

# MANGANÊS

**Tatiana Gonçalves Dias**

*tati\_gdias@yahoo.com.br*

**Fabrcio Caxito**

Diretor do CPMTC (Centro de Pesquisas Manoel Teixeira da Costa)

Geologia - Instituto de Geociências

Universidade Federal de Minas Gerais

*facaxito@yahoo.com.br*

# SUMÁRIO

1. ASPECTOS GERAIS.....	1
1.1. MINERALOGIA.....	1
1.2. APLICAÇÕES .....	3
2. GEOLOGIA .....	4
2.1. DEPÓSITOS HIDROTERMAIS.....	5
2.2. DEPÓSITOS SEDIMENTARES.....	5
2.3. DEPÓSITOS SUPERGÊNICOS.....	5
2.4. PRINCIPAIS DEPÓSITOS EM MINAS GERAIS.....	6
2.4.1. Morro da Mina.....	6
2.4.2. Borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional .....	9
3. ASPECTOS GEOMETALÚRGICOS .....	10
4. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	11
4.1. PRODUÇÃO MUNDIAL .....	11
4.2. PRODUÇÃO INTERNA .....	11
4.3. EXPORTAÇÃO .....	11
4.4. IMPORTAÇÃO .....	12
4.5. CONSUMO INTERNO.....	13
4.6. PROJETOS EM ANDAMENTO E/OU PREVISTOS.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15

## 1. ASPECTOS GERAIS

O manganês, elemento considerado o décimo segundo mais abundante na Terra, ocorre na natureza como óxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos que constituem mais de uma centena de minerais conhecidos com esse elemento em sua composição. Entretanto, apenas alguns desses minerais são considerados minerais-minério.

O minério de manganês é considerado material essencial na fabricação de ligas metálicas, combinado, especialmente com o ferro, na produção de aço. Pode ser utilizado ainda em ligas de cobre, zinco, alumínio, estanho e chumbo.

A reserva mundial de manganês em 2014 foi estimada em 625 Mt de minério ROM (Run of Mine). As maiores reservas são situadas na África do Sul, que detém a maior jazida do mundo (*Kalahari Manganese Field*, Figura 1), com 150 Mt (23,7% da reserva mundial), seguidas pelas reservas da Ucrânia, com 140 Mt (22,1%); Brasil, com 116 Mt (18,3%); Austrália, com 97 Mt (15,3%); Índia com 52 Mt (8,2%); China com 44 Mt (6,95%); Gabão com 24 Mt (3,8%). Apenas estes países detêm cerca de 98,3% do total das reservas mundiais.

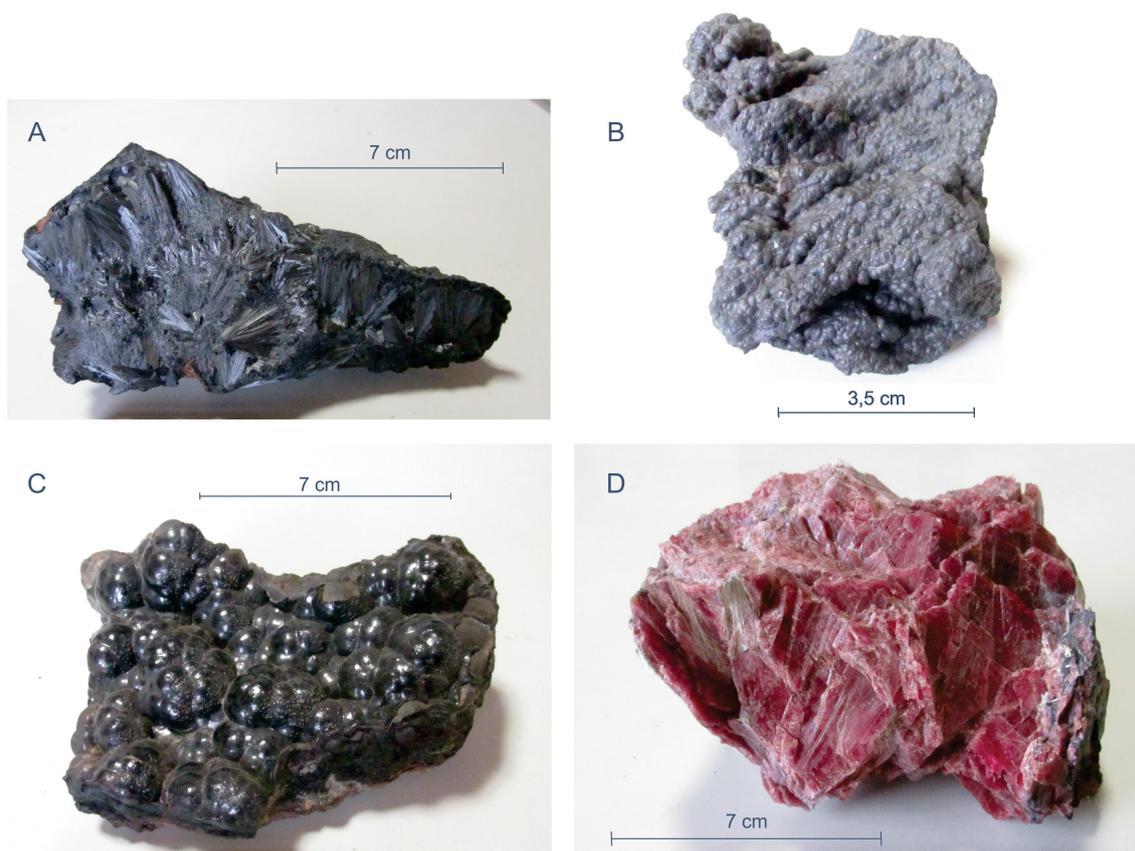
Os dados mais recentes apontam que o Brasil detém 116 Mt de reservas de minério de manganês, o que equivale a 18,3% do total das reservas no mundo (Lima & Neves 2016). Os principais depósitos do país compreendem a jazida do Azul, localizada na Província Mineral de Carajás (PA), a Serra do Navio, no estado do Amapá, e o depósito de Urucum, no Mato Grosso do Sul (Figura 1). O Morro da Mina, operado pela Vale, é considerado o depósito de maior importância em Minas Gerais, situado na província mineral do Quadrilátero Ferrífero, próximo à cidade de Conselheiro Lafaiete.



**Figura 1.** Principais depósitos de manganês no mundo.

### 1.1. Mineralogia

O manganês é um elemento químico do grupo dos metais de transição. Participa da composição de dezenas de minerais, sob a forma de dióxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos. A pirolusita, o psilomelano (Figura 2A e B) e a manganita destacam-se como dióxidos de manganês de maior importância econômica (Luz & Lins 2008), embora alguns outros minerais possam ser considerados de interesse, tais como o criptomelano e a rodonita (Figura 2C e D; Tabela 1).



**Figura 2.** Exemplos dos principais minerais de manganês de importância econômica. **A)** Pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ) com hábito fibroso (depósito Espigão do Oeste – RO); **B)** Psilomelano ( $(\text{Ba},\text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$ ) com hábito botrioidal (Mina do Azul, Carajás – PA); **C)** Criptomelano ( $\text{K}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$ ) com hábito botrioidal (Diamantina – MG); **D)** Rodonita ( $\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca}$ ) $\text{SiO}_3$ ; depósito de Morro da Mina – MG). Fotos de acervo pessoal cedidas pelo geólogo Henrique Persequini.

**Tabela 1.** Minerais de manganês de importância econômica (adaptado de Almeida 2010).

Mineral	Fórmula Química	Teor de Mn típico(%)
Bementita	$\text{Mn}_8\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_{10}$	43,2
Bixbyta	$(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$	52,1
Braunita	$\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}_6\text{SiO}_{12}$	66,6
Psilomelano	$(\text{Ba},\text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$	45 - 60
Criptomelano	$\text{K}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$	Função do teor de K
Espessartita	$\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	33,3
Hausmanita	$\text{Mn}_3\text{O}_4$	72
Jacobsita	$\text{Fe}_2\text{MnO}_4$	23,8
Holandita	$\text{Ba}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$	42,5
Litioforita	$(\text{Li}, \text{Al})\text{MnO}_2(\text{OH})$	Função da água de hidratação
Manganita	$\text{MnO}(\text{OH})$	62,5
Nsutita	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+}, \text{Mn}^{4+})(\text{O},\text{OH})_2$	62,9
Pirocroíta	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	61,7
Pirolusita	$\beta\text{-MnO}_2$	63,2
Piroxmangita	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+})\text{SiO}_3$	38,3
Romanechita	$(\text{Ba}, \text{Mn}^{2+})_3(\text{O},\text{OH})_6\text{Mn}_{18}\text{O}_{16}$	45 - 60
Ramsdellita	$\text{MnO}_2$	63,2
Rodocrosita	$\text{MnCO}_3$	47,6
Rodonita	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	38,3
Tefroíta	$\text{Mn}_2\text{SiO}_4$	54,3
Todorokita	$(\text{Ca},\text{Na},\text{K})(\text{Mg},\text{Mn}^{2+})\text{Mn}_5\text{O}_{12}\cdot x\text{H}_2\text{O}$	Função da água de hidratação

**Pirolusita:** mineral-minério de maior importância comercial. Geralmente encontrado na forma pulverulenta ou fibrosa, como agregados botrioidais ou colunares, mais raramente como drusas de pequenos cristais metálicos cinzentos escuros prismáticos a tabulares.

**Psilomelano:** óxido hidratado contendo de 45 a 60% de Mn e quantidades variáveis de bário e potássio.

**Manganita:** resultante da redução de pirolusita, o mineral ocorre em veios associado a outros minerais de manganês, como cristais bem formados ou agregados com estrutura fibrosa. Pode apresentar ainda hábito botrioidal.

## 1.2. Aplicações

Os primeiros registros da utilização de minerais de manganês como pigmento remontam ao período paleolítico, há cerca de 15.000 anos. No Egito antigo, compostos químicos de manganês eram utilizados na fabricação de vidros. O dióxido de manganês foi considerado até o ano de 1774 como um composto de ferro, quando o elemento Mn foi isolado pelo engenheiro de minas sueco J. G. Gahn. A partir do século XIX, o metal tornou-se indispensável para a indústria metalúrgica, quando as ligas de manganês foram desenvolvidas (Luz & Lins 2008).

O manganês, quarto metal mais utilizado no mundo (Santana 2009), é essencial na produção do aço. Cerca de 90% do consumo desse metal corresponde ao uso na indústria siderúrgica, como componente na fabricação de aços diversos (baixo carbono, austeníticos, aços ferramenta e aços de usinagem fácil). O manganês é usado ainda em combinação com outros metais, além do ferro, na produção de ligas de: cobre, zinco, alumínio, estanho e chumbo.

O minério de manganês é destinado ainda a diversos usos não-metalúrgicos. Após beneficiamento, pode ser empregado em componentes de pilhas e baterias, na agricultura (fertilizantes, fungicidas e rações) e em compostos químicos na produção de agentes oxidantes para corantes, aromatizantes, de secagem de pintura e de vedação.

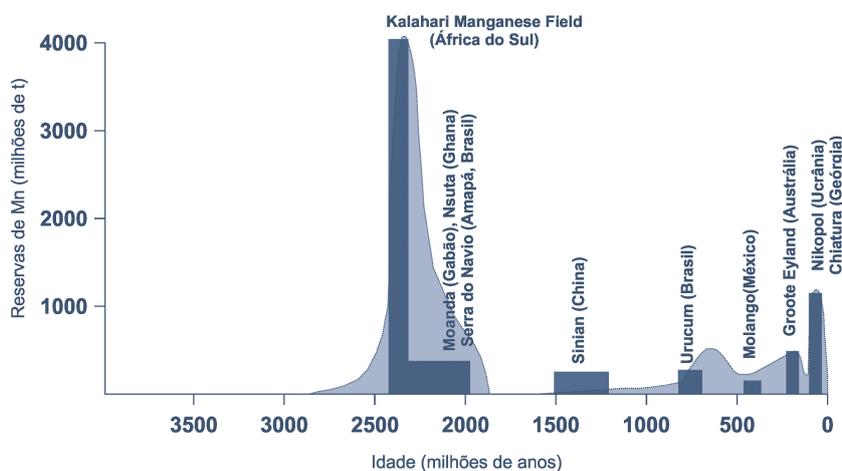
## 2. GEOLOGIA

Os depósitos de manganês podem ser considerados indicadores da evolução do planeta Terra, uma vez que apresentam grande espectro metalogenético ao longo do tempo geológico, desde o Arqueano até os dias atuais.

Os depósitos antigos formaram-se em paleoambientes marinhos e tornaram-se parte de continentes através de processos tectônicos de elevação e acreção continental. Podem apresentar teor de manganês suficientemente alto para se constituírem minérios, ou podem ter sido submetidos a mecanismos de concentração naturais e, da mesma forma, serem economicamente viáveis para exploração comercial. O desenvolvimento desses depósitos em função do tempo é influenciado por processos e parâmetros diversos, tais como intensidade e tipo de atividade tectônica, vulcânica e hidrotermal, nível do mar e clima, influência da biosfera, fatores atmosféricos e hidrosféricos, principalmente disponibilidade de oxigênio (Frakes & Bolton 1992, Roy 1997, Roy 2006).

Os depósitos mais antigos conhecidos datam do Neoarqueano, e são pouco significativos. Os maiores depósitos são associados ao Paleoproterozoico, quando houve grande disponibilidade de oxigênio na Terra, a exemplo do *Kalahari Manganese Field*, considerado a maior jazida de manganês do mundo. Importantes depósitos de manganês neoproterozoicos são hospedados em sequências glaciogênicas, como o depósito de Urucum, no estado do Mato Grosso do Sul, associado a formações ferríferas bandadas. Os maiores depósitos fanerozoicos, inclusive de classe mundial, são associados principalmente à Era Mesozoica e ao Oligoceno (Figura 3, Roy 2006).

A ocorrência de nódulos compostos por óxidos e hidróxidos de ferro e manganês nos oceanos modernos é conhecida desde a expedição britânica Challenger em 1870. Em regiões de interesse econômico, tais como algumas ocorrências no Oceano Pacífico equatorial e no Oceano Índico Central, os nódulos podem conter ainda outros metais como níquel, cobre e cobalto e concentrações significativas de elementos terras raras. Entretanto, a viabilidade econômica desse tipo de depósito é ainda debatida, devido às questões tecnológicas inerentes à mineração em grandes profundidades marinhas e legais de propriedade e controle de recursos em águas internacionais (Cannon *et al.* 2017).



**Figura 3.** Distribuição temporal dos depósitos de manganês (curvas em azul claro) e reservas dos principais depósitos do mundo. Adaptado de Kirschvink *et al.* 2000.

Segundo a gênese, os depósitos de manganês são classificados em hidrotermal, sedimentar e supergênico.

## 2.1. Depósitos Hidrotermais

Os depósitos de manganês do tipo hidrotermal são, em geral, de pequeno porte e de idade fanerozoica. Ocorrem hospedados em uma grande variedade de rochas, na forma de corpos *stratabound*, com gênese associada à atividade de fluidos hidrotermais, ou como veios epitermais, que ocorrem frequentemente encaixados em rochas vulcânicas de idades variadas, tais como basaltos e riolitos (Roy 1997). Embora os depósitos em veios epitermais sejam raramente economicamente viáveis, podem apresentar relações espaciais e temporais com mineralizações de ouro e prata (Roy 1988, 2006).

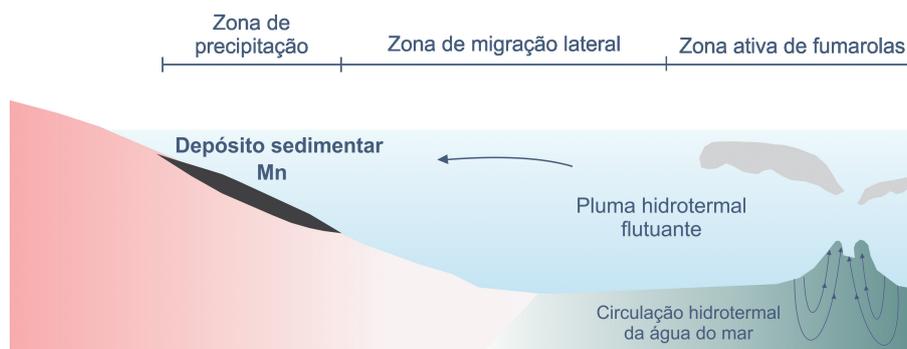
Quando correlacionados aos dias atuais, os depósitos hidrotermais *stratabound* podem ser associados a ambientes marinhos próximos a dorsais meso-oceânicas e as zonas de subducção relacionadas a arcos de ilhas. Emissões hidrotermais em bacias continentais rasas, tais como em ambientes lacustres, podem ainda ser responsáveis pelo desenvolvimento desse tipo de depósito (Nicholson 1990).

## 2.2. Depósitos Sedimentares

Os depósitos manganíferos do tipo sedimentar são os mais abundantes em termos de tamanho e de distribuição temporal, em relação aos demais tipos de depósitos. A gênese desses depósitos envolve o transporte do manganês desde uma ou múltiplas áreas-fonte até a bacia de sedimentação, onde ocorre a concentração do metal. Exalações vulcânicas submarinas, relacionadas às zonas ativas de dorsais meso-oceânicas, são consideradas importantes fontes de manganês. O transporte do manganês a partir da fonte ocorre em função de condições favoráveis de Eh e pH para a solubilização deste metal e deslocamento em águas subterrâneas anaeróbias ou águas superficiais levemente ácidas. O manganês pode ser carregado ainda como partículas finas suspensas (transporte coloidal), como carapaça em torno de detritos, adsorvido em partículas de argila ou através de águas ácidas provenientes de regiões vulcânicas ou de fontes hidrotermais. A precipitação do manganês no ambiente de deposição pode ocorrer na forma de óxido, hidróxido, carbonato, silicato ou sulfeto, em função das características físico-químicas do ambiente de deposição ou da diagênese (Figura 4, Roy 1968).

## 2.3. Depósitos Supergênicos

Os depósitos de manganês, supergênicos, comumente são classificados como sedimentares, considerando os protólitos das rochas hospedeiras como de origem sedimentar. Entretanto, nesses casos, a mineralização principal origina-se por alteração supergênica e consequente enriquecimento do protominério. Dessa forma, os produtos do enriquecimento supergênico de rochas sedimentares são considerados os hospedeiros da maior parte do minério de manganês do mundo (Roy 2006).



**Figura 4.** Modelo metalogenético simplificado de depósito sedimentar de manganês, com fonte em exalações vulcânicas. Compostos de carbonatos, óxidos e hidróxidos de Fe e Mn precipitam-se a partir de plumas hidrotermais provenientes de zonas vulcânicas ativas, em dorsais meso oceânicas (Adaptado de Mancini *et al.* 2000, Kirschvink *et al.* 2000).

Os grandes depósitos, como *Kalahari Manganese Field*, na África do Sul, de idade paleoproterozoica, e o *Groote Eylandt* na Austrália, de idade cretácea, são exemplos de depósitos sedimentares. Depósitos desse tipo são associados a paleoambientes de águas rasas em margem de bacias, embora os depósitos atuais conhecidos estejam se formando em ambientes de mar profundo.

Esses tipos de depósito desenvolvem-se em condições climáticas propícias para a atuação de águas meteóricas, que desencadeiam reações químicas e lixiviação preferencial de componentes, resultando na concentração de alguns elementos em zonas superficiais e outros em zonas mais profundas, caracterizando o perfil de intemperismo. Em muitos depósitos, por meio desse mecanismo, alumínio e ferro (laterita) são concentrados na zona superior do perfil de intemperismo e o manganês na zona inferior.

O depósito de Moanda no Gabão, os depósitos de Azul e Serra do Navio no Brasil e numerosos depósitos na Índia são exemplos significativos de depósitos supergênicos.

## 2.4. Principais Depósitos em Minas Gerais

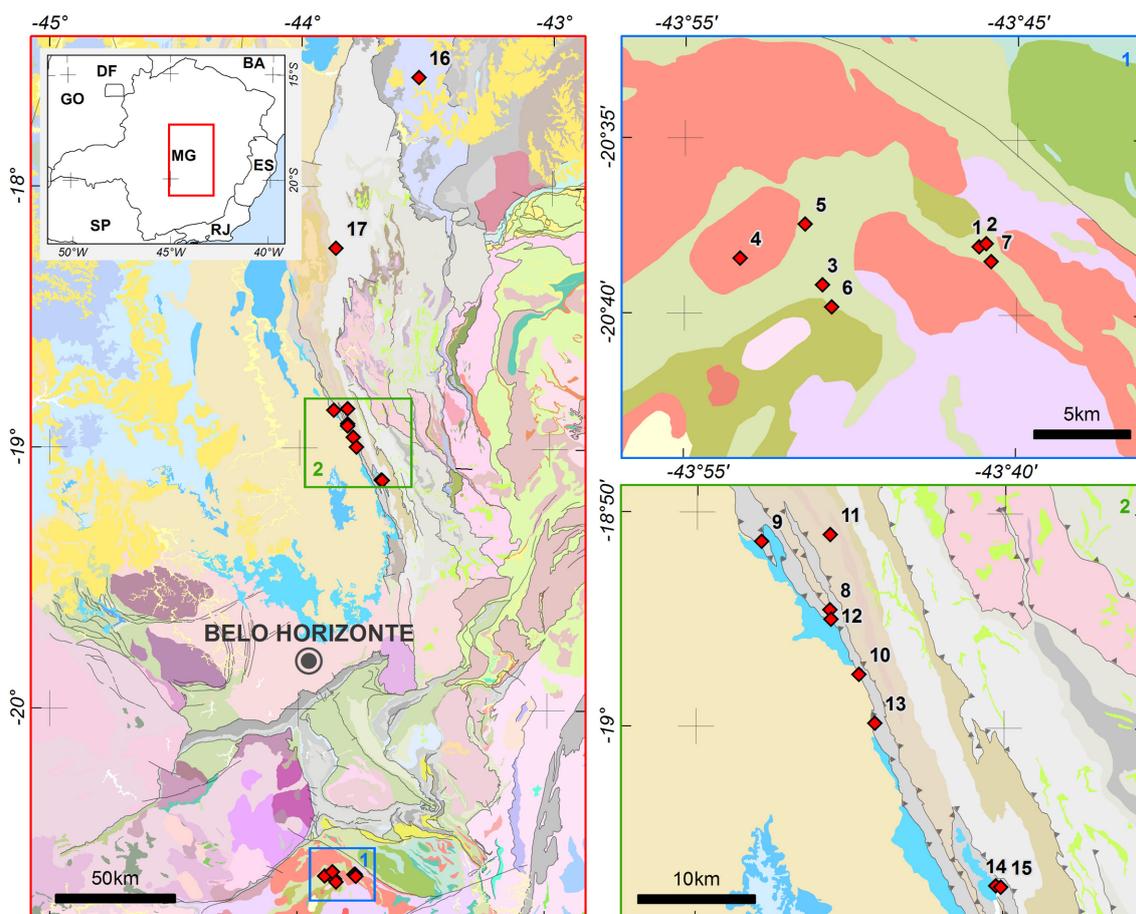
No estado de Minas Gerais, os maiores depósitos de minério de manganês ocorrem, principalmente, na província mineral do Quadrilátero Ferrífero, sendo o Morro da Mina considerado o de maior importância. Em menor escala, ocorrências e depósitos são abrigados em seqüências metassedimentares situadas na borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional (figuras 5 e 6, Tabela 2).

### 2.4.1. Morro da Mina

Situado no Vale do Paraopeba, próximo à cidade de Conselheiro Lafaiete, o depósito de Morro da Mina (figuras 5 e 6) apresenta grande importância histórica na mineração de manganês em Minas Gerais, sendo considerado durante anos, a maior jazida de manganês do continente sul-americano (Bittencourt 1973). Os trabalhos pioneiros, assim com a lavoura, datam do início do século XX (e.g. Derby 1908), os quais reconheceram o caráter supergênico do depósito.



**Figura 5.** Cava de Morro da Mina, próxima à cidade de Conselheiro Lafaiete (ao fundo), Minas Gerais. Fonte: Vale 2017.



**Figura 6.** Localização dos principais depósitos e ocorrências de manganês em Minas Gerais. **1)** Província mineral do Quadrilátero Ferrífero; **2)** Borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional. A numeração se refere aos itens da Tabela 2. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014a.

O minério de manganês é hospedado pelas rochas da sequência metavulcanossedimentar de idade Arqueana do Supergrupo Rio das Velhas. O Grupo Nova Lima compreende rochas vulcânicas e metassedimentares, que incluem xistos carbonosos que hospedam o protominério, produto de metamorfismo de carbonatos de manganês (Roy 2006). Os corpos de minério de manganês economicamente viáveis são resultantes dos processos de intemperismo que atuaram sobre essas rochas e produziram o minério supergênico. Esses corpos apresentam espessuras variáveis, com valor médio de 20 m (Candia & Girardi 1979).

**Tabela 2.** Principais depósitos de minério de manganês em Minas Gerais – Localização e descrição. Fonte dos dados: Pinto & Silva (2014b) - Mapa de recursos minerais do estado de Minas Gerais.

DESCRIÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	Latitude	Longitude
1 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Morro da Mina	Conselheiro Lafaiete	-20,634345	-43,768915
2 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Água Preta	Conselheiro Lafaiete	-20,632698	-43,765371
3 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	São Gonçalo	Conselheiro Lafaiete	-20,652834	-43,847405
4 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Néδιο	Conselheiro Lafaiete	-20,640475	-43,888746
5 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Pequeri	Conselheiro Lafaiete	-20,62408	-43,856288
6 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Paiva	Conselheiro Lafaiete	-20,663254	-43,842594
7 Sequências metassedimentares arqueanas/ paleoproterozoicas portadoras de manganês	Olaria II	Conselheiro Lafaiete	-20,641309	-43,762912
8 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Fazenda dos Penas	Santana de Pirapama	-18,908803	-43,808423
9 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Queimada	Santana de Pirapama	-18,856025	-43,864257
10 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Fazenda Inhame	Santana de Pirapama	-18,959081	-43,784534
11 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Cachoeira da Senhorinha	Santana de Pirapama	-18,850469	-43,808701
12 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Córrego Coberto	Santana de Pirapama	-18,916316	-43,807634
13 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Córrego São José	Santana de Pirapama	-18,996958	-43,771439
14 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Lapinha	Santana do Riacho	-19,122693	-43,672312
15 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Lapinha	Santana do Riacho	-19,123804	-43,668145
16 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Fazenda Riacho da Porta	Diamantina	-17,579631	-43,533974
17 Depósito hospedado em filitos neoproterozoicos do Grupo Macaúbas	Fazenda Batatal	Diamantina	-18,235539	-43,859105

### 2.4.2. Borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional

Ocorrências e depósitos de manganês são registrados na Serra do Espinhaço em Minas Gerais e estendem-se por aproximadamente 100 km, desde o Parque Nacional da Serra do Cipó (município de Jaboticatubas), a sul, até as proximidades de Conselheiro Mata, distrito de Diamantina, a norte (Figura 6, Tabela 2, e.g. [Dossin 1983](#), [Knauer & Grossi-Sad 1997](#), [Pinho 2009](#)).

O depósito de Fazenda dos Penas, localizado no distrito de Fechado, município de Santana de Pirapama, é considerado a maior jazida de minério de manganês da região, lavrada desde o ano de 1942 ([Pinho 2009](#)). O minério é hospedado por rochas metassedimentares finas manganesíferas (filitos) do Grupo Macaúbas.

### 3. ASPECTOS GEOMETALÚRGICOS

Os depósitos de minério de manganês economicamente viáveis são, em sua maioria, de origem sedimentar ou supergênica. Os parâmetros de avaliação do aproveitamento compreendem o teor de manganês, as dimensões do depósito e impurezas inerentes ao depósito. A Tabela 3 exemplifica a classificação metalúrgica do minério de manganês em função de alguns parâmetros químicos considerados. As impurezas podem ser metálicas (ferro, chumbo, zinco, cobre, cobalto, arsênio e minerais de prata); não metálicas (enxofre, fósforo, álcalis e minerais alcalino terrosos); material de ganga (sílica e alumina); e materiais voláteis (água, dióxido de carbono e material orgânico; Luz & Lins 2008). Nesse sentido, o beneficiamento de minério de manganês torna-se necessário para minimizar o teor de impurezas e elevar o teor de Mn.

**Tabela 3.** Classificação dos tipos de minério de manganês, em função do teor de Mn, Fe, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P, Cu, Pb e Zn (Maranhão 1989).

Composição	Classificação Metalúrgica		
	Alto Teor	Médio Teor	Baixo Teor
Mn (mín.)	46 - 48%	40%	35%
Fe (máx.)	8%	6%	10%
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12%	15%	20%
P (máx.)	0,18%	0,30%	-
Cu + Pb + Zn	0,10%	0,25%	-

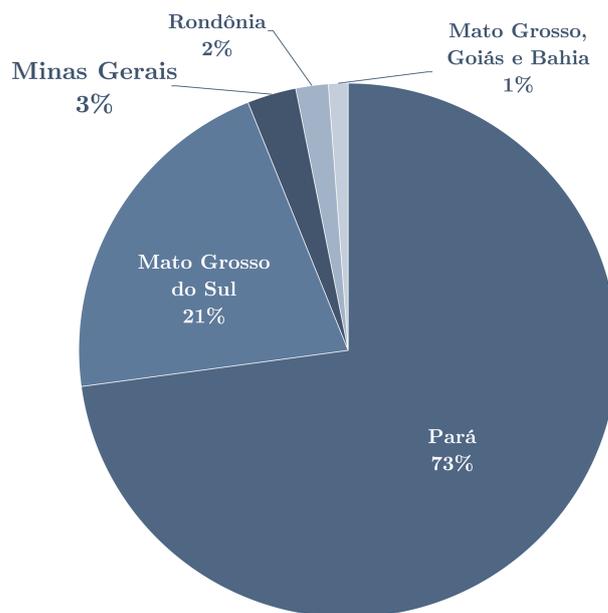
## 4. ASPECTOS ECONÔMICOS

### 4.1. Produção Mundial

De acordo com o *International Manganese Institute*, a produção mundial de minério de manganês em 2017 atingiu 19 milhões mt, o que representa um aumento de 25% em relação à produção no ano de 2016. Esse aumento acentuado na produção global de minério de manganês deve-se à crescente demanda pelo setor de ligas, principalmente em países asiáticos e da Comunidade dos Estados Independentes (CEI) (IMnI 2018).

### 4.2. Produção Interna

Os últimos dados, divulgados pelo Anuário Mineral Brasileiros do Departamento Nacional de Produção Mineral, indicam que a produção brasileira total de minério de manganês atingiu 4.402.738 de toneladas, com teor médio de 35,73%. A produção nacional é dominada pela VALE, com lavras em Corumbá no Mato Grosso do Sul e na Mina do Azul no Pará, onde também opera a principal usina de beneficiamento de minério de manganês, e pela Mineração Buritirama, com lavra também no estado do Pará. Esses dois estados são responsáveis por mais de 90% da produção no Brasil. Minas Gerais assume apenas 3% em relação à produção bruta no país (Lima & Neves 2016, Figura 7).



**Figura 7.** Produção de manganês por estado em relação à produção total bruta no Brasil em 2015. (Fonte dos dados: Lima & Neves 2016 – Anuário Mineral Brasileiro).

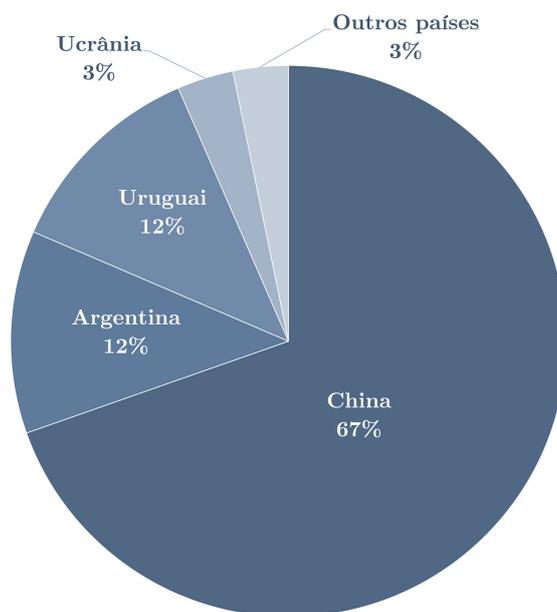
### 4.3. Exportação

Os dados mais recentes do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) indicam que as exportações em 2017 representaram um aquecimento significativo na demanda por minério de manganês, em relação aos anos anteriores. O comércio movimentou um total de US\$ 365.636.404, correspondente a 2.683.295 de toneladas de minério de manganês e seus concentrados, o que representou um incremento de 81% em

relação ao ano de 2016 (Figura 8, MDIC 2018). A maior parte das exportações foi destinada à China no ano de 2017 (67%). Cerca de 12% teve como destino a Argentina, 12% o Uruguai e 3% a Ucrânia. As exportações para outros países somam 3% (Figura 9) tais como Noruega, Coreia do Sul, Índia, México, entre outros.



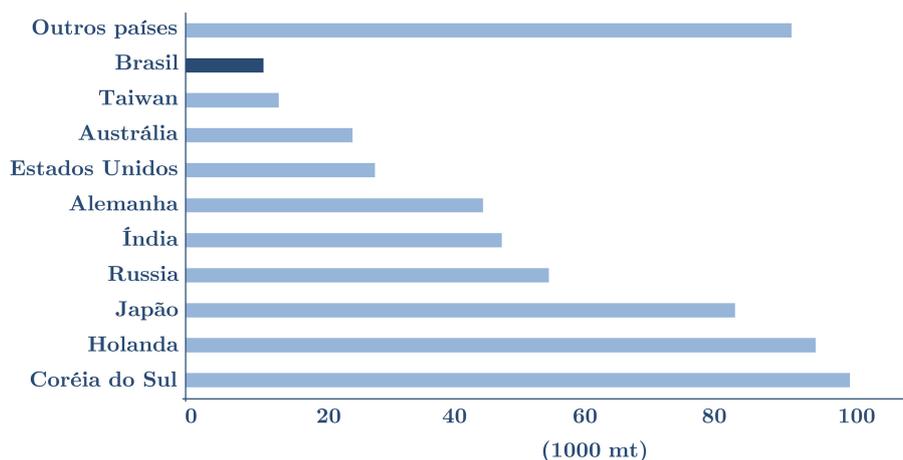
**Figura 8.** Exportação de minérios de manganês e seus concentrados, incluídos os minérios de manganês ferruginosos e seus concentrados, em 103 t, e respectivos valores de movimentação financeira em US\$ FOB. (Fonte dos dados: MDIC 2018).



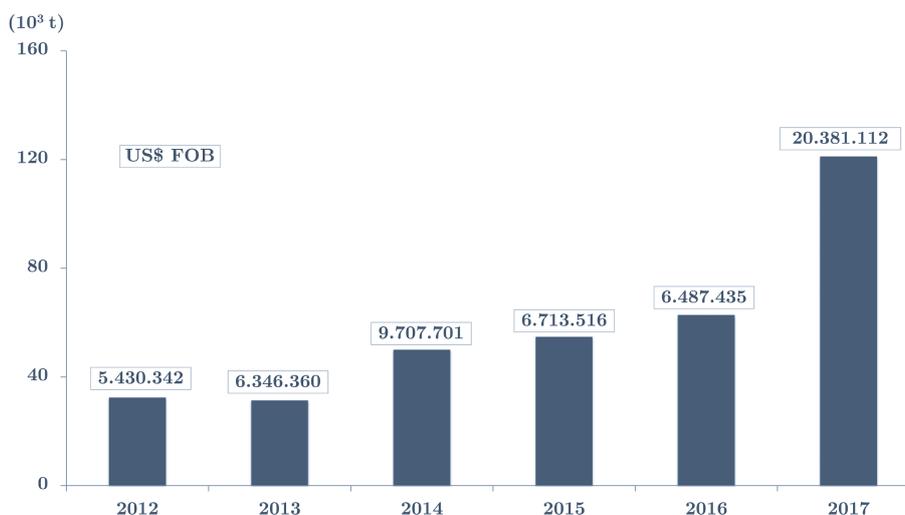
**Figura 9.** Exportação por país de destino de minérios de manganês e seus concentrados, incluídos os minérios de manganês ferruginosos e seus concentrados (Fonte dos dados: MDIC 2018).

#### 4.4. Importação

Na escala dos países importadores de minério de manganês, o Brasil encontra-se no décimo lugar (Figura 10). O valor das importações de minérios de manganês e seus concentrados atingiu US\$ FOB 20.381.112 em 2017, o que representou um aumento significativo em relação aos anos anteriores, e de 214%, em relação ao ano de 2016 (Figura 11).



**Figura 10.** Países importadores de metais de manganês (IMni 2018).



**Figura 11.** Importação de minérios de manganês e seus concentrados, incluídos os minérios de manganês ferruginosos e seus concentrados, em 10<sup>3</sup> t, e respectivos valores de movimentação financeira em US\$ FOB. (Fonte dos dados: MDIC 2018).

#### 4.5. Consumo Interno

A indústria siderúrgica é apontada como a grande consumidora do minério de manganês como elemento de liga, sendo cerca de 90% do consumo interno destinada a esse setor, seguida pela a produção de pilhas, indústria química e outros como a indústria farmacêutica.

O consumo aparente, medido pelo somatório da produção interna com as importações, subtraindo-se as exportações, mostra para o ano de 2016 um total de 2.455.426 toneladas (Lima & Neves 2016, MDIC 2018).

#### 4.6. Projetos em andamento e/ou previstos

Segundo o DNPM, o minério de manganês não deve ser substituído por outra substância equivalente, em curto prazo, uma vez que seu custo de produção é relativamente baixo e as reservas descobertas e exploradas são suficientes para a demanda mundial (Santana 2009).

A reativação de usina de ferroligas em Corumbá (MS), paralisada desde 2009, é prevista pela mineira Granha Ligas, que produz ferro-silício-manganês (FeSiMn com teor entre 12%-16%) e ferro manganês alto carbono (FeMnAC). O empreendimento deverá ser responsável pelo aumento de demanda por manganês e minério de ferro na região. No estado do Pará, será implantado pela Vale um projeto de adequação da usina de beneficiamento de manganês da Mina do Azul, no município de Parauapebas, com início de operação previsto para 2018. A Vale é também responsável pelo recente desenvolvimento de tecnologia que permite o reaproveitamento dos “finos” de minério de manganês depositados nas barragens de rejeito. Dessa forma, os rejeitos da Mina do Azul voltaram a ser aproveitáveis economicamente. A previsão é de 4,5 milhões de toneladas de minério de manganês a serem reaproveitados (Lima & Neves 2016).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida A.B. 2010. *Caracterização químico-mineralógica de minérios de manganês*. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 87 p.
- Bittencourt A.V.L. 1973. *Contribuição ao estudo genético do minério de manganês de Conselheiro Lafaiete – MG*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 83 p. doi: 10.11606/D.44.1973.tde-12082015-152353
- Candia M.A.F. & Girardi V.A.V. 1979. Aspectos metamórficos da Formação Lafaiete em Morro da Mina, distrito de Lafaiete, MG. Instituto de Geociências, USP, *Boletim IG*, **10**:19-30. doi: 10.11606/issn.2316-8978.v10i0p19-30
- Cannon W.F., Kimball B.E., Corathers L.A. 2017. Manganese. Professional Paper. In: Schulz K.J., DeYoung J.H., Seal II R.R., Bradley D.C. (eds.). *Critical Mineral Resources of the United States - Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*. USGS - United States Geological Survey Professional Paper. **1802**:L1-L28. doi: 10.3133/pp1802L
- Derby O.A. 1908. On the original type of the manganese ore deposits of the Queluz district, Minas Geraes, Brazil. *American Journal of Sciences*, **4**(25):213-216.
- Dossin I.A. 1983. *Geologia, gênese e controle dos depósitos de manganês associados ao Grupo Macaúbas na Borda Ocidental da Serra do Cipó, MG (Área do Inhamé)*. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 127 p.
- Frakes L. & Bolton B. 1992. Effects of ocean chemistry, sea level, and climate on the formation of primary sedimentary manganese ore deposits. A Special Issue Devoted to Advances in Manganese Metallogenesis. *Economic Geology, Bulletin of the society of economic geologists*. **87**(5):1207-1217. doi: 10.2113/gsecongeo.87.5.1207
- IMnI – International Manganese Institute. 2018. IMnI Annual Review 2017. 36 p. Disponível em <http://www.manganese.org/news-and-publications/annual-reviews/>. Acesso em 2/2/2018.
- Kirschvink J.L., Gaidos E.J., Bertani E., Beukes N.J., Gutzmer J., Maepa L.N., Steinberger R.E. 2000. Paleoproterozoic snowball Earth: extreme climatic and geochemical global change and its biological consequences. *Proceedings National Academy of Sciences*, **97**(4):1400-1405. doi: 10.1073/pnas.97.4.1400
- Knauer L.G. & Grossi-Sad J.H. 1997. Geologia da Folha Presidente Kubitschek. In: Grossi Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares Filho B.S. (coords. e eds.). *Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 1901-2055.
- Lima T.M. & Neves C.A.R. (coords.). 2016. *Sumário Mineral 2015*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), v. 35, 135 p. ISSN: 01012053.
- Luz A.B. & Lins F.A.F. (eds.). 2008. *Rochas & Minerais Industriais - Usos e Especificações*. CETEM-MCT - Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2ª ed., 974 p.
- Mancini F., Alviola R., Marshall B., Satoh H., Papunen H. 2000. The manganese silicate rocks of the early Proterozoic Vittinki Group, southwestern Finland: metamorphic grade and genetic interpretations. *The Canadian Mineralogist*. **38**(5):1103-1124. doi: 10.2113/gscanmin.38.5.1103
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, SECEX - Secretaria de Comércio Exterior. 2018. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home/>. Acesso em 17/7/2018.
- Maranhão R.J.L. 1989. *Introdução à pesquisa mineral*. 4ª ed., Fortaleza, Imprensa Universitária, 752 p.
- Nicholson K. 1990. Stratiform manganese mineralisation near Inverness, Scotland: A Devonian sublacustrine hot-spring deposit? *Mineralium Deposita*, **25**(2):126-131. doi: 10.1007/BF00208855

- Pinho R.R. 2009. *Caracterização e gênese do minério de manganês do depósito da Mina Fazenda dos Penas, borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional, MG*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 119 p.
- Pinto C.P. & Silva M.A. 2014a. *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.
- Pinto C.P. & Silva M.A. 2014b. *Mapa de Recursos Minerais do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.
- Roy S. 1968. Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits. *Economic Geology*, **63**(7):760-786. doi: 10.2113/gsecongeo.63.7.760
- Roy S. 1988. Manganese metallogenesis: A review. *Ore Geology Reviews*, **4**(1-2):155-170. doi: 10.1016/0169-1368(88)90011-X
- Roy S. 1997. Genetic diversity of manganese deposition in the terrestrial geological record. In: Nicholson K., Hein J.R., Bühn B., Dasgupta S. (eds.). Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposit, *Geological Society Special Publication*, **119**:5-27. ISSN: 20414927, doi: 10.1144/GSL.SP.1997.119.01.02
- Roy S. 2006. Sedimentary manganese metallogenesis in response to the evolution of the Earth system. *Earth-Science reviews*, **77**(4):273-305. doi: 10.1016/j.earscirev.2006.03.004
- Santana A.L. 2009. Manganês. In: Rodrigues A.F.S. (coord.). *Economia Mineral do Brasil*. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Brasília, p. 117-128.
- Vale. 2017. *Vale Informar*. Disponível em <https://valeinformar.valeglobal.net/BR/MG/Paginas/Home-26-09-17.aspx?pdf=1>. Acesso em 13/3/2018.