

CROMO

Tatiana Gonçalves Dias

tati_gdias@yahoo.com.br

Fabício 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	2
2. GEOLOGIA	3
2.1. PRINCIPAIS TIPOS DE DEPÓSITOS DE CROMO	3
2.1.1. Depósitos Estratiformes	3
2.1.2. Depósitos Podiformes	3
2.1.3. Depósitos de Campo Formoso, Ipuera e Medrado, Bahia	5
2.2. PRINCIPAIS DEPÓSITOS EM MINAS GERAIS.....	5
2.2.1. Serro e Alvorada de Minas.....	5
2.2.2. Piumhi	7
3. ASPECTOS GEOMETALÚRGICOS	8
4. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	9
4.1. PRODUÇÃO INTERNA	9
4.2. IMPORTAÇÃO	9
4.3. EXPORTAÇÃO	9
4.4. CONSUMO INTERNO	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

1. ASPECTOS GERAIS

O Cromo, décimo elemento em ordem de abundância na Terra, é considerado um metal essencial na indústria moderna, principalmente em função de sua resistência à corrosão. Dessa forma, o cromo é amplamente utilizado na produção de aço inoxidável, liga de ferrocromo, refratários, na indústria química e nos processos de fundição. Aproximadamente 90% do minério de cromo produzido é convertido em ligas de ferrocromo, através da indústria metalúrgica, das quais 80% são consumidas pela indústria do aço inoxidável (Murthy *et al.* 2011).

Vários minerais nas formas de óxidos e silicatos apresentam cromo em sua composição, embora a cromita seja o único mineral de cromo economicamente aproveitável e considerado um dos mais importantes minerais industriais no mundo.

As principais reservas de cromita são localizadas na África do Sul, país com maior produção de cromita comercializável, Cazaquistão e Índia (Tabela 1). O Brasil destaca-se como único país produtor de cromo no continente americano e detém 0,11% das reservas mundiais. As maiores reservas do país distribuem-se entre os estados da Bahia (33,53%), Amapá (32%) e Minas Gerais (20%; Lima & Neves 2016). Em Minas Gerais, destacam-se os depósitos de Serro e Alvorada de Minas, e de Piumhi. Segundo os dados mais recentes do Anuário Mineral Estadual, as reservas lavráveis em Minas Gerais somaram 136.230 toneladas em 2010 (Dalla Costa *et al.* 2017).

Tabela 1. Principais países produtores de minério de cromo (USGS 2018).

País	Produção (em mil toneladas; peso bruto de cromita comercializável)		Reservas
	2016	2017	
África do Sul	14.700	15.000	200.000
Cazaquistão	5.380	5.400	230.000
Índia	3.200	3.200	54.000
Turquia	2.800	2.800	26.000
Estados Unidos	-	-	620
Outros países	4.160	4.200	-
Total	30.240	30.600	510.620

1.1. Mineralogia

O cromo ocorre na natureza principalmente como cromo espinélio, a cromita (Figura 1), um mineral complexo, que contém magnésio, ferro, alumínio e cromo em sua estrutura, em proporções variadas. A composição da cromita varia conforme sua fórmula química (Mg, Fe^{+2}) (Cr, Al, Fe^{+3}) $_2\text{O}_4$. O ferro é substituído por magnésio e, da mesma forma, o cromo pode ser substituído por ferro férrico e alumínio. Podem ocorrer ainda na estrutura desse mineral óxidos de titânio, zinco, níquel, manganês, vanádio e cobalto, embora em teores muito reduzidos.

A cromita apresenta coloração preta a cinza amarelada, brilho submetálico, magnetismo baixo a ausente, hábito octaédrico, maciço ou granular, dureza 5,5 e densidade relativa 4,3 a 4,6 g/cm³.

Não há registros da ocorrência de cromo metálico na natureza, o que pode ser explicado pelo caráter oxidante da atmosfera e pela alta reatividade do cromo metálico com o oxigênio.



Figura 1. Cromita. Foto: [Andrew Silver](#). Acesso em 23/7/2018.

1.2. Aplicações

Descoberto no século XVIII, o cromo era utilizado inicialmente como matéria prima na fabricação de pigmentos. Em meados de 1900, quando o uso químico do cromo começou a crescer, o minério de cromita, como conhecido atualmente, era descrito como “minério de ferro crômico”. Posteriormente, foi aplicado à produção de refratários e como componente de ligas metálicas, o que fez do cromo um material estratégico durante a Primeira Guerra Mundial ([Papp 2000](#)).

O cromo é amplamente utilizado na indústria dos aços inoxidáveis. A alta resistência à corrosão dos aços inoxidáveis deve-se à adição de cromo, em quantidades acima de 10,5%. Em função das razões entre cromo, níquel e carbono, os aços inoxidáveis podem ser classificados em (e.g. [Lo et al. 2009](#)):

- Aços inoxidáveis *austeníticos*: contém elevados teores de cromo e níquel;
- Aços inoxidáveis *martensíticos*: contém elevado teor de cromo, com baixo teor de níquel e teor de carbono variável;
- Aços inoxidáveis *ferríticos*: elevado teor de cromo e baixos teores de níquel e carbono.

2. GEOLOGIA

2.1. Principais tipos de depósitos de cromo

Os depósitos de minério de cromo podem ser classificados em função da geometria dos corpos mineralizados, do ambiente tectônico em que são encontrados e da petrologia das rochas encaixantes, sendo os principais depósitos associados a rochas máficas e ultramáficas plutônicas. Dessa forma, são subdivididos em *estratiformes*, associados a complexos ígneos acamadados continentais precambrianos, e *podiformes*, hospedados em rochas ultramáficas mais recentes (Figura 3) de complexos ofiolíticos obductados (e.g. Stowe 1994).

2.1.1. Depósitos Estratiformes

O minério de cromo do tipo estratiforme, que compõe 98% das reservas no mundo, associa-se a intrusões máfico-ultramáficas acamadadas de idades precambrianas (Arqueano a Paleoproterozoico), em terrenos cratônicos ou relacionadas a eventos de rifteamento, que compreendem rochas como dunitos, peridotitos, piroxenitos e gabros (e.g. Thayer & Jackson 1972). Os depósitos podem ser expressos por corpos de cromitito maciço, contendo 90% ou mais de cromita em sua composição, ou em corpos disseminados associados geralmente às porções inferiores das intrusões.

Dentre os depósitos do tipo estratiforme (Figura 3), destacam-se o Complexo de Bushveld (Transvaal, África do Sul), o Grande Dique e Selukwe (Zimbabwe), o depósito de Kemi (Finlândia) e o Complexo de Stillwater (Estados Unidos).

No Brasil, depósitos semelhantes são encontrados no estado da Bahia, onde ocorre o Complexo Ultramáfico de Campo Formoso e do Vale do Jacurici, que hospeda os maiores corpos estratiformes de cromita do país (Delgado *et al.* 1994). A FERBASA - Companhia de Ferro e Ligas da Bahia S/A é responsável pela operação nas minas implantadas nesses depósitos e responde por 70% de toda a produção nacional de cromita e 100% da produção de ligas de ferro-cromo no Brasil.

2.1.2. Depósitos Podiformes

Os depósitos de cromita podiforme associam-se a rochas máficas-ultramáficas de complexos ofiolíticos, que se desenvolvem ao longo das bordas de placas tectônicas acrecionárias na litosfera oceânica, em diferentes estágios do *Ciclo de Wilson*. Um complexo ofiolítico é considerado representante da litosfera oceânica, preservada no continente através de incorporação nas margens continentais por meio de obducção (Moore 2003). É tipicamente composto, do topo para a base, por (Figura 2):

- i. Associação sedimentar, composta rochas sedimentares de mar profundo;
- ii. Complexo vulcânico máfico, constituído por basalto com feições almofadadas (*pillow lava*), de composição toleítica;
- iii. Enxame de diques básicos em Lençol (*sheeted dike*);

- iv. Complexo Máfico Plutônico, composto por gabros;
- v. Complexo Ultramáfico, com harzburgito, lherzolito e dunito, em proporções variadas e feições tectônica metamórficas. Os depósitos de cromita podiforme ocorrem como autólitos, na transição com o Complexo Máfico Plutônico.

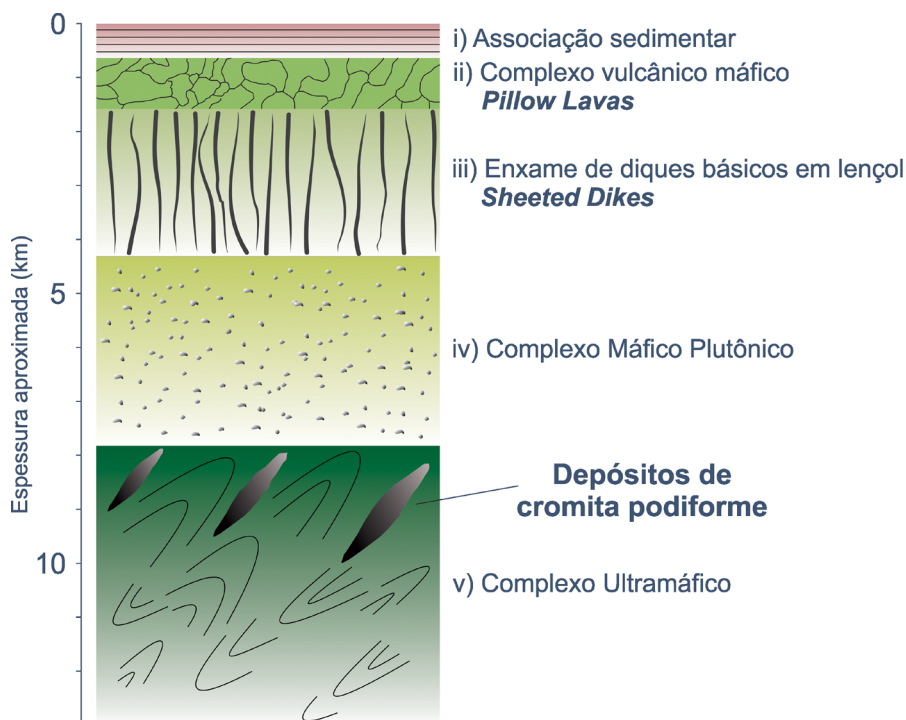


Figura 2. Representação esquemática de complexo ofiolítico, baseado em Dickey (1975).

Os principais depósitos de cromita podiforme estão situados nos Montes Urais, como o depósito de Kempirsai, no Cazaquistão, o depósito de Kalimash na Albânia e os depósitos Cretáceos de Troodos, no Chipre, e Semail, no leste da Península Arábica (Figura 3; Stowe 1994).

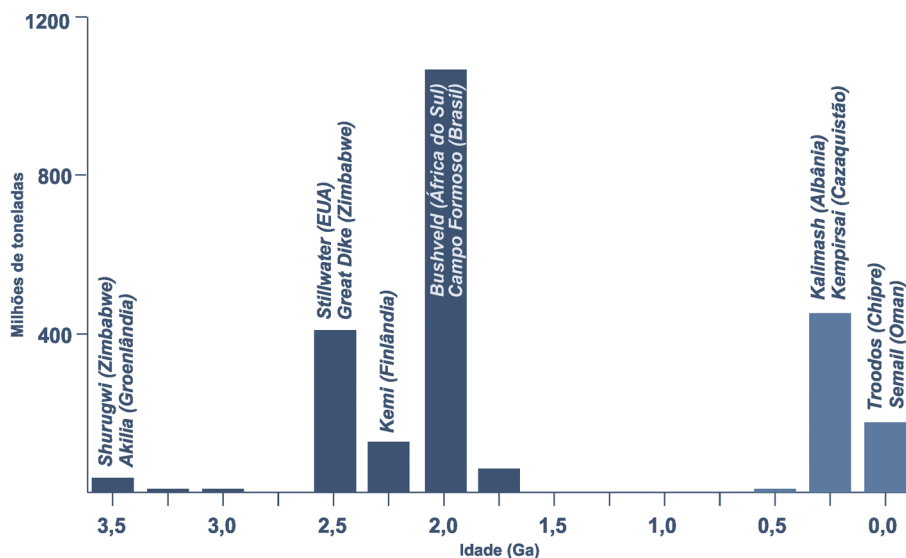


Figura 3. Distribuição dos principais depósitos de minério de cromo no tempo geológico e respectivas reservas estimadas, em milhões de toneladas. Os depósitos do tipo estratiforme são mais antigos, de idade pré-cambriana (representados em barras em cor azul escura) e os podiformes, mais recentes, com idades do Cambriano ao Mioceno (barras em cor azul clara). Modificado de Stowe (1994).

No Brasil, não são conhecidas jazidas economicamente importantes de cromita do tipo podiforme. Contudo, algumas ocorrências de cromitas podiformes são descritas no estado de Goiás, tais como os depósitos de Morro do Feio, Cromínia e Abadiânia (e.g. [Angeli et al. 2010](#)).

2.1.3. Depósitos de Campo Formoso, Ipuera e Medrado, Bahia

Os depósitos do complexo máfico-ultramáfico de Campo Formoso e Andorinha são considerados como as principais mineralizações de cromo no Brasil. São classificados como depósitos estratiformes e ocorrem como lentes ou camadas contínuas e, dessa forma, correlacionadas aos depósitos de Stillwater (EUA) e Bushveld (África do Sul). O minério, hospedado em serpentinitos, pode ocorrer na forma disseminada ou maciça e os teores podem alcançar 70% ([Figueiredo 1977](#)).

O estado da Bahia destaca-se como maior produtor de minério de cromo e detém aproximadamente 85% das reservas no Brasil. O minério é lavrado pela companhia FERBASA em dois grupamentos mineiros: a mina Coitezeiro, situada no município de Campo Formoso, e as minas de Ipueira e Medrado, no município de Andorinha. As reservas de minério de cromo somam 40 milhões de toneladas nesse complexo. No município de Pojuca, a unidade industrial da companhia opera com capacidade de produção total de 320 mil toneladas de ligas. Os principais produtos gerados a partir do minério de cromo são: Ferro Cromo Alto Carbono, usado na fabricação de aços inoxidáveis e ligas especiais; Ferro Silício, utilizado como desoxidante e como elemento de liga na produção de aços destinados à fabricação de transformadores, usinas hidrelétricas, freezer, entre outros; Ferro Cromo Baixo Carbono, utilizado na produção de aços para corrigir os teores de cromo; Ferro Silício Cromo, utilizado como redutor na fabricação de ferro cromo baixo carbono e em aços. ([Caetano 2013](#)).

2.2. Principais depósitos em Minas Gerais

De acordo com o mais recente Anuário Mineral Estadual ([Dalla Costa et al. 2017](#)), a produção de minério de cromo bruta em Minas Gerais é proveniente apenas de lavras de micro porte, a céu aberto, com produção ROM abaixo de 10.000t/ano.

2.2.1. Serro e Alvorada de Minas

Em Minas Gerais, um dos principais depósitos de cromita localiza-se nas regiões dos municípios de Serro e Alvorada de Minas (Figura 4, Tabela 2). Esses depósitos, que ocorrem em uma faixa com mais de 60 km de extensão, são hospedados em cromititos alojados em rochas ultramáficas intrusivas do Grupo Serro, uma sequência metavulcanossedimentar alóctone de ocorrência na porção ocidental da Faixa de Dobramentos Araçuaí, na borda oriental da Serra do Espinhaço ([Knauer & Grossi Sad 1997](#)).

A cromita, descoberta em 1963 no Morro do Cruzeiro, situado no limite norte do perímetro urbano da cidade do Serro, é hospedada em talco-carbonato xistos, constituindo um corpo estratiforme com espessuras variáveis entre 5 e 7 m, com feições de bandamento rítmico de origem magmática. Na base desse corpo, o cromitito maciço é predominante,

2.2.2. Piumhi

Os depósitos de cromita e ocorrências na região do município de Piumhi (Tabela 2) são conhecidos e explorados economicamente desde a década de 50 (Ferrari 1996). O Maciço de Piumhi, onde o minério de cromo se hospeda, ocorre na borda sudoeste do Cráton do São Francisco (Figura 4) como uma janela estrutural do embasamento arqueano a paleoproterozoico, em meio às rochas meso-neoproterozoicas dos Grupos Bambuí e Canastra. Trata-se de uma sequência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt* (Fritzsons *et al.* 1980). A mineralização de cromita é classificada como do tipo Estratiforme e associa-se a peridotitos serpentínicos e tálcos do denominado Grupo Lavapés (Dardenne & Schobbenhaus 2001).

Tabela 2. Principais depósitos de minério de cromo em Minas Gerais – Localização e descrição. Fonte dos dados: Pinto & Silva (2014b)

DESCRIÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	Latitude	Longitude
1 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Fazenda do Cri-Cri	Serro	-18,585191	-43,376753
2 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	A Norte de Serro	Serro	-18,599523	-43,377733
3 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Panelheiros	Serro	-18,59908	-43,373975
4 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Grota da Limeira	Serro	-18,673074	-43,354938
5 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Grota da Limeira	Serro	-18,681303	-43,373142
6 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Rio do Peixe	Alvorada de Minas	-18,700192	-43,377586
7 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Várzea do Rio do Peixe	Alvorada de Minas	-18,753248	-43,365642
8 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Carumbé	Alvorada de Minas	-18,76297	-43,369531
9 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Fazenda Barro Branco - Córrego da Paca	Alvorada de Minas	-18,766581	-43,371198
10 Corpos metamáficos-ultramáficos com lentes de cromititos associados da sequência vulcano-sedimentar arqueana/ paleoproterozóica do Grupo Serro.	Córrego da Paca	Alvorada de Minas	-18,766025	-43,374253
11 Depósitos de cromitito associados a sequência metavulcanossedimentar arqueana/ paleoproterozóica ("Greenstone Belt de Piumhi")	Fazenda Araras	Piumhi	-20,460679	-45,917479
12 Depósitos de cromitito associados a sequência metavulcanossedimentar arqueana/ paleoproterozóica ("Greenstone Belt de Piumhi")	Fazenda Caxambu	Piumhi	-20,500193	-45,925108
13 Depósitos de cromitito associados a sequência metavulcanossedimentar arqueana/ paleoproterozóica ("Greenstone Belt de Piumhi")	Serra do Lava-Pés	Piumhi	-20,502411	-45,925293

3. ASPECTOS GEOMETALÚRGICOS

O minério de cromita ocorre nas formas compacta e disseminada, com grau de liberação e composição mineralógica variáveis. Dessa forma, as técnicas e métodos utilizados nas plantas de beneficiamento são desenvolvidos de acordo com a natureza do minério e com a qualidade dos produtos finais requerida. As principais etapas do processo e beneficiamento compreendem a lavra seletiva, catação manual e separação em meio denso, aplicadas ao minério compacto de granulometria grossa, britagem e moagem, separação gravítica e magnética (Figura 5), e flotação em alguns casos.

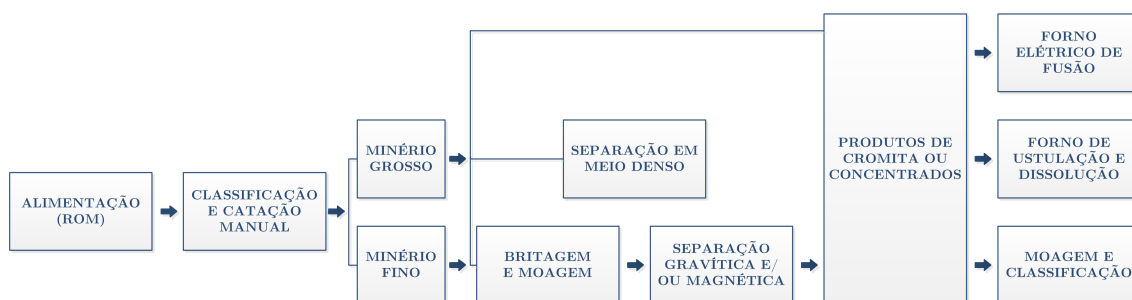


Figura 5. Fluxograma simplificado de processo e beneficiamento do minério de cromo (modificado de Papp 1994).

De acordo com a destinação e uso, os produtos beneficiados comercializados de minério de cromita, apresentam faixas granulométricas que variam de concentrados *lump* a concentrados de granulometria fina (cromitito *lump*, concentrado de cromita, cromita compacta e areia de cromita). O material recomendado empregado na produção de refratários e de ligas deve ter alta proporção de grãos maiores que 0,3 mm (50 *mesh*), enquanto na indústria química usa-se material com alta proporção de grãos entre 0,42 e 0,15 mm (40 e 100 *mesh*).

Comumente, a cromita utilizada na produção de ligas de aço apresenta 48% em Cr_2O_3 , com razão Cr:Fe de 3:1. Na indústria química, esses valores são de 44% de Cr_2O_3 e razão Cr:Fe de 2,0 e o conteúdo de sílica deve ser abaixo de 3,5%. Na produção de refratários, a cromita comumente apresenta baixo teor (31 a 34%), com alto conteúdo relativo de alumínio Al_2O_3 ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 61\%$; Tabela 3, Papp 1994).

Tabela 3. Parâmetros químicos de comercialização de concentrados de minério de cromita, de acordo com a destinação, com valores mínimos e máximos, em porcentagem (Papp 1994).

DESTINAÇÃO	Valores Mínimos (%)			Valores Máximos (%)				
	Cr/Fe	Cr_2O_3	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	Fe	S	P	CaO	SiO_2
Metalurgia	3/1	48	-	-	0,8	0,04	-	8
Indústria Química	2,0	44	59,28	20,16	0,002	0,004	0,24	3,5
Refratários	-	31 - 34	61,53	19,82	0,002	0,003	0,2	0,95

A perda de finos inerente às operações de lavra e de processamento pode alcançar 25% de toda a produção, uma questão relevante do ponto de vista ambiental e logístico. Dessa forma, diversos trabalhos, relatórios técnicos e avaliações vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas, no sentido de recuperar esse tipo de rejeito e otimizar a produção de minério de cromo.

4. ASPECTOS ECONÔMICOS

4.1. Produção Interna

Segundo os últimos dados do Sumário Mineral Brasileiro, publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (Lima & Neves 2016), em 2014 a produção interna atingiu 716.674,87 toneladas, o que equivale a 244.622,46 toneladas de Cr_2O_3 contido. Esses dados correspondem ao total de produtos beneficiados, que compreendem cromitito *lump*, concentrado de cromita, cromita compacta e areia de cromita. A Bahia, com participação de 70,80% na produção brasileira, produziu 507.423,87 toneladas, com 39,0% de Cr_2O_3 . O Amapá produziu 209.251,00 toneladas, com 22,33% de Cr_2O_3 . Os dados mais recentes de Minas Gerais indicam uma produção bruta de 175 toneladas, com teor médio de 20% de Cr_2O_3 (Dalla Costa *et al.* 2017). A capacidade nominal instalada de produção nacional de concentrado de cromo em Cr_2O_3 , em torno de 767 mil t/ano, distribui-se entre a Bahia (69%) e o Amapá (31%, Lima & Neves 2016).

4.2. Importação

Em 2017, o Brasil importou 16.226 toneladas de minério de cromo e seus concentrados, o que representa aumento pouco significativo em relação ao ano de 2016 (5%). Entre 2012 e 2015, as importações alcançaram valores acima de 20.000 toneladas, com receitas de US\$ FOB acima de 10 milhões (Figura 6). Esses dados não consideram as importações de bens primários, produtos manufaturados ou compostos químicos. O principal país de origem das importações, em 2017, foi a África do Sul, que forneceu 15.400 toneladas de minério de cromo e concentrados (MDIC 2018).

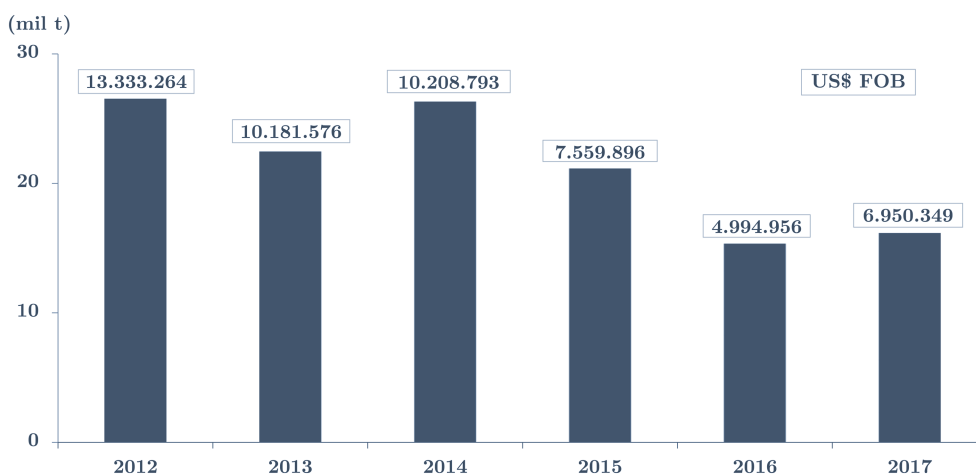


Figura 6. Importação de minério de cromo e seus concentrados no Brasil. Dados em mil toneladas (t), no período entre 2012 e 2018. Fonte dos dados: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC 2018).

4.3. Exportação

As exportações de minério de cromo e seus concentrados em 2017 atingiram US\$-FOB 13.840.786. Foram exportadas 62.839 toneladas, o que representa um aumento de 16%, em

relação a 2016. Entre 2013 e 2015, as receitas relativas às exportações atingiram o valor máximo de US\$-FOB 2.293.202 (Figura 7). Em 2017, 99% das exportações foram destinadas à China (MDIC 2018).

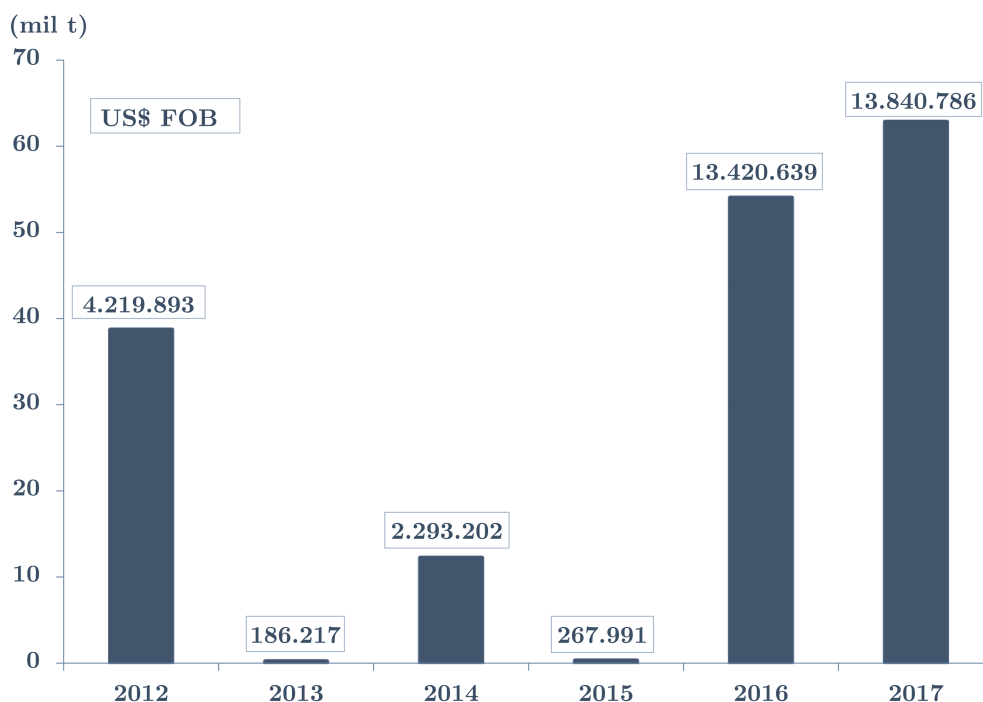


Figura 7. Exportação de minério de cromo e seus concentrados no Brasil. Dados em mil toneladas (t), no período entre 2012 e 2018. Fonte dos dados: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC 2018).

4.4. Consumo interno

A indústria do aço inoxidável é responsável por quase todo o consumo aparente de cromita registrado no país. Segundo os últimos dados reportados pelo DNPM, o consumo de bens primários de cromita (minério *lump*, concentrado, outros minérios de cromo e seus concentrados e cromo em forma bruta) foi de 719.938,87 toneladas, o que equivale a 91% do consumo interno aparente no país. O consumo de compostos químicos de cromo totalizou 67.250 toneladas (8,5% das estatísticas) e o de produtos manufaturados e semimanufaturados (ligas de ferro cromo, cromo em pó, obras e outros produtos de cromo) foi apenas de 5243 toneladas (26%, Lima & Neves 2016).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli N. & Carvalho S.G. 1996. Composição química de cromitas em corpos metamáfico/ultramáficos da borda leste do Espinhaço Meridional, Minas Gerais. *Geonomos*, **4**(1):11-20. doi: 10.18285/geonomos.v4i1.192
- Angeli N. 2005. Platinum Group Minerals in Eastern Brazil: Geology and occurrences in chromitite and placers. *Platinum Metals Review*, **49**(1):41-53. doi: 10.1595/147106705X24391
- Angeli N., Navarro G.R.B., Zanardo A., Vlach S.R.F. 2010. Caracterização Química de Cromitas nos Maciços de Cromínia e Mairipotaba, Goiás, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, **10**(1):87-99. doi: 10.5327/Z1519-874X2010000100007
- Caetano L.F. 2013. *Ferbasa: Vendas estáveis e múltiplos elevados*. Análise de Investimentos. Disponível em http://www.acionista.com.br/planner/130613_Boletim_Planner_Ferbasa.pdf. Acesso em 10/2/2018.
- Dalla Costa M.M., Fernandes L., Duarte J.E.C., Recuero J.C. (coords.). 2017. *Anuário mineral estadual Minas Gerais. Anos base 2010 a 2014*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 133 p.
- Dardenne M.A. & Schobbenhaus C. 2001. *Metalogênese do Brasil*. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Editora UnB, Brasília, 392p.
- Delgado I.M., Pedreira A.J., Thorman C.H. 1994. Geology and Mineral Resources of Brazil: A Review. *International Geology Review*, **36**:503-544. doi: 10.1080/00206819409465474
- Dickey J.S. 1975. A hypothesis of Origin for Podiform Chromite Deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **39**(6-7):1061-1074. doi: 10.1016/0016-7037(75)90047-2
- Ferrari M.A.D.F. 1996. *Aspectos tectôno-estruturais do Greenstone Belt de Piumhi – MG, em relação à mineralização de cromita e ouro*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Campinas, 139 p.
- Figueiredo A.N. 1977. Depósitos de cromita de Goiás e Campo Formoso (BA) – Diagnose e análise comparativa. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**(1):73-83.
- Fritzsos O., Biondi J.C., Chaban A. 1980. Geologia da Região de Piumhi, Minas Gerais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, *Anais...* v. **5**, p. 2906-2917.
- Knauer L.G. & Grossi-Sad J.H. 1997. Geologia da Folha Serro (SE.23-Z-B-IV). 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. 2057-2316.
- 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.
- Lo K.H., Shek C.H., Lai J.K.L. 2009. Recent developments in stainless steels. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. **65**(4-6):39-104. doi: 10.1016/j.mser.2009.03.001
- 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.
- Moore E.M. 2003. A personal history of the ophiolite concept. In: Dilek Y. & Newcomb S. (eds.). *Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought*. *Geological Society of America, Special Paper*, **373**:17-29. doi: 10.1130/0-8137-2373-6.17
- Murthy Y.R., Tripathy S.K., Kumar C.R. 2011. Chrome ore beneficiation challenges & opportunities – A review. *Minerals Engineering*, **24**(5):375–380. doi: 10.1016/j.mineng.2010.12.001
- Papp J.F. 1994. Chromium. In: Carr D.D. (ed.). *Industrial Minerals and Rocks*. 6ª ed., Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, p. 209-228. ISBN: 0873351037

- Papp J.F. 2000. Chromium. *In: USGS - United States Geological Survey. 2000 Minerals Yearbook.* p. 18.1-18.8. Disponível em <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/180400.pdf>. Acesso em 20/3/2018
- 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.
- Stowe C.W. 1994. Compositions and tectonic settings of chromite deposits through time. *Economic Geology*, **89**(3):528-546. doi: 10.2113/gsecongeo.89.3.528
- Thayer T.P. & Jackson E.D. 1972. A classification of igneous rocks by their history of cristallization and emplacement. *In: USGS - United States Geological Survey. Geological Survey Research 1972 Chapter B.* U.S. Geological Survey Prof. Paper, **800-B**:B79-B83. Disponível em <https://pubs.usgs.gov/pp/0800b/report.pdf>. Acesso em 18/2/2018.
- USGS - United States Geological Survey. 2018. Chromium. *In: U.S. Geological Survey, Mineral commodity summaries 2018.* U.S. Geological Survey, p. 46-47. Acesso em 5/3/2018. ISBN: 9781411341999, doi: 10.3133/70194932