



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA
ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA,
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL - SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 12

Minério de Cromo

Relatório Técnico 21

Perfil da Mineração de Cromo

CONSULTOR

José Maria Gonçalves de Lima

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto de 2009

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	3
2. CONCLUSÕES	3
3. RECOMENDAÇÕES	4
4. APRESENTAÇÃO	4
5. PROPRIEDADES, USOS E APLICAÇÕES.....	4
6. RECURSOS E RESERVAS DE CROMO	6
7. ASPECTOS ECONÔMICOS	11
7.1. PRODUÇÃO MUNDIAL DE CROMITA.....	11
7.2. PRODUÇÃO NACIONAL DE CROMITA	13
7.3. DEMANDA MUNDIAL DE CROMITA.....	16
7.4. DEMANDA NACIONAL DE CROMITA	16
8. ASPECTOS TECNOLÓGICOS	20
9. ASPECTOS AMBIENTAIS	24
10. PROJEÇÕES DO CONSUMO DE CROMITA PARA 2010-2030	25
11. ANEXOS	29
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Os principais segmentos consumidores de cromo são as indústrias de aço e de ferro-ligas, química e de refratários. A indústria metalúrgica absorve 94% da produção global de cromita na produção de ligas de ferro-cromo, essencial para a produção de aço inoxidável e ligas especiais. Nesse setor, o cromo é o componente crucial de vários tipos de ligas. O cromo não tem substituto na fabricação de aços inoxidáveis ou na produção de superligas. Por outro lado, os substitutos para fabricação de ligas, de produtos químicos e produtos refratários, são geralmente de custos mais elevados e de aplicações limitadas.

Em 2007, a produção mundial de ferro-cromo alcançou cerca de 7,6 milhões de toneladas, das quais cerca de 90% foi destinada à produção de aço inoxidável. A África do Sul (46%), o Cazaquistão (14%), China (14%) e Índia (11%) responderam por 85% da produção de ferro-cromo. Com base no exposto, a produção mundial de cromita segue o padrão da produção de ferro-cromo.

Nos últimos anos, a produção mundial de cromita apresentou um crescimento médio anual de 4,6% a.a. Essa taxa de crescimento esteve alinhada com a taxa de crescimento média anual dos ferros-liga à base de cromo. Ressalte-se, todavia, que o padrão de crescimento não foi usual. No período 1994-1999, a produção manteve-se relativamente estagnada, enquanto que no período 2000-2008 o aumento foi superior a 50%. Esse salto, especialmente durante os anos do superciclo (2002-2008), foi provocado pelo expressivo crescimento do consumo e da produção de aço inoxidável na China.

Em se tratando do mercado nacional, praticamente toda a cromita produzida no estado da Bahia é consumida no mercado interno, para produção de ferro ligas a base de cromo pelos grupos FERBASA e Arcelor Mittal Inox Brasil S/A (antiga ACESITA). Parte da produção da Magnesita S/A é usada na fabricação de produtos refratários em sua unidade industrial localizada no Estado de Minas Gerais. Quanto à cromita produzida no estado do Amapá, cerca de 70% é exportada para a China e 30% destinada ao mercado interno para produção de ligas de cromo.

2. CONCLUSÕES

- ✓ O cromo é um metal fundamental para a indústria de aços inoxidáveis;
- ✓ As possíveis ameaças de produtos substitutos ao cromo são praticamente inexistentes. De um modo geral, os produtos capazes de substituí-lo na fabricação de ligas, produtos químicos e refratários são menos competitivos: alto custo versus poucas opções de aplicação. No caso específico da fabricação de aços inoxidáveis, não há substituto para o metal, o que garante o uso estratégico do cromo;
- ✓ As perspectivas da demanda de cromita e do ferrocromo são auspiciosas no longo prazo tendo em vista o comportamento esperado para a demanda de aço inoxidável. Ao longo do período 2010-2030, espera-se que demanda global por aço inoxidável cresça na vizinhança de 5,5% a.a. Assim sendo, a taxa de crescimento para a demanda de ferro-cromo deverá ser da mesma ordem de magnitude. Quanto à cromita antecipa-se uma taxa ao redor 5,0% a.a.;
- ✓ Apesar dessa visão positiva no longo prazo, registre-se que, em resposta à crise internacional, a indústria mundial de ferro cromo reduziu sua produção em cerca de 66% ao longo de 2008-2009. Qualquer recuperação na demanda por aço deverá ser lenta e gradual podendo não se firmar até 2012. A empresa de consultoria CRU estima que o consumo de aço só retornará aos níveis observados em 2007-2008 a partir de 2012;
- ✓ No plano nacional, as perspectivas de crescimento da economia e das exportações nacionais de ferro-cromo apontam um alinhamento do crescimento da demanda nacional de cromita com a taxa de crescimento internacional projetada (5,0% a.a).

- ✓ As reservas brasileiras são mais do que suficientes para atender a demanda esperada de cromita ao longo do período 2010-2030. Não obstante, faz-se mister um melhor detalhamento dos recursos e reservas conhecidos assim como a implementação de programa de prospecção regional específico; e
- ✓ Enquanto exportador de ferro-cromo, o Brasil se encontra bem posicionado para ampliar sua participação no mercado internacional. Nesse contexto, deve-se ressaltar a competitividade do País em relação à África do Sul, por exemplo, no custo e na garantia de suprimento de energia.

3. RECOMENDAÇÕES

Em nível de recomendações, sugere-se o aprofundamento dos estudos tendo em vista às seguintes vertentes da ação governamental:

- ✓ Faz-se mister um melhor detalhamento dos recursos e reservas nos distritos mineiros e províncias metalogenéticas vocacionadas para o cromo assim como a implementação de programa de prospecção regional específico; e
- ✓ Realização de estudos e pesquisas direcionados à identificação de oportunidades de substituição de importações de bens minerais baseados no cromo. Nesse particular, recomenda-se priorizar o segmento de compostos químicos.

4. APRESENTAÇÃO

O presente estudo tem como objetivo fazer um diagnóstico sobre a mineração de cromita no Brasil que ofereça suporte ao Ministério das Minas e Energia para estabelecer prioridades e definir políticas para a ação setorial específica do governo. A partir da análise do complexo minero-industrial do cromo, do mercado, dos setores produtivo e consumidor e dos fatores técnicos e tecnológicos, entre outros aspectos, o relatório procura identificar oportunidades e sinergias, desafios, ameaças e obstáculos, tanto do lado do suprimento quanto do lado da demanda, tendo em vista o horizonte 2010-2030.

5. PROPRIEDADES, USOS E APLICAÇÕES

A cromita é um mineral isométrico, hexaoctaédrico, isento de clivagem, frágil, quebradiço, com fraturas tendendo ao tipo conchoidal. Possui dureza variando de 5,5 a 6,5, densidade entre 4,1 a 4,7, brilho metálico à submetálico e traço castanho escuro. Encerra na sua composição “proporções variadas de óxidos de cromo, ferro, alumínio e magnésio, além de outros elementos subordinados em quantidades mínimas, da ordem de ppm, como vanádio, níquel, zinco, titânio, manganês e cobalto. Em função da composição dos óxidos presentes, se distinguem as seguintes espécies minerais mais importantes: a cromita propriamente dita (FeCr_2O_4), a magnesiocromita ($\text{Mg,FeCr}_2\text{O}_4$), a aluminocromita $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$ e a cromopicotita ($\text{Mg, Fe}(\text{Cr, Al})_2\text{O}_4$ ”.

O cromo é um elemento com ampla gama de aplicações. Os principais segmentos demandantes são as indústrias de aço e de ferro-ligas, química e de refratários. Dependendo do teor em Cr_2O_3 e da razão Cr/Fe, a cromita é classificada como metalúrgica, química ou refratária. O cromo não tem substituto na fabricação de aços inoxidáveis ou na produção de superligas. Substitutos do cromo para fabricação de ligas, para produtos químicos e produtos refratários, são geralmente de custos mais elevados e de aplicações limitadas.

A indústria metalúrgica absorve 94% da produção global de cromita na produção de ligas de ferro-cromo, essencial para a produção de aço inoxidável e ligas especiais. Nesse setor, onde as propriedades mais valorizadas são a resistência à oxidação, ao calor, à abrasão, à corrosão e à

fadiga, o cromo é o componente crucial de vários tipos de ligas. As mais comuns são as ligas de alto, médio e baixo teor de carbono (Fe-Cr-AC, Fe-Cr-MC e Fe-Cr-BC) assim como as de ferro-silício-cromo (Fe-Si-Cr). No setor metalúrgico, utiliza-se o minério compacto (lump) ou o concentrado com teores entre 45 a 56% de Cr_2O_3 e razão Cr/Fe entre 2,5 e 4,3.

“O Ferro Cromo Alto Carbono (FeCr AC) é uma liga de ferro, cromo, silício e outros elementos utilizada na fabricação de um grande número de tipos de aço e ligas especiais. Tem como característica fundamental carbono acima de 4%. As principais utilizações ocorrem na produção de aço resistentes à corrosão, na produção de aços de alta resistividade elétrica, aços alta liga (indústria de automóveis), anti-oxidação e na produção de aços inoxidáveis quando a aciaria adota o processo AOD (Argon Oxygen Descarburatization).”

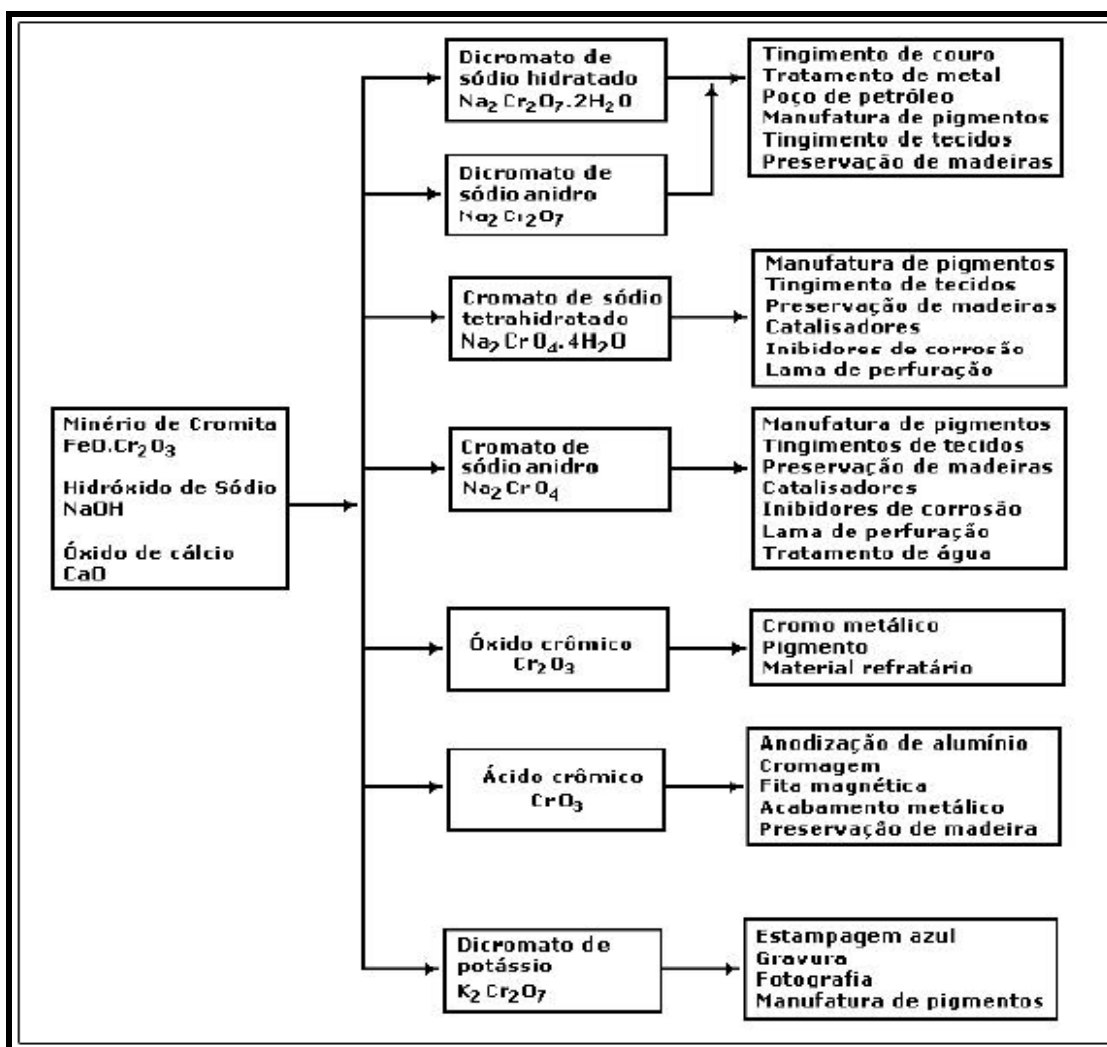
“O Ferro Cromo Baixo Carbono (FeCr BC) é uma liga de ferro, cromo, silício e carbono com teor máximo de 0,15% . É usado durante a produção de aços para corrigir os teores de cromo, sem provocar variações indesejáveis no teor de carbono. A sua utilização industrial é a mesma do FeCr AC, ou seja, na produção de aços inoxidáveis, que tem larga aplicação nas indústrias de bens de consumo.”

“O Ferro Silício Cromo (FeSi Cr) é uma liga de ferro, cromo, silício e outros elementos. Sua aplicação principal é a produção de ferro cromo baixo carbono.”

A indústria de refratários e a produção de areia de fundição respondem pela demanda de 4% da produção global de cromita. Os tijolos refratários são empregados no revestimento de fornos metalúrgicos, no refinamento das ligas dos metais não-ferrosos, na fabricação de vidros e na produção de cimento entre outras aplicações. Esse setor utiliza a cromita de grau refratário, com as seguintes especificações: teores de Cr_2O_3 da ordem de 30 a 40%, teor de Al_2O_3 entre 25 e 32%, baixo ferro total (inferior a 15%) e a soma de $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ igual ou superior a 58%.

Finalmente, a indústria química responde pela demanda remanescente de 2%. A principal aplicação é a produção de pigmentos empregados nas indústrias de couros e de tecidos e na eletroplastia. A cromita de grau químico, apresenta teor de Cr_2O_3 na faixa de 40 a 46% e a razão Cr/Fe varia entre 1,5 a 2. A Figura 1 apresenta visão sistêmica dos produtos químicos de cromo e seus principais usos finais.

Figura 1 – Produtos Químicos de Cromo & Usos Finais



Fonte: CETEM, 2008; PAPP, 1994.

6. RECURSOS E RESERVAS DE CROMO

O cromo apresenta uma concentração média de aproximadamente 400ppm na crosta terrestre sendo o 13º elemento mais comum. O *United States Geological Survey* (USGS) estima que os recursos globais identificados de cromo são superiores a 12 bilhões de toneladas. A Tabela 1 apresenta o perfil das reservas por países para 2008 segundo o USGS. Os dados referentes aos demais países não foram disponibilizados.

Tabela 1 – Perfil das Reservas Globais: 2008

Países	Reservas	Reservas Base
Índia	21.000	44.000
Kazakstão	6.100	180.000
África do Sul	77.000	150.000
Outros	nd	nd
TOTAL	nd	nd

Fonte: USGS, 2009.

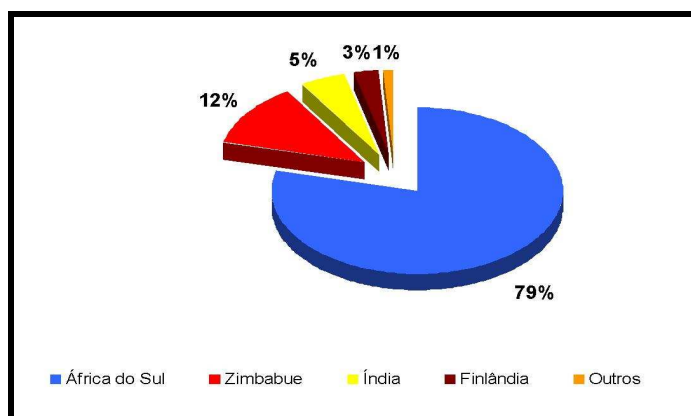
Unidade: 1000 t

Os depósitos de cromita podem ser classificados em dois grandes grupos:

- *stratiform* (estratificados) – normalmente são complexos de grande porte podendo cobrir milhares de km². A melhor caracterização é o Complexo Ígneo de Bushveld na África do Sul. Bushveld cobre uma área de 12 mil km² e concentra as maiores reservas do mundo. O *Great Dyke* no Zimbábue e depósitos em Madagascar e na região de Orissa na Índia são outros exemplos. A Figura 2 apresenta o perfil das reservas mundiais para esses tipos de depósitos em 2007; e
- *podiform* (lenticulares) – são depósitos de menor porte relativo, mas usualmente com teores superiores de cromo e relações Cr:Fe mais elevadas do que os observados nos depósitos do tipo *stratiform*. Os minérios são geralmente do tipo compacto (lump) contrariamente ao observado – minério mais friável - nos depósitos do tipo *stratiform*. As reservas do Cazaquistão ilustram esse grupo. A Figura 3 apresenta o perfil das reservas mundiais para os depósitos do tipo *podiform* em 2007.

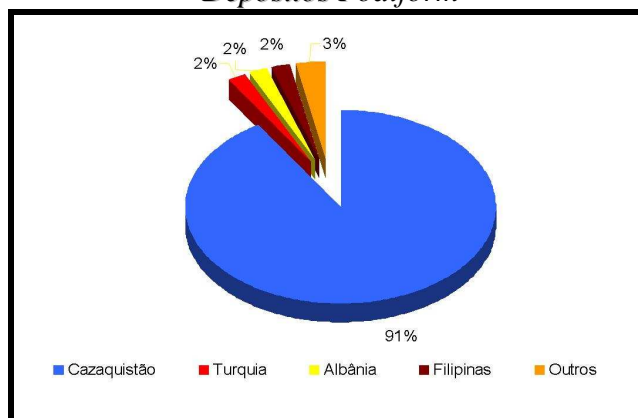
As reservas brasileiras lavráveis são da ordem de 15,6 milhões de toneladas, com 4,9 milhões de toneladas de Cr₂O₃ contido. Geograficamente, 93,5% dessas reservas estão localizadas no estado da Bahia, nos municípios de Campo Formoso, Andorinha, Santa Luz e Piritiba. Os demais estados que possuem reservas de cromo são o Amapá (3,5%), no município de Mazagão e Minas Gerais (3,0%), no município de Alvorada de Minas.

Figura 2 – Perfil das Reservas Mundiais de Cromo: 2007
Depósitos Stratiform



Fonte: IFM

Figura 3 – Perfil das Reservas Mundiais de Cromo: 2007
Depósitos Podiform



Fonte: IFM

A Tabela 2 apresenta as reservas brasileiras consolidadas de cromo.

Tabela 2 – Reservas Brasileiras de Cromo

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)				Lavrável	
	Medida		Indicada	Reserva		
	Minério	Contido t Cr ₂ O ₃	Contido t Cr ₂ O ₃	Contido t Cr ₂ O ₃	Minério	Contido t Cr ₂ O ₃
CROMO		4.611.100 t	2.974.738 t	1.963.517,4700 t		4.955.596 t
CROMO	15.038.483 t	4.611.100 t	2.974.738 t	1.963.517 t	15.630.741 t	4.955.596 t
AMAPÁ		232.911	242.720	100.000		174.511
BAHIA		4.241.902	2.645.634	1.843.883		4.637.798
MINAS GERAIS		136.287	86.384	19.635		143.287

Fonte: AMB, 2006.

A Tabela 3 desagrega essas reservas por Unidade da Federação.

Tabela 3 – Perfil das Reservas por UF

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)				Lavrável	
	Medida		Indicada	Reserva		
	Minério	Contido t Cr ₂ O ₃	Contido t Cr ₂ O ₃	Contido t Cr ₂ O ₃	Minério	Contido t Cr ₂ O ₃
CROMO	15.038.483t	4.611.100t	2.974.738t	1.963.517t	15.630.741 t	4.955.596 t
AMAPÁ	571.090t	232.911t	242.720t	100.000t	394.090 t	174.511 t
Mazagão	571.090	232.911	242.720	100.000	394.090	174.511
BAHIA	13.785.126t	4.241.902t	2.645.634t	1.843.883t	14.519.384 t	4.637.798 t
Andorinha	3.252.651	1.230.153	588.483	489.521	2.703.841	1.022.593
Campo Formoso	8.659.555	2.322.167	1.934.009	1.340.500	10.310.514	3.072.779
Monte Santo	47.737	17.562	6.394	9.811	47.737	17.562
Piritiba	287.500	64.688	16.200	4.050	287.500	64.688
Santaluz	1.477.683	591.073	91.876	-	1.109.792	443.917
Saúde	60.000	16.260	8.672	-	60.000	16.260
MINAS GERAIS	682.267t	136.287t	86.384t	19.635t	717.267 t	143.287 t
Alvorada de Minas	675.080	135.520	86.384	18.882	710.080	142.520
Piuiú	7.187	767	-	753	7.187	767

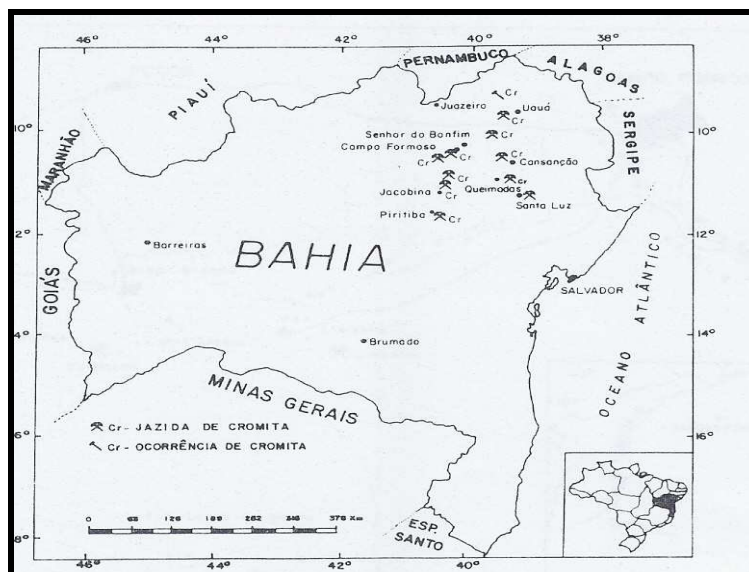
As principais minas do Estado da Bahia, pertencentes ao Grupo FERBASA, estão localizadas no distrito cromitífero de Campo Formoso, no município de Campo Formoso, e no distrito cromitífero do Vale do Jacurici, nos municípios de Andorinha, Cansanção, Monte Santo, Queimadas e Uauá. Nos jazimentos localizados no distrito de Campo Formoso ocorrem quatro tipos de mineralizações de cromo:

- o minério tipo grau metalúrgico, de maior importância econômica, também denominado *lump*. Ocorre em camadas tubulares que variam de centímetros até 2m de espessura com teores entre 30 e 48% de Cr₂O₃;
- o minério tipo *estratificado*, também chamado de *fitado*, por exibir uma alternância de lâminas centimétricas de cromita e serpentinito, dando um aspecto “sedimentar” à rocha, com teores variando de 15 a 30% de Cr₂O₃;
- o minério *disseminado*, com uma faixa de teores entre 10 e 20% de Cr₂O₃, associado frequentemente com o tipo fitado ou em corpos isolados; e

- o minério tipo *friável* - argila com cromita disseminada - com faixas de teores idênticas aos tipos disseminado e estratificado dos quais se originaram.

No que concerne aos depósitos do distrito do Vale do Jacurici, esses “são predominantemente constituídos por minério tipo grau metalúrgico, com teores de Cr_2O_3 acima de 37%, e por um minério disseminado compacto com teores mais pobres. Além desses depósitos, no município de Santa Luz são encontrados outros depósitos de menor expressão, pertencentes ao Grupo Magnesita, constituídos de minério tipo metalúrgico, com teor médio de 40% de Cr_2O_3 , e do tipo *friável*, com teores de óxido de cromo em torno de 15%. A Figura 4 apresenta mapa da localização dos principais depósitos de cromita no Estado da Bahia.

Figura 4 – Principais Depósitos e Jazidas de Cromita na Bahia



Fonte: CPRM

No Estado do Amapá, a mina de cromo da Mineração Vila Nova Ltda. (Grupo Fasa) no município de Mazagão, apresenta minérios do tipo *friável* com teor médio de 33,8% de Cr_2O_3 . Por sua vez, em Minas Gerais, no município de Alvorada de Minas, a empresa Cromita Pinhuiense Ltda. detém reservas de cromita dos tipos *lump*, *friável* e disseminado, com teores médios acima de 39% de Cr_2O_3 . As Figuras 5 e 6 apresentam os mapas da localização dos principais depósitos de cromita nos Estados do Amapá e de Minas Gerais.

Figura 5 – Principais Depósitos de Cromita no Amapá

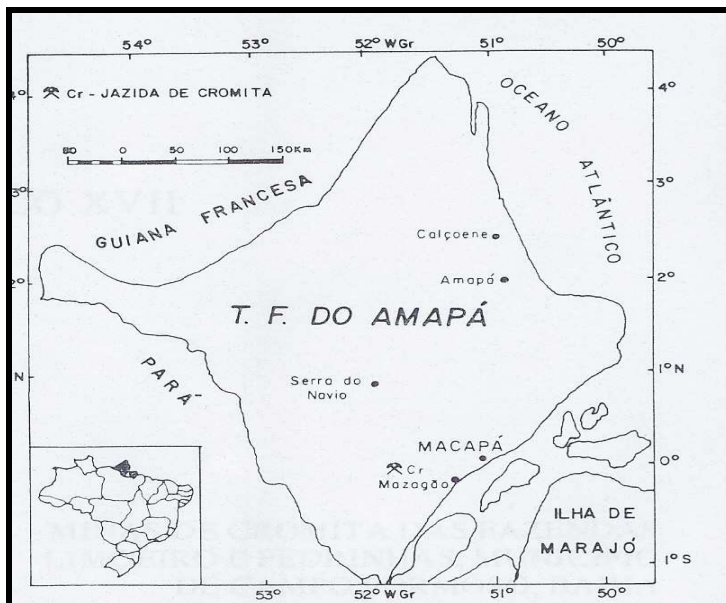
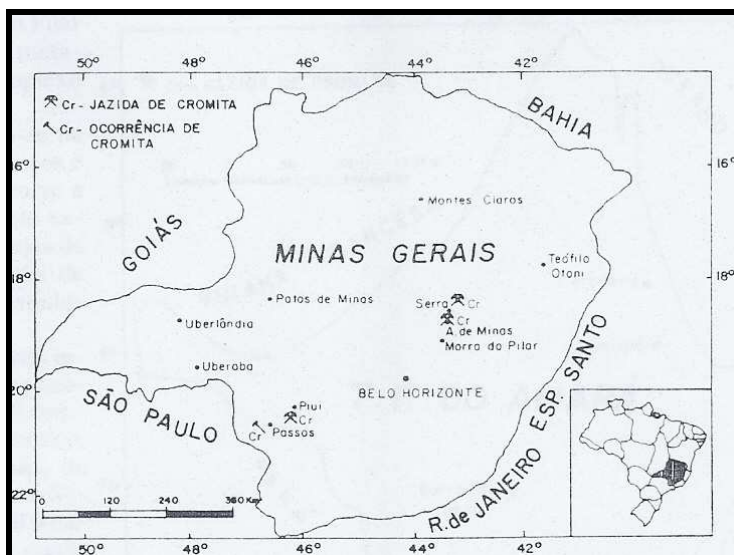


Figura 6 – Principais Depósitos de Cromita em Minas Gerais



Finalmente, a Tabela 4 apresenta o perfil da evolução das reservas brasileiras de cromo ao longo do período 1978-2005.

Tabela 4 – Evolução das Reservas: 1978-2005

ANO	RESERVAS (t Contido)					
	MEDIDA		INDICADA	INFERIDA	LAVRÁVEL	
	(t)	TEOR	(t)	(t)	(t)	TEOR
1978	1.297.000	20,04	5.082.000	6.235.000		
1979	893.207	18,12	2.951.128	6.300.197		
1980	1.432.402	20,15	6.914.976	4.601.146		
1981	1.513.701	20,12	2.272.383	4.738.732		
1982	1.949.184	26,52	2.525.915	4.590.404		
1983	2.537.196	27,85	2.539.310	4.765.499		
1984	2.210.766	26,44	2.320.208	4.886.537		
1985	2.547.807	27,33	2.449.341	4.808.661		
1986	3.494.178	28,37	3.204.238	1.699.077		
1987	2.593.087	26,9	2.932.639	1.694.050		
1988	4.405.761	29,26	5.979.356	...		
1989	4.218.477	29,31	3.565.506	2.750.034		
1990	4.310.030	29,31	3.930.514	2.811.778		
1991	4.369.611	30,03	3.315.573	2.055.850		
1992	6.934.464	31,59	3.942.338	2.138.876		
1993	6.652.704	31,65	3.942.338	2.138.876		
1994	6.394.892	31,57	3.942.338	2.138.876		
1995	6.227.151	31,31	3.942.338	2.138.774		
1996	5.976.879	31,41	3.942.338	2.135.874		
1997	5.762.581	31,85	4.142.847	6.539.784		
1998	6.127.846	30,37	5.870.494	4.184.086		
1999	5.945.792	30,01	5.865.042	4.182.508		
2000	6.110.110	32,67	5.618.745	4.181.638		
2001	5.645.709	32,08			11.086.783	33,17
2002	5.509.416	31,62			10.707.395	32,99
2003	5.302.762	31,74			10.525.958	32,88
2004	4.935.193	30,75			16.602.744	31,73
2005	4.611.100	30,66			15.630.741	31,7
2006						
2007						
2008						

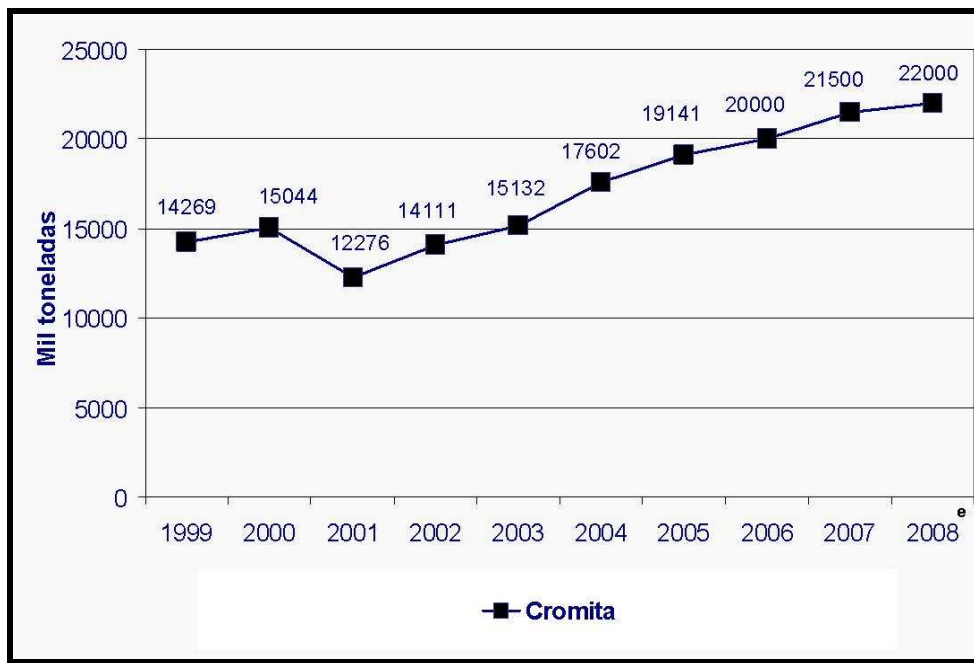
Fonte: DNPM

7. ASPECTOS ECONÔMICOS

7.1. Produção Mundial de Cromita

Em 2008, segundo estimativas da *International Chromium Development Association* (ICDA), a produção mundial de cromita alcançou 22 milhões de toneladas. Nesse total estão incluídos os vários tipos de minérios de cromita, a saber: o grau metalúrgico (93%); grau refratário (1%), grau químico (3%) e para fundição (3%). A Figura 7 retrata a evolução da produção mundial de cromita (minério lump e concentrado) ao longo do período 1999-2008. Nos últimos anos, a produção mundial de cromita apresentou um crescimento médio anual de 4,6% a.a. Essa taxa de crescimento esteve alinhada com a taxa de crescimento média anual da produção dos ferros-liga à base de cromo. Ressalte-se, todavia, que o padrão de crescimento não foi usual. No período 1994-1999, a produção manteve-se relativamente estagnada, enquanto que no período 2000-2008 o aumento foi superior a 50%. Esse salto, especialmente durante os anos do superciclo (2002-2008), foi provocado pelo expressivo crescimento do consumo e da produção de aço inoxidável na China.

Figura 7 – Produção Mundial de Cromita



Fonte: ICDA

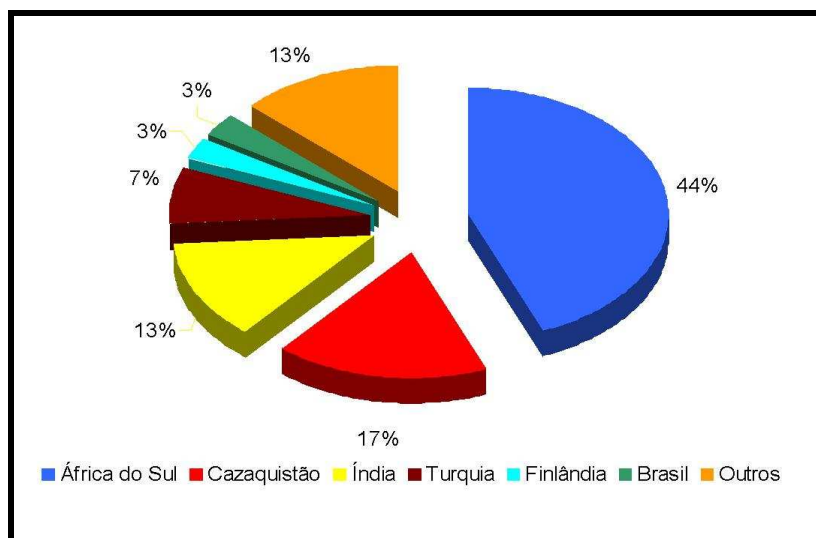
e: estimado

A seguir estão discriminados os principais países produtores de cromita em 2008:

- ✓ África do Sul – 9,68 milhões de t;
- ✓ Cazaquistão – 3,74 milhões de t;
- ✓ Índia – 2,86 milhões de t;
- ✓ Turquia – 1,54 milhões de t;
- ✓ Brasil – 600 mil t;
- ✓ Finlândia - 600 mil t.

Em conjunto esses países responderam por 86,5% da produção global de cromita estimada para 2008. A Figura 8 apresenta a participação relativa dos países produtores selecionados.

Figura 8 – Principais Países Produtores de Cromita



Fonte: IFM

No que diz respeito à produção mundial de ferro-cromo, em 2008, alcançou cerca de 8,0 milhões de toneladas, das quais cerca de 90% foi destinada à produção de aço inoxidável. A África do Sul (46%), o Cazaquistão (14%), China (14%) e Índia (11%) responderam por 85% da produção. No período 2002-2008, a produção chinesa evoluiu a uma taxa média anual de 28%.

7.2. Produção Nacional de Cromita

Em 2007, a produção brasileira de cromita alcançou 627.772t (lump e concentrado), equivalentes a 253.254t de Cr₂O₃ contido. O Estado da Bahia, principal produtor (77,3%), produziu 497.477t com teor médio de 39,3% de Cr₂O₃. O parque produtivo está representado pela Cia. Ferro-Ligas da Bahia S/A – FERBASA (90,1%) e pela Magnesita S/A (9,9%). No Estado do Amapá, a Mineração Vila Nova Ltda., produziu 130.295t, com teor médio de 44,2% de Cr₂O₃, respondendo por 22,7% da produção nacional. É oportuno destacar que a capacidade de produção instalada de concentrado de cromo (em termos de Cr₂O₃ contido) é da ordem de 1.289 mil t/ano e está concentrada na Bahia (53%) e no Amapá (47%). A Tabela 5 apresenta a quantidade e o valor da produção mineral comercializada em 2005.

Tabela 5 - Quantidade e Valor da Produção Mineral Comercializada: 2005

GRUPO / SUBSTÂNCIA / UF	BRUTA		BENEFICIADA		VALOR Total (R\$)
	Quantidade	Valor (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)	
Cromo	-	-	229.548 t Cr2O3	136.602.472	136.602.472
AP	-	-	51.985	29.650.998	29.650.998
BA	-	-	175.067	106.951.474	106.951.474

Fonte: AMB, 2006.

A Tabela 6 apresenta a série da produção mineral comercializada ao longo do período 1978-2005. Na Tabela 7 estão discriminadas as empresas produtoras de cromita.

A Ferbasa é uma empresa de mineração totalmente integrada com a metalurgia. Ela extrai e beneficia cromita e produz ligas de ferro cromo e silício, insumo básico para fabricação de aço inox, além de atuar nas áreas exploração mineral, reflorestamento e carvoejamento. Maior produtora de ferro cromo no mercado nacional, conta com uma participação de aproximadamente 90% nas ligas de cromo, fornecendo insumos para a indústria siderúrgica de aços especiais, principalmente aço inoxidável. A Ferbasa possui três minas de minério de cromo situadas na Bahia, que encerram aproximadamente 85% das reservas de cromita e respondem por 77% da produção do País. Essas minas estão localizadas nos Municípios de Andorinha e Campo Formoso.

Tabela 6 – Produção Mineral Comercializada

ANO	PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA (VENDIDA, CONSUMIDA OU TRANSFERIDA PARA INDUSTRIALIZAÇÃO)				
	BRUTA		BENEFICIADA		TOTAL
	QUANTIDADE (t)	VALOR (US\$)	QUANTIDADE (t)	VALOR (US\$)	VALOR (US\$)
	1978	66.763	4.073.768,22	211.356	13.884.664,76
1979	110.549	5.534.376,91	218.131	14.577.934,07	20.112.310,99
1980	125.671	9.580.566,83	192.822	12.111.898,11	21.692.464,94
1981	141.559	13.236.668,11	134.277	15.671.643,27	28.908.311,38
1982	160.879	15.543.494,78	171.517	16.907.936,24	32.451.431,02
1983	96.632	5.573.547,83	117.352	12.757.416,10	18.330.963,92
1984	227.296	15.073.735,31	132.969	14.643.829,94	29.717.565,25
1985	343.748	27.333.569,49	133.564	17.426.105,11	44.739.674,60
1986	355.196	12.426.321,21	124.603	18.311.129,10	30.737.450,32
1987	342.144	15.755.098,41	162.842	32.193.536,08	47.948.634,49
1988	8.028	423.186,38	209.757	44.900.643,33	45.323.829,71
1989	180.965	8.323.383,08	222.167	48.202.203,27	56.525.586,35
1990	213.394	8.514.164,12	171.744	21.251.363,21	29.765.527,33
1991	137.527	3.109.346,55	193.738	29.024.567,86	32.133.914,41
1992	24.893	314.120,28	399.132	37.330.028,63	37.624.148,91
1993	0	0	205.546	19.441.921,04	19.441.921,04
1994	179	12.284,60	419.809	27.218.804,04	27.231.088,65
1995	31.896	2.293.138,65	344.579	35.676.098,25	37.969.236,90
1996	158.737	12.847.410,36	261.469	36.762.550,80	49.609.961,16
1997	224.774	14.029.389,55	101.604	10.432.734,95	24.462.124,50
1998	159.208	11.347.851,42	232.602	21.563.795,57	32.911.646,99
1999	167.612	8.819.471,63	288.700	17.247.901,93	26.067.373,55
2000	204.861	12.350.919,03	343.637	21.373.501,26	33.724.420,28
2001	223	65.782,96	136.707	18.624.902,55	18.690.685,51
2002	214	95.957,07	124.660	14.717.791,62	14.813.748,69
2003	1.109	258.306,96	177.427	22.054.159,30	22.312.466,26
2004	122	6.792,74	192.926	41.485.098,80	41.491.891,54
2005	0	0	229.548	46.687.068,55	46.687.068,55
2006	nd	nd	nd	nd	nd
2007	nd	nd	nd	nd	nd
2008	nd	nd	nd	nd	

Fonte: AMB, 1979-2006

Tabela 7 - Principais Empresas Produtoras – 2005

EMPRESAS	UF (*)	Participação (%) (²)
1 CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA - FERBASA	BA	76,80
2 MINERAÇÃO VILA NOVA LIMITADA	AP	21,71
3 MAGNESITA S/A	BA	1,49

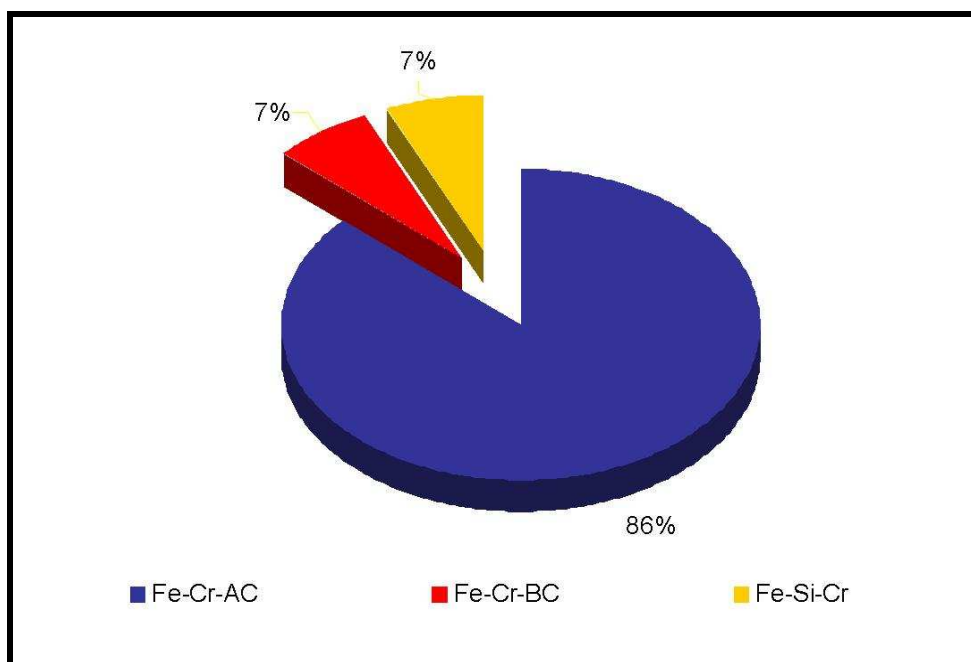
Fonte: AMB, 2006.

Em Andorinhas, a empresa opera duas minas subterrâneas – Medrado e Ipueira – produzindo minério do tipo *lump* com teor médio de 38% de Cr_2O_3 . As reservas totais são superiores a 20 milhões de toneladas, sendo suficientes para sustentar uma vida útil de 30 anos. O método de lavra empregado é o *sublevel caving* com uma relação estéril/minério de 4:1. Em Campo Formoso, a empresa opera a mina Coitezeiro. Trata-se de uma operação a céu aberto que produz 3 tipos de minérios: *lump* (38%), disseminado (20%) e friável (18%). Em 2007, o total dos investimentos da empresa – exploração, extração, concentração e meio ambiente – alcançou US\$15 milhões. Para o período 2008-2010, os investimentos totais estão estimados em US\$ 30 milhões.

Em se tratando da empresa Mineração Vila Nova, a jazida está localizada a 180km de Macapá, no Município de Mazagão. A mina tem uma capacidade produtiva de 20.000 t/m de concentrado de cromita e de 3.000 t/m de areia de cromita. A lavra da cromita é feita à céu aberto e por mina subterrânea. A capacidade de produção de concentrado corresponde a 47% da capacidade instalada nacional. A comercialização da cromita é voltada exclusivamente para o mercado externo.

No plano da produção de ligas a base de ferro-cromo, a produção nacional alcançou 195.890t em 2007. A principal unidade metalúrgica é operada pela FERBASA e está localizada no município de Pojuca (BA). Em 2007, a Ferbasa respondeu por 83,3% da produção de Fe-Cr-AC, seguida da Arcelor Mittal, localizada no Estado de Minas Gerais, com 16,7%. A capacidade instalada de produção de ligas de cromo pela FERBASA é de 211 mil t/ano, distribuída entre FeCr AC (180 mil t/ano), Fe-Cr BC (19 mil t/ano) e FeSi Cr (12 mil t/ano). A Figura 9 retrata o perfil da produção de ferro-cromo em 2007.

Figura 9 – Perfil da Produção de Ferro-cromo: 2007



Fonte: IFM

7.3. Demanda Mundial de Cromita

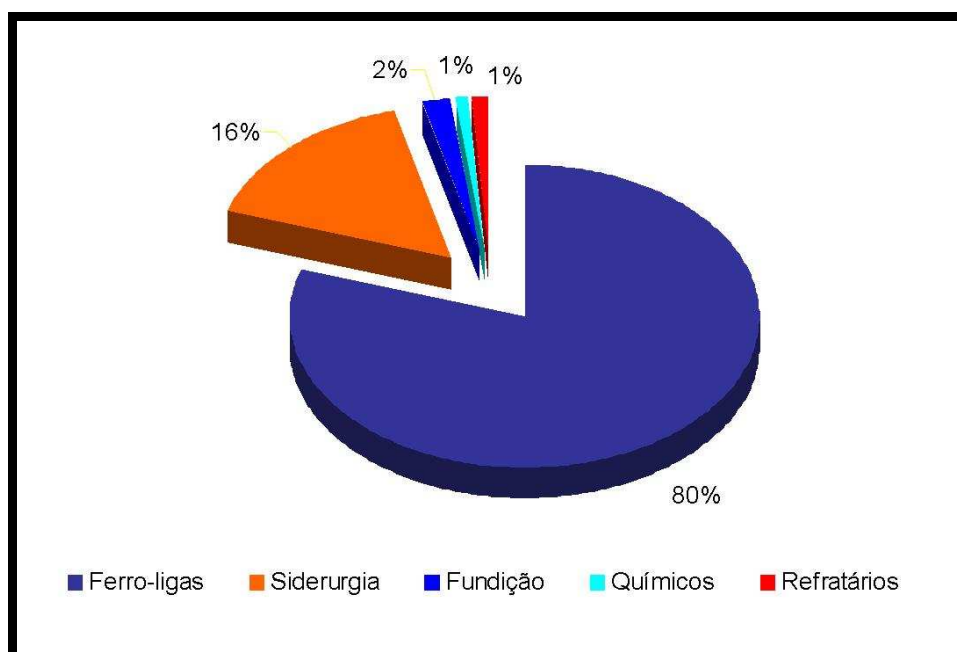
Conforme mencionado, a maior parte da produção de cromita é consumida na produção dos diferentes tipos de ferro-ligas a base de cromo empregados na produção de aço inoxidável. O termo aço inoxidável abrange uma gama de aços que contém no mínimo 11-12% de cromo, muito embora alguns aços especiais contenham até 30% Cr. Ao longo do período 2010-2030, espera-se que demanda global por aço inoxidável cresça na vizinhança de 5,5% a.a. Assim sendo, a taxa de crescimento para a demanda de ferro-cromo deverá ser da mesma ordem de magnitude. Quanto à cromita antecipa-se um taxa ao redor 5,0% a.a.

A despeito dessa visão positiva no longo prazo, registre-se que, em resposta à crise internacional, a indústria mundial de ferro cromo reduziu sua produção em cerca de 66% ao longo de 2008-2009. Recentemente os preços de referência do ferro cromo para os contratos na Europa no segundo trimestre de 2009 foram ajustados para \$ 0.69/lb, uma redução de 13% em comparação aos preços vigentes no primeiro trimestre. Qualquer recuperação na demanda por aço deverá ser lenta e gradual este ano, podendo não se firmar até 2012. A empresa de consultoria CRU estima que o consumo de aço só retornará aos níveis observados em 2007-2008 a partir de 2012. Por outro lado, as quedas de preços e de margens podem provocar o fechamento definitivo de capacidade instalada em áreas de menor competitividade.

7.4. Demanda Nacional de Cromita

Praticamente, toda a cromita produzida no estado da Bahia é consumida no mercado interno, para produção de ferro ligas a base de cromo pelos grupos FERBASA e Arcelor Mittal Inox Brasil S/A (antiga ACESITA). Parte da produção da Magnesita S/A é usada na fabricação de produtos refratários em sua unidade industrial localizada no Estado de Minas Gerais. Quanto à cromita produzida no estado do Amapá, cerca de 70% é exportada para a China e 30% destinada ao mercado interno para produção de ligas de cromo. A Figura 10 apresenta o perfil do consumo nacional da produção de cromita.

Figura 10 – Perfil do Consumo de Cromita



Fonte: AMB

No que diz respeito à demanda externa, a Tabela 8 apresenta o perfil das exportações de bens minerais da cadeia produtiva do cromo para 2005.

Tabela 8 – Perfil das Exportações: 2005

Produtos	Quantidade (t)	US\$ 1.000 - FOB	Principais países de destino
Cromo	142.313	17.463	
Bens Primários	139.327	15.078	China(73,94%), Estados Unidos(25,31%), México(0,38%), Espanha(0,19%), Argentina(0,11%), Itália(0,04%), Bolívia(0,01%), Colômbia(0,01%)
Semimanufaturados	147	216	Argentina(49,63%), Venezuela(17,18%), Bolívia(14,94%), Uruguai(11,66%), Estados Unidos(3,89%), Paraguai(2,66%), Equador(0,05%), Equador(0,05%)
Manufaturados	2	12	Reino Unido(95,36%), Argentina(4,54%), Bahrein(0,09%), Bahrein(0,09%)
Compostos-Químicos	2.837	2.158	China(25,32%), Coreia do Sul(16,38%), Hong Kong(10,04%), Argentina(8,87%), Espanha(6,31%), Venezuela(5,28%), Costa Rica(4,80%), Chile(4,48%)

Fonte: AMB.

Nota: Percentual em relação ao valor.

Cabe ressaltar que a demanda interna é atendida parcialmente por importações. A Tabela 9 oferece o perfil dessas importações em 2005.

Tabela 9 – Perfil das Importações: 2005

Produtos	Quantidade (t)	US\$ 1.000 - FOB	Principais países de origem
Cromo	78.401	61.455	
Bens Primários	18.584	8.598	África do Sul(53,62%), Rússia(23%), Reino Unido(8,83%), China(8,10%), Luxemburgo(1,33%), França(1,18%), Filipinas(1,16%), Suíça(1,12%)
Semimanufaturados	11.235	13.779	África do Sul(66,91%), Rússia(15,28%), Estados Unidos(9,25%), Alemanha(3,26%), Suíça(2,62%), China(2,01%), Suécia(0,23%), Reino Unido(0,21%)
Manufaturados	25	886	Estados Unidos(54,39%), Alemanha(32,92%), Singapura(6,71%), Holanda(1,81%), Áustria(1,58%), Reino Unido(1,12%), Suíça(0,91%), Japão(0,41%)
Compostos-Químicos	48.557	38.191	Argentina(53,31%), Uruguai(13,83%), Alemanha(9,54%), Estados Unidos(8,45%), Venezuela(4,78%), China(2,67%), México(2,66%), Reino Unido(1,79%)

Fonte: AMB.

Nota: Percentual em relação ao valor.

TOTAL											
COMPOSTOS - QUÍMICOS						TOTAL					
EXPORTAÇÃO		IMPORTAÇÃO		SALDO		EXPORTAÇÃO		IMPORTAÇÃO		SALDO	
QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]	QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]	QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]	QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]	QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]	QUANT. [1.000 t]	VALOR [US\$10 ⁶ .POP]
2.032	2.005,00	470	1.302,00	2.354	703	04.634	6.320,00	13.227	4.663,00	65.464	2.254
1.354	1.434,00	764	1.570,00	1.107	-133	47.165	4.744,00	25.463	5.040,00	21.636	-1.107
642	1.355,00	233	1.070,00	343	285	642	1.355,00	31.030	7.117,00	-31.210	-5.762
1.403	1.305,00	227	062	1.102	1.123	60.733	31.466,00	23.055	6.040,00	45.604	24.626
246	433	105	404	144	40	52.223	22.100,00	5.620	2.730,00	46.604	13.330
234	533	133	530	164	-11	30.354	14.107,00	6.543	3.300,00	31.002	10.007
404	030	120	530	364	300	54.364	23.043,00	21.014	4.314,00	33.350	10.433
430	725	172	730	250	-65	60.744	25.430,00	15.037	4.202,00	45.644	21.230
524	041	170	363	346	-122	20.647	3.255,00	11.700	4.257,00	0.053	4.330
1.170	1.437,00	142	746	1.036	751	16.166	7.040,00	15.034	5.635,00	272	2.145
1.313	1.303,00	375	1.564,00	344	342	60.256	34.031,00	3.310	4.303,00	50.346	23.702
1.144	2.012,00	3.427	4.100,00	-2.203	-2.000	05.603	36.703,00	24.100	13.063,00	61.413	22.326
342	2.064,00	3.317	3.530,00	-2.375	-1.523	73.434	23.532,00	20.236	17.355,00	45.133	5.637
1.620	2.350,00	3.403	4.006,00	-1.775	-1.640	142.415	43.764,00	13.740	10.363,00	122.637	31.333
1.604	1.140,00	3.343	3.531,00	-1.665	-2.451	26.026	12.640,00	30.376	17.405,00	-12.350	-4.765
1.030	1.360,00	4.313	3.317,00	-2.463	-2.543	43.702	0.453,00	47.504	15.075,00	2.430	-6.610
2.046	1.534,00	5.024	5.153,00	-3.775	-3.643	167.530	15.004,00	23.553	17.474,00	130.005	-2.467
5.200	3.023,00	5.037	5.402,00	-557	-2.373	64.244	22.363,00	60.006	16.633,00	4.450	6.336
2.433	2.143,00	3.243	10.546,00	-6.040	-0.403	117.224	17.327,00	21.570	10.660,00	35.643	-743
2.336	2.302,00	11.627	10.334,00	-3.234	-0.642	105.733	16.470,00	32.742	22.454,00	73.057	-5.300
060	2.343,00	40.060	32.047,00	-40.000	-30.430	153.170	15.005,00	56.400	40.063,00	102.602	-25.060
742	1.333,00	44.073	34.127,00	-43.334	-32.134	200.040	13.403,00	57.764	40.000,00	142.276	-21.402
1.030	2.502,00	43.344	30.034,00	-42.203	-27.523	143.004	12.065,00	104.303	41.030,00	41.010	-23.773
044	1.300,00	45.063	23.520,00	-45.020	-27.620	73.575	7.537,00	63.632	37.610,00	15.343	-30.020
4.022	3.004,00	42.644	20.042,00	-37.703	-25.030	20.134	5.234,00	53.466	36.362,00	-31.332	-31.120
7.044	3.003,00	42.502	25.500,00	-35.544	-24.773	7.223	4.105,00	124.035	30.405,00	-117.666	-34.300
3.172	2.031,00	50.230	23.560,00	-47.126	-27.463	41.172	7.303,00	100.541	43.335,00	-67.363	-42.012
2.037	2.150,00	40.557	30.131,00	-45.720	-36.033	142.313	17.463,00	70.401	61.455,00	63.342	-43.332

8. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

O processo de produção da Ferbasa pode ser resumido nas seguintes atividades:

- ✓ Extração da cromita de jazidas de propriedade da empresa, processando-se a mineração a céu aberto (35%) e subterrânea (65%); e
- ✓ A cromita é beneficiada nas minas, seguindo então para a fábrica de ferro ligas em Pojuca-Bahia. A maior parte do transporte é feito por via ferroviária e o restante rodoviário. Na fábrica o minério é colocado em silos de onde é retirado para alimentar os fornos de redução e refino, obtendo-se então os produtos básicos da Ferbasa: Ferro Cromo Alto Carbono, Ferro Cromo Baixo Carbono, Ferro Silício Cromo.

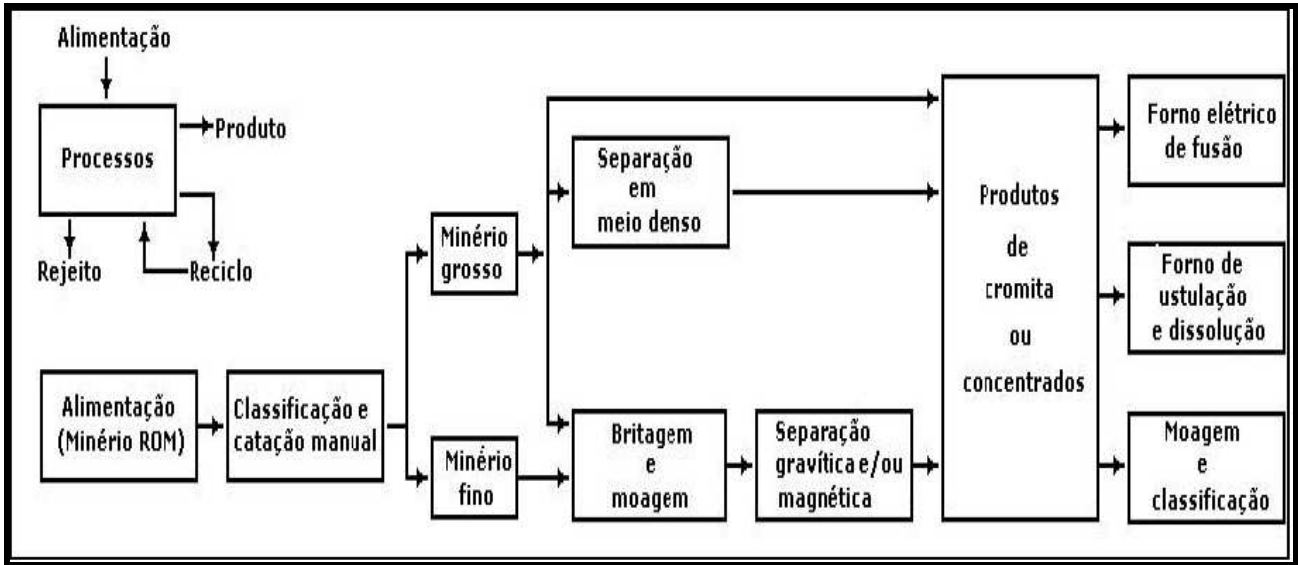
“Os métodos de lavra empregados nos minérios de cromo são variados em decorrência das formas irregulares dos corpos mineralizados das jazidas, as quais são lavradas a céu aberto e via subterrânea, com predomínio desse último. Na mina Coitezeiro, localizada no município de Campo Formoso, utiliza-se o método de lavra a céu aberto, mecanizada, que consiste no desmonte mecânico em bancadas com altura e berma de 7,5m, e inclinação de 45° na zona argilosa, usando tratores e escavadeiras. Na rocha fresca, as bancadas têm 20m de altura e berma de 8m com inclinação de 70° e o desmonte é feito com o uso de explosivos. O R.O.M. é transportado por caminhões fora de estrada até o pátio de catação, sendo o minério tipo *lump* selecionado manualmente para britagem. Os minérios tipos friável e finos, da seleção manual, são estocados em bancadas para alimentação da usina de beneficiamento.”

“Na lavra subterrânea são empregados vários métodos - sub-nível (*sub-level*), câmaras e pilares - dependendo da forma do corpo mineralizado. No caso da mina de Ipueira, estado da Bahia, emprega-se a lavra subterrânea totalmente mecanizada e com o emprego do método *sublevel caving*, que consiste na abertura de galerias de produção no *footwall* da camada, com desmonte em recuo e abatimento do teto. Os painéis alcançam, em média, 14 a 25 m de altura, e a perfuração é efetuada no sentido ascendente e em leque. O método proporciona uma recuperação da ordem de 80%, com diluição de 10 a 35% de estéril no *run of mine*, segundo Gonçalves (2003)”. (SAMPAIO, 2008).

No que concerne às operações de beneficiamento, os minérios com teores abaixo de 34% de Cr₂O₃, misto, disseminado, friável e os finos gerados na britagem do *lump*, alimentam as usinas de beneficiamento onde se processa inicialmente uma britagem, em seguida moagem e peneiramento, sendo então concentrados em espirais originando o concentrado de cromita com teor de Cr₂O₃ > 42%. As usinas de beneficiamento da região de Campo Formoso estão localizadas nas minas Coitezeiro e Pedrinhas, e a do Vale do Jacurici está situada na mina Medrado. Nas duas minas, a concentração do minério, segue métodos convencionais de separação gravítica que permite obter produtos para as indústrias metalúrgicas, químicas e de refratários. A FERBASA também produz areia de cromita destinada às indústrias de fundição. A areia de cromita é constituída a partir do concentrado de cromita com teor de Cr₂O₃ > 43%, seco e classificado fisicamente.

A Figura 11 apresenta o fluxograma geral de processamento com as principais etapas operacionais da FERBASA.

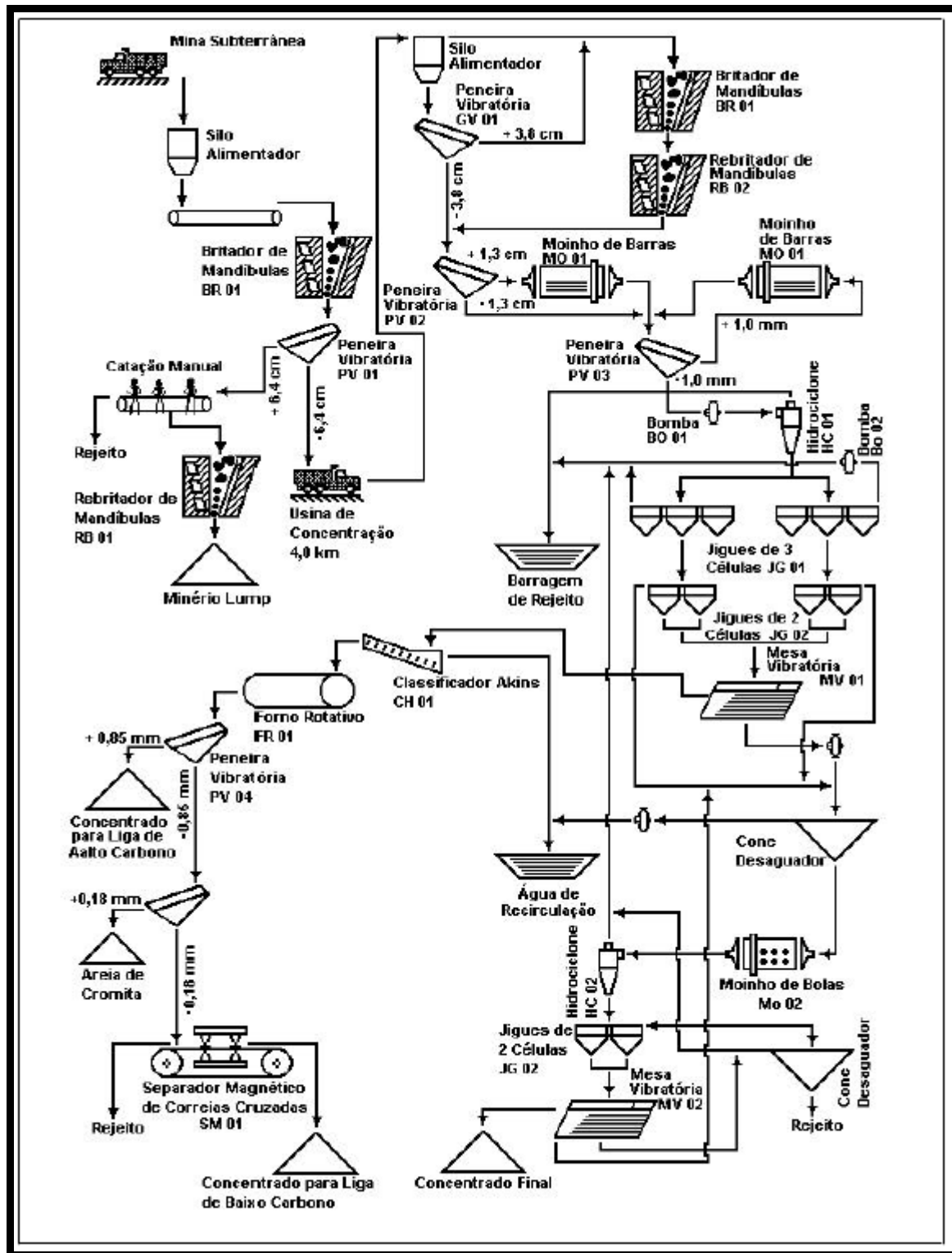
Figura 11 – Fluxograma Geral do Processamento



Fonte: SAMPAIO, 2008; PAPP, 1994.

Na seqüência, a Figura 12 ilustra o circuito de concentração do minério de cromo da mina de Ipueira, no município de Andorinhas, onde ocorre a maior produção da empresa (Sampaio, *et al.*, 2001). "Balanço 2001.

Figura 12 – Fluxograma de Beneficiamento de Cromita:
Mina de Ipuera



Fonte: Sampaio, *et al.*, 2001

A Tabela 11 retrata a caracterização dos produtos da empresa.

Tabela 11 – Caracterização dos Produtos

Elementos ou Compostos	Limites de Teores	Produtos			
		Areia de Cromita Tipo 01	Areia de Cromita Tipo 02	Concentrados	
				Metalúrgico	Lump
Cr ₂ O ₃	Max	99,00	100,0	100,0	95,00
	Min	43,00	43,00	40,00	38,00
	Típico	44,00	44,50	42,00	38,50
SiO ₂	Max	3,30	3,50	8,00	12,00
	Típico	3,10	2,90	6,00	10,00
FeO	Max	18,00	18,00	18,00	17,00
	Típico	17,50	17,80	17,00	15,70
MgO	Max	15,50	15,50	16,00	18,00
	Típico	14,70	14,80	15,10	16,80
Al ₂ O ₃	Max	20,00	20,00	20,00	17,00
	Típico	19,50	19,00	19,00	15,70
CaO	Max	1,00	1,00	2,00	1,00
	Típico	0,12	0,11	0,30	0,40
P	Max	0,008	0,008	0,015	0,010
	Típico	0,006	0,006	0,012	0,007
Cr/Fe	Min	2,10	2,10	1,96	1,97
	Típico	2,22	2,20	2,17	2,16
Aberturas (mm)		-0,50	-0,50	-0,50	9,52 -101
A. F.S.	Malha	45-65	65-85		
A. F.S.	Típico	50,00	71,00		

Fonte: SAMPAIO, 2008

Finalmente, o percentual de utilização da capacidade instalada do segmento de ferro-ligas no período 2005-2007 é o motivo da Tabela 12.

Tabela 12 – Utilização da Capacidade Instalada

Produtos	2005 (%)	2006 (%)	2007 (%)
Ferro Cromo Alto Carbono	78	55,54	78,14
Ferro Cromo Baixo Carbono	81	80,33	59,90
Ferro Silício Cromo	121,0*	41,10	129,70**
Ferro Silício 75	128,0*	99,23*	85,71

Fonte: FERBASA

* Foi utilizado forno de FeCrAC para produzir Ferro Silicio Cromo e Ferro Silício 75.

** Foi utilizado forno de Ferro Cromo Alto carbono para produzir Fe Si Cr

9. ASPECTOS AMBIENTAIS

No que concerne às atividades desenvolvidas no âmbito das empresas de mineração cabe destacar a Ferbasa. No período 2005-2008, a empresa investiu cerca de R\$ 18.000.000,00 (dezoito milhões de reais) para gerenciamento e minimização dos impactos ambientais do parque industrial. Esses investimentos contemplaram a aquisição de equipamentos e de sistemas de controle ambiental; iniciativas voltadas à educação ambiental e a criação de RPPN- Reserva Particular do Patrimônio Natural com 450,06 hectares. Em termos dos processos e atividades específicas ressalte-se:

- o monitoramento dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas e águas superficiais e subterrâneas, de influência das atividades industriais e florestais;
- o gerenciamento dos resíduos sólidos, através do PGRS – Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos;
- o gerenciamento das ações do Projeto de Educação Ambiental, juntamente com os multiplicadores de educação ambiental;
- a elaboração, execução e manutenção dos PRAD's – Planos de Recuperação de Áreas Degradadas das Fazendas; e
- a implantação das tecnologias de desempoeiramento nos processos produtivos de FeCr AC, FeSi75% e FeSiHP – envolvendo os sistemas de alimentação de fornos e de tratamento do produto final.

“Os problemas ambientais decorrentes das atividades de mineração e metalurgia do cromo são monitorados permanentemente. Por exemplo, as partículas em suspensão durante as atividades de lavra (acessos) são minimizadas com aspersão de água com carro pipa. No beneficiamento do minério, o risco de contaminação por efluentes das barragens de rejeitos é controlado por meio do monitoramento semanal da qualidade das águas dos rios, a construção de diques filtrantes, barragens e de bacias de decantação de sólidos.” (DNPM, 2001).

Em se tratando da Magnesita Refratários S.A. a empresa tem investido na atualização de processos produtivos e na instalação de sistemas de desempoeiramento e de controle de efluentes em suas unidades operacionais. As unidades de Contagem (MG) e Brumado (BA) encontram-se certificadas pela norma ISO 14001.

Finalmente, a Mineração Vila Nova concentra-se seus esforços no programa de revegetação das áreas mineradas. No caso da recuperação da cobertura vegetal, o procedimento adotado pela empresa é o plantio de acácias Australianas para recuperar o solo e facilitar o desenvolvimento das árvores nativas.

10. PROJEÇÕES DO CONSUMO DE CROMITA PARA 2010-2030

Com base no comportamento histórico do consumo total de cromita, seja para atender o mercado interno ou as exportações de ferro-cromo, foi desenvolvido o modelo para projeção do consumo para os anos de 2009 a 2030. As variáveis explicativas selecionadas foram o Produto Interno Bruto do país e o preço de comercialização da liga ferro cromo. Essas variáveis apresentaram correlações positivas.

Foram projetados três cenários: Cenário I (pessimista); Cenário II (esperado); e Cenário III (otimista). Registre-se que, excetuando-se o Cenário III, para os valores apresentados nos demais cenários as taxas médias geométricas anuais projetadas ficaram abaixo das taxas observadas para o consumo histórico que foi da ordem 6,5% a.a. Essa taxa foi influenciada pelos valores anômalos observados nos últimos anos, bem acima dos valores registrados nos anos anteriores. Assim sendo, optou-se pelo ajuste nos valores projetados e adotou-se para o Cenário III, a taxa de 6,5% a.a., mais alinhada com as expectativas do mercado para os próximos anos. As Tabelas 13 e 14 apresentam os resultados gerados pelo modelo aplicado destacando-se o expressivo descolamento sugerido pelo Cenário III.

Tabela 13 – Valores Projetados pelo Modelo

TAXAS MÉDIAS DO CONSUMO DA CROMITA					
Evolução 1982 - 2006			Evolução 2007 - 2030		
Cenário I	6,50%	n=26	Cenário I	2,30%	n=23
Cenário II	6,50%	n=26	Cenário II	5,30%	n=23
Cenário III	6,50%	n=26	Cenário III	7,80%	n=23
Obs. Valores projetados via modelo					
Valores Projetados pelo Modelo				VALOR AJUSTADO	
Anos	Cenário I	Cenário II	Cenário III	2030	1.925.432
2010	581.950	581.950	581.950		i = 6,50%
2030	886.713	1.598.793	2.766.614		
Utilizou-se a fórmula do cálculo da taxa média geométrica de crescimento. Substituiu-se a taxa média utilizada na projeção do Cenário III (i = 7,80%) pela taxa média entre 1982 - 2006 (i = 6,50%).					

Tabela 14 – Projeção da Demanda de Cromita (modelo)

MODELO CROMITA (ton)			
	Cenário I	Cenário II	Cenário III
1982	113.457,00	113.457,00	113.457,00
1983	92.793,00	92.793,00	92.793,00
1984	149.583,00	149.583,00	149.583,00
1985	145.375,00	145.375,00	145.375,00
1986	142.107,00	142.107,00	142.107,00
1987	151.288,00	151.288,00	151.288,00
1988	155.215,00	155.215,00	155.215,00
1989	158.922,00	158.922,00	158.922,00
1990	108.658,00	108.658,00	108.658,00
1991	113.234,00	113.234,00	113.234,00
1992	147.502,00	147.502,00	147.502,00
1993	121.874,00	121.874,00	121.874,00
1994	166.138,00	166.138,00	166.138,00
1995	153.372,00	153.372,00	153.372,00
1996	124.926,00	124.926,00	124.926,00
1997	72.954,00	72.954,00	72.954,00
1998	132.399,00	132.399,00	132.399,00
1999	99.347,00	99.347,00	99.347,00
2000	204.640,00	204.640,00	204.640,00
2001	261.663,00	261.663,00	261.663,00
2002	269.018,00	269.018,00	269.018,00
2003	448.491,00	448.491,00	448.491,00
2004	600.898,00	600.898,00	600.898,00
2005	494.168,00	494.168,00	494.168,00
2006	508.640,00	508.640,00	508.640,00
2007	545.049,00	545.049,00	545.049,00
2008	531.675,07	531.675,07	531.675,07
2009	555.301,12	555.301,12	555.301,12
2010	581.950,20	581.950,20	581.950,20
2011	602.905,45	607.734,74	611.745,85
2012	623.147,41	634.822,70	644.614,02
2013	642.817,46	663.257,07	680.598,71
2014	662.043,02	693.085,17	719.773,15
2015	680.937,83	724.358,48	762.236,46
2016	699.602,67	757.132,59	808.111,31
2017	718.126,44	791.467,09	857.542,33
2018	735.847,71	828.790,74	915.146,16
2019	752.912,79	869.116,23	981.185,63
2020	769.449,89	912.481,68	1.056.055,23
2021	785.570,65	958.947,46	1.140.267,05
2022	801.371,80	1.008.593,79	1.234.443,09
2023	815.564,87	1.063.262,07	1.345.766,07
2024	828.392,48	1.123.034,66	1.475.625,88
2025	840.066,61	1.188.040,28	1.625.760,09
2026	850.770,77	1.258.448,93	1.798.253,07
2027	860.662,66	1.334.468,38	1.995.548,29
2028	869.876,98	1.416.341,84	2.220.471,31
2029	878.528,26	1.504.346,58	2.476.261,80
2030	886.713,52	1.598.793,16	2.766.614,03

Com base nos ajustes dos valores projetados relativos ao Cenário III, tem-se os seguintes cenários para a demanda de cromita para os anos de 2010 e 2030 (Tabela 15):

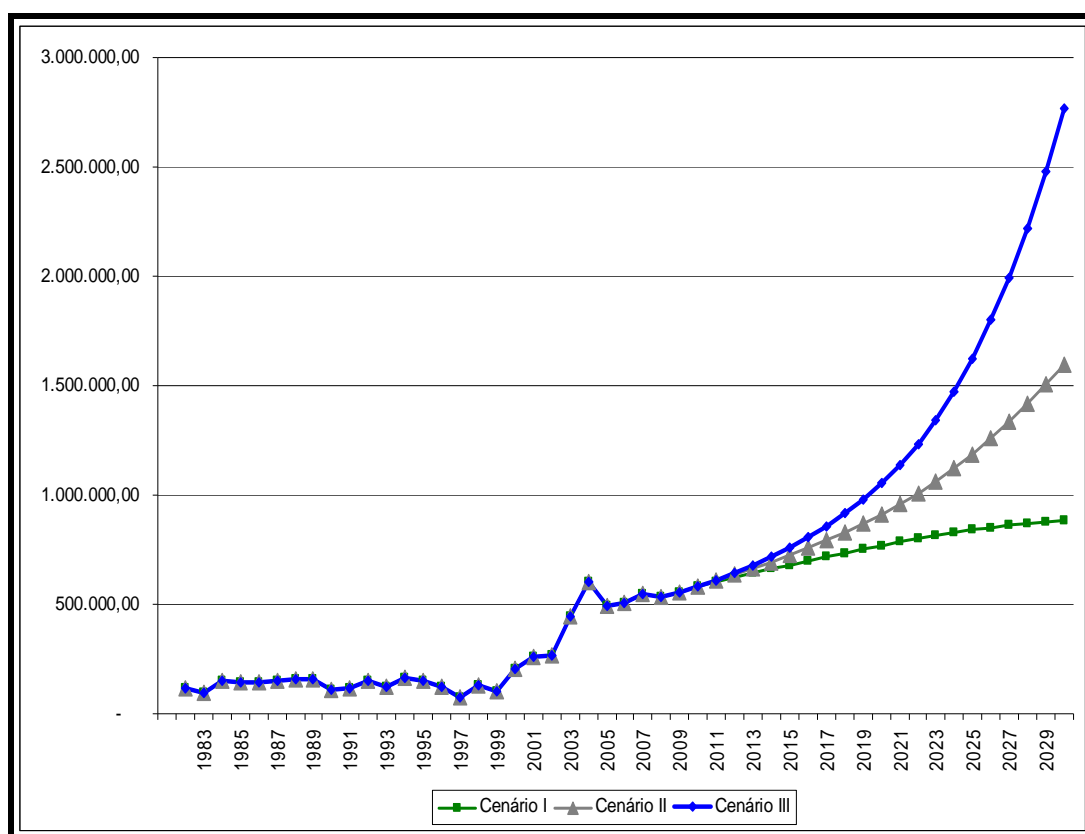
Tabela 15 - Projeção da Demanda de Cromita (t)

Cenários	2010	2030
I (i = 2,30%)	581.950	886.713
II (i = 5,30%)	581.950	1.598.793
III (i = 6,50%)	581.950	1.925.432

Obs. Taxas geométricas médias de crescimento entre 2009 a 2030

A Figura 13 retrata graficamente a projeção da demanda de cromita ao longo do período de interesse.

Figura 13 – Projeção da Demanda de Cromita (t)



11. ANEXOS

Modelo: destaques selecionados

CAC = CONSUMO APARENTE DE ESTANHO CROMITA
 PIB = PRODUTO INTERNO BRUTO

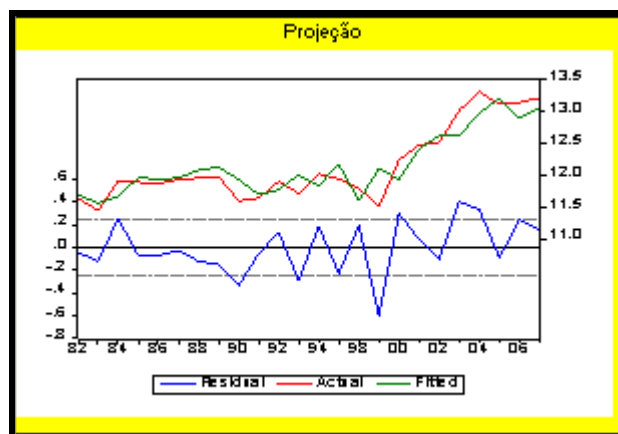
$$\text{CAC} = C(1) \cdot \text{PRE}(-1) + C(2) \cdot \text{PIB}(-2) + C(3) \cdot \text{CAC}(-1)$$

Modelo

Substituted Coefficients:
 =====
 $\text{CAC} = -0.543611200856 \cdot \text{PRE}(-1) + 0.343719834564 \cdot \text{PIB}(-2) + 0.826694496305 \cdot \text{CAC}(-1)$

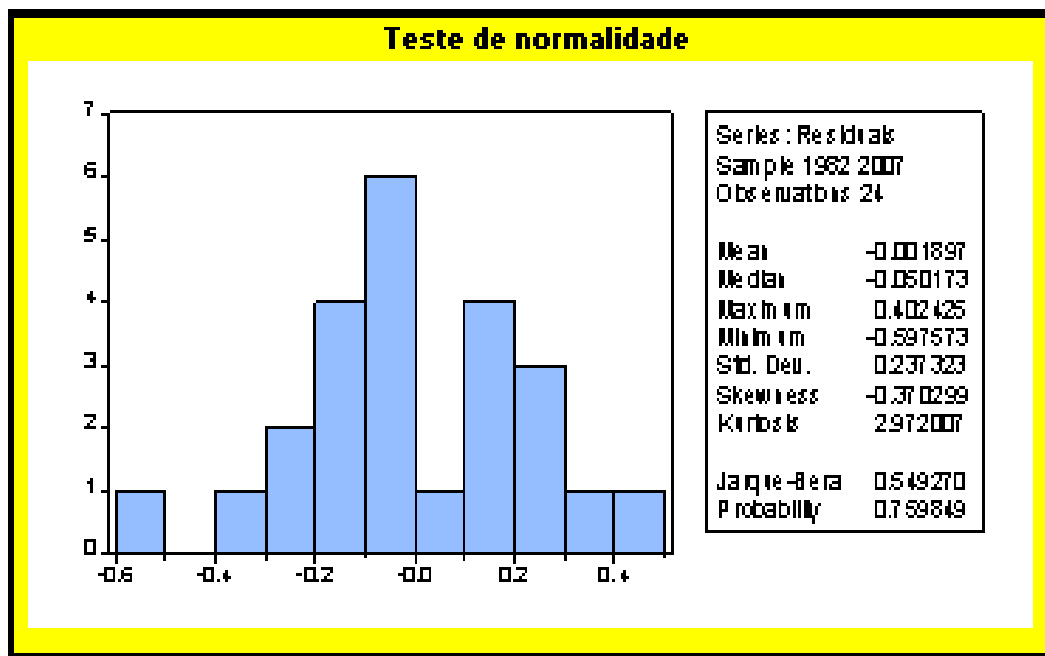
Através do teste Jarque-Bera, observamos que o modelo não apresenta problema de normalidade dos resíduos. Já o teste White, demonstrou a não existência de Heterocedasticidade. De acordo com a estatística Durbin-Watson (2.46) o modelo também não apresenta problema de auto-correlação residual. O coeficiente de determinação foi de 0,81 e as variáveis foram todas significativas ao nível de 5% de significância.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRE(-1)	-0.543611	0.302535	-1.796854	0.0868
PIB(-2)	0.343720	0.111552	3.081255	0.0057
CAC(-1)	0.826694	0.086984	9.504029	0.0000
R-squared	0.835172	dependent var		1.215.382
Adjusted R-squared	0.819474	dependent var		0.584573
E. of regression	0.248376	akaike info criterion		0.168719
Adjusted R-squared	1.295.498	Schwarz criterion		0.315975
Log likelihood	0.975377	Durbin-Watson stat		2.464.833



Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.957362	Prob. F(6,17)	0.4819
Obs*R-square	6.061340	Prob. Chi-Square(6)	0.4164
Adjusted R-squared	4.603830	Prob. Chi-Square(6)	0.5955



Base de datos original			
	cac	pre	pib
1980	132209	R\$ 70,00	R\$ 237.772,00
1981	136539	R\$ 75,00	R\$ 258.553,00
1982	113457	R\$ 75,00	R\$ 271.252,00
1983	92793	R\$ 47,00	R\$ 189.459,00
1984	149583	R\$ 45,00	R\$ 189.744,00
1985	145375	R\$ 45,00	R\$ 211.092,00
1986	142107	R\$ 45,00	R\$ 257.812,00
1987	151288	R\$ 45,00	R\$ 282.357,00
1988	155215	R\$ 45,00	R\$ 305.707,00
1989	158922	R\$ 70,00	R\$ 415.916,00
1990	108658	R\$ 74,00	R\$ 469.318,00
1991	113234	R\$ 74,00	R\$ 405.679,00
1992	147502	R\$ 66,00	R\$ 387.295,00
1993	121874	R\$ 65,00	R\$ 429.685,00
1994	166138	R\$ 60,00	R\$ 543.087,00
1995	153372	R\$ 90,00	R\$ 770.350,00
1996	124926	R\$ 90,00	R\$ 840.268,00
1997	72954	R\$ 75,00	R\$ 871.274,00
1998	132399	R\$ 75,00	R\$ 843.985,00
1999	99347	R\$ 65,33	R\$ 586.777,00
2000	204640	R\$ 65,10	R\$ 644.984,00
2001	261663	R\$ 68,64	R\$ 553.771,00
2002	269018	R\$ 65,10	R\$ 504.359,00
2003	448491	R\$ 68,64	R\$ 553.603,00
2004	600898	R\$ 75,00	R\$ 663.783,00
2005	494168	R\$ 108,20	R\$ 882.439,00
2006	508640	R\$ 101,90	R\$ 1.088.911,00
2007	545049	R\$ 149,30	R\$ 1.333.818,00

Base Original de Dados em Logarítmo Neperiano			
	cac	pre	piB
1980	11,8	4,2	12,38
1981	11,8	4,3	12,46
1982	11,6	4,3	12,51
1983	11,4	3,9	12,15
1984	11,9	3,8	12,15
1985	11,9	3,8	12,26
1986	11,9	3,8	12,46
1987	11,9	3,8	12,55
1988	12,0	3,8	12,63
1989	12,0	4,2	12,94
1990	11,6	4,3	13,06
1991	11,6	4,3	12,91
1992	11,9	4,2	12,87
1993	11,7	4,2	12,97
1994	12,0	4,1	13,21
1995	11,9	4,5	13,55
1996	11,7	4,5	13,64
1997	11,2	4,3	13,68
1998	11,8	4,3	13,65
1999	11,5	4,2	13,28
2000	12,2	4,2	13,38
2001	12,5	4,2	13,22
2002	12,5	4,2	13,13
2003	13,0	4,2	13,22
2004	13,3	4,3	13,41
2005	13,1	4,7	13,69
2006	13,1	4,6	13,90
2007	13,2	5,0	14,10

Variable	Coefficient
Variable	Coefficient
PRE(-1)	-0,543611
PIB(-2)	0,343720
CAC(-1)	0,826694

Ajustamento do Modelo			
	In	Ajust	DEMANDA
1980			
1981			
1982	11,683	118543	113457
1983	11,559	104688	92793
1984	11,663	116199	149583
1985	11,958	156073	145375
1986	11,935	152513	142107
1987	11,953	155260	151288
1988	12,073	175139	155215
1989	12,126	184569	158922
1990	11,932	152118	108658
1991	11,694	119815	113234
1992	11,769	129227	147502
1993	12,000	162755	121874
1994	11,835	137941	166138
1995	12,170	192901	153372
1996	11,964	156988	124926
1997	11,914	149416	72954
1998	11,599	108966	132399
1999	12,104	180583	99347
2000	11,931	151846	204640
2001	12,405	244018	261663
2002	12,612	300116	269018
2003	12,611	299904	448491
2004	12,973	430559	600898
2005	13,199	539570	494168
2006	12,900	400323	508640
2007	13,054	467133	545049

PIB					Preço		
1982	R\$	271.252,00	R\$	271.252,00	R\$	271.252,00	75
1983	R\$	189.459,00	R\$	189.459,00	R\$	189.459,00	47
1984	R\$	189.744,00	R\$	189.744,00	R\$	189.744,00	45
1985	R\$	211.092,00	R\$	211.092,00	R\$	211.092,00	45
1986	R\$	257.812,00	R\$	257.812,00	R\$	257.812,00	45
1987	R\$	282.357,00	R\$	282.357,00	R\$	282.357,00	45
1988	R\$	305.707,00	R\$	305.707,00	R\$	305.707,00	45
1989	R\$	415.916,00	R\$	415.916,00	R\$	415.916,00	70
1990	R\$	469.318,00	R\$	469.318,00	R\$	469.318,00	74
1991	R\$	405.679,00	R\$	405.679,00	R\$	405.679,00	74
1992	R\$	387.295,00	R\$	387.295,00	R\$	387.295,00	66
1993	R\$	429.685,00	R\$	429.685,00	R\$	429.685,00	65
1994	R\$	543.087,00	R\$	543.087,00	R\$	543.087,00	60
1995	R\$	770.350,00	R\$	770.350,00	R\$	770.350,00	90
1996	R\$	840.268,00	R\$	840.268,00	R\$	840.268,00	90
1997	R\$	871.274,00	R\$	871.274,00	R\$	871.274,00	75
1998	R\$	843.985,00	R\$	843.985,00	R\$	843.985,00	75
1999	R\$	586.777,00	R\$	586.777,00	R\$	586.777,00	65,33
2000	R\$	644.984,00	R\$	644.984,00	R\$	644.984,00	65,1
2001	R\$	553.771,00	R\$	553.771,00	R\$	553.771,00	68,64
2002	R\$	504.359,00	R\$	504.359,00	R\$	504.359,00	65,1
2003	R\$	553.603,00	R\$	553.603,00	R\$	553.603,00	68,64
2004	R\$	663.783,00	R\$	663.783,00	R\$	663.783,00	75
2005	R\$	882.439,00	R\$	882.439,00	R\$	882.439,00	108,2
2006	R\$	1.088.911,00	R\$	1.088.911,00	R\$	1.088.911,00	101,9
2007	R\$	1.333.818,00	R\$	1.333.818,00	R\$	1.333.818,00	101,9
2008	R\$	1.400.000,00	R\$	1.400.000,00	R\$	1.400.000,00	103,0
2009	R\$	1.409.558,00	R\$	1.442.658,04	R\$	1.470.534,84	104,1
2010	R\$	1.449.025,62	R\$	1.500.364,36	R\$	1.544.061,58	105,2
2011	R\$	1.489.598,34	R\$	1.560.378,93	R\$	1.621.264,66	106,3
2012	R\$	1.531.307,09	R\$	1.622.794,09	R\$	1.702.327,90	107,4
2013	R\$	1.574.183,69	R\$	1.687.705,85	R\$	1.787.444,29	108,5
2014	R\$	1.618.260,83	R\$	1.755.214,09	R\$	1.876.816,50	109,7
2015	R\$	1.663.572,14	R\$	1.825.422,65	R\$	1.970.657,33	110,8
2016	R\$	1.705.161,44	R\$	1.907.566,67	R\$	2.098.750,06	112,0
2017	R\$	1.747.790,48	R\$	1.993.407,17	R\$	2.235.168,81	113,2
2018	R\$	1.791.485,24	R\$	2.083.110,49	R\$	2.380.454,78	114,4
2019	R\$	1.836.272,37	R\$	2.176.850,46	R\$	2.535.184,34	115,6
2020	R\$	1.882.179,18	R\$	2.274.808,73	R\$	2.699.971,33	116,8
2021	R\$	1.919.822,76	R\$	2.388.549,17	R\$	2.915.969,03	118,1
2022	R\$	1.958.219,22	R\$	2.507.976,63	R\$	3.149.246,55	119,3
2023	R\$	1.997.383,60	R\$	2.633.375,46	R\$	3.401.186,28	120,6
2024	R\$	2.037.331,27	R\$	2.765.044,23	R\$	3.673.281,18	121,8
2025	R\$	2.078.077,90	R\$	2.903.296,45	R\$	3.967.143,68	123,1
2026	R\$	2.119.639,46	R\$	3.048.461,27	R\$	4.284.515,17	124,4
2027	R\$	2.162.032,25	R\$	3.200.884,33	R\$	4.627.276,38	125,7
2028	R\$	2.205.272,89	R\$	3.360.928,55	R\$	4.997.458,49	127,1
2029	R\$	2.249.378,35	R\$	3.528.974,98	R\$	5.397.255,17	128,4
2030	R\$	2.294.365,92	R\$	3.705.423,72	R\$	5.829.035,59	129,8

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anuário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM - 1971 a 2005
- Anuário da Indústria Brasileira de Ferro – Ligas. São Paulo, ABRAFE, Anos?
- Anuário da Indústria Siderúrgica Brasileira. Rio de Janeiro: IBS. 1985 – 2008
- Balanço Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM – 1988/ 2001
- GONÇALVES, M. de M. (2003). Cromo. Balanço Mineral Brasileiro 2001, DNPM.
- Sumário Mineral Brasileiro. Brasília: DNPM – 1997/2008
- Mineração no Brasil: Previsão de Demanda e Necessidade de Investimentos, SGM/MME; DNPM; CPRM , Brasília, 2000
- SAMPAIO, J, Alves; Mônica Calixto; Paulo R. Paiva. CT2008-170-00 Comunicação Técnica elaborada para o Livro Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações Parte 2 – Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações. Capítulo 18 – pág. 403 – 425. CETEM. Dezembro, 2008. 24p
- Roskill Information Services Ltd. The Economics of Chromium, 11th edition 2009
- U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. January, 2009
- U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2006
- PAPP, J. F. (1994). Chromium. In: Industrial Minerals and Rocks, 6th Edition, D. D. Carr (Senior Editor), Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, p. 209-228.
- MALLOTIS, G. (1999). Chromium: Uses & Markets, Published by Industrial Minerals Information Ltd, Worcester, England, p. 1-161.