginha, Divinópolis, Belo Horizonte, Montes Claros e Teófilo Otoni. (**Figura 71**).



Fonte: SIGMINE-MG, 2021/ Elaboração: SEDE.

Figura 71 - Localização dos principais depósitos e processos minerários de fosfatos de Minas Gerais.

Em geral, as origens dos depósitos de rochas fosfatadas no Estado são do tipo ígneo ou sedimentar. O tipo ígneo ocorre em corpos alcalino-carbonatíticos bordejando a Bacia do Paraná, na Província Alcalina do Alto Paranaíba, devido ao intenso magmatismo alcalino de idade fanerozoica que ocorreu no final do Cretáceo até ao Paleógeno (Abram 2016b *apud* Uhlein et al, 2018).

Os principais depósitos magmáticos contendo fosfatos dessa região são os de **Tapira**, que é considerado como a maior mineração de rocha fosfática da América Latina, com previsão de vida útil de 65 anos; **Araxá** que contém importantes reservas de P; **Serra Negra e Salitre I, II e III** (MORAES e SEER, 2018).

Já os depósitos sedimentares de fosfatos estão relacionados a rochas das Formações Rocinha e Lagamar (DIAS *et al*, 2015) que formam a porção basal do Grupo Vazante (Proterozoico Médio a Superior), e ocorrem na forma de fosfarenitos, fosforuditos e fosfolutitos (DARDENNE e SCHOBENHAUS, 2003). Estes depósitos ocorrem na zona de transição entre o Cráton São Francisco e a Faixa de Dobramento Brasília, ou seja, no limite entre as regiões Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sendo as minas da Rocinha, no município de Patos de Minas, e Lagamar, no município homônimo, as mais conhecidas.

Ocorrências de fosfatos, relacionadas ainda as rochas enriquecidas em apatita da Formação Rocinha, como a de Ponte Caída, situada no Vale do Ribeirão Santo Antônio do Bonito, a leste de Coromandel, são citadas por Uhlein *et al*, 2018, entretanto, esta ocorrência ainda não foi explorada.

Há registros de ocorrências de fosfatos, mas sem exploração econômica, nas proximidades do município de Cedro do Abaeté e do povoado de Quartel São João (distrito de Quartel Geral), no centro oeste do Estado de Minas Gerais. Estas ocorrências estão relacionadas aos Ritmitos fosfáticos que ocorrem no Grupo Bambuí (final do Neoproterozoico) (UHLEIN *et al*, 2018).

Ressalta-se ainda ocorrências de rochas fosfáticas, relacionadas ao Supergrupo Espinhaço, na porção centro-sul da Serra do Espinhaço Meridional, que afloram nas proximidades da Cidade de Conceição do Mato Dentro e que estão associadas a sequência superior da Formação Sopa Brumadinho, formada por quartzitos e xistos carbonáticos enriquecidos em apatita (UHLEIN *et al*, 2018).

Dentre as principais empresas que operavam na extração e comercialização de fosfatos no Estado de Minas Gerais, estavam a Bunge Fertilizantes e a Vale Fertilizantes. Entretanto, em 2010, a Bunge foi vendida para a Vale Fertilizantes, que por sua vez, em 2018, foi vendida para a Mosaic Fertilizantes.

A **Mosaic Fertilizantes** (que surge da junção da Cargill Fertilizantes e a IMC Global) é uma das maiores empresas que atuam na produção e comercialização de fosfato e potássio combinados. Possui duas unidades no Paraguai e 20 no Brasil, sendo cinco localizadas em Minas Gerais, nos municípios de Tapira, Patrocínio, Araxá, Alfenas e Uberaba.

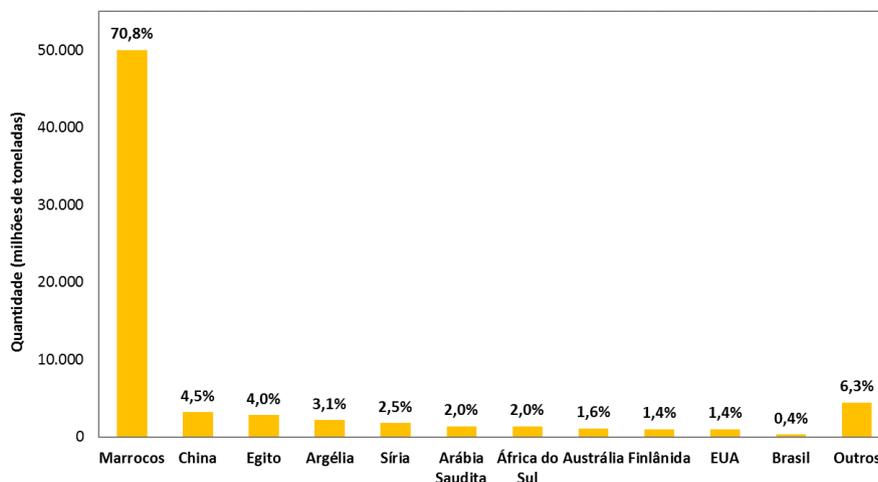
Outra empresa que atua na extração e comercialização de fosfatos no Estado é a **Galvani**, que realiza atividades de mineração, beneficiamento, industrialização e distribuição de fertilizantes fosfatados no Brasil. Possui unidades em São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso e Ceará.

Em Minas Gerais, a Galvani possui um Complexo Minero-industrial no município de Serra do Salitre, e uma unidade de mineração, no município de Lagamar, produzindo fertilizantes fosfatados.

Recursos e Reservas

Segundo o *Mineral Commodity Summaries* (USGS, 2021), existe abundância de reservas mundiais de fosfato, um montante de 70,6 bilhões de toneladas (Bt), o que não coloca em risco o fornecimento dessa *commodity*. Este fato dificulta a abertura de novas minas no Brasil, onde os depósitos possuem os teores reduzidos e maiores custos de extração. Porém, o Brasil apresenta forte dependência internacional de fertilizantes, o que reforça a importância de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos projetos.

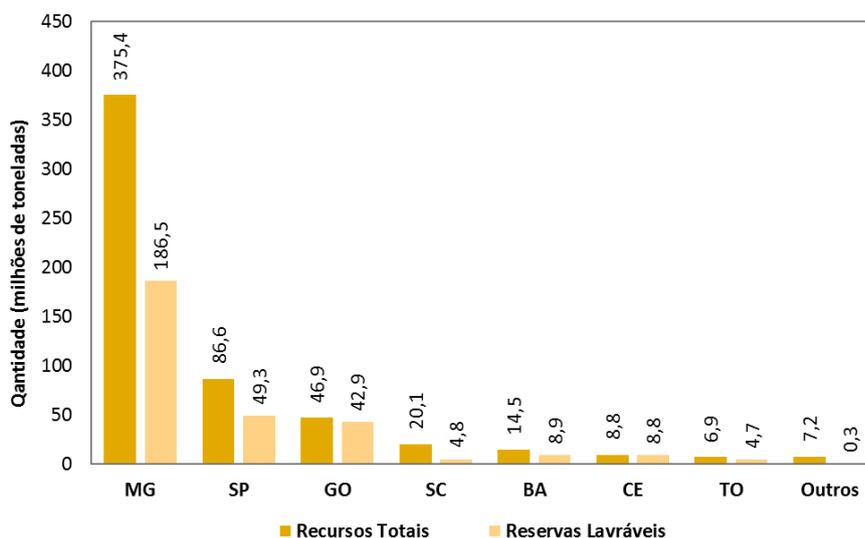
As reservas brasileiras são tímidas em comparação aos demais países detentores de reservas de fosfatos, ficando apenas com 306,1 Mt (P₂O₅ contido), segundo dados da ANM. O destaque fica com o Marrocos, que detém mais de 50,0 Bt, seguido pela China (3,2 Bt), Egito (2,8 Bt), Argélia (2,2 Bt) e Síria. (Gráfico 177).



Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 177 - Reservas mundiais de fosfato (em P₂O₅ contido)

No Brasil, os depósitos de fosfatos estão localizados principalmente em Minas Gerais, que possui mais de 375,3 Mt em recursos totais e 186,5 Mt em reservas lavráveis, o que representa 64,4% do total nacional das ocorrências. Merecem atenção os estados de São Paulo, com, respectivamente, 86,6 e 49,2 Mt; Goiás (46,8 e 42,9 Mt). Ainda são registradas ocorrências na Bahia, Ceará e Tocantins (Gráfico 178).

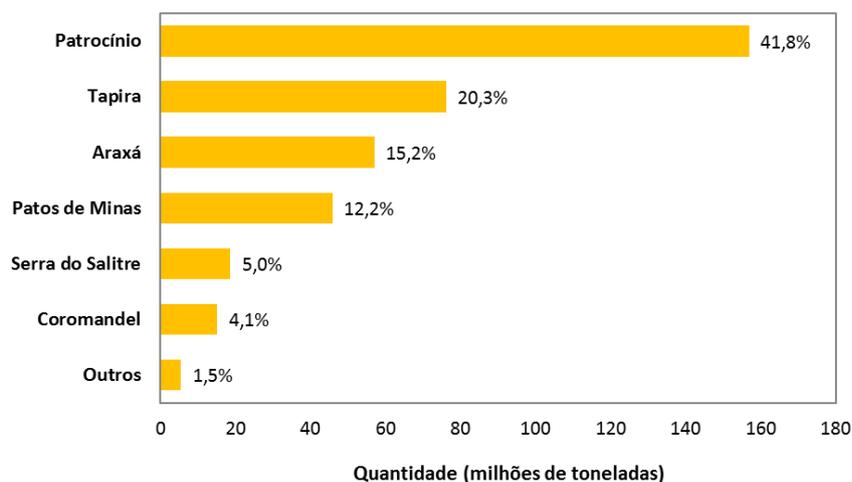


Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 178 - Recursos e reservas nacionais de fosfato (em P₂O₅ Contido)

Em Minas Gerais, segundo os dados da ANM-MG de 2021, os recursos totais (medidos, indicados e inferidos) estão distribuídos em 11 municípios, principalmente nas Regiões Geográficas Intermediárias de Patos de Minas e Uberaba, com aproximadamente 237,8 e 133,3 Mt, respectivamente, que juntas representam 99% do total do Estado. As demais regiões que possuem ocorrências de fosfato são a de Varginha e Divinópolis.

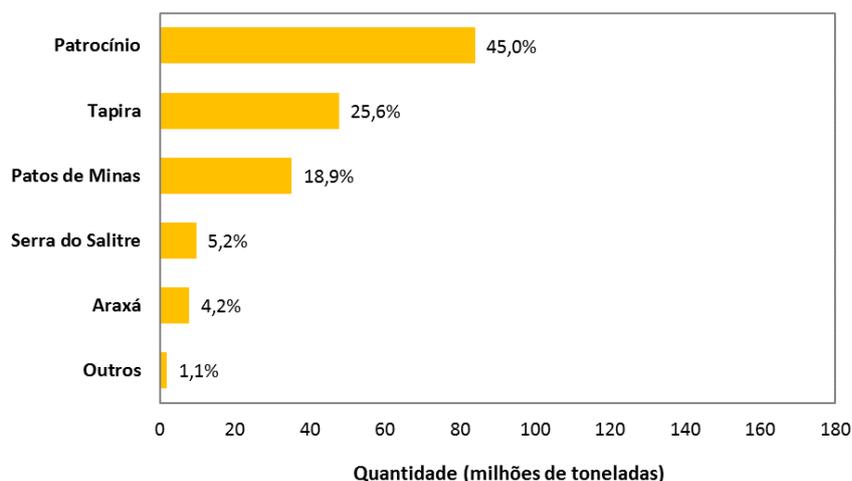
Dentre os municípios do Estado detentores de recursos totais de minério de fosfato, destacam-se Patrocínio (156,9 Mt); Tapira (76,1 Mt); Araxá (57,2 Mt); e Patos de Minas (45,9 Mt). Existem ainda outros depósitos em Serra do Salitre, Coromandel, Pratápolis, Carmo do Paranaíba, Matutina, Tiros e Cedro do Abaeté (**Gráfico 179**).



Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 179 - Distribuição dos recursos totais (em P_2O_5 contido) por município no Estado de Minas Gerais.

Em termos de reservas lavráveis de minério de fosfato, destacam-se os municípios de Patrocínio (84,0 Mt); Tapira (47,7 Mt); Patos de Minas (35,2 Mt); Serra do Salitre (9,7 Mt) e Araxá (7,9 Mt). Também ocorrem reservas lavráveis em Pratápolis, Carmo do Paranaíba e Cedro do Abaeté (**Gráfico 180**).

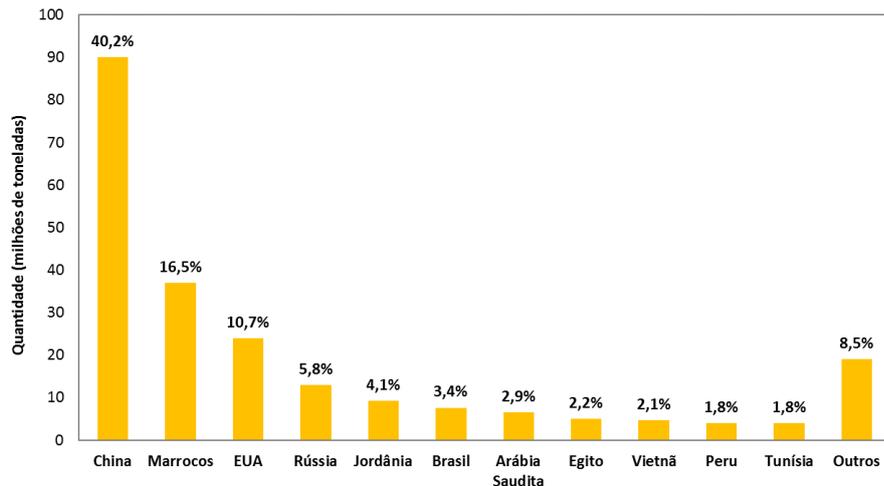


Fonte: ANM-MG, 2021.

Gráfico 180 - Distribuição das reservas lavráveis (em P_2O_5 contido) por município no Estado de Minas Gerais

Produção

Em 2020, a produção mundial de fosfatos foi da ordem de 223 Mt, sendo liderada pela China, com 90 Mt. Marrocos e EUA, vêm na sequência, com 37,0 e 24,0 Mt, respectivamente (USGS, 2021). Segundo dados da ANM, a produção do Brasil foi de 7,63 Mt, em 2020, o que colocou o país no sexto lugar, dentre os maiores produtores mundiais (**Gráfico 181**).

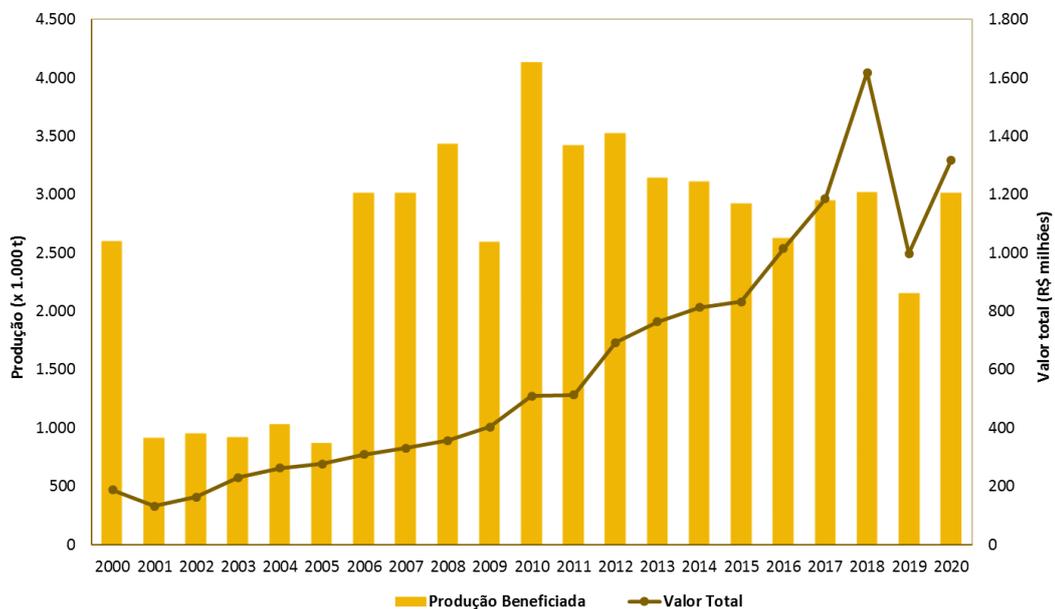


Fonte: USGS e ANM, 2021.

Gráfico 181 - Distribuição da produção mundial de fosfatos.

A produção nacional de ROM, em 2020 totalizou 37,9 Mt, com 90% provenientes dos complexos carbonatíticos localizados em Catalão/Ouvidor (GO), Araxá (MG) e Tapira (MG) que, quando somados aos complexos de Cajati (SP) e Angico dos Dias (BA), resultam em 99%.

Em nível estadual, observa-se que a produção beneficiada de minério de fosfato triplicou de 2005 para 2006, permanecendo numa produção média de 3,0 Mt entre 2006 e 2020, com uma leve queda para o patamar de 2,5 Mt em 2019 (**Gráfico 182**).



Fontes: Anuário Mineral Brasileiro/ ANM-MG.

Gráfico 182 - Evolução da produção beneficiada e do valor total comercializado de fosfatos em Minas Gerais

Observa-se, ainda, que o valor total comercializado mostra tendência de crescimento no período analisado, ultrapassando a casa de R\$1,0 bilhão em 2016. Apesar da queda de 38% de 2018 para 2019, houve um crescimento de 32%, em 2020.

Cadeia Produtiva

No Brasil, a produção de fertilizantes tem evoluído, consideravelmente, desde os anos 90, que passou a deslocar-se, progressivamente, para as regiões com matéria-prima abundante e preços competitivos (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008). Essa mesma tendência é constatada para o Estado de Minas Gerais, cujo principais produtos da cadeia produtiva de fosfatos são os fertilizantes.

Na indústria de fertilizantes, a matéria-prima são as rochas fosfatadas, que contêm o principal mineral de fósforo (apatita), que passam por processos de concentração e transformação para a liberação do fósforo, usado, sobretudo, na fabricação do ácido fosfórico (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

De maneira geral, a cadeia produtiva de fertilizantes fosfatados, segue uma rota básica de beneficiamento que compreende cominuição de rochas fosfatadas (britagem e moagem), concentração magnética de baixo campo, classificação, deslamagem, concentração por flotação e espessamento; existindo ainda as rotas hidrometalúrgicas que usam ácidos (sulfúrico, clorídrico e nítrico), amônia e enxofre como insumos, tendo como subprodutos os ácidos fosfóricos e fluossilícico (Figura 72).

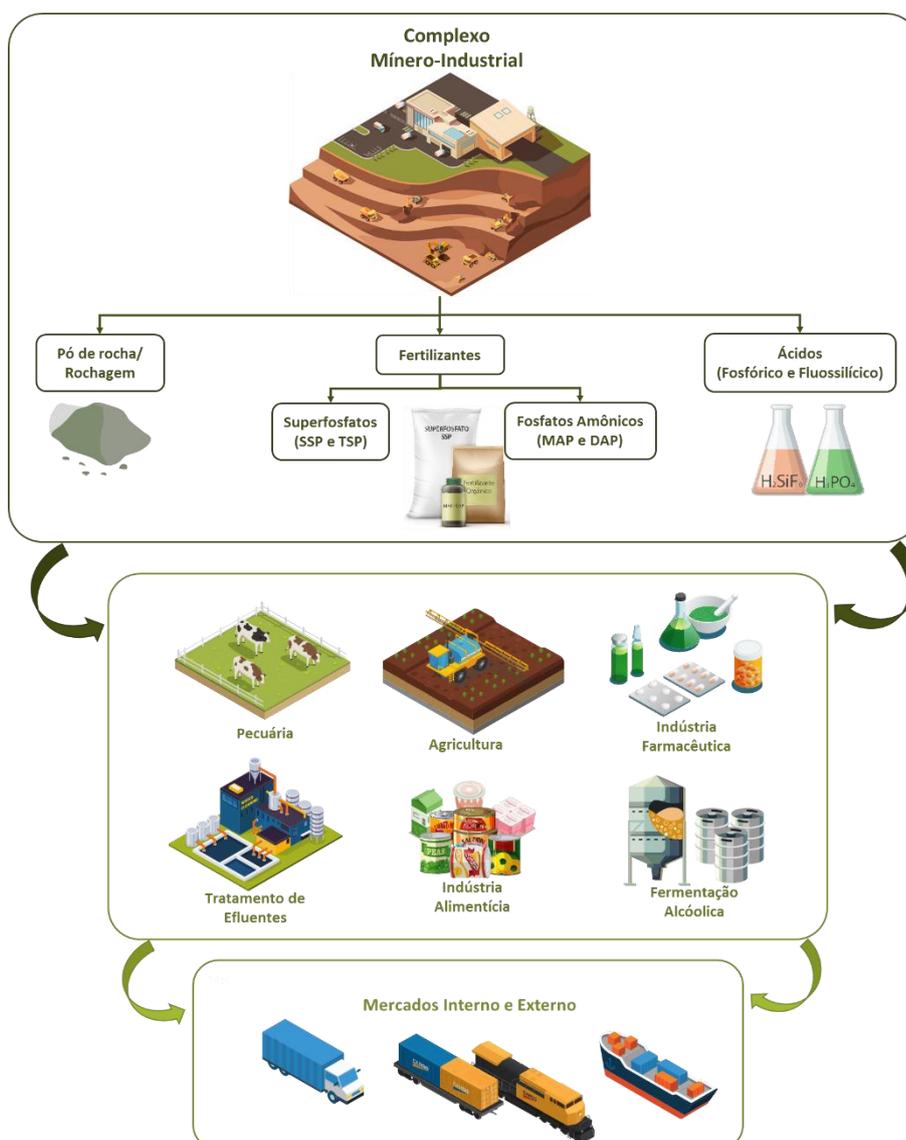


Figura 72 - Fluxograma esquemático da cadeia produtiva dos fosfatos

Os principais produtos comerciais dessa cadeia são os concentrados fosfáticos, concentrados fosfáticos secos microgranulados, superfosfatos simples e triplos, fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP); e os ácidos fosfóricos. Esses produtos têm diversas aplicações, tais como fertilizantes; indústrias de alimentação, agropecuária e farmacêutica; tratamento de efluentes; e em fermentação alcoólica (**Figura 72**).

Os fertilizantes obtidos de minérios fosfatados naturais são produzidos em complexos industriais que podem ser constituídos por unidades agrupadas numa mesma área, ou atuarem separadamente (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

O parque produtor de fertilizantes, em Minas Gerais, inclui desde empresas mineradoras/ produtoras de matérias-primas que fornecem produtos intermediários, até as empresas misturadoras/ vendedoras de fertilizantes; além das produtoras que atuam como misturadoras e no campo da química (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2008).

Esses complexos industriais estão concentrados, principalmente, nas RGInt de Patos de Minas e Uberaba, incluindo empresas como a Mosaic Fertilizantes e a Galvani (**Figura 73**).

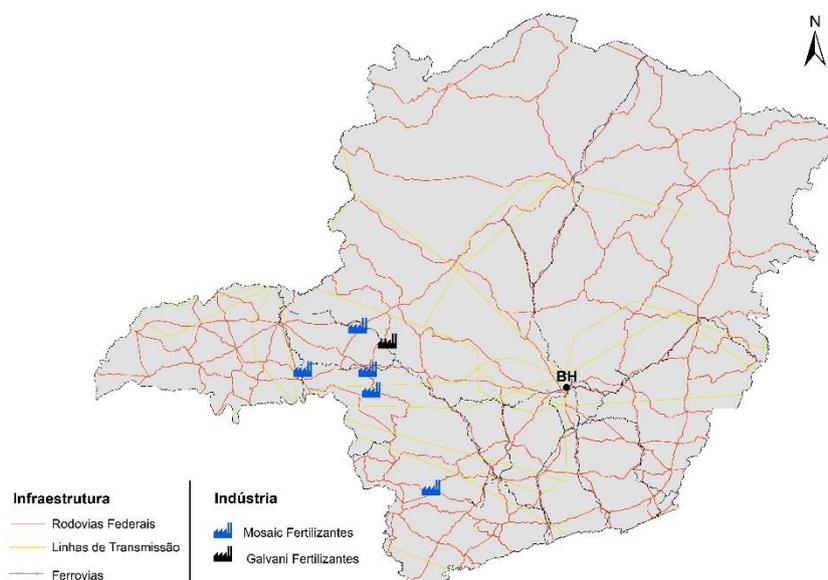
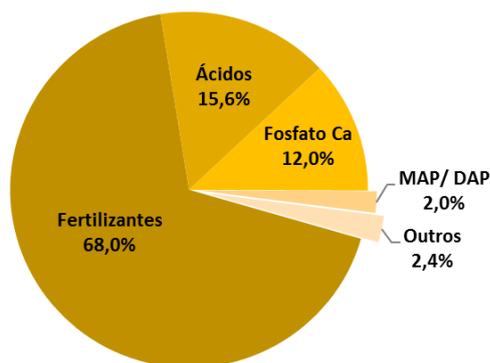


Figura 73 – Localização das indústrias de fertilizantes em Minas Gerais

Aspectos Econômicos

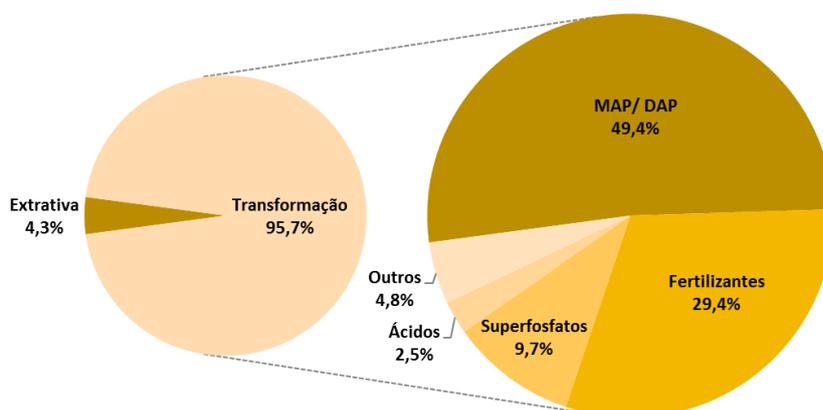
No cenário nacional (2020), a balança comercial referente aos fosfatos mostrou que o volume das importações foi de US\$ 3,17 bilhões (96,7%), já para as exportações, de US\$ 143,8 milhões (4,3%). Ressalta-se que as exportações foram majoritariamente de produtos transformados, (US\$ 143,6 milhões), representados principalmente por fertilizantes (US\$ 97,7 milhões), ácidos fosfóricos (US\$ 22,4 milhões) e fosfatos de cálcio (US\$ 17,3 milhões) (**Gráfico 183**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 183 – Exportações nacionais da indústria de transformação de fosfatos.

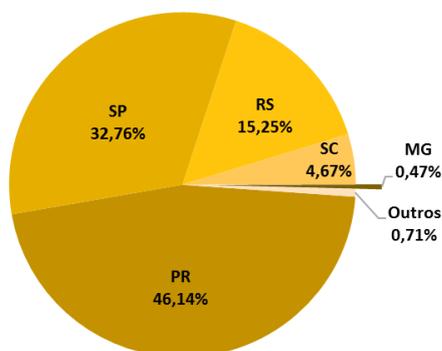
Em termos de importações, observa-se que a indústria extrativa foi responsável por US\$ 134,83 milhões e a indústria de transformação por US\$ 3,03 bilhões. Dentre os produtos transformados importados, destacam-se os fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP), com US\$ 1,57 bilhões; fertilizantes, com US\$ 930,26 milhões; e superfosfatos, com US\$ 306,07 milhões (**Gráfico 184**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 184 – Importações nacionais de fosfatos

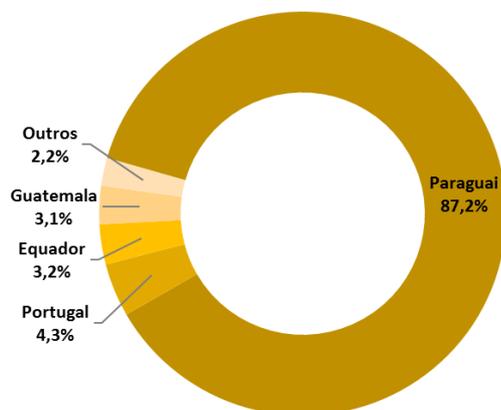
Em nível estadual, apesar da produção atingir o patamar de 3,0 milhões de toneladas e Minas Gerais possuir os principais depósitos nacionais, ressalta-se que as exportações de bens primários foram inexpressivas, não havendo registros da participação do Estado nas exportações nacionais. Já para as exportações de produtos transformados, Minas Gerais ocupou o quinto lugar, com US\$ 671,5 mil (2020), com destaque para o Paraná (US\$ 66,3 milhões), São Paulo (US\$ 47,0 milhões), Rio Grande do Sul (US\$ 21,9 milhões) e Santa Catarina (US\$ 6,7 milhões) (**Gráfico 185**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 185 – Distribuição nacional de exportações de produtos transformados de fosfato.

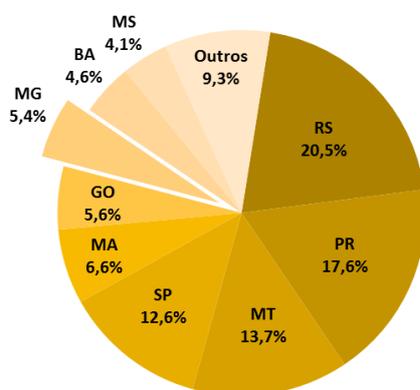
Em Minas Gerais, a exportação de produtos transformados foi majoritariamente (97%) de fertilizantes (US\$ 650,9 mil) dentre outros produtos, sendo comercializados principalmente para o Paraguai (US\$ 585,8 mil), Portugal (US\$ 28,7 mil), Equador (US\$ 21,6 mil) e Guatemala (US\$ 20,6 mil), além de Angola, Colômbia, Uruguai e Noruega (**Gráfico 186**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 186 – Destino das exportações da indústria de transformação de fosfato de Minas Gerais.

Em termos de importações, Minas Gerais foi o sétimo Estado comprador de produtos de fosfato, considerando as indústrias extrativa e de transformação, com um volume de US\$ 170,9 milhões, sendo os principais importadores os Estados do Rio Grande do Sul (US\$ 645,0 milhões), Paraná (US\$ 557,3 milhões) e São Paulo (US\$ 400,2 milhões) (**Gráfico 187**).



COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 187 – Distribuição nacional de importações da indústria de fosfatos.

Seguindo a tendência nacional, Minas Gerais importou, principalmente fertilizantes (US\$ 95,5 milhões) e fosfatos monoamônicos (MAP) e diamônicos (DAP) (US\$ 72,8 milhões) (**Gráfico 188a**). Esses produtos foram comercializados principalmente de Marrocos (US\$ 43,8 milhões), Rússia (US\$ 43,6 milhões), EUA (US\$ 35,7 milhões) e Noruega (US\$ 24,4 milhões) (**Gráfico 188b**).

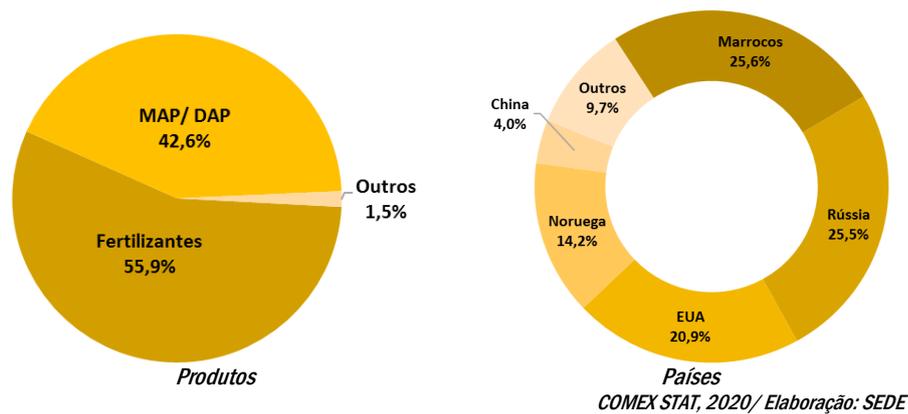


Gráfico 188 – Principais produtos importados de fosfatos e países fornecedores.

Na cadeia produtiva dos fosfatos em 2018, o setor extrativista foi responsável pela geração de 1.663 empregos diretos no setor de extração de minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos. Já o setor de transformação foi responsável por 7.445 empregos, sendo distribuídos nos setores de adubos e fertilizantes, exceto organominerais (4.701), produtos intermediários para fertilizantes (1.713) e adubos e fertilizantes organominerais (1.031) (Gráfico 189).

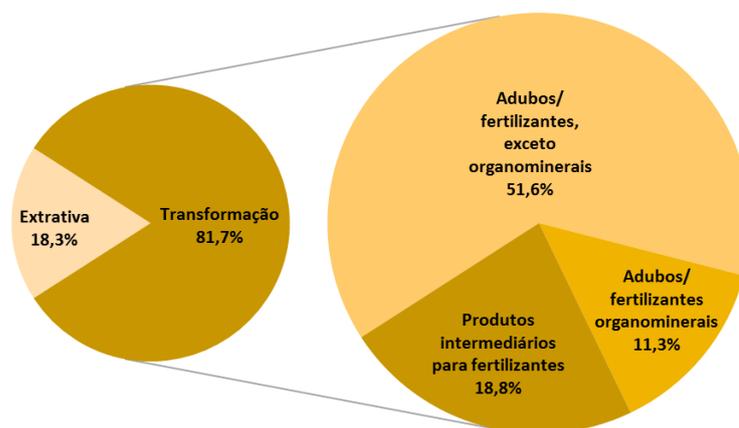
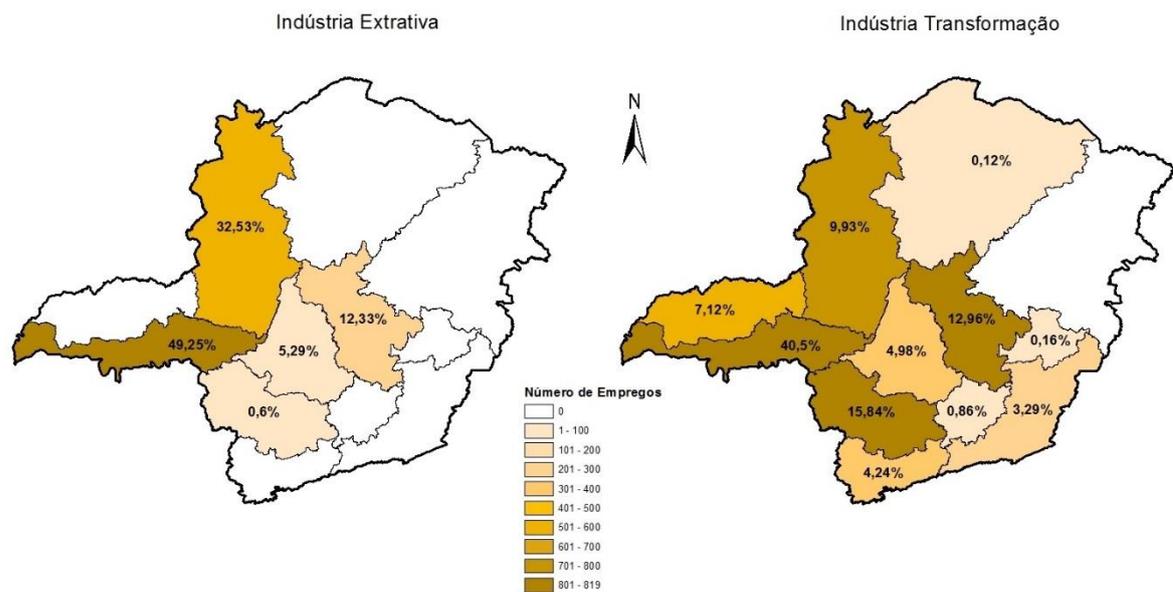


Gráfico 189 – Distribuição dos empregos diretos na cadeia produtiva dos fosfatos.

Tendo em vista que as principais minas de fosfatos do Estado estão localizadas nas RGIInt de Patos de Minas e Uberaba, em 2020, observa-se que a mão de obra da indústria extrativa está concentrada nas RGIInts Uberaba (819) e Patos de Minas (541); podendo citar ainda as regiões de Belo Horizonte, Divinópolis e Varginha. Para a indústria de transformação, os empregos diretos estão concentrados nas RGIInts de Uberaba (3.015), Varginha (1.179), Belo Horizonte (965), Patos de Minas (739) e as demais regiões que juntas somam 1.547 empregos diretos (Figura 74).



Fonte: RAIS, 2020/ Elaboração: SEDE.
Figura 74 – Quantificação dos empregos diretos gerados na cadeia produtiva dos fosfatos por Região Geográfica Intermediária.

O Brasil, apesar de ser produtor de fertilizantes fosfatados e exportar alguns produtos, ainda é fortemente dependente de importação, de forma a atender à demanda interna.

3.2.6.2. Rochas Potássicas e Sais de Potássio

O potássio (K), pertence à classe dos metais alcalinos, é um elemento químico leve, de coloração branco-prateada, que se funde a baixas temperaturas, de ocorrência abundante na crosta terrestre, mas somente sob a forma de compostos (NASCIMENTO *et al*, 2008).

O uso do potássio tem destaque na fabricação de células fotoelétricas; na indústria de fármacos e cosméticos; na medicina, como repositor de eletrólito de KCl no organismo; como peróxido de potássio (K₂O₂) em aparelhos de respiração usados por bombeiros e mineiros; como KNO₃ na fabricação de pólvora; e na forma de cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio (KNO₃), como fertilizante (SOUZA, L.A., *s.d.*).

O potássio ocorre em diversos minerais, na sua rede cristalina, com teores entre dois a 10% ou superior (NASCIMENTO *et al*, 2008). Vale ressaltar que, em um grupo significativo de minerais com potássio, como os feldspatos potássicos (ortoclásio e microclimas) e algumas micas (biotita e muscovita), o potássio é insolúvel e o processo de dissolução só é possível por meio de ataque químico acompanhado de tratamento térmico, daí não sejam considerados minerais de minério.

Esse elemento (K) está presente também de forma significativa na composição química das rochas potássicas, com quantidades médias de 51% de SiO₂, 16% de Al₂O₃ e 7,5% de K₂O (DIAS *et al*, 2015; MARTINS, E.S. 2016); e em depósitos salinos com abundância em silvita (KCl) e carnalita (KMgCl₃. 6H₂O). Esses depósitos de cloreto de potássio estão localizados, principalmente, na Rússia e no Canadá, que são fontes mais viáveis economicamente para produção de fertilizantes.

No Brasil existe apenas uma mina que produz KCl, com base em silvinita, localizada em Sergipe, cuja a produção não supre a demanda nacional. As demais fontes de potássio brasileiras são, majoritariamente, oriundas de rochas potássicas.

Em Minas Gerais, as substâncias minerais portadoras de potássio estão predominantemente, nas RGInt de Patos de Minas e Divinópolis, onde ocorrem siltitos e ritmitos, de coloração esverdeada, rico em potássio, da Formação Serra da Saudade do Grupo Bambuí, comumente chamados de “verdetes”. Esses “verdetes” destacam-se nos municípios de Dolores do Indaiá, Quartel Geral, Cedro do Abaeté, Abaeté, Matutina, Tiros e São Gotardo (UHLEIN *et al*, 2018), cujos teores de K₂O variam entre 5 e 12% (ACKROYD *et al*, 2014, MOREIRA *et al*, 2016, *apud* por UHLEIN *et al*, 2018) e RGInt de Pouso Alegre, com ocorrências de rochas potássicas nos municípios de Poços de Caldas e Andradas (Figura 75).

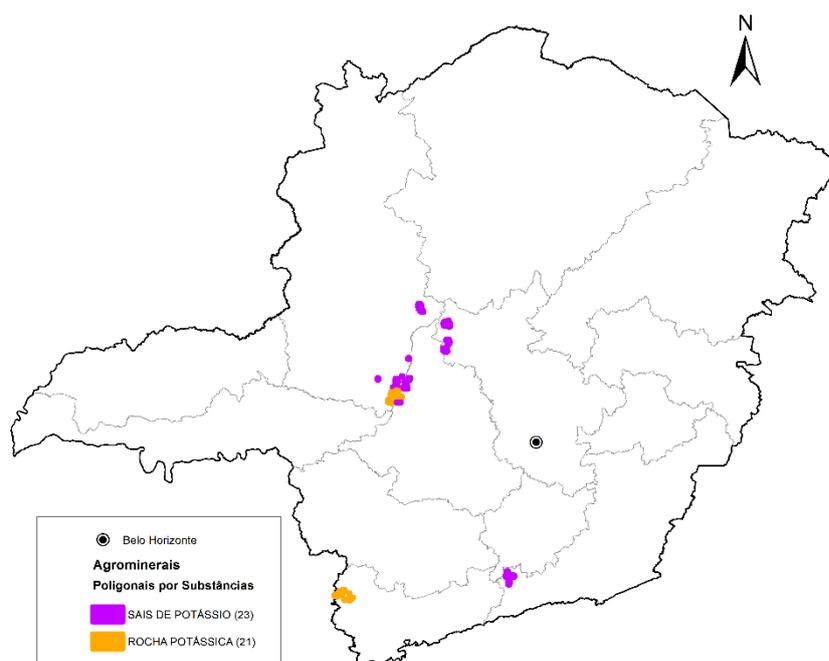
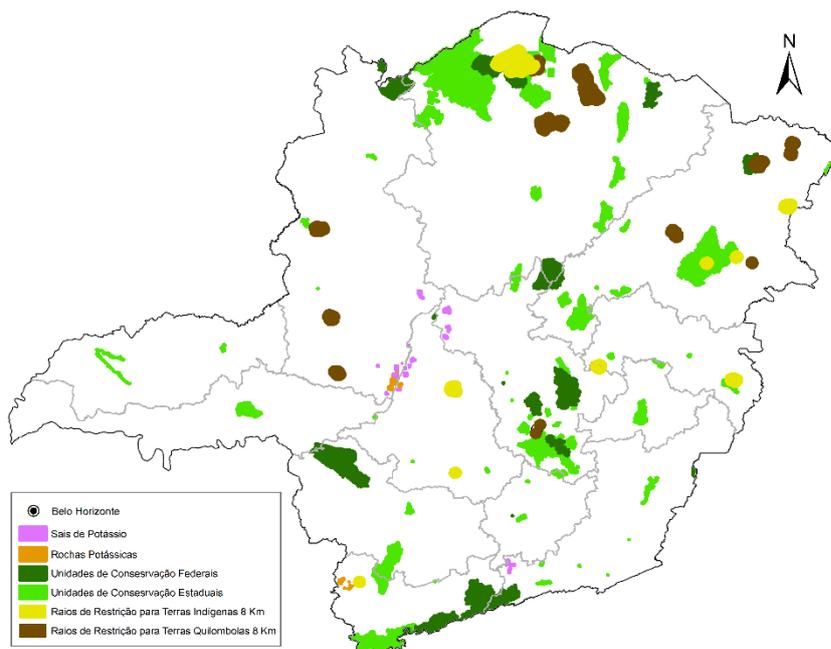


Figura 75 – Localização dos processos minerários para sais de potássio e rochas potássicas em Minas Gerais.

Outras ocorrências em Minas Gerais, são os sais de potássio, que, segundo os dados do SIGMINE-MG (2021), encontram-se nas fases de requerimento e autorização de pesquisas, nas RGInts de Pato de Minas, Divinópolis, Juiz de Fora e de Belo Horizonte. Existem ainda requerimentos e concessões de lavra para rochas potássicas nas RGInts de Pouso Alegre, Divinópolis e Patos de Minas.

Em se tratando de restrições ambientais, merece destacar que os recursos e reservas de rochas potássicas e sais de potássio em Minas Gerais não se sobrepõem às unidades de conservação estaduais e federais, terras indígenas ou quilombolas (com respectivos raios de restrição de 8,0 km para mineração) (Figura 76).



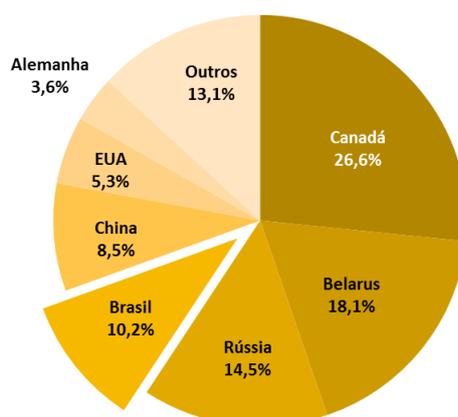
Fonte: SIGMINE – ANM/ IDE-SISEMA

Figura 76 – Localização das ocorrências de rochas potássicas e sais de potássio em relação às unidades de conservação, quilombolas e terras indígenas em Minas Gerais.

Recursos e Reservas

O potássio é o mais raro dos três nutrientes em termos de abundância de jazidas minerais, com produção em apenas 12 países. O Canadá é o principal produtor e exportador de potássio do mundo e o que detém as maiores reservas conhecidas (KULAIF, Y., 2009).

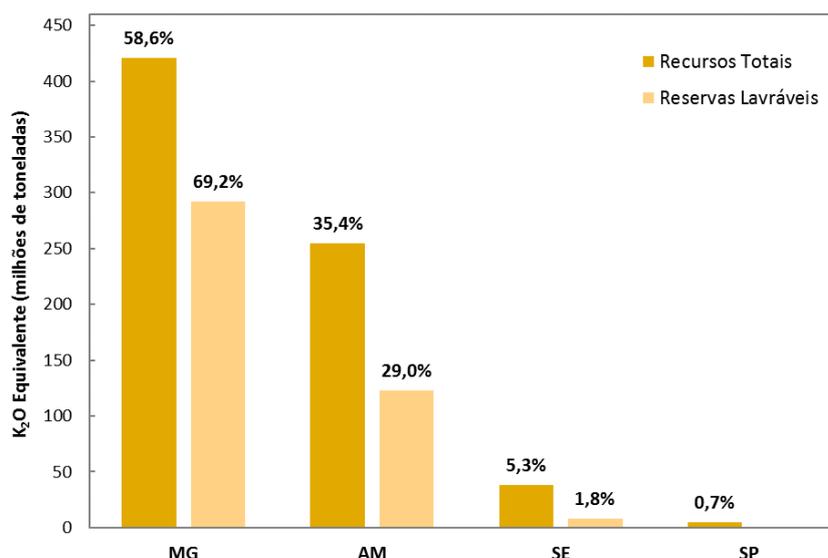
Segundo dados do *Mineral Commodities Summaries* (USGS), em 2020, Canadá (1.100 Mt), Belarus (750 Mt) e Rússia (600 Mt) eram os principais países detentores de reservas mundiais de K₂O equivalente. Dados da ANM, mostraram que o Brasil possuía cerca de 420 milhões de toneladas de reservas lavráveis de K₂O equivalente, o que coloca o país em quarto lugar no *ranking* mundial (Gráfico 190).



Fonte: USGS, 2021 / ANM, 2021.

Gráfico 190 – Distribuição mundial das reservas de potássio (em K₂O equivalente).

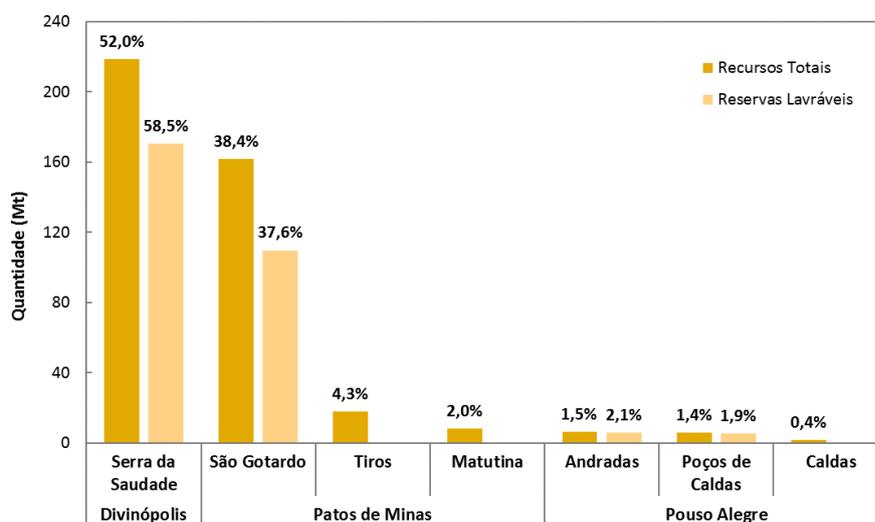
Dados da ANM (2020) mostraram que os recursos totais e reservas lavráveis de potássio do Brasil estão distribuídos nos Estados de Minas Gerais (420,9 Mt e 292,0 Mt), Amazonas (254,2 Mt e 122,5 Mt), Sergipe (38,1 Mt e 7,7 Mt) e São Paulo (4,8 Mt) (Gráfico 191).



Fonte: ANM, 2021

Gráfico 191 - Distribuição nacional dos recursos e reservas de potássio (em K₂O equivalente)

Em Minas Gerais, os recursos e reservas de rochas potássicas estão localizados nos municípios de Serra da Saudade (RGIInt de Divinópolis); São Gotardo, Tiros e Matutina (RGIInt de Patos de Minas); e Andradadas, Poços de Caldas e Caldas (RGIInt de Pouso Alegre) (**Gráfico 192**).

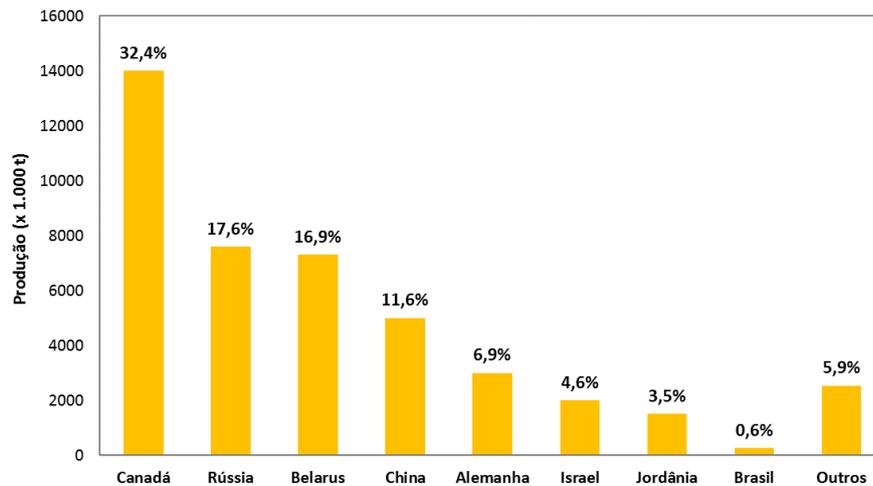


Fonte: ANM, 2021 - Elaboração: SEDE.

Gráfico 192 - Distribuição regional e municipal dos recursos e reservas de potássio (em K₂O equivalente) em Minas Gerais.

Produção

Segundo o *Mineral Commodities Summaries* (USGS), a produção mundial de potássio de 2020 foi realizada, principalmente, por Canadá (14,0 Mt), Rússia (7,6 Mt) e Belarus (7,3 Mt), havendo ainda produção na China, Alemanha e Israel. Apesar do Brasil ser o quarto detentor de reservas mundiais, em 2020, a produção nacional foi de 254,8 mil t (ANM, 2021), o que representou 0,6% do total (**Gráfico 193**).



Fonte: USGS, 2021 - ANM, 2021/ Elaboração: SEDE.

Gráfico 193 - Produção mundial de potássio (em K₂O equivalente)

Em nível nacional, dados da ANM (2020) mostraram que houve produção de ROM em Sergipe (1,84 milhões de toneladas) e Minas Gerais (315,6 mil t). Entretanto, a produção beneficiada nacional se concentrou apenas em Sergipe, com um total de 254,8 mil t de K₂O equivalente.

Cadeias Produtivas

Além do fósforo e nitrogênio, o potássio é componente essencial para os adubos e fertilizantes químicos, denominados de NPK, os quais compõem os macronutrientes mais importantes para a produtividade agrícola. Apesar de sua relativa abundância em rochas, ainda há grande necessidade de potássio para a produção agrícola no Brasil (KULAIF, Y., 2009).

Tradicionalmente, a lavra e o processamento de minerais de potássio, para obtenção de KCl, seguem três rotas descritas por Nascimento *et.al* (2008): mineração subterrânea seguida de processo de flotação (82% da produção mundial); mineração por dissolução seguida de cristalização dos sais (12% da produção mundial); e evaporação solar a partir de salmouras, seguido de flotação ou separação eletrostática e cristalização a frio (6%).

A produção de potássio no Brasil está restrito ao complexo mina/usina de Taquari-Vassouras, localizada no município de Rosário do Catete (SE), com capacidade de produção anual de 300 mil t/ano de K₂O (OLIVEIRA, 2017). Os ativos e direitos minerários foram arrendados pela Vale junto à Petrobrás por 30 anos, a partir de 2012 (VALE, 2012).

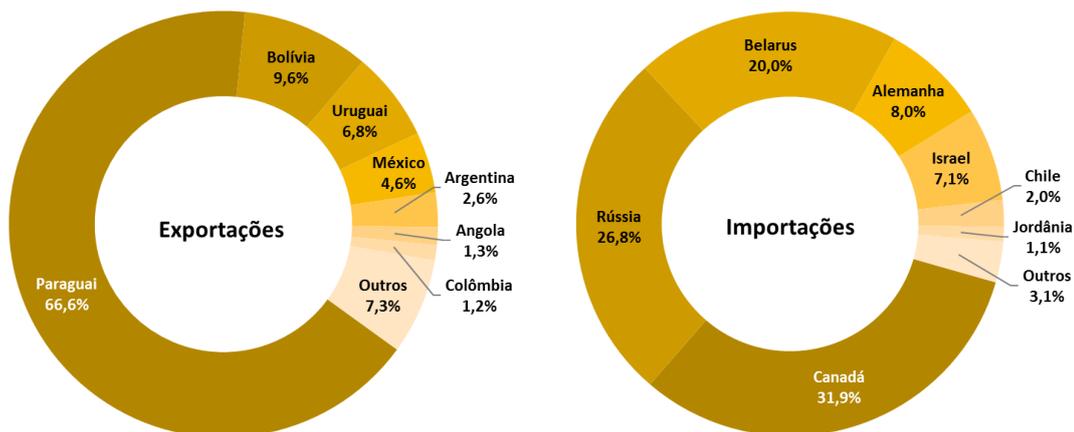
O Complexo de Taquari-Vassouras é composto por mina subterrânea de minério de silvinita, usina de beneficiamento para a obtenção do concentrado de KCl, e posterior etapa de secagem com obtenção do cloreto de potássio padrão ou granular (KULAIF, Y., 2009).

Como no Estado de Minas Gerais os depósitos são predominantemente de rochas potássicas, as possíveis rotas de obtenção do potássio podem se dar a partir de um tratamento térmico (ustulação), com posterior lixiviação em água para produção do fertilizante potássico de liberação lenta; ou por fusão e resfriamento rápido adquirindo característica vítrea com obtenção dos termofosfatos potássicos.

Aspectos Econômicos

O Brasil é altamente dependente de adubos e fertilizantes potássicos internacionais, assim a balança comercial do segmento encerrou o ano de 2020 com um volume de importações de US\$2,67 bilhões e US\$18,20 milhões de exportações.

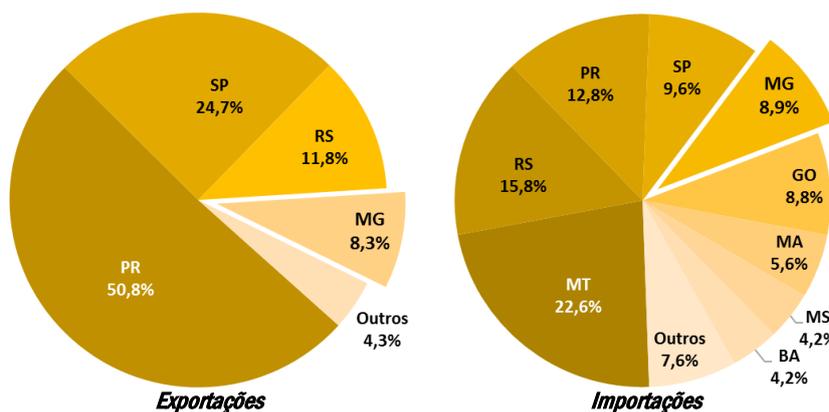
Apesar da tímida produção de K₂O equivalente (0,6% do total mundial), o país ainda exportou adubos e fertilizantes para 27 países, principalmente para a América do Sul. Já as importações, foram provenientes, em grande parte, dos maiores produtores mundiais, Canadá, Rússia e Belarus (Gráfico 194).



Fonte: Comex Stat, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 194 - Exportações e importações nacionais de adubos e fertilizantes potássicos

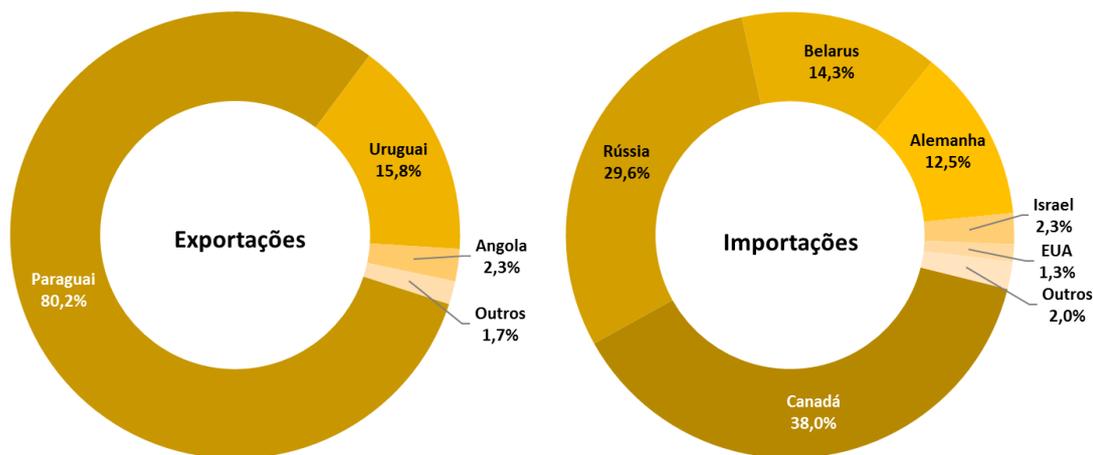
Nesse cenário, os principais Estados exportadores foram Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, que juntos representaram cerca de 96%. Em termos de importações, dentre os 22 Estados compradores, os principais foram, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, com Minas Gerais em quinto lugar, responsável por 8,9% do total (Gráfico 195).



Fonte: Comex Stat, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 195 - Distribuição nacional das exportações e importações de adubos e fertilizantes potássicos.

Em âmbito estadual, apesar de haver apenas registros de produção de ROM das rochas potássicas em Minas Gerais (2020), as exportações mineiras de adubos e fertilizantes potássicos foram de US\$1,52 milhão, principalmente para Paraguai e Uruguai. Em relação às importações (US\$237,78 milhões), o Estado segue a tendência nacional adquirindo esses produtos do Canadá, Rússia e Belarus (Gráfico 196).



Fonte: Comex Stat, 2020/ Elaboração: SEDE

Gráfico 196 – Exportações e importações de adubos e fertilizantes potássicos de Minas Gerais

É importante ressaltar que os empregos diretos, gerados nas indústrias extrativa e de transformação de adubos e fertilizantes potássicos, já foram considerados anteriormente, no item que aborda os fertilizantes fosfatados, uma vez que o banco de dados do RAIS/CAGED considera em um mesmo código CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) os diversos tipos de produtos desse setor.

3.2.6.3. Remineralizadores de Solo

Os remineralizadores de solo, ou rochagem, é a aplicação de pó de rochas na agricultura. A rochagem é um método que busca rejuvenescer os solos agrícolas por adição de determinados tipos de rochas moídas no solo. Essas rochas contêm agrominerais (multinutrientes) importantíssimos para o desenvolvimento das plantas (THEODORO, 2011). O Brasil é altamente dependente da importação de insumos agrícolas (quase 70% do NPK utilizado no país são importados). Sem dúvida, a rochagem pode ajudar sobremaneira a diminuir esse gargalo.



Fotos: Cortesia de Suzi Huff Theodoro e André Mundstock Xavier de Carvalho.

Os estudos sobre o aproveitamento de rochas na agricultura foram iniciados no Brasil a partir da década de 1950, quando os pesquisadores Djalma Guimarães e Vladimir Ilchenko avaliaram os tufos vulcânicos da Mata da Corda, Minas Gerais, como portadores de cobalto e cobre (FERNANDES, 2008). Desta época até os dias atuais, muito se avançou. Merece destacar o marco legal da rochagem com a aprovação da Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013, que prevê o uso dos remineralizadores como uma categoria de insumos para a agricultura. Posteriormente, foi aprovada a regulamentação da Lei nº 12.890, por meio do Decreto nº 8.384, de 29 de

dezembro de 2014 e das Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – IN MAPA nº 5 e IN MAPA nº 6, ambas de 10 de março de 2016.

É importante conhecer o tipo de rocha que se pretende utilizar. Para tanto, e em cumprimento à legislação, devem ser realizadas análises em laboratórios acreditados, públicos ou privados. Além da caracterização do

material, são necessários testes agrícolas, considerando a oferta de macro e micronutrientes presentes nos minerais que compõem as rochas, bem como as características físicas e de fertilidade do solo.

Não é toda rocha que pode ser usada para fins de rochagem. O excesso de elementos tóxicos ou outros contaminantes pode impedir o uso de determinados materiais (THEODORO, 2011). Em Minas Gerais têm-se resultados positivos com os tufo vulcânicos/carbonatitos, basalto, pegmatitos e alguns rejeitos de mineração.

Devido à regulamentação do uso de remineralizadores de solo ser recente no país, ainda não há dados de produções disponíveis. Porém, algumas empresas já comercializam produtos, como a **Yoorin Fertilizantes** (Grupo Curimbaba) em Poços de Caldas.

3.2.7. AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme levantamento dos dados do SIGMINE-MG, março de 2021, o número total de processos minerários, de substâncias destinadas ao uso imediato na construção civil, corresponde a 26,6%; valor este superior aos demais segmentos do setor da atividade extrativa mineral. O setor de agregados para uso imediato na construção civil abrange diversos tipos de bens minerais como **rochas** (passíveis de serem britadas), **areias**, **calcários**, **cascalhos**, **saibro** e **argilas**.

Os recursos minerais empregados na construção civil do Estado de Minas Gerais foram abordados com base nas matérias-primas principais e conforme os registros contidos no SIGMINE em função do uso da substância mineral. Ressalta-se que certas matérias-primas usadas na construção civil, como granito, gnaíse, calcários, dolomitos, entre outros, foram abordados separadamente, em virtude, desses recursos minerais estarem em classes distintas – Rochas ornamentais e de Revestimento, Minerais Industriais e Agregados a Construção Civil.

É importante salientar que a viabilidade de produção desses tipos de depósitos depende das condições de extração e transporte do produto. Como o custo de lavra e transporte é alto, normalmente as áreas em potencial ocorrem ao redor dos grandes centros urbanos (VICTORIA, 2018).

Dentre as empresas que extraem e comercializam agregados para construção civil, ressalta-se a Belmont Mineração Ltda., a Mineração Lapa Vermelha Ltda., a Mineração Beira Rio Ltda. e a Brasmic Mineração Areia e Brita Ltda.

A **Belmont Mineração Ltda.** opera três minas de agregados, sendo duas pedreiras e um areal, nos municípios de Itabira e São Gonçalo do Rio Abaixo. Comercializam brita de diferentes faixas granulométricas, areia e pó de pedra, de jazidas de gnaíse e quartzito.

A **Mineração Lapa Vermelha Ltda.** explora calcário em Pedro Leopoldo e Confins. Sua planta de beneficiamento produz cal virgem, britas, calcários, bica corrida e areia industrial.

A **Mineração Beira Rio Ltda.** tem sua pedreira instalada em Uberaba e explora basalto para britagem, sendo considerada uma das maiores do Estado.

A **Brasmic Mineração Areia e Brita Ltda.** atua no mercado de agregados para construção civil, e sua jazida e unidade de beneficiamento se localizam no município de Betim.

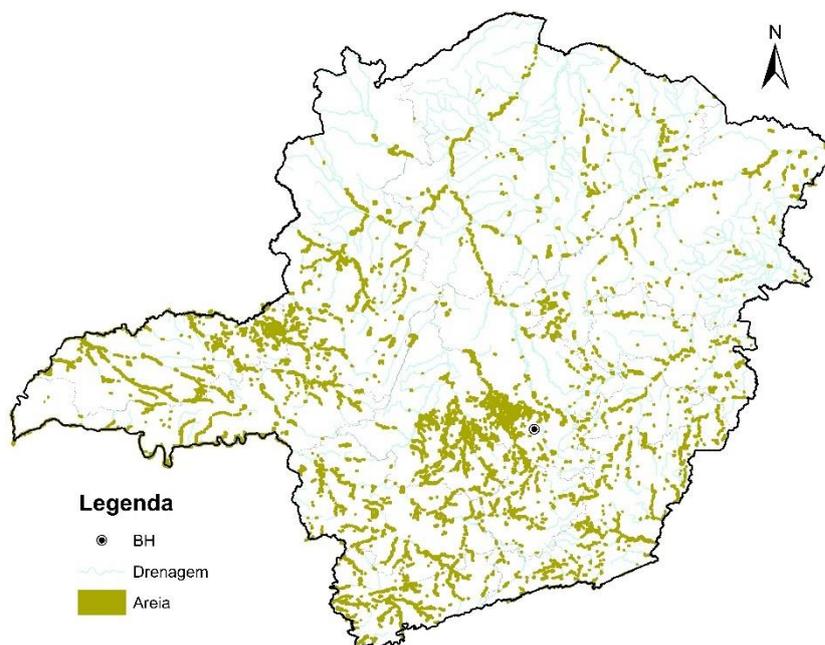
3.2.7.1. Areia, Cascalho e Saibro

A norma NBR 9935 da ABNT define **areias** como agregado miúdo (0,15 – 4,8 mm) originado a partir de processos naturais ou artificiais de desintegração mecânica de rochas e **cascalho** ou pedregulho como sendo o agregado graúdo (4,8 – 76 mm).

Já a definição de **saibro** é dada pela norma NBR 13529 da ABNT como sendo material granular composto por um misto entre grãos de areia, argila fragmentos de minerais como feldspatos e micas. Em geral, é definido como solo, proveniente da decomposição de granitos e gnaisses.

Praticamente todas as rochas são passíveis de formarem depósitos dos materiais citados anteriormente, desde que sejam desagregados em fragmentos ou minerais na fração granulométrica destes. Contudo, as rochas mais favoráveis para a produção de areia são aquelas que detêm altos valores de quartzo. A composição do cascalho é, principalmente de fragmentos maiores de quartzo que, normalmente são oriundos de veios desagregados, porém é comum a presença de fragmentos de rochas (VICTORIA, 2018).

As areias e os cascalhos mais explorados são aqueles provenientes de depósitos aluvionares, formados em leitos de rios ou em planícies de inundações e, subordinadamente explorados em depósitos residuais. A **Figura 77** ilustra bem essa exploração de areias em depósitos aluvionares no Estado, uma vez que os registros dos processos minerários contidos no SIGMINE acompanham, em geral, os leitos dos rios e afluentes das principais drenagens das bacias hidrográficas de Minas Gerais.



Fonte: SIGMINE-MG, 2021 – Elaboração: SEDE

Figura 77 – Localização dos processos minerários de areia para uso como agregado para a construção civil.

Segundo Victoria (2018), além das condições geológicas e das condições favoráveis de extração, há ainda outro fator que determina os potenciais de exploração de areia e de demais recursos como saibro e cascalho, que é o **fator mercado**. Uma vez que os depósitos são abundantes e os custos envolvidos na produção e transporte são altos, normalmente as áreas exploradas ocorrem ao redor dos grandes centros urbanos.

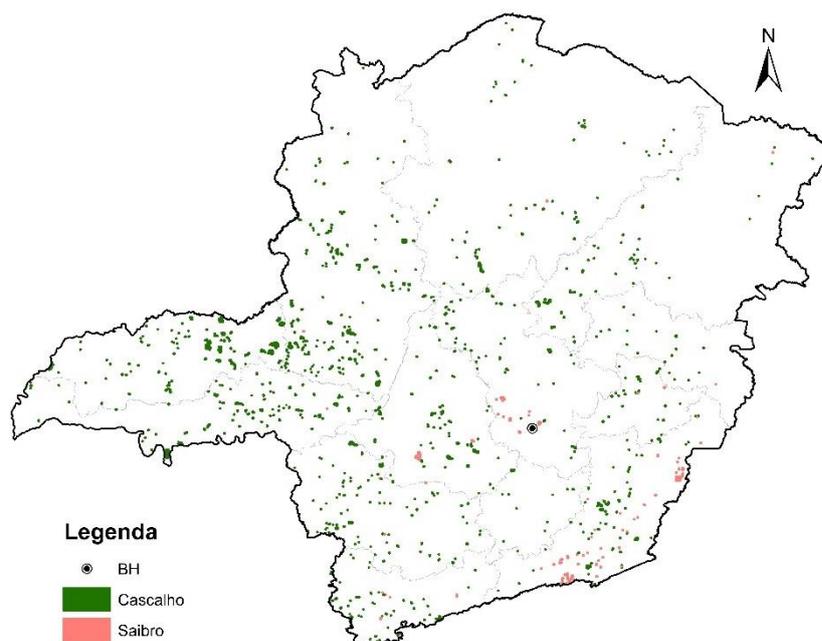
Esses depósitos estão distribuídos por todo o território mineiro (**Figura 77**); entretanto, verifica-se genericamente, que os recursos de areia se concentram nas proximidades dos grandes centros urbanos como

Belo Horizonte, Montes Claros, Governador Valadares, Diamantina, Jequitinhonha, Paracatu, Uberlândia, Araxá, Arcos, Ouro Preto, Poços de Caldas e Juiz de Fora (VICTORIA, 2018).

Havendo, porém, correspondência com a geologia, uma vez que, as regiões predominantemente marcadas por rochas ricas em quartzo como arenito e quartzitos, e/ou por sedimentos inconsolidados, são as mais favoráveis para a exploração de areia, cascalho e saibro. Vale ressaltar que as ocorrências e ou áreas com potencial para areia na porção leste do Estado, que é dominada por rochas graníticas e gnáissicas, estão associadas à degradação dessas rochas (VICTORIA, 2018).

A região metropolitana de Belo Horizonte é a maior produtora de areia do Estado e é a segunda maior produtora nacional. Devido às propriedades da areia (principalmente cor e granulometria uniforme), a região de Esmeraldas, por onde corre o Rio das Velhas, corresponde a um dos maiores polos de produção, com o reconhecimento de ser o local onde ocorrem as melhores areias de Minas Gerais (AMARAL, 2016 *apud* VICTORIA, 2018).

Os indícios, ocorrências ou depósitos de **cascalho** encontram-se dispersos por todo o Estado, todavia, de modo geral, concentram-se nas regiões de Uberaba e Uberlândia; enquanto que as ocorrências de **saibro** estão distribuídas desde de Pouso Alegre, Divinópolis e Belo Horizonte, com concentrações na região de Juiz de Fora (Figura 78)



Fonte: SIGMINE-MG, 2021 - Elaboração: SEDE

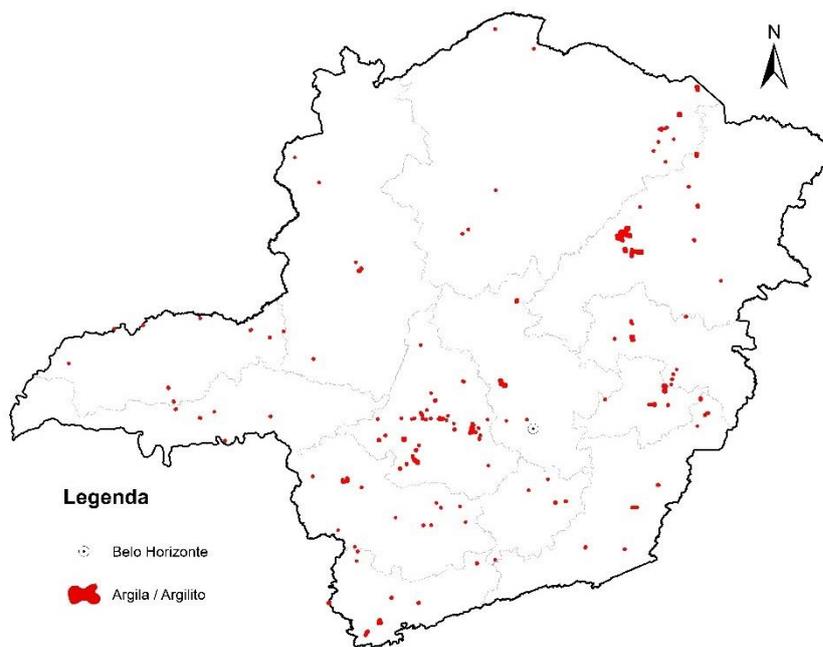
Figura 78 - Localização dos processos minerários de cascalho e saibro para uso na construção civil.

3.2.7.2. Argilas para Construção Civil

Agregados finos naturais, compostos majoritariamente por argilominerais, podendo conter matéria orgânica e/ou outros minerais na sua composição. Há uma ampla variedade de argilominerais, que em sua maioria, apresentam algumas características em comum, e que foram subdivididos em quatro grandes grupos (caulinita, esmectita, illita e vermiculita). Dependendo da presença dos tipos de argilominerais, pertencentes a cada grupo, na composição mineralógica dessas argilas ter-se-á tipos com finalidades distintas.

As argilas compostas pelos argilominerais dos grupos da esmectitas, illita ou vermiculita são plásticas e mais adequadas para a fabricação de cerâmicas vermelhas tais como tijolos, telhas, pisos, ladrilhos e outros materiais utilizados em alvenaria. Por outro lado, as argilas brancas (caulim) formam as cerâmicas brancas, amplamente empregadas na confecção de porcelanas sanitárias, azulejos e porcelanatos em geral. Além disso, as argilas também são amplamente utilizadas como um dos componentes do cimento.

Os principais depósitos ou áreas com potencial para extração de argilas estão distribuídas por todo o Estado de Minas Gerais, conforme localização geográfica de processos minerários da substância argila para uso na construção civil, por regimes de Concessão de Lavra, Licenciamento e Extração (**Figura 79**).



Fonte: SIGMINE, 2021 – Elaboração: SEDE

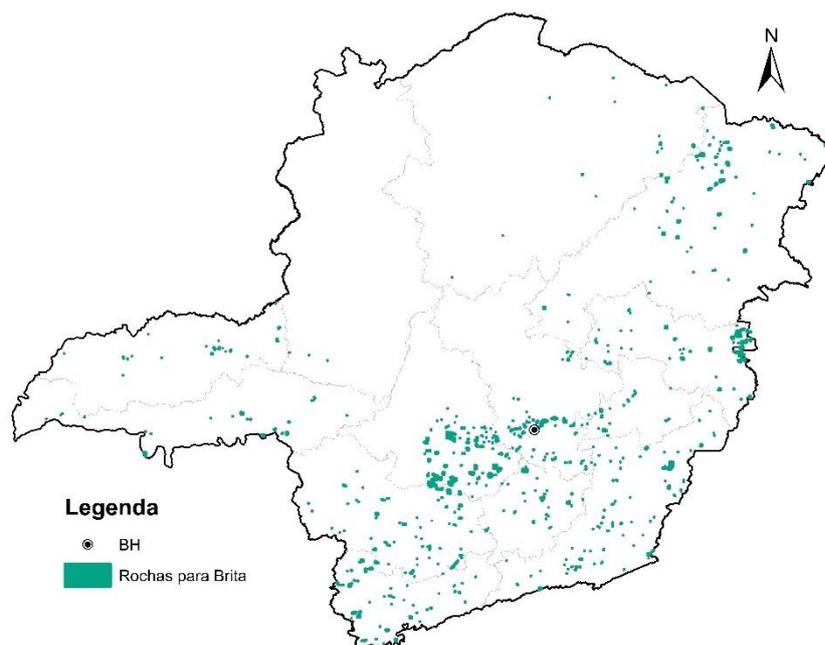
Figura 79 - Localização dos processos minerários de argilas para uso na construção civil

Os potenciais para exploração de recursos argilosos estão distribuídos ao longo da porção leste do Estado, desde a região de Teófilo Otoni, passando pelas regiões de Governador Valadares, Belo Horizonte, até as regiões de Uberaba e Uberlândia (**Figura 79**).

3.2.7.3. Rochas para Brita

As **britas** são agregados graúdos artificiais gerado a partir da cominuição mecânica de uma rocha.

Há diversos tipos de rochas que podem ser lavradas para a produção de britas. Dentre essas rochas as mais comuns requeridas para pesquisa e exploração no Estado de Minas Gerais são: gnaiesses (58,7%), granitos (21,3%), calcários (7,9%), basaltos (6,4%), diorito (1,9%), granulito (1,8%), riolito (0,5%), tinguaito (0,5%), diabásio (0,4%), sienito (0,2%), xisto (0,2%), fonólito (0,1%) e gabro (0,1%) (**Figura 80**). A diversidade de rochas-fonte implica na existência de britas de composições distintas.



Fonte: SIGMINE-MG, 2021 – Elaboração: SEDE.

Figura 80 – Localização dos processos minerários de rochas para brita.

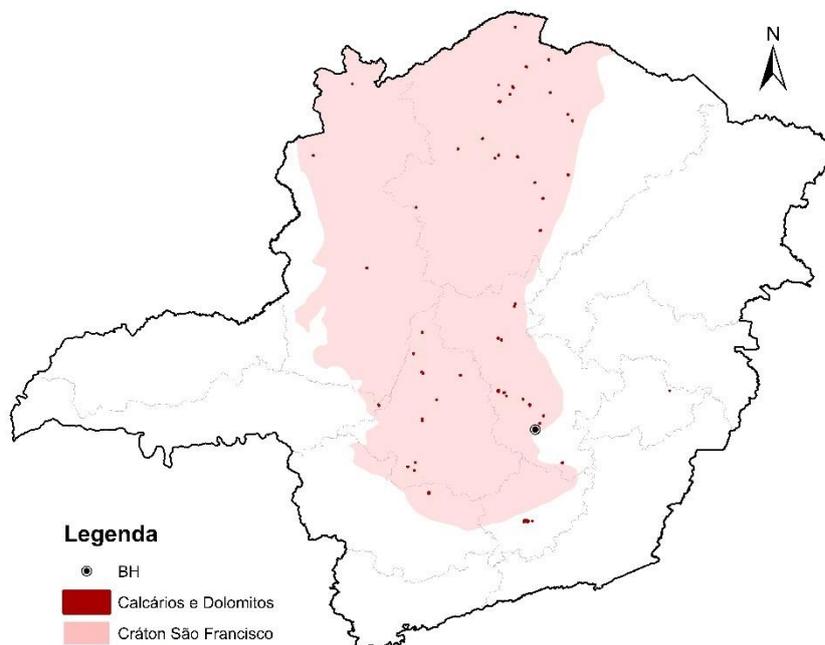
A **Figura 80** mostra a disponibilidade desses recursos para brita no Estado a partir dos processos minerários, os quais se localizam principalmente na Região Geográfica Intermediária de Divinópolis (16,3%), Belo Horizonte (15,0%), Juiz de Fora (13,9%), Varginha (9,5%), Governador Valadares (9,2%), Teófilo Otoni (7,4%), Pouso Alegre (6,9%) e Montes Claros (5,4%). Os demais 16,3% estão distribuídos nas regiões de Barbacena, Uberlândia, Uberaba, Ipatinga e Patos de Minas.

Calcário – rochas sedimentares, cuja composição mineralógica é essencialmente constituída por minerais carbonáticos. O emprego das rochas calcárias depende da sua composição química e/ou características físicas, em geral são empregadas: na indústria de cimento (cimentos hidráulicos); na indústria de cal (cimentos não – hidráulicos); calcários aplicados “in natura”; blocos ornamentais (estatuária, revestimentos de interiores e exteriores, arte fúnebre e lajes).

Segundo Victoria (2018), as principais ocorrências ou depósitos de calcários em Minas Gerais, estão relacionadas a unidades geológicas mapeadas como portadoras de calcários ou dolomitos. Estas unidades são:

- Grupo Bauru, que ocorre na região do Triângulo Mineiro;
- Grupo Bambuí, que ocupa toda a região centro-oeste do Estado e é a unidade que contém os mais extensos e espessos registros de rochas carbonáticas;
- Grupo Vazante, que ocorre na região noroeste e oeste do Estado, nos domínios do Cinturão Brasília, com os melhores registros aflorando nas proximidades das cidades de Vazante, Lagamar, Coromandel e Paracatu;
- Grupo Paranoá, que ocorre na região noroeste do Estado, nos domínios do Cinturão Brasília, aflorando nas proximidades das cidades de Unaí, Buritis e Dom Bosco; e o
- Supergrupo Minas, nos domínios do Quadrilátero Ferrífero, cujas principais lavras de calcários e dolomitos estão localizadas nas regiões de Belo Horizonte, Ouro Preto, Nova Lima, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Itabirito e Brumadinho.

A **Figura 81** ilustra regiões do Estado onde há processos minerários cadastrados junto a ANM para exploração de calcários e dolomitos, para uso imediato na construção civil, requeridos pelos Regimes de Licenciamento, Concessão de Lavra e Extração. Salienta-se que essas ocorrências estão distribuídas na faixa do Cráton do São Francisco.



Fonte: SIGMINE-MG, 2021 – Elaboração: SEDE

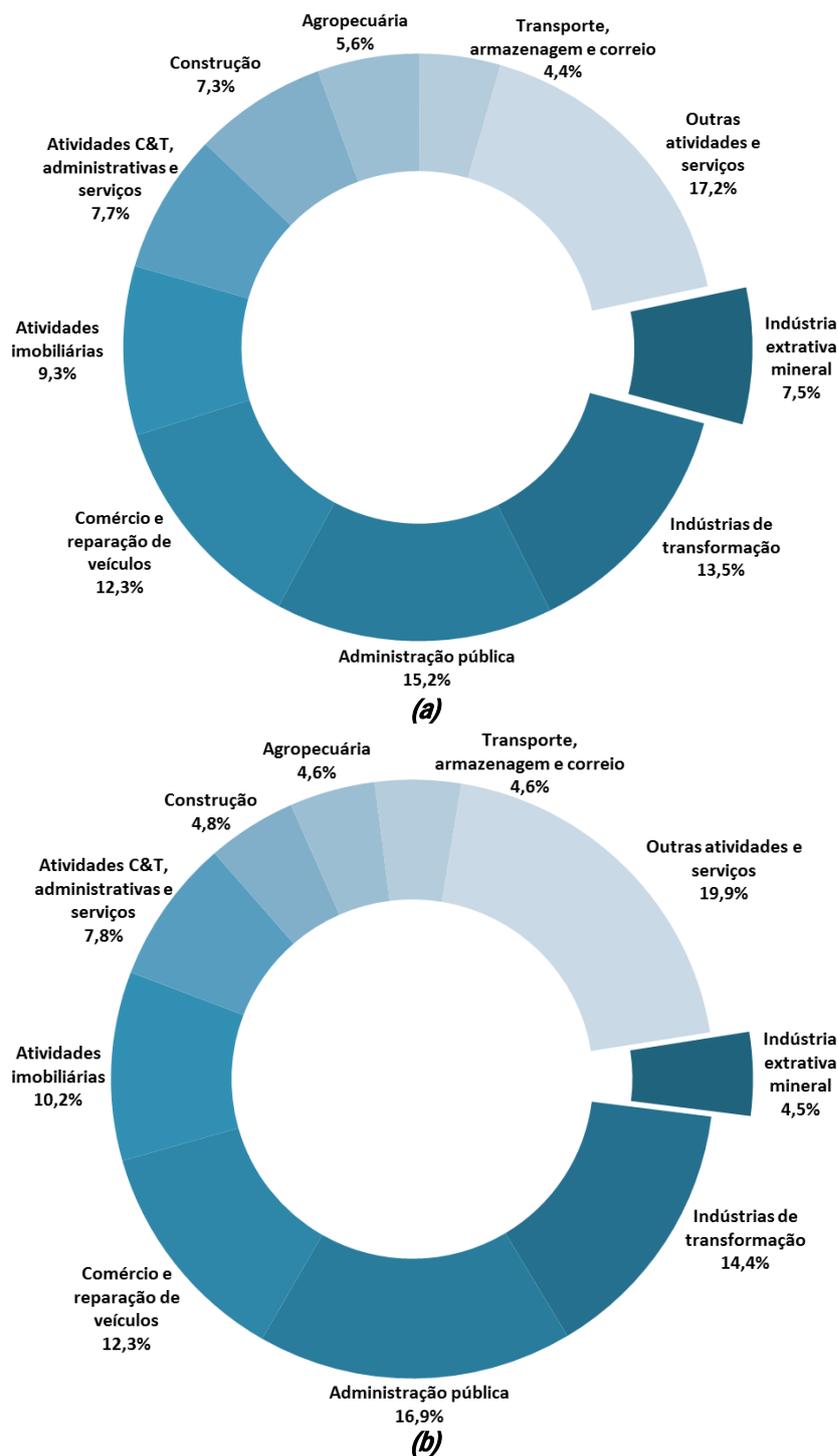
Figura 81 – Localização dos processos minerários de calcários para uso como agregados para construção civil.

4. A IMPORTÂNCIA DO SETOR MINERAL NA ECONOMIA DE MINAS GERAIS

A Indústria Extrativa Mineral de Minas Gerais inclui desde empresas privadas de médio e grande porte, aos garimpos. Este setor é altamente orientado para a exportação e, como tal, representa uma fonte importante de ingresso de divisas para o Estado.

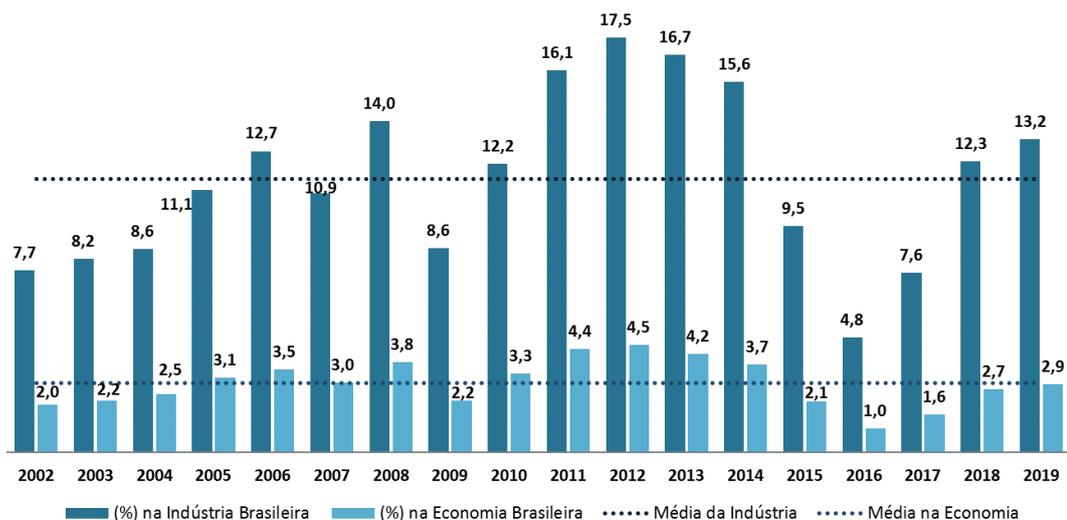
Analisando a composição da economia de Minas Gerais, observa-se a importância da Indústria Extrativa Mineral, onde a sua participação no Valor Adicionado (VA) chegou a atingir o patamar de 7,5% em 2013 (**Gráfico 197a**), com retração para 4,5% em 2019 (**Gráfico 197b**). Essa variação foi devida à forte queda de preços por tonelada de minério de ferro no período, de US\$92,14 para US\$62,05/t¹ (COMEX STAT, 2022).

¹ Preços médios de minérios de ferro FOB para exportação conforme portal de estatísticas de comércio exterior do Brasil (Comex Stat).



Fonte: Contas Regionais IBGE
Gráfico 197 – Composição do Valor Adicionado do Estado de Minas Gerais, por atividade econômica (a) Dados de 2013 (b) Dados de 2019.

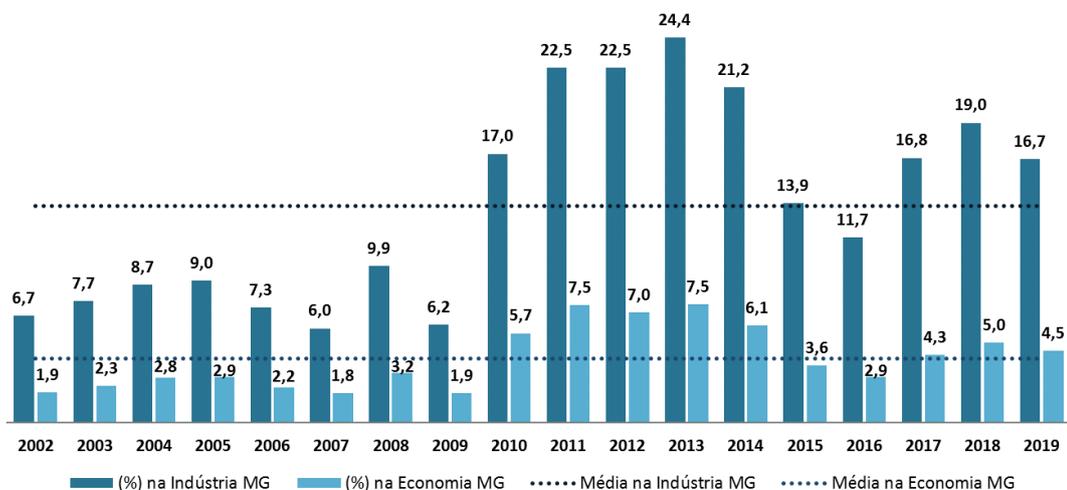
Em âmbito nacional, entre 2002 e 2019, verificou-se que, em média, 2,9% do Valor Adicionado (VA), gerado na economia do país, vieram das atividades da Indústria Extrativa Mineral. Nesse mesmo período, o VA da indústria brasileira alcançou média de 11,5%, com significativas oscilações (**Gráfico 198**). Observa-se que a Indústria Extrativa Mineral apresentou uma tendência de elevação da sua participação no VA da indústria até 2012, com uma queda em 2009, em função da crise econômica internacional. A partir de 2013, a tendência se inverte com a queda da participação, que se acentuou nos anos de 2015 e 2016.



Fonte: IBGE, 2019.

Gráfico 198 - Representatividade nacional do VA do setor mineral na indústria e na economia.

Em âmbito estadual, a participação do Valor Adicionado (VA) pela Indústria Extrativa Mineral na economia de Minas Gerais, entre 2002 e 2019, sofreu variação ao longo dos anos, com média de 4,1%. Nesse período analisado, o valor máximo alcançado foi de 7,5% em 2011 e 2013, com posterior queda para 2,9% em 2016, e recuperação nos anos seguintes, alcançando 4,5% em 2019 (Gráfico 199).

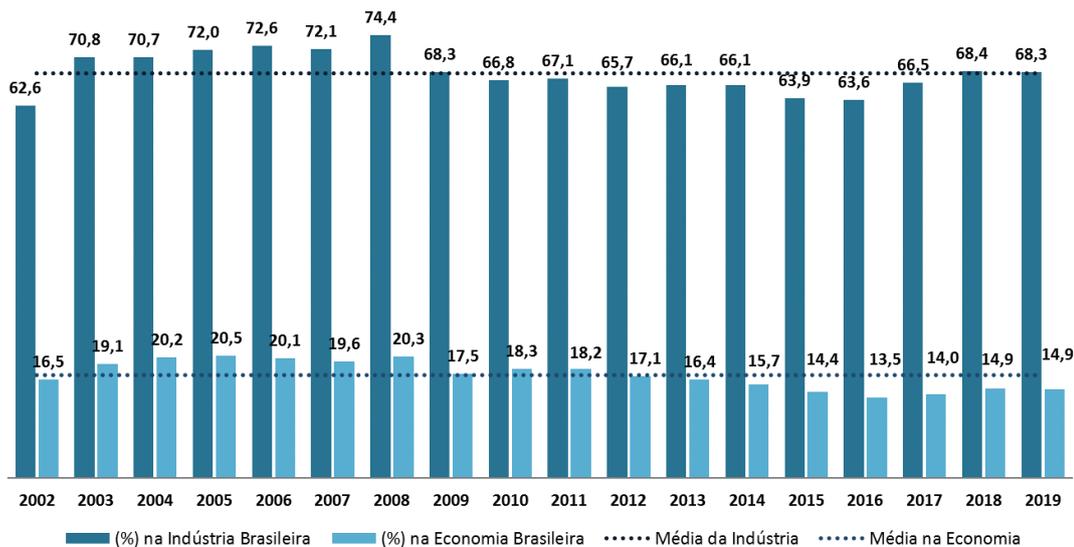


Fonte: IBGE.

Gráfico 199 - Evolução do VA da Indústria Extrativa Mineral na economia do Estado de Minas Gerais

A participação do VA gerado pela indústria extrativa mineral, no VA total da indústria estadual, seguiu a tendência nacional, passando por oscilações entre 2002 e 2019, com média de 13,7%. Observou-se tendência de elevação da participação da Indústria Extrativa Mineral do Estado, de 2008 até 2013, com exceção de 2009, acompanhando os preços internacionais do minério de ferro. A partir de 2014, há expressiva perda de participação da Indústria Extrativa Mineral que se estende até 2016, com recuperação nos anos seguintes, fechando 2019 com 16,7%.

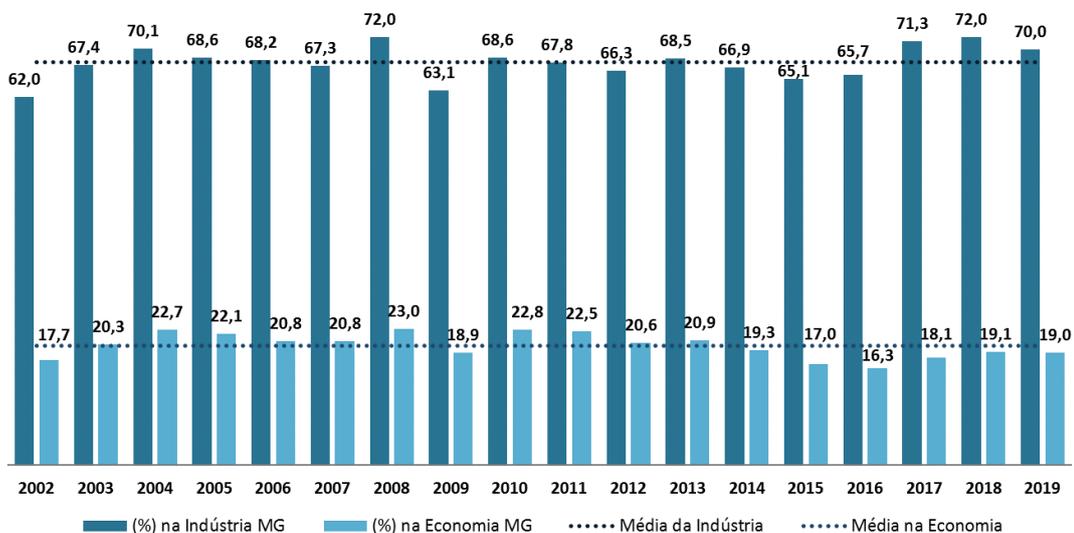
Nesse mesmo cenário, considerando as indústrias extrativa e de transformação, a contribuição no Valor Adicionado (VA) atingiu média de 17,3% na economia brasileira. Analogamente, o percentual de participação dos setores no VA gerado pela indústria brasileira, alcançou média de 68,1% (Gráfico 200).



Fonte: IBGE, 2019.

Gráfico 200 - Representatividade nacional no VA das indústrias extrativas e de transformação na indústria e na economia.

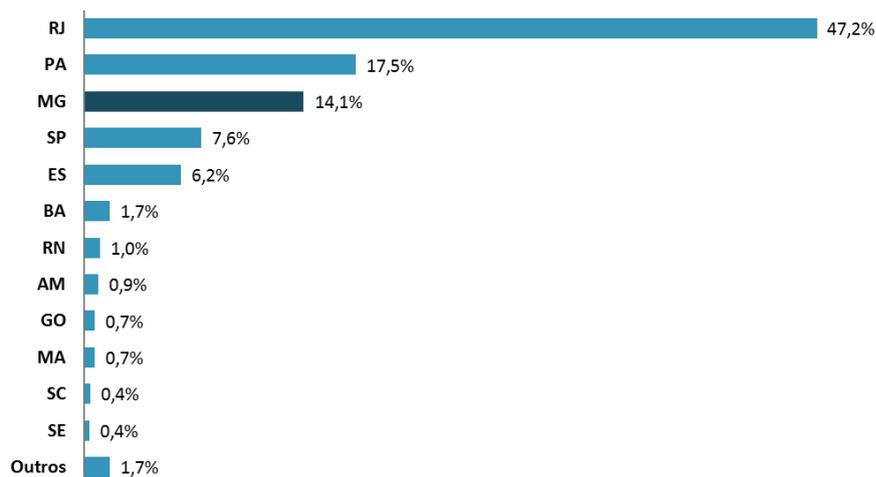
Ao analisar a contribuição das indústrias extrativas e de transformação no VA, observa-se que os setores têm forte participação no total da indústria e na economia de Minas Gerais, com respectivas médias de 67,8% e 20,1% (**Gráfico 201**). Esse fato evidencia a integração das cadeias produtivas dos setores extrativo e de transformação, bem como a relevância para o desenvolvimento econômico do Estado.



Fonte: IBGE, 2019.

Gráfico 201 - Representatividade no VA das indústrias extrativas e de transformação na indústria e na economia de Minas Gerais.

Quando comparado às demais unidades da federação, Minas Gerais é um dos estados que têm relevância da atividade extrativa mineral na sua economia, sendo superada pelo Rio de Janeiro, devido à extração de petróleo e pelo Pará, pela crescente exploração de minério de ferro (**Gráfico 202**) (IBGE, 2019).



Fonte: IBGE, 2019

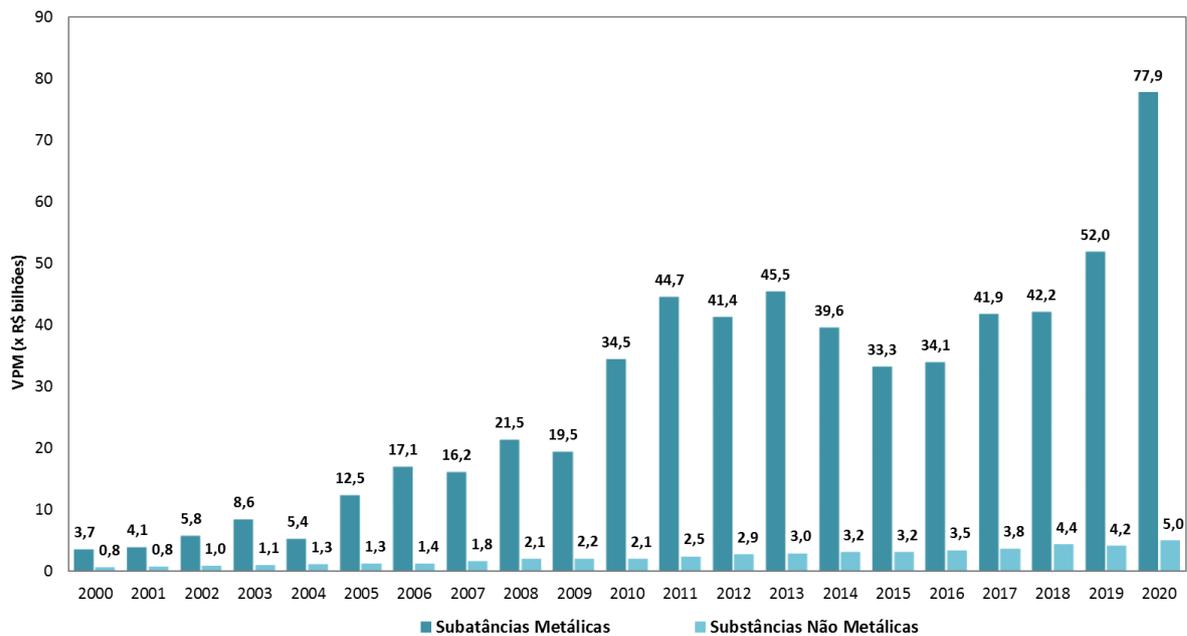
Gráfico 202 – Participação das unidades da federação no Valor Adicionado da Indústria Extrativa Mineral.

Considerando a importância da Indústria Extrativa Mineral na economia de Minas Gerais e seu destaque na produção brasileira, evidencia-se o papel fundamental dessa atividade para o Estado. Além disso, a mineração apresenta impactos positivos diretos e indiretos na economia, contribuindo para a geração de VA em outros setores econômicos, *superávit* na balança comercial, bem como tributos e compensações, emprego e renda.

4.1. PRODUÇÃO MINERAL DO ESTADO

Mantendo sua tradição na indústria extrativa mineral, Minas Gerais vem se destacando na participação do Valor da Produção Mineral (VPM). No acumulado entre 2010 e 2020, o Estado contribuiu com 43,5% do total nacional, sendo responsável por R\$ 83 bilhões em 2020. Nesse ano, o Estado foi o maior produtor de substâncias metálicas, atingindo um total de R\$78 bilhões (ANM, 2020).

A produção mineral do Estado de Minas Gerais é diversificada em termos de substâncias exploradas, com predominância na participação das metálicas frente às não metálicas. No período de 2000 a 2020, verificou-se um crescimento de 20 vezes na produção de substâncias metálicas e de 550% na produção das não metálicas (**Gráfico 203**). Ressalta-se que nos dados oficiais da ANM usados para as análises não constam informações sobre as ardósias.

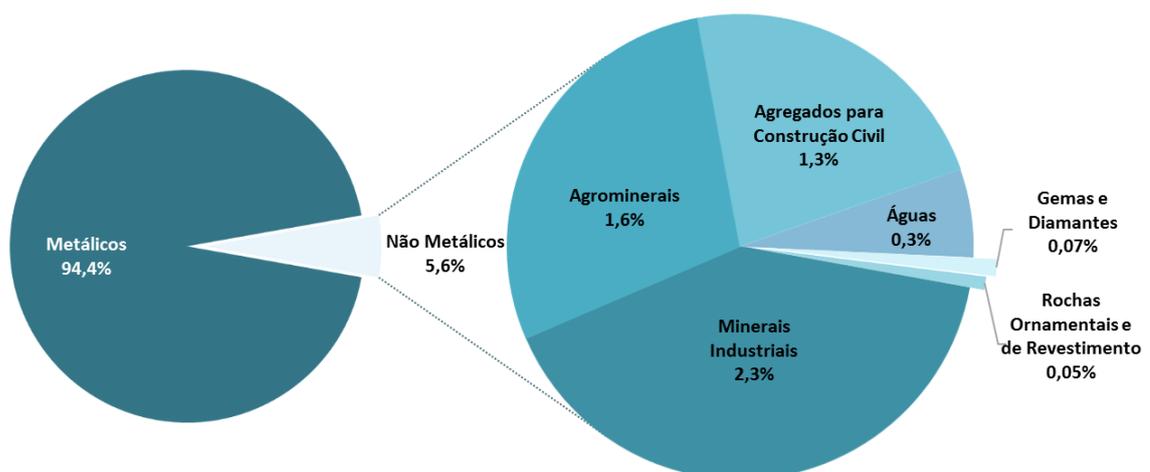


Fonte: Anuário Mineral Brasileiro/ANM.

Gráfico 203 - Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) das substâncias metálicas e não metálicas entre 2000 e 2020.

Em 2020, nota-se que a produção de substâncias metálicas foi de 94% e de não metálicas 6% do total, incluindo a participação de águas minerais (**Gráfico 204**). Essa relação entre produção de metálicos e não metálicos foi discrepante em todo o período. Apesar da produção das substâncias não metálicas ser alta como a das metálicas, a diferença está no menor valor agregado.

Assim, observa-se que a produção das substâncias não metálicas em 2020 foi de aproximadamente R\$ 5,0 bilhões, sendo a participação estimada dos minerais industriais de 2,3%; dos agrominerais, 1,6%; dos agregados para construção civil, 1,3%; e de águas minerais, rochas ornamentais (exceto ardósias) e gemas, abaixo de 1% (**Gráfico 204**).

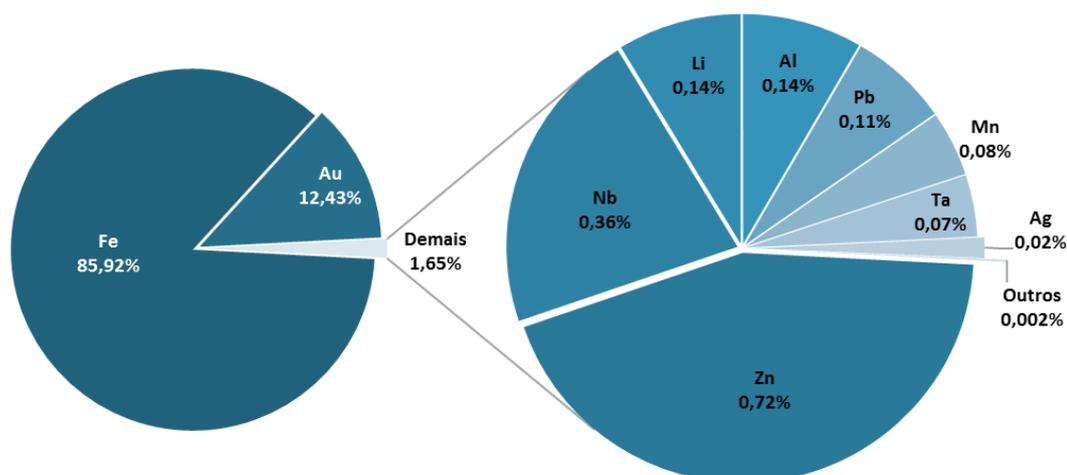


Fonte: ANM-MG, 2020.

Gráfico 204 - Produção mineral total com estimativa da distribuição das substâncias não metálicas em 2020.

Por outro lado, a produção total das substâncias metálicas atingiu R\$78 bilhões, distribuídos entre 12 bens minerais. Salienta-se que 98,4% deste total são provenientes da exploração de ferro e ouro. Os 1,6% restantes

são distribuídos entre os demais minerais metálicos: zinco, nióbio, lítio, alumínio, chumbo, manganês, tântalo, prata, estanho e níquel (**Gráfico 205**).



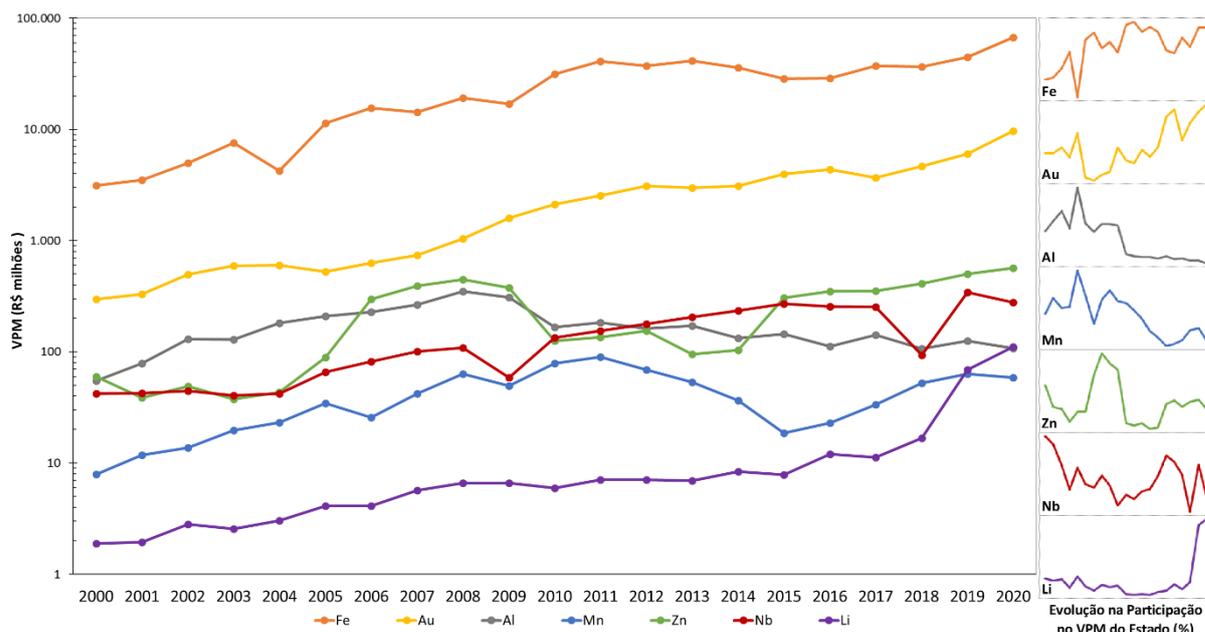
Fonte: ANM - MG, 2020.

Gráfico 205 - Distribuição da produção mineral das substâncias metálicas em 2020

Ao analisar o comportamento da produção mineral, entre 2000 e 2020, fica evidente a predominância do minério de ferro na indústria extrativa mineral do Estado, apesar da diversidade de substâncias minerais encontradas no território mineiro.

Nesse período, o ferro sempre apresentou participação majoritária, entre 64,1 e 87,8%, no VPM de Minas Gerais, seguindo trajetória ascendente. O ouro ocupa o segundo lugar na produção estadual, entre 3,4 e 12,4%, apresentando tendência de crescimento (**Gráfico 206**).

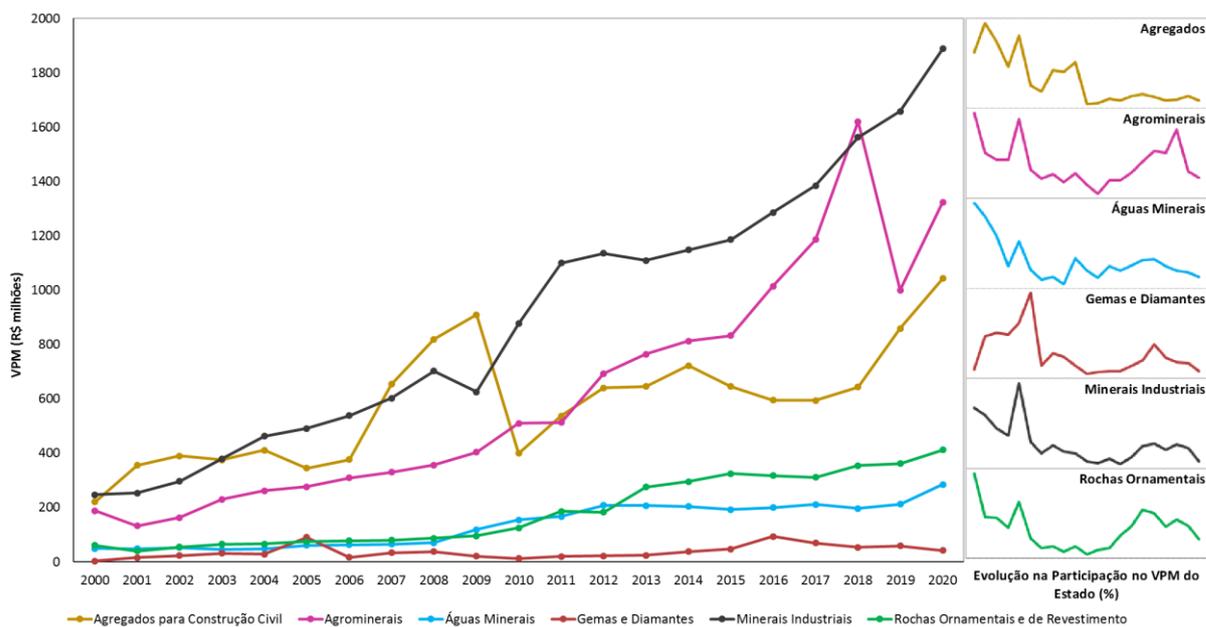
Com exceção do ferro e do ouro, as demais substâncias metálicas analisadas (alumínio, lítio, manganês, nióbio e zinco) têm importância estratégica para o Estado de Minas Gerais, porém, com participação pouco expressiva no VPM, variando entre 1,1 e 4,5% (**Gráfico 206**).



Fonte: ANM / Elaboração: SEDE

Gráfico 206 - Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) de ferro, ouro, alumínio, manganês, zinco, nióbio e lítio em Minas Gerais.

De modo geral, as substâncias não-metálicas apresentaram tendência de crescimento no VPM. Todavia, apresentaram um ligeiro declínio de sua participação na produção total ao longo da série histórica considerada (Gráfico 207).



Fonte: ANM

Gráfico 207 - Evolução do Valor da Produção Mineral (VPM) de substâncias não metálicas em Minas Gerais.

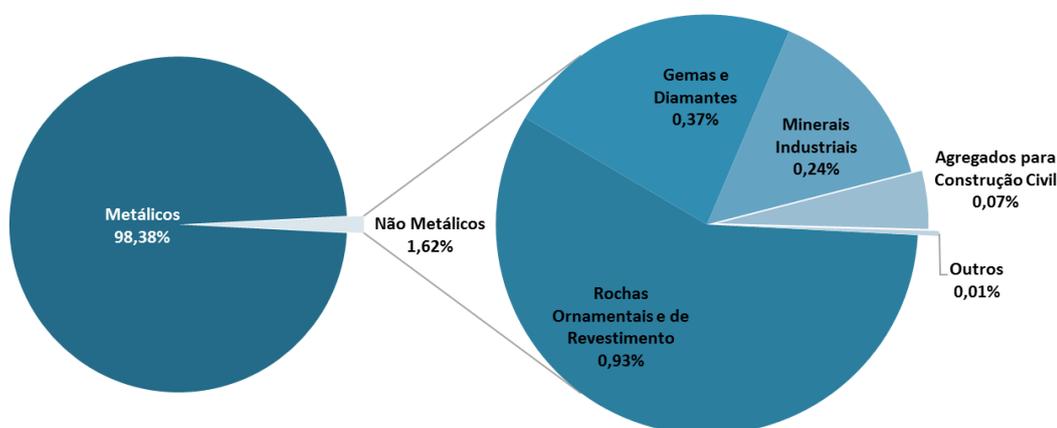
Dentre as substâncias não metálicas, as classes que mais se destacaram, em termos de VPM no ano de 2020, foram os minerais industriais (R\$ 1,88 bilhão); agrominerais (R\$ 1,32 bilhão) e agregados para construção civil (R\$ 1,04 bilhão).

4.1.1. EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES DE BENS MINERAIS

Análise feita considerando apenas os bens primários de origem mineral conforme classificação da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e Seções IV (Capítulo 22), V, XIII (Capítulo 68) e XIV, a partir do banco de dados disponibilizado no portal Estatísticas Comércio Exterior (COMEX STAT), do Ministério da Economia.

4.1.1.1. Exportações Mineraias

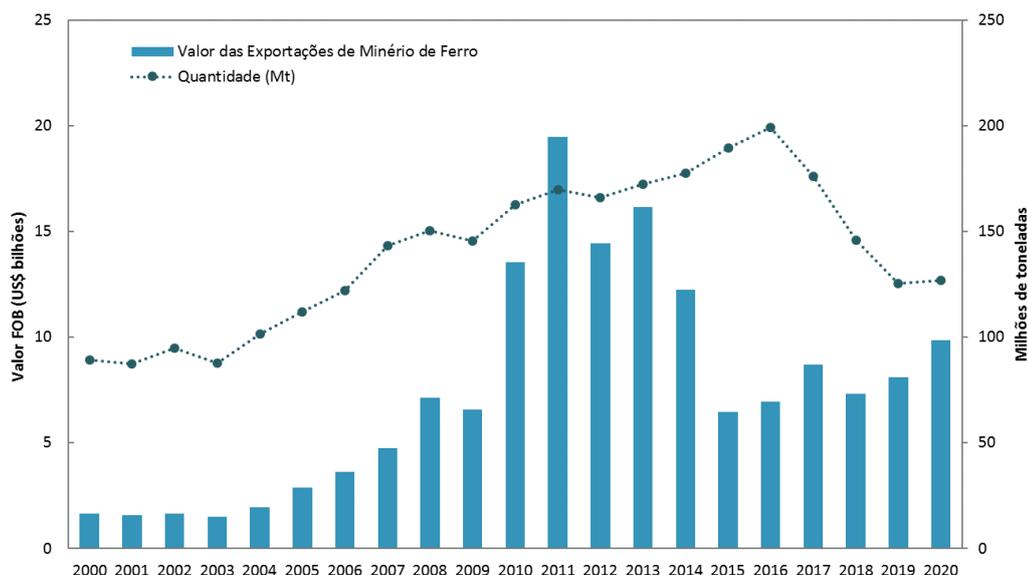
A balança comercial de Minas Gerais encerrou o ano de 2020 superavitária em US\$18,1 bilhões, com cerca de US\$26,3 bilhões referentes a exportações e US\$9,1 bilhões a importações. A exportação de bens minerais foi de US\$11,94 bilhões (45,4% do total). Desse montante, 98,5% foram referentes a substâncias metálicas, alcançando cerca de US\$11,76 bilhões (**Gráfico 208**). O minério de ferro, por ser o principal produto vendido ao exterior, foi responsável por uma receita de US\$9,83 bilhões, equivalente a 37% de todas as exportações do Estado.



Fonte: COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE.

Gráfico 208 - Exportação mineral com estimativa de distribuição das substâncias não metálicas em 2020.

Observa-se o aumento da exportação do minério de ferro até 2011, com posterior queda até 2015, quando os valores mantêm um patamar. A queda a partir de 2012 ocorreu em vista da diminuição dos preços internacionais, uma vez que o volume de exportações se manteve crescente até 2016. Nos últimos dois anos houve uma recuperação dos valores exportados em função da elevação dos preços internacionais, apesar do cenário de pandemia de Covid-19 iniciado em 2020 (**Gráfico 209**).



Fonte: COMEX STAT-Ministério da Economia/ Elaboração SEDE.

Gráfico 209 - Histórico das exportações de minério de ferro em Minas Gerais por valor FOB e quantidade.

Entre 2010 e 2013, as exportações de ferro alcançaram valores históricos, chegando a US\$19,5 bilhões (FOB) em 2011. Verificou-se um crescimento no volume exportado, com máximo em torno de 200 Mt em 2016 (**Gráfico 209**). Os altos índices de exportação desse período devem-se à ocorrência do *superciclo*² das *commodities*, que provocou um aumento significativo de valor e demanda no mercado internacional.

O ouro³ foi o segundo bem mineral mais exportado por Minas Gerais em 2020, com uma receita de US\$1,85 bilhões, o que representou 7% das exportações. Os valores obtidos na exportação de minério de ferro e ouro reforçam a grande representatividade dos produtos da indústria mineral no comércio exterior do Estado.

Tratando-se ainda de substâncias metálicas, as exportações mineiras são reforçadas pelo alumínio que é o terceiro bem mineral com maior participação no Estado. Em 2020, o metal gerou uma receita de cerca de US\$34,1 milhões, seguido por lítio (US\$ 17,2 milhões) e chumbo (US\$ 16,7 milhões).

No montante das exportações dos bens minerais, as rochas ornamentais e de revestimento ocupam a terceira posição, com a venda de ardósias, granitos, pedras de cantaria, quartzitos, mármore e esteatitos ao mercado externo; seguido por minerais industriais, gemas e diamantes (**Tabela 18**).

Além disso, devido à diversidade da atividade mineral no Estado, é necessário considerar a exportação de outros bens minerais que, apesar de terem apresentado valores FOB, não tão expressivos quanto o minério de ferro, são importantes para o fortalecimento da balança comercial e da economia de Minas Gerais (**Tabela 18**).

Tabela 18 - Minerais exportados por Minas Gerais em 2020 e respectivos valores

Produtos Minerais	Valor FOB (US\$)
Ferro	9.826.865.332
Ouro	1.845.038.918
Rochas Ornamentais e de Revestimento	104.115.569

² Período em que a China estava demandando enormes quantidades de commodities, principalmente o minério de ferro, uma vez que o país é o que mais consome este mineral no mundo. Desta maneira, esta grande demanda intensificou as exportações brasileiras de minério de ferro (além de outros países produtores do minério), gerando um grande aumento na cotação de sua tonelada no mercado internacional – chegando até próximo de US\$200 a tonelada – e propiciando os vultosos valores exportados pelo Brasil no momento (MANZI, 2016).

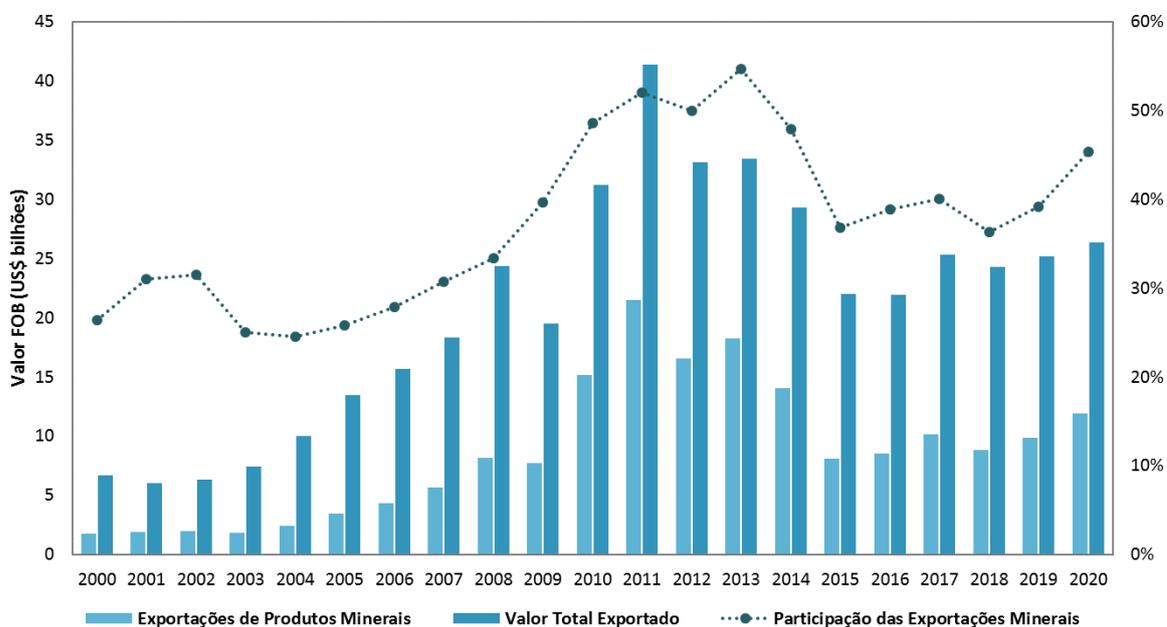
³ Ouro em formas brutas e semimanufaturadas para uso não monetário (COMEX STAT, 2020).

Produtos Minerais	Valor FOB (US\$)
Gemas e Diamantes	40.161.532
Minerais Industriais	27.012.199
Lítio	17.221.796
Chumbo	16.664.150
Nióbio e Outros Metais	17.679.069
Metais Preciosos	4.900.316
Agregados para Construção Civil	4.691.392
Energéticos	2.404.133
Outros Minerais e Minérios	913.797
Águas Minerais	345.341
Agrominerais	3

Fonte: COMEX STAT, 2020/ Elaboração: SEDE

Ressalta-se que alguns dos bens minerais mais relevantes para a economia mineira são majoritariamente exportados, após serem submetidos a processos de transformação. Dessa forma, minerais como nióbio e zinco apresentam expressiva relevância para a balança comercial do Estado. A título de exemplo, quando considerada a soma da exportação dos bens primários e dos transformados, tem-se uma exportação de US\$166,0 milhões de nióbio e de US\$180,7 milhões de zinco (2020).

É possível constatar que, nos últimos 20 anos, a atividade mineral sempre teve uma participação considerável no valor total das exportações do Estado, com máximo de 53,5% (2013) e mínimo de 24,5% (2004) (Gráfico 210).



Fonte: COMEX STAT - Ministério da Economia.

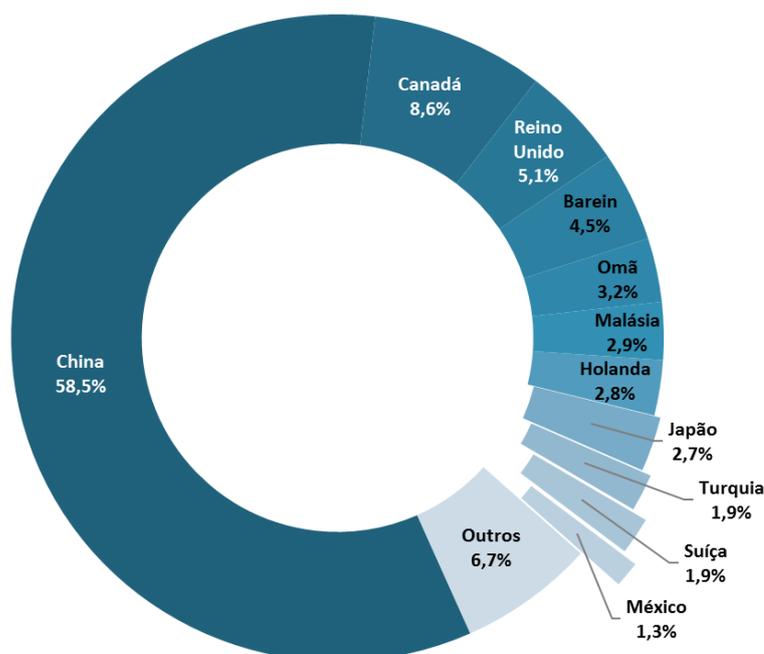
Gráfico 210 - Histórico das exportações de produtos minerais e do valor total exportado por Minas Gerais.

A partir de 2014, o nível das exportações caiu, passando por uma leve recuperação nos anos seguintes, influenciado, principalmente, pelas variações do valor do minério de ferro. No entanto, as exportações minerais se mantiveram responsáveis por, no mínimo, 34% de toda receita exportada de Minas Gerais.

4.1.1.1. PRINCIPAIS PAÍSES IMPORTADORES DE PRODUTOS MINERAIS DE MINAS GERAIS

Minas Gerais possui importantes parceiros comerciais que importam valores consideráveis de seus bens minerais. Dentre eles, destaca-se a China, que em 2020 importou US\$7,0 bilhões em produtos minerais, o que representou 58,5% das exportações do Estado. As principais *commodities* comercializadas com aquele país foram: minério de ferro, rochas ornamentais e de revestimento (granitos, ardósias, quartzitos, mármore e pedras de cantaria), lítio, minerais industriais (grafita, feldspatos, argilas, caulim, gipsita e areias), minérios de chumbo e manganês.

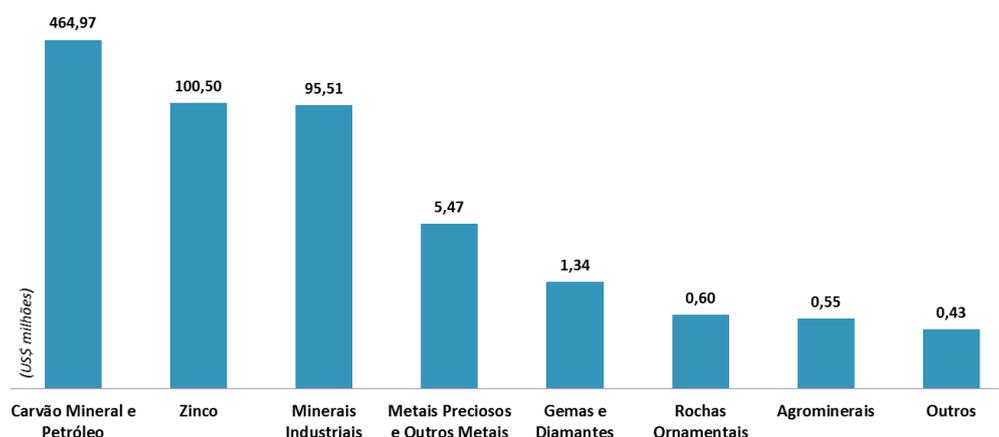
Além da China, outros países também apresentaram participação relevante na exportação de produtos minerais do Estado, como Canadá, Reino Unido e Barein, que importaram cerca de US\$1,0 bilhão, US\$609,8 milhões e US\$540,3 milhões, respectivamente (Gráfico 211). Entre os outros 88 países responsáveis por 23,3% das exportações minerais de Minas Gerais, encontram-se importantes parceiros comerciais, como Estados Unidos, Holanda, Japão e Argentina.



Fonte: COMEX STAT – Ministério da Economia, 2020/ Elaboração SEDE.
Gráfico 211 - Países que mais importam bens minerais do Estado de Minas Gerais.

4.1.2. IMPORTAÇÕES MINERAIS

Apesar da grande diversidade de recursos minerais no Estado, em 2020, US\$522,75 milhões foram destinados às importações de bens minerais, sendo os principais: carvão mineral, minerais industriais (enxofre, grafita, areias, argilas e feldspatos), zinco, metais preciosos (ouro e prata), outros metais (titânio, alumínio, estanho, cromo e ferro) e outros (gemas e diamantes, rochas ornamentais e de revestimento, agrominerais, águas minerais, sais e agregados para construção civil) (Gráfico 212).



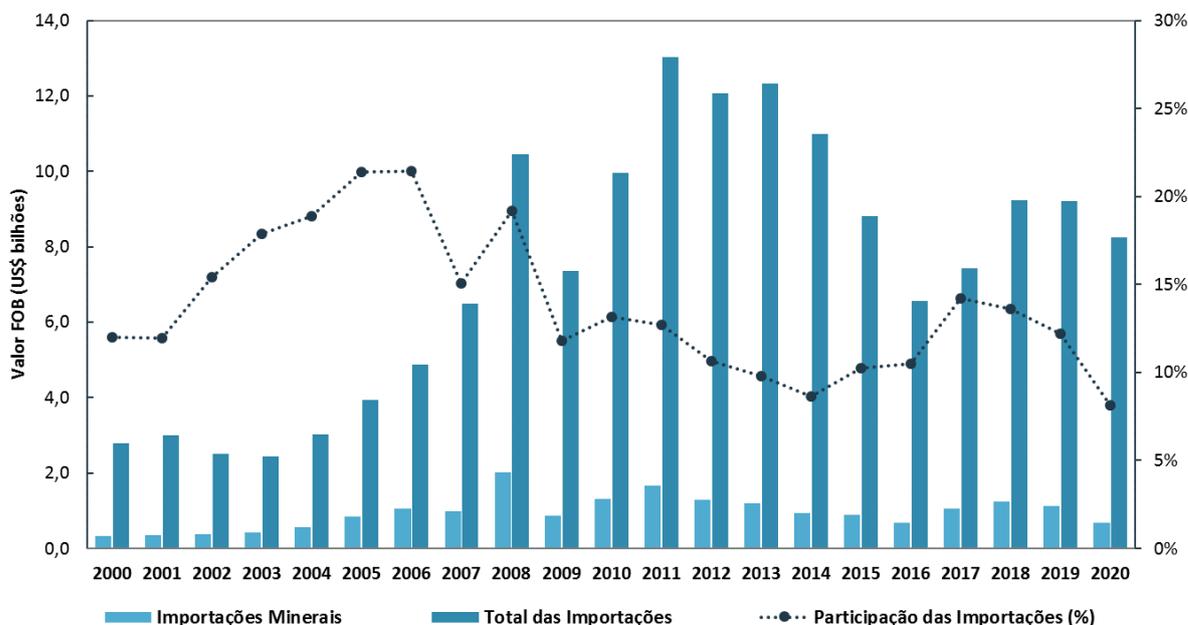
Fonte: COMEX STAT - Ministério da Economia, 2020/ Elaboração SEDE.

Gráfico 212 - Principais substâncias minerais importadas por Minas Gerais em 2020.

Do montante das importações, os principais produtos foram as substâncias minerais energéticas (carvão e óleos minerais), o equivalente a US\$ 464,970 milhões (69,5%). Na sequência, aparecem o zinco (15,0%) e os minerais industriais (14,3%).

Salienta-se que Minas Gerais, apesar de explorar agrominerais, como rochas fosfáticas e potássicas, que são destinados à produção de fertilizantes e adubos, acaba importando o produto pronto de forma a atender à demanda interna. Em 2020, o Estado importou cerca de US\$678,6 milhões em fertilizantes.

De 2000 a 2020, a participação dos produtos minerais na pauta de importação mineira variou entre 8,1 e 21,4%. Cabe destacar que, nos primeiros nove anos da série histórica, as participações das importações minerais apresentaram tendência de elevação, encerrada com a crise de 2009. A partir de então, as importações minerais tiveram menor variação, oscilando entre 8,8 e 14,4% de participação no total importado (**Gráfico 213**).



Fonte: COMEX STAT - Ministério da Economia/ Elaboração: SEDE

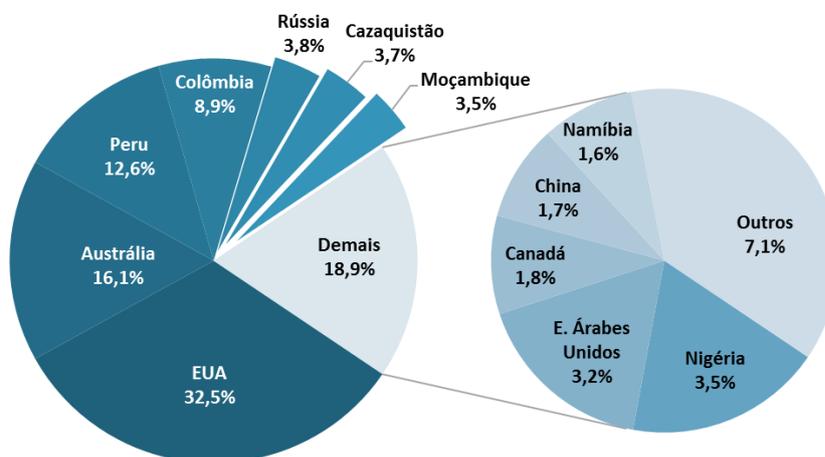
Gráfico 213 - Histórico das importações minerais e do valor total importado por Minas Gerais.

Ressalta-se que em 2005 e 2006, as importações de produtos da indústria mineral alcançaram sua maior participação, representando 21,4% (US\$ 843,6 milhões) do total importado (US\$3,94 bilhões).

No período analisado, as exportações de bens minerais foram sempre superiores às importações, o que evidencia sua relevância para o saldo positivo na balança comercial de Minas Gerais. Percebeu-se que a média da participação das exportações minerais foi de 37,4% do valor total, enquanto que nas importações, essa relação foi 13,7%.

4.1.2.1. Principais Países Exportadores de Produtos Minerais para Minas Gerais

A indústria mineral do Estado importou um montante de US\$669,4 milhões em 2020. Dentre os principais países de origem de produtos (Gráfico 214), destacaram-se os Estados Unidos (US\$ 217,4 milhões), Austrália (US\$ 108,1 milhões) e Peru (US\$ 84,0 milhões) que juntos foram responsáveis por uma participação de 61,2% do total.



Fonte: COMEX STAT - Ministério da Economia, 2020/ Elaboração: SEDE
Gráfico 214 - Países que mais exportaram bens minerais para Minas Gerais em 2020.

O carvão mineral foi o bem mineral mais importado por Minas Gerais em 2020, sendo 86% exportado pelos EUA, Austrália, Colômbia e Moçambique. O Peru é o principal fornecedor de minério de zinco ao Estado (80%). O Cazaquistão, juntamente com Emirados Árabes Unidos, EUA e China, respondeu por cerca de 70% da demanda mineira de minerais industriais, principalmente enxofre e magnésio.

4.1.3. TRIBUTOS E COMPENSAÇÕES FINANCEIRAS

4.1.3.1. Tributos

Em todo o mundo, a mineração tem sido historicamente submetida à cobrança de encargos específicos. A razão fundamental é a de que, na maioria dos países, inclusive no Brasil, os recursos minerais são bens públicos de propriedade do Estado e para conceder o direito de uso exclusivo de bens minerais de sua propriedade, exige como contrapartida, pagamento por esse direito.

Esses tributos específicos sobre as atividades de mineração variam de acordo com a etapa do empreendimento e são arrecadados nas esferas federal, estadual e municipal (Tabela 19). Além desses, existem os encargos trabalhistas e outros comuns a toda e qualquer atividade econômica e as contribuições para a seguridade social (e.g. COFINS, PIS/PASEP, IRPJ, Contribuição Social sobre o Lucro Líquido, ISS e ITR).

Ressaltam-se ainda os encargos para o licenciamento ambiental, etapa crucial para o início ou continuidade das atividades minerárias. Eles incidem sobre todas as fases, e podem ocorrer em uma determinada esfera (municipal, estadual ou federal). As taxas variam de acordo com o órgão licenciador, com o empreendimento e o tipo de licença necessária.

Tabela 19 – Principais encargos tributários incidentes na atividade extrativa mineral.

FEDERAL	
PESQUISA MINERAL	LAVRA E BENEFICIAMENTO
TAH: R\$3,29 ano/ha (primeira vigência), R\$5,00 ano/ha (renovação); Taxa ao custeio de vistorias da ANM: R\$437,94/dia a R\$875,86/dia	IOF: 1% do valor total da operação para ouro (30% do total)
ESTADUAL	
PESQUISA MINERAL	LAVRA E BENEFICIAMENTO
TFRM: 1 UFEMG por tonelada de minério (desconto de 60% Decreto 45.936/ 2012)	ICMS: intraestadual: 18% e interestadual: máximo 12% TFRM: 1 UFEMG por tonelada de minério (desconto de 60% Decreto 45.936/ 2012)

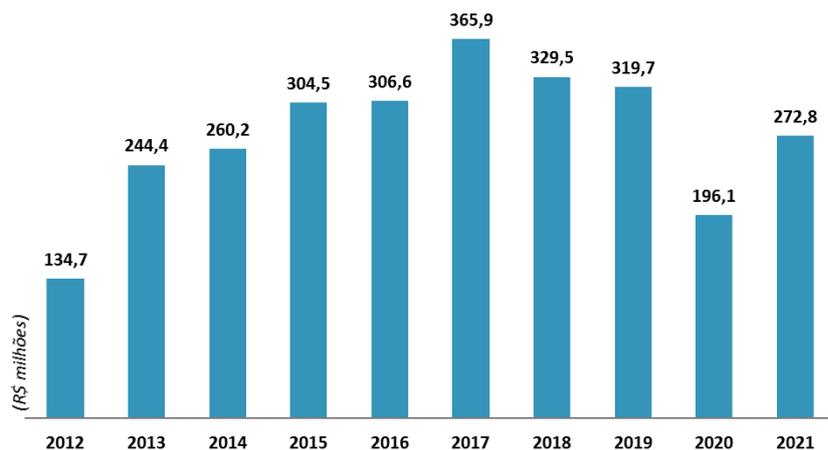
* TAH: Taxa Anual por Hectare (durante toda a fase de Autorização de Pesquisa); IOF: Imposto sobre Operações Financeiras; TFRM: Taxa de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários; ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços; UFEMG: Unidade Fiscal do Estado De Minas Gerais.

Além dos encargos federais, existem ainda os específicos para requerimento de cada fase e regime (Resolução ANM 3, de 30 de janeiro de 2019). O valor da taxa ao custeio de vistorias da ANM varia de acordo com a localização e respectiva distância da área a ser vistoriada. Na esfera federal, a maior quantidade de tributos exclusivos da mineração é na fase de pesquisa, e todos de responsabilidade da ANM.

De competência estadual, além do ICMS incidente para qualquer mercadoria e serviço, existe a TFRM exclusiva para mineração. É importante avaliar o impacto da Lei Kandir sobre a contribuição da mineração no ICMS. Segundo Riani e Albuquerque (2019), em sua concepção, a Lei tinha como objetivos fundamentais: incentivar as exportações brasileiras, visando melhorar o saldo do balanço de pagamentos e promover o crescimento econômico, através da elevação dos investimentos internos. Para isso, alguns incentivos em relação ao ICMS foram estabelecidos, dentre os quais se incluíram a desoneração das exportações dos bens primários e dos produtos semimanufaturados.

A alta participação de bens minerais na pauta de exportações do Estado reflete em uma arrecadação modesta de ICMS proveniente da mineração. Como por exemplo, em 2018 a arrecadação de ICMS proveniente da indústria extrativa foi de 2,4% do total arrecadado no Estado (SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA DE MINAS GERAIS).

A TFRM tem como finalidade custear as atividades dos órgãos públicos que atuam junto ao setor de mineração, regulamentada pelo Decreto 45.936, de 24 de março de 2012. A partir do histórico do seu recolhimento, foi possível observar tendência de crescimento até 2017, e posterior tendência de queda até 2020, mas com aumento no ano seguinte (**Gráfico 215**). A arrecadação total da tarifa foi superior a R\$2,73 bilhões aos cofres públicos estaduais desde sua implementação.



Fonte: Portal da Transparência MG.

Gráfico 215 - Evolução da arrecadação da TFRM no Estado.

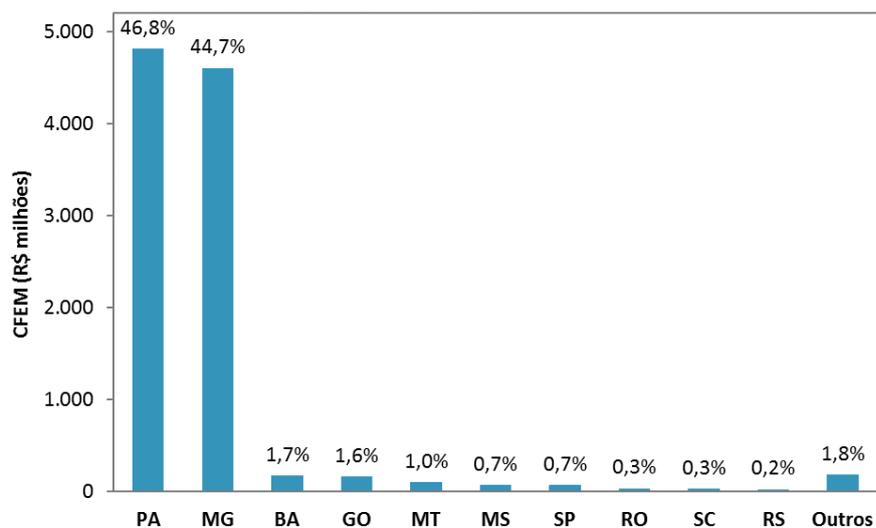
A evolução da arrecadação da TFRM acompanha diretamente a produção de minério de ferro, estreitando a relação entre as finanças do Governo Estadual e a Indústria Extrativa Mineral.

4.1.3.2. Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM

A extração de substâncias minerais, mencionadas na Lei 13.540, de 18 de dezembro de 2017, estão sujeitas à Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM). A CFEM é calculada com base na receita bruta quando o produto mineral for vendido, tendo alíquotas diferenciadas conforme substância mineral. Caso o produto não seja vendido, e sim consumido pela própria mineradora, o valor incide sobre a receita bruta calculada considerado o preço corrente do bem mineral.

A compensação é dividida entre União (10%), Estados (15%) e municípios (75%, sendo 60% para os municípios onde ocorrer a produção e 15% para aqueles que são afetados pela produção) (Lei 13.540/2017). Os recursos são preferencialmente aplicados em projetos que, direta ou indiretamente, revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação.

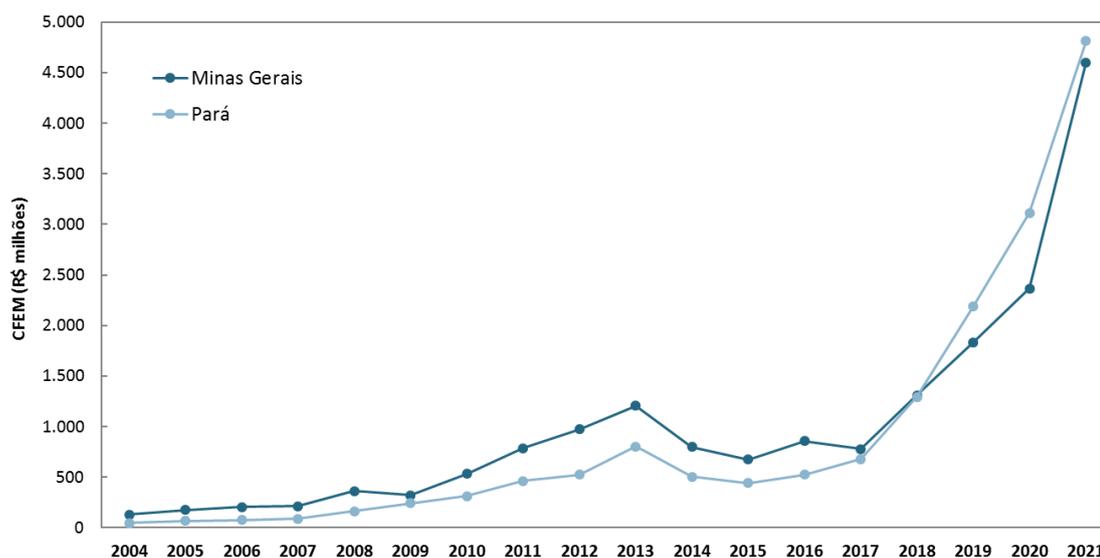
Em âmbito nacional, segundo dados da ANM, desde o início do registro em 2004, os Estados que mais recolheram CFEM foram Pará e Minas Gerais. Atualmente, Minas Gerais tem uma arrecadação que representa 44,7% do total nacional (**Gráfico 216**).



Fonte: ANM, 2021.

Gráfico 216 – Distribuição nacional da CFEM em 2021.

Ao longo dos anos, observa-se que a diferença das arrecadações entre os dois Estados (Minas Gerais e Pará) está cada vez menor (**Gráfico 217**). Isso se deve ao fato dos dois Estados terem como principal *commodity* o minério de ferro, cuja produção tem se elevado mais rapidamente no Pará. No quarto trimestre de 2016, a Vale S.A. iniciou as operações do Projeto Carajás S11D, o que alavancou a produção de minério de ferro e certamente contribuiu para que a arrecadação da CFEM do Estado do Pará ultrapassasse a de Minas Gerais.



Fonte: ANM, 2021/ Elaboração: SEDE

Gráfico 217 – Evolução da CFEM dos dois maiores arrecadadores nacionais.

É importante salientar que a partir de 2017, com a vigência da MP 789 e a sanção da Lei 13.540/2017, houve alterações nas alíquotas da CFEM, que provocaram um salto na arrecadação total dos Estados (**Tabela 20**).

Tabela 20 – Alterações das alíquotas da CFEM antes e após a mudança da legislação.

Substância Mineral	Alíquota anterior à MP 789/2017	Alíquota vigente Lei 13.540/ 2017
Substâncias minerais destinadas à construção civil	2%	1%
Ouro	1%	1,5%
Diamante e demais substâncias minerais	0,2% para diamante e 2% para as demais	2%
Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema	0,2% para nióbio e 3% para as demais	3%
Potássio, rochas fosfáticas e demais substâncias utilizadas como fertilizantes	3% para potássio e 2% para as demais	2%
Minério de ferro	2%	3,5% para o minério de ferro, com hipótese de redução até 2% a serem definidos via decreto presidencial
Águas minerais e termais	2%	1%

Em Minas Gerais, a arrecadação passou de R\$152 milhões (2004) para R\$4,6 bilhões (2021) (**Gráfico 218**), assim como duplicou o número de municípios arrecadadores no Estado. Observou-se, uma tendência de crescimento até 2013 quando os altos valores de exportação resultaram em grande arrecadação da CFEM no Estado. Porém, entre 2014 e 2017, houve diminuição na arrecadação proporcionada, principalmente, pela queda de preços no mercado internacional. Por outro lado, a partir de 2018, observou-se um aumento no recolhimento da CFEM, atingindo o nível mais elevado em 2021, desde o início dos registros na ANM.

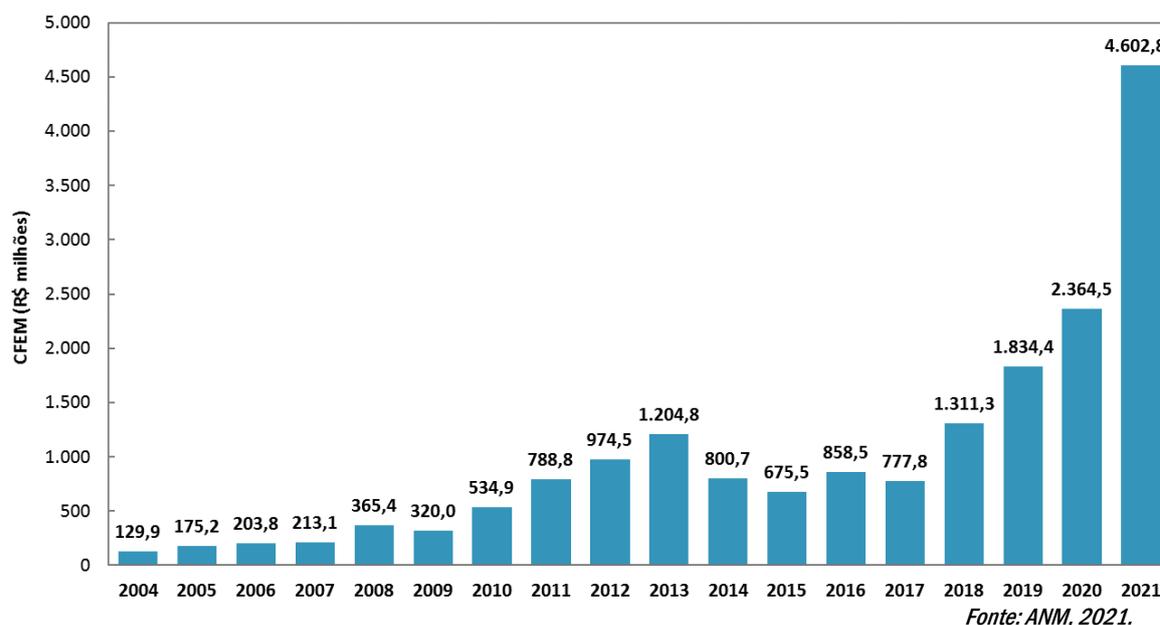


Gráfico 218 – Evolução da arrecadação da CFEM em Minas Gerais.

Em 2021, das 54 substâncias minerais exploradas no Estado que geram arrecadação de CFEM, constatou-se que R\$4,50 bilhões foram provenientes da exploração de 12 minerais metálicos (**Tabela 21**), enquanto R\$98,84 milhões se referiram a 43 substâncias não metálicas (**Tabela 22**).

Tabela 21 - Arrecadação da CFEM por substância metálica em 2021.

Metálicos	
Substância	Valor arrecadado (R\$)
Ferro	4.311.036.376,47
Ouro	154.089.682,91
Nióbio	12.009.249,04
Zinco	11.581.664,95
Lítio	5.482.105,01
Alumínio	3.591.157,08
Chumbo	2.234.563,16
Manganês	2.010.503,73
Tântalo	1.888.172,31
Prata	545.970,71
Níquel	10.315,59
Berílio	5.770,27
Total	4.504.485.531,23

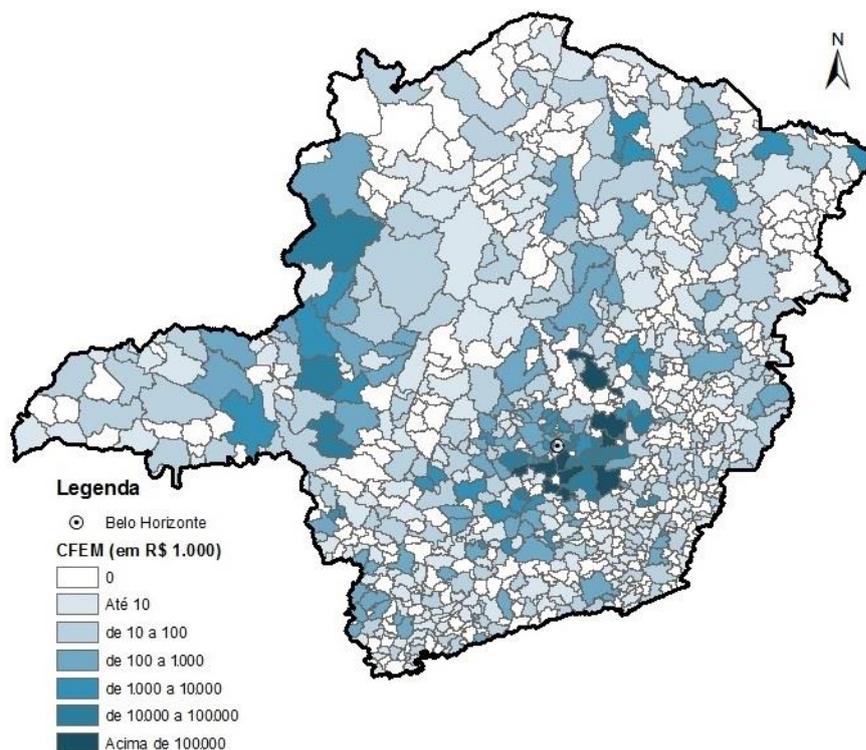
Fonte: ANM, 2021/ Elaboração SEDE

Tabela 22 - Arrecadação da CFEM das substâncias não metálicas por classe em 2021.

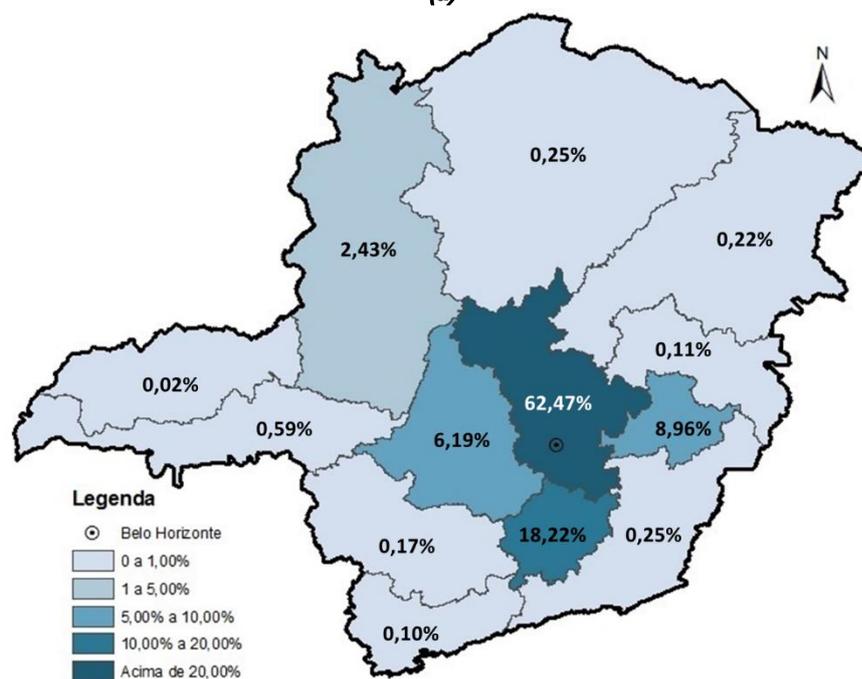
Não Metálicos	
Classes (substâncias ANM)	Valor arrecadado (R\$)
Agrominerais (calcário dolomítico, fosfato, rocha potássica)	58.436.639,27
Rochas Ornamentais e de Revestimento (ardósia, charnoquito, esteatito, gabro, gnaisse, granito, mármore, migmatito, pedra são tomé, serpentinito, sienito, xisto)	17.833.768,15
Minerais Industriais (agalmatolito, anfobólito, argilas, argilito, barita, caulim, cianita, feldspato, filito, grafita, leucita, pegmatito, pirita, quartzo, saponito, terra de siena, tonalito)	14.185.508,54
Agregados para Construção Civil (areia, basalto, cascalho, diabásio, fonólito, saibro)	3.619.378,72
Águas Minerais	2.539.144,16
Gemas (conglomerado diamantífero, gema)	1.677.446,92
Energéticos (Turfa)	681,52
Total	72.746.749,78

Fonte: ANM, 2021/ Elaboração SEDE

Dos 853 municípios de Minas Gerais, 511 arrecadaram a CFEM (2021) por exercerem atividades de produção mineral. Dentre esses, os que mais recolheram estão, em sua maioria, no Quadrilátero Ferrífero, RGInt de Belo Horizonte, seguida pelas regiões Barbacena e Ipatinga (**Figura 82**). Salienta-se que esse fato não está ligado somente à produção, uma vez que as alíquotas diferem entre as substâncias minerais exploradas.



(a)



(b)

Figura 82 - Distribuição estadual da CFEM em 2021. (a) por municípios produtores; (b) por RGInts.

Existem ainda os municípios que arrecadam CFEM por serem afetados pela mineração, cuja produção não ocorre em seu território, mas por serem cortados pelas infraestruturas utilizadas para o transporte ferroviário ou dutoviário de substâncias minerais, ou por se localizarem em seu território as pilhas de estéril, as barragens de rejeitos e as instalações de beneficiamento. No período de junho de 2018 a abril de 2019, a ANM registrou 158 municípios considerados afetados em Minas Gerais, correspondendo a 18,5% do total do Estado, com tendência de crescimento.

Dos municípios que arrecadaram CFEM (2021), destacam-se 20 por recolherem mais de R\$20 milhões. Conceição do Mato Dentro, Congonhas e Itabirito totalizaram 38,3% do valor total compensado para o Estado, principalmente com minério de ferro (**Gráfico 219**). Essa substância é a maior provedora da compensação nos municípios do Quadrilátero Ferrífero, diferente dos municípios de Sabará (região de Belo Horizonte) e Paracatu (região de Patos de Minas), onde mais de 80% arrecadação é oriunda da exploração de ouro.

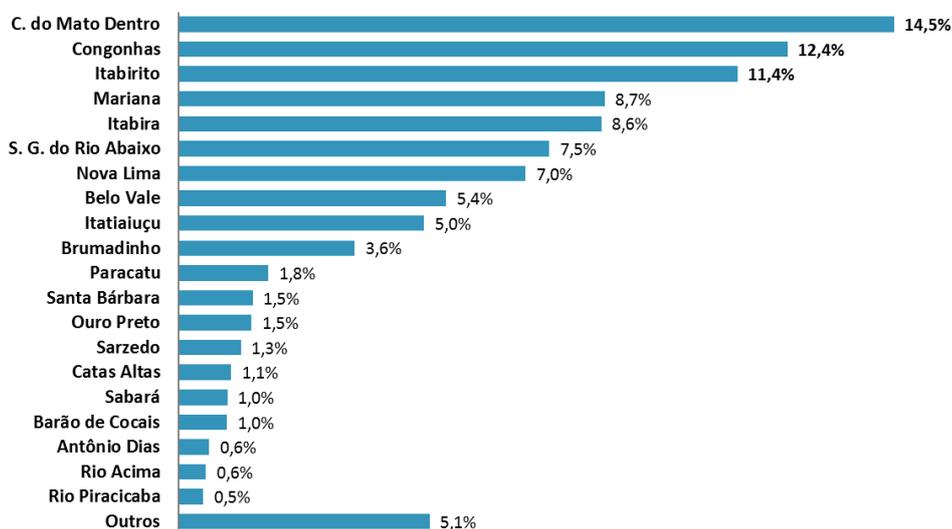
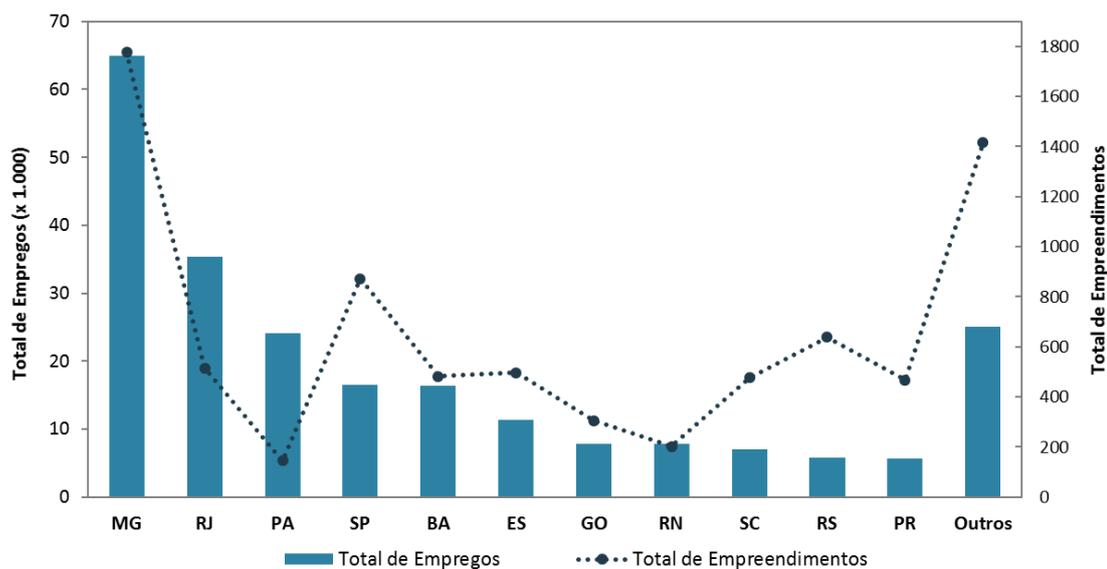


Gráfico 219 – Municípios mineiros que arrecadaram mais de 20 milhões em CFEM em 2021.

4.2. EMPREGOS GERADOS PELA INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL

Minas Gerais, por ser o maior Estado minerador do país, possui o maior número de empreendimentos minerários, respondendo por 22,8% do total de empregos formais gerados diretamente pela atividade extrativa mineral (68.898) no ano de 2020 (**Gráfico 220**).

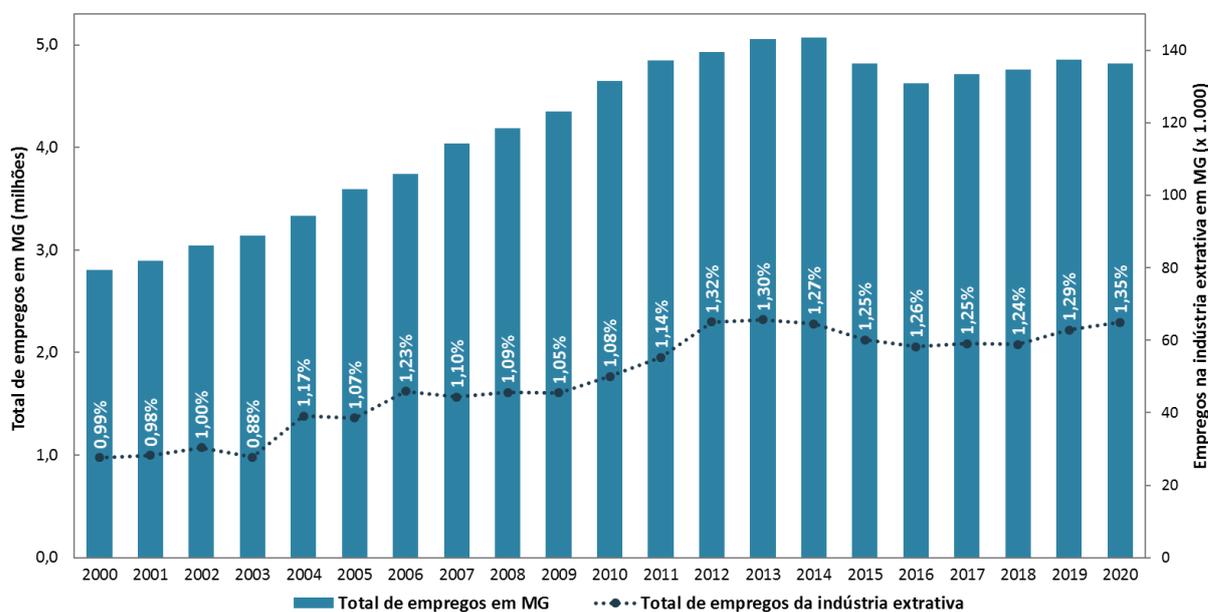


Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho, 2020

Gráfico 220 – Distribuição nacional do total de empregos no setor mineral e do número de empreendimentos minerários.

Em 2020, o setor extrativo mineral representou 1,35% do total dos 4,76 milhões de empregos existentes em Minas Gerais. Ao avaliar o histórico dessa relação (2000 a 2020), percebe-se que os empregos do setor extrativo

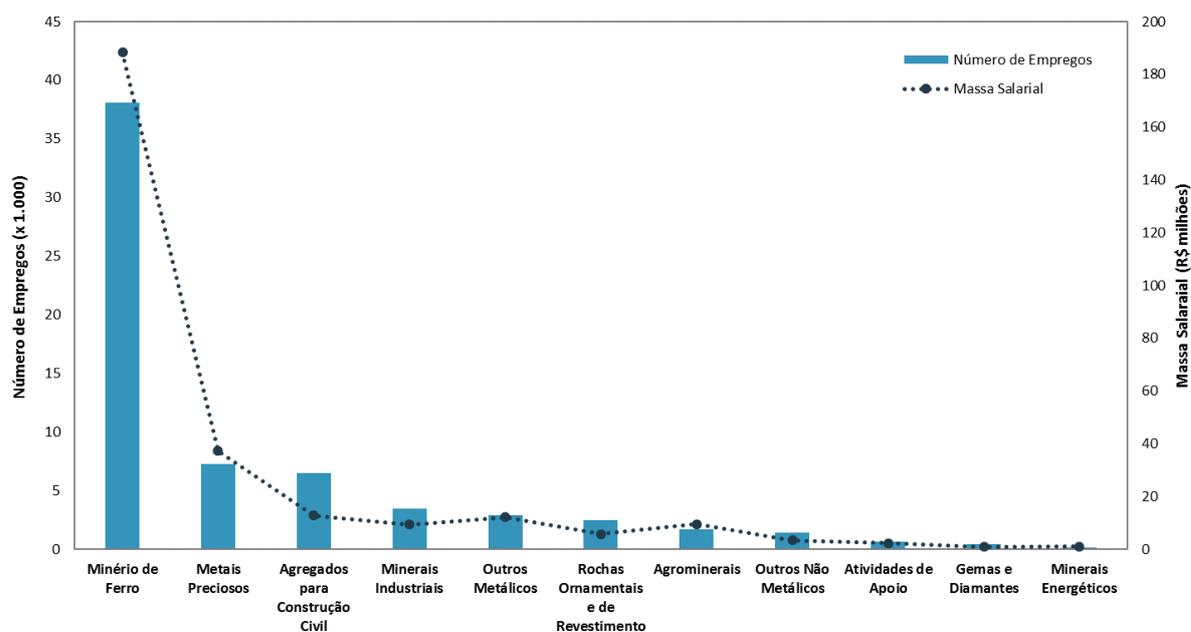
mineral tiveram crescimento considerável, passando de aproximadamente 27,6 mil no início dos anos 2000 para 65,7 mil empregos em 2013, valor máximo observado no período (Gráfico 221).



Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho e Previdência.

Gráfico 221 - Histórico dos empregos do setor extrativo mineral e do mercado de trabalho em Minas Gerais.

O setor mineral sempre foi responsável por gerar uma quantidade considerável de empregos e massa salarial no Estado. Em 2020, por exemplo, havia cerca de 64.898 pessoas empregadas no setor e uma massa salarial de R\$240 milhões. Esse valor é distribuído em profissionais empregados nos ramos de extração de minerais metálicos (81,6%); não metálicos (16,0%); atividades de apoio (2,3%) e uma tímida participação de minerais energéticos (Gráfico 222).



Fonte: CAGED-RAIS – Ministério do Trabalho e Previdência, 2020/ Elaboração SEDE.

Gráfico 222 - Empregos e massa salarial dos principais ramos da indústria extrativa mineral em Minas Gerais (ano base: 2020).

A extração do minério de ferro é a principal atividade da mineração em Minas Gerais, motivo pelo qual concentra o maior número de empregos (38.114) e valores de massa salarial (R\$188,3 milhões). Destacam-se também os



empregos gerados pela extração de metais preciosos (7.266), alavancada principalmente pelo ouro, e agregados para construção civil (6.505). Enquanto as duas atividades geram quantidades similares de empregos, as massas salariais são distintas (R\$37,3 e R\$12,8 milhões, respectivamente).

Sob o ponto de vista regional, a distribuição dos empregos gerados pela indústria extrativa mineral, concentra-se, majoritariamente, na região de Belo Horizonte, Barbacena

e Divinópolis, onde se localizam as principais minas de minerais metálicos em atividade do Estado (Figura 83). A região de Patos de Minas também se destaca pela geração de empregos na extração de minerais metálicos (ouro, chumbo e zinco). Por outro lado, nas outras regiões os empregos são provenientes, principalmente, da extração de minerais não metálicos.

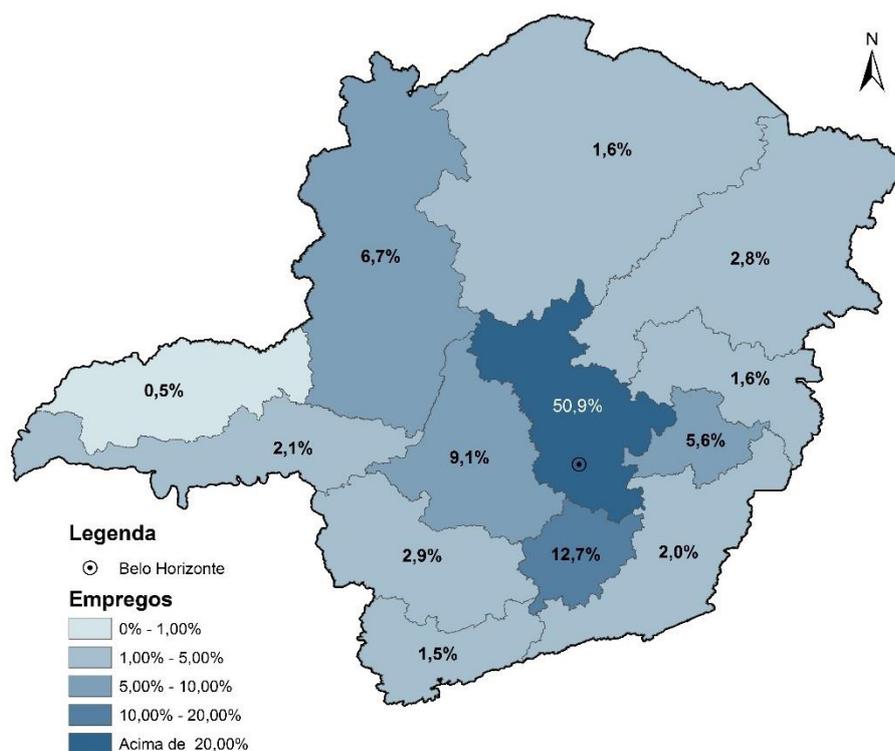


Figura 83 – Distribuição percentual do volume de empregos gerados pela atividade extrativa mineral por RGI em Minas Gerais (ano base 2020).

Dos 20 municípios com maior número de empregos formais na atividade minerária em Minas Gerais, 11 estão nas regiões de Belo Horizonte e Barbacena, que concentraram 55% da força de trabalho da indústria extrativa, principalmente de minério de ferro. Destacam-se Nova Lima e Congonhas que juntos empregaram, em 2020, aproximadamente, 14 mil pessoas.

Destacam-se também os municípios de Paracatu (2.338) e Vazante (1.075), na região de Patos de Minas, principalmente, na extração de ouro, chumbo e zinco; o município de Arcos (1.117), no Oeste, sobretudo na

extração de calcário e dolomita; e o município de Tapira (819), na Região de Uberaba, na extração de agrominerais para fabricação de adubos e fertilizantes.

Portanto, constata-se a importante contribuição do setor extrativo mineral para Minas Gerais, tanto para o desenvolvimento econômico, geração de renda e empregos, quanto para o fortalecimento da economia e as demais atividades ligadas direta ou indiretamente às cadeias produtivas minerais do Estado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9935: Agregados – terminologia**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.

ALECRIM, J.D. **Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: METAMIG, 308 p. 1982.

ALKMIM, F.F.; MARTINS-NETO M.A. 2001. A Bacia Intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e Cenários Evolutivos. In: Pinto, C.P. & Martins Neto, M.A. (eds.) **Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais**, SBG/Núcleo MG, p. 9-30.

ALKMIM, F.F. História Geológica de Minas Gerais. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7, n.4, p. 349-364. [s.m.]. 1977.

AMARAL, M. **Mercado de Areia na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. ANEPAC, Revista Areia e Brita, 19(66): 20-28, 2016 *apud* VICTORIA, A. M. Recursos para Construção Civil. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

ANM. FERREIRA FILHO, O. B. (Coord.). **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas: Ano Base: 2017**. Brasília: Agência Nacional da Mineração (ANM), 2019.

ANM. 2018. *Sigmine - Sistema de Informações Geográficas da Mineração*. Agência Nacional da Mineração – ANM. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/ao-minerador/sigmine>. Acesso em: 13 abr. 2018.

ANM. **Sumário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2017>. Acesso em: 18 jul. 2018.

ANM. Resolução nº 3, de 30 de janeiro de 2019. Atualiza os valores dos Emolumentos, da Taxa Anual por Hectare (TAH), das Multas, das Vistorias e dos Demais serviços prestados pela Agência Nacional de Mineração. **Diário Oficial da União**. Brasília, ed. 22, seção 1, 31 jan. 2019.

ANM. Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019. Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. **Diário Oficial da União**. Brasília, ed. 34, seção 1, 18 fev. 2019.

ANM. **Página institucional**. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/>. Acesso em: 1 set. 2019.

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Página institucional**. Disponível em: <https://abal.org.br/>. Acesso em: 25 nov. 2021.

AZEVEDO, U. R.; MACHADO, M. M. M.; CASTRO, P. T. A.; RENGER, F. E.; TREVISOL, A.; BEATO, D. A. C. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG)/ Proposta**. v.1, p.185-220. N.D.

BARBOSA, O. **Diamante no Brasil: Histórico, Ocorrência, Prospecção e Lavra**. Brasília: CPRM, 1991 *apud* CPRM. **Projeto Diamante Brasil: Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

BRAGA, P. F.A.; SAMPAIO, J. A. Lítio. In: Luz, A. B. e Lins, F.A.F. **Rochas & Minerais Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Cap26 p.585-603.

BRASIL. Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). **Diário Oficial da União**. Brasília, p.2, 19 dez. 2017.

BRASIL MINERAL. As Maiores Empresas do Setor Mineral. **Revista Brasil Mineral**, São Paulo, ed. 353, jul. 2015.

CAMPELLO, M. S. Rochas Carbonáticas. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

CARNEIRO, T. Nióbio – desenvolvimento tecnológico e liderança. In: Melfi, A. J. *et al.* (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 60-67.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. Ferro. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

CBBR. **Guia CBBR Para Declaração de Resultados de Exploração, Recursos e Reservas Minerais**. Brasília: Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBBR), 2016. Disponível em: http://www.cbrr.org.br/docs/guia_declaracao.pdf. Acesso em: 11 set.2018.

CHAVES, M. L.; DIAS, C. H.; CARDOSO, D, K, R. Lítio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

CODEMIG. **Primeira planta piloto do Brasil para produção de grafeno a partir de grafita natural é uma iniciativa de Minas Gerais**. 2016. Disponível em: <http://www.codemig.com.br/primeira-planta-piloto-do-brasil-para-producao-de-grafeno-a-partir-de-grafita-natural-e-uma-iniciativa-de-minas-gerais/>. Acesso em: 12, dez. 2018.

CODEMIG. **Governo de Minas Gerais adquire participação na Companhia Brasileira de Lítio**. 2018. Disponível em: <http://www.codemig.com.br/governo-de-minas-gerais-adquire-participacao-na-companhia-brasileira-de-litio-para-desenvolver-novos-negocios/>. Acesso em: 16, dez. 2018.

CURIMBABA. **Página institucional**. Disponível em <https://www.curimbaba.com.br/pt/empresa/historia> Acesso em: 08, abr. 2022.

CONTROLADORIA GERAL DO ESTADO – MG. **Portal da Transparência**. Disponível em: <http://www.transparencia.mg.gov.br/>. Acesso em: 8 out. 2019.

COSTA, M. L. Alumínio e bauxita no Brasil. In: Melfi, A. J. *et al.* (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 166-173.

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.

DARDENNE, M.A.; SCHOBENHAUS, C. Depósitos Minerais no Tempo Geológico e Épocas Metalogenéticas. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Orgs) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas & SIG – Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 365-448.**

DIAS, P.H.A.; et al. **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)

DIAS, P.H.A.; et al. **Área de Relevante Interesse Mineral - ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unaí (Zn-PbCu)**, MG. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos – CPRM, 2018. 160p. v.14 (Série Províncias Minerais do Brasil)

DIAS, T. G; CAXITO, F. Manganês. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

DNPM. BARBOSA, V. L. A. (Coord.). **Anuário Mineral Brasileiro 2001**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2001.

DNPM. ARAÚJO, P. F. V. *et al.* (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2002.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2003.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2004.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2005.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2006.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2007.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2008.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2009.

DNPM. GALVÃO, P. G. T.; FERREIRA FILHO, O. B.; NEVES C. A. R (Coords.). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2010.

DNPM. COSTA, M. M. D. *et al.* (Coord.) **Anuário Mineral Estadual – Minas Gerais: Anos Base 2010 - 2014**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2017.

DNPM. PINHEIRO, W. F; FERREIRA FILHO, O. B; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Anuário Mineral Estadual: Principais Substâncias Metálicas: Ano Base: 2015**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2016.

DNPM. PINHEIRO, W. F; FERREIRA FILHO, O. B; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Anuário Mineral Estadual: Principais Substâncias Metálicas: Ano Base 2016**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2018.

DNPM. LIMA, T. M; NEVES, C. A. R. (Coords.). **Sumário Mineral Brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2016.

ENDO I.; et al. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**, Escala 1:150.000. Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero, Departamento de Geologia, Escola da Minas - UFOP, Ouro Preto. 2019.

FERNANDES, M. M. **Viabilidade agrônômica do uso do rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, MG**. 2008. 172 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FERRARI FILHO, F.; PAULA, L. F. **Desdobramentos da Crise Econômica Internacional**. *Brazilian Journal of Political Economy*, vol.31, nº2, São Paulo, Abril-Junho de 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572011000200009 . Acesso em: 22 set. 2019.

GROSSI, J.; VALENTE, J. **Guia Prático para Cálculo de Recursos e Reservas Minerais**. 2003. Disponível em: <http://www.geologo.com.br/JORC.ASP>. Acesso em: 11 jun. 2018.

HEIDER, M.; AMARANTE, J. L. **Evolução da Produção do Manganês no Brasil**. In *The Mine*, São Paulo: v. 72, p. 9-11, mar.- abr. 2018.

IBGE. PALIS, R.L.R. (Coord.). **Sistema de Contas Regionais**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?edicao=23025&t=downloads>. Acesso em: 28 set. 2018.

IBGM. HENRIQUES, H. S.; SOARES, M. M. (coords.). **Políticas e Ações para a Cadeia Produtiva de Gemas e Jóias**. Brasília: Brisa, 116 p. 2005.

IBRAM. **Panorama da Mineração em Minas Gerais**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2016.

INDEXMUNDI. **Minério de Ferro Preço Mensal – Dólares americanos por tonelada métrica seca**. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=min%C3%A9rio-de-ferro&meses=120> Acesso em 28 nov. 2019

INDI. **Minerometalúrgico**. Disponível em <https://www.indi.mg.gov.br/minas-gerais/setores-de-destaque/minerometalurgico/>. Acesso em: 11 nov 2021.

KULAIF, Y. Relatório Técnico 52 - Perfil do Potássio. In: J.Mendo Consultoria. **A Mineração Brasileira**. 2009.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MONTE, M.B.M e NASCIMENTO, M. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 1, p. 141-174.

LEÃO, L.P.; COSTA, R.V.F.; LEITE, M.G.P. e JÚNIOR, H.A.N. **Mapeamento Geoquímico do Manganês e Avaliação da Qualidade de Sedimentos Fluviais e Águas Superficiais do Quadrilátero Ferrífero, Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Vol. 42-2, 2019. p.444-455.

LIMA, O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. **Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n.4: p. 204-215, 2007.

LINS, F. A. F. Panorama das Rochas e Minerais Industriais no Brasil. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 1, p. 3-23.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. Recursos Minerais no Cenário Geológico De Minas Gerais. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line**: 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.

LOBATO, L. M.; COSTA, M. A. Ouro. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line**: 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.

LOBATO, E. Relatório Técnico 41 - Perfil da Grafita. In: J.Mendo Consultoria. **A Mineração Brasileira**. 2009.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Areia Industrial. In: Luz, A. B; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. cap. 5, p. 103-123.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. Introdução ao Tratamento de Minérios. In: Luz, A. B; Sampaio, J. A.; França, S. C. A. (Eds.). **Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. cap. 1, p. 3-20.

MINAS GERAIS. Decreto nº 45.936, de 23 de março de 2013. Estabelece o Regulamento da Taxa de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - TFRM - e dispõe sobre o Cadastro Estadual de Controle, Monitoramento e Fiscalização das Atividades de Pesquisa, Lavra, Exploração e Aproveitamento de Recursos Minerários - CERM. 2013.

MINÉRIOS & MINERALES. **Fábrica da Votorantim Cimentos em Itaú de Minas completa 80 anos**. 2017. Disponível em: <https://revistaminerios.com.br/fabrica-da-votorantim-cimentos/>. Acesso em: 14, set. 2018.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **COMEX STAT**. Disponível em: <http://COMEX STAT.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 20 set. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **RAIS-CAGED**. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php>. Acesso: 25 set. 2019.

MORAES, L. C.; SEER, H. J. Terras Raras. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line: 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.

MOREIRA, D.S.; UHLEIN, A.; FERNANDES, M.L.S.; MIZUSAKI, A.M.; GALÉRY, R.; DELBEM, I.D.; **Estratigrafia, Petrografia e Mineralização de Potássio em Siltitos Verdes do Grupo Bambuí na Região de São Gotardo, Minas Gerais.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 35, n. 2, p.157-171, 2016

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. **Agrominerais - potássio.** IN: Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 175-203.

NETO, I.C.; NANNINI, F.; SILVEIRA, F.V.; CUNHA, L.M. **Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais.** Projeto Diamante Brasil. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

NETTO, C.; ARAÚJO, M.C.; PINTO, C.P.; DRUMOND, J.B. Projeto Leste: Cadastramento de Recursos Minerais - Pegmatitos. Belo Horizonte: SEME / COMIG / MME / CPRM, 1998, v. 1, 210 p. *apud* PAES, V.J.C; SANTOS, L.D.; TEDESSCHI, M.F.; BETIOLLO, L.M. **Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil: Área Do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2016.

NICOLAU, M. T. **A Água Subterrânea na Gestão Ambiental: Aspectos Quantitativos e Qualitativos – Monografia** (Programa de Pós-Graduação Lato Sensu, curso de especialização em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, Belo Horizonte, 2004.

PAES, V.J.C; SANTOS, L.D.; TEDESSCHI, M.F.; BETIOLLO, L.M. **Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil: Área Do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2016.

PEDROSA-SOARES, A. C.; PINTO, C. P.; NETTO, C.; ARAÚJO, M. C.; CASTAÑEDA, C.; ACHTSCHIN, A. B.; BASÍLIO, M. S. A Província Gemológica Oriental do Brasil. In: CASTAÑEDA, C.; ADDAD, J. E.; LICCARDO, A. (org.). **Gemas de Minas Gerais.** Belo Horizonte, Soc. Bras. Geologia-MG, 288 p. 2001.

PINTO, C. P.; PEDROSA-SOARES, A. C. **Brazilian Gem Provinces.** The Australian Gemologist, 21 (1): 12-16. 2001.

PINTO C.P.; SILVA M.A. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000.** Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM. 2014.

QUEIROZ, E. T. **Águas Minerais do Brasil: Distribuição, Classificação e Importância Econômica – Programa Nacional de Distritos Mineiros.** Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 135p., 2004.

QUEIROZ, C. A. P. **Estudos sobre as possibilidades de cooperação entre os atores nas micro e pequenas empresas do arranjo produtivo local de gemas e joias de Teófilo Otoni – MG.** 2016. 183 p. Dissertação

(Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, 2016.

RIANI, F; ALBUQUERQUE, C.M.P. Lei Kandir e a Perda de Receita do Estado de Minas Gerais. In: CRUZ, L.S.S.; JÚNIOR, O.A.B. (Org.) **Desonerações de ICMS, Lei Kandir e o Pacto Federativo**. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. 409p.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. **O Quadrilátero Ferrífero – MG, Brasil**: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 18, p.34-37, 2010.

ROLIM, V.K. Mineralizações de titânio e P no Grupo Mata da Corda. In: 2º Seminário das Províncias Metalogenéticas Brasileiras. Paracatu. CPRM. Apresentações. 2014 *apud* MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line**: 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.

ROSA, A. F. Estudo de Amostras da Região de Presidente Olegário Visando Identificar Minerais Portadores de Urânio. Trabalho de Conclusão de Curso, CEFET-MG/Unidade Araxá, Araxá, 124 p. 2015 *apud* MORAES, L. C.; SEER, H. J. Titânio. In: Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais On Line**: 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.

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.

SAMARCO. **Página institucional**. Disponível em: <http://www.samarco.com> Acesso em: 13 dez. 2018.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B. Bauxita. In: Luz, A. B.; Lins, F. A. F. (Eds.). **Rochas e Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. cap. 13, p. 311-338.

SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA. **Página institucional**. Disponível em: <http://www.fazenda.mg.gov.br/>. Acesso em: 1 out. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA. **Taxa Estadual de Recursos Minerais**. Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/taxas/taxa_minerio/. Acesso em: 08 fev. 2022.

SEIXAS, L.A.R. **Geologia e Metalotectos de Ouro de uma Fração do Lineamento Congonhas, MG**. Instituto de Geociências, Universidade Nacional de Brasília. Dissertação de Mestrado, 1988. 116 p.

SIQUEIRA, J. S. **Recuperação de Sulfetos em Minério de Zinco Predominantemente Silicatado**. 98 p. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SNIRH. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Águas - ANA. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 20 ago. 2018.

THEODORO, S. H. **Cartilha da Rochagem**. Brasília: Gráfica e Editora Ideal, 32 p. 2011.

USGS. *Mineral Commodity Summaries 2016*. Disponível em:
<https://pubs.er.usgs.gov/publication/70170140>. Acesso em: 30, ago. 2018.

SILVA, O. P. **Mineração em Minas Gerais: passado, presente e futuro**. Revista Geonomos, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.77-86, 1995.

SVISERO, D. P. *Distribution and origin of diamonds in Brazil: an overview*. *Journal of Geodynamics*, 20(4): 493-514, 1995 *apud* NETO, I.C.; *et al.* **Projeto Diamante Brasil: Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado de Minas Gerais**. Brasília: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2017.

VALE. **Página institucional**. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil>. Acesso em: 13 dez. 2018.

VALE. **Vale aprova contrato de arrendamento de ativos e direitos minerários de potássio**. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/investors/information-market/press-releases/Paginas/vale-aprova-contrato-arrendamento-de-ativos-e-direitos-minerarios-de-potassio.aspx>. 09 fev. 2012 - Acesso em 28 mar. 2022.

VICTORIA, A. M. Recursos para Construção Civil. In: PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (Coords.). **Recursos Minerais de Minas Gerais *On Line*: 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.

VILLELA, M. **Nióbio, o metal que só o Brasil fornece ao mundo está no Amazonas**. Mining.com. 2015.

DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



MINAS
GERAIS

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

