

FÁBIO VINICIUS DOS REIS MARQUES

**A PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO NO BRASIL
(TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO)**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2013



UFRJ

Fábio Vinicius dos Reis Marques

A PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Dr. José Mário Coelho

Rio de Janeiro

Maio 2013

Fábio Vinicius dos Reis Marques

A PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

José Mário Coelho

Aprovada em:

Por:

Orientador: Prof. Dr José Mário Coelho (UFRJ)

Prof. Dr. Gilberto Dias Calaes

Prof. MSc. Marcelo Marinho Simas

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me deu força e coragem para esta longa jornada, sem o qual não suportaria tantos obstáculos. Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, principalmente ao meu orientador José Mário Coelho que foi fundamental neste trabalho e aos meus amigos da Geologia.

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas aos meus amados pais (Ivam e Vera Lúcia), que além do investimento foram meus grandes incentivadores e a minha avó (Maria da Conceição) que me ajudou a ser quem sou hoje e sempre me apoiou em tudo. Agradeço também aos meus familiares que sempre tinham palavras de coragem, e principalmente a Maria Luiza e Josephina minhas constantes incentivadoras. Quero agradecer a Igreja Batista Maanaim pelas orações a Deus em meu favor para conclusão deste curso. Sou muito grato a minha incansável esposa (Ana Paula) que foi dedicada, paciente e uma base sólida de incentivos que me fizeram ter tudo o que precisava para esta fase crucial da minha vida.

RESUMO

MARQUES, Fábio Vinicius dos Reis. **A Produção de Alumínio no Brasil**. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O grande consumo mundial de alumínio, que ultrapassou os 40 milhões de toneladas em 2011, mostra o quanto este metal é importante na indústria moderna e é hoje o mais consumido dentre os não ferrosos. Suas propriedades, como leveza, alta condutividade elétrica, grande resistência a corrosão e baixo ponto de fusão, permitem que seja utilizado de forma extensiva para a produção de diversos itens, tais como ligas metálicas, laminados e extrudados. Assim, este metal é utilizado como matéria-prima para diversos produtos e atende a mercados, como o setor automotivo e de construção civil, que tem aumentado a utilização do alumínio em suas linhas de produção. Sua obtenção na forma metálica segue um processo que se inicia, usualmente, na mineração da bauxita, seguida do seu beneficiamento. A bauxita beneficiada segue para a refinaria, onde passa por tratamento químico para a extração das impurezas, dando origem a um produto intermediário denominado alumina. A etapa final consiste em transformar a alumina em alumínio primário, na forma metálica, por meio da eletrólise, gerando o lingote de alumínio e, na sequência, seus produtos transformados. A bauxita no Brasil tem 98% de sua produção destinada às refinarias de alumina, enquanto que o restante é destinado à indústria de produtos refratários e químicos. As empresas produtoras de bauxita metalúrgica são integradas produzindo desde o minério (bauxita), que segue para as refinarias onde é produzida alumina e posteriormente alumínio primário. No Brasil, em 2011, foram produzidas de 31,7 milhões de toneladas de bauxita, 8,8 milhões de toneladas de alumina e 1,44 milhões de toneladas de alumínio primário. Apesar da grande atratividade para a produção de alumínio, o setor reduziu em 10% a capacidade produtiva no país nos últimos seis anos. Hoje os principais fabricantes de alumínio, são unânimes ao afirmar que o Brasil está fora do mapa mundial para se produzir o metal competitivamente, dentro das condições atuais. O problema é o elevado custo da energia cobrado no país.

Palavras-chave: Alumínio, Bauxita, Energia.

ABSTRACT

MARQUES, Fábio Vinicius dos Reis. 2013. **The Aluminum Production in Brazil.** 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The great global aluminum consumption, which exceeded 40 million tonnes in 2011, shows how the metal is important in modern industry. It is now among the most consumed metal nonferrous. Its properties such as lightness, high electrical conductivity, high resistance to corrosion and low melting point, allow it to be used extensively for the production of several items, such as metal alloys, rolled and extruded. Thus, this metal is used as raw material for various products and caters to markets such as automotive and construction, which has increased the use of aluminum in your production lines. His achievement in metallic form follows a process that starts usually in the mining of bauxite, followed by its processing. The bauxite follows benefit to the refinery where it undergoes chemical treatment to extract impurities, yielding an intermediate product called alumina. The final step is to convert alumina into primary aluminum in metallic form, through electrolysis, producing the aluminum ingot and, subsequently, their processed products. The bauxite in Brazil has 98% of its production destined for alumina refineries, while the remainder is allocated to industry of refractory products and chemicals. The producers of metallurgical bauxite producing are integrated from ore (bauxite), which goes to the refineries where it is produced alumina and primary aluminum later. In Brazil, in 2011, were produced 31.7 million tonnes of bauxite, 8.8 million tonnes of alumina and 1.44 million tonnes of primary aluminum. Despite the great attractiveness for aluminum production, the sector has reduced by 10% the production capacity in the country in the past six years. Today the main producers of aluminum, are unanimous in stating that Brazil is out of the world map to produce the metal competitively within the current conditions. The problem is the high cost of energy charged in the country.

Keywords: Aluminium, Bauxite, Energy.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Cadeia Produtiva do Alumínio Primário..... | 1 |
| Figura 2 – Bauxita Gibbsítica, Diaspórica e Boehmítica | 7 |
| Figura 3 - Regiões com Potencial para Acumulação de Bauxita Laterítica | 8 |
| Figura 4 - Da Exploração de Bauxita até sua Chegada ao Porto | 12 |
| Figura 5 – Alumina..... | 16 |
| Figura 6 – Fluxograma Apresentando o Ciclo do Processo Bayer..... | 19 |
| Figura 7 - Cadeia Produtiva do Alumínio | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Reserva Mundial de Bauxita | 10 |
| Tabela 2 - Evolução do Consumo da Bauxita no Brasil | 13 |
| Tabela 3 - Evolução do Preço da Bauxita no Brasil | 14 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Evolução da Produção de Bauxita no Brasil e no Mundo..... | 11 |
| Gráfico 2 – Evolução da Produção, Consumo e Exportação de Alumina no Brasil | 15 |
| Gráfico 3 – Evolução da Produção, Consumo e Exportação da Alumina no Brasil | 20 |
| Gráfico 4 – Evolução da Produção de Alumínio Primário no Brasil | 22 |
| Gráfico 5 – Evolução no Consumo de Alumínio no Brasil | 24 |
| Gráfico 6 – Evolução do Preço do Alumínio no Brasil | 25 |
| Gráfico 7 – Porcentagem de Reciclagem de Latas de Alumínio | 27 |
| Gráfico 8 - Produção de Alumínio Primário e Consumo de Produtos Transformados | 30 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------------|--|
| ABAL | Associação Brasileira do Alumínio |
| ADIMB | Agência para o desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira |
| CBA | Companhia Brasileira de Alumínio |
| CNI | Confederação Nacional da Indústria |
| DNPM | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| IAI | International Aluminium Institute (Instituto Internacional do Alumínio) |
| IBRAM | Instituto Brasileiro de Mineração |
| LME | London Metal Exchange |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| MRN | Mineração Rio do Norte |
| USGS | United States Geological Survey (Serviço Geológico Norte Americano) |

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| Agradecimentos | iv |
| RESUMO | v |
| Abstract | vi |
| Lista de Figuras | vii |
| Lista de Tabelas | vii |
| Lista de Gráficos | vii |
| Lista de Siglas | viii |
| 1- INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1- Objetivos..... | 2 |
| 1.2- Metodologia..... | 2 |
| 2- A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO | 4 |
| 2.1 – Resumo da História da Indústria de Alumínio no Brasil | 4 |
| 2.2 - Bauxita | 5 |
| 2.2.1- Os Principais Tipos de Bauxita | 6 |
| 2.2.2- Beneficiamento de Bauxita | 8 |
| 2.2.3- Oferta | 9 |
| 2.2.4- Demanda..... | 12 |
| 2.2.5- Preços | 14 |
| 2.2.6- Perspectiva..... | 15 |
| 2.3 - Alumina | 16 |
| 2.3.1- O Processo Bayer | 16 |
| 2.3.2- Oferta | 19 |
| 2.3.3- Demanda | 20 |
| 2.4 - Alumínio..... | 21 |
| 2.4.1 – Oferta..... | 21 |
| 2.4.2 - Demanda | 22 |
| 2.4.3 - Preços | 25 |
| 3– A SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO ALUMÍNIO | 26 |
| 4- AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS: DA PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO NO BRASIL | 28 |
| 5– CONCLUSÃO | 31 |

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS34

1- INTRODUÇÃO

O alumínio apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é o metal mais jovem usado em escala industrial, e começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos. Quando foi descoberto se verificou que a sua separação das rochas que o continham, era extremamente difícil; por este motivo, foi considerado durante pouco tempo, um metal precioso e seu valor ultrapassou o preço do ouro. Sua história mostra que, mesmo nas civilizações mais antigas, o metal dava um tom de modernidade e sofisticação aos mais diferentes artefatos (ABAL, 2012).

No Brasil, a cadeia produtiva do alumínio envolve desde a exploração de Bauxita até a fabricação de produtos transformados de alumínio. A Figura 1 ilustra o fluxo da cadeia de produção de alumínio primário (ABAL, 2012).

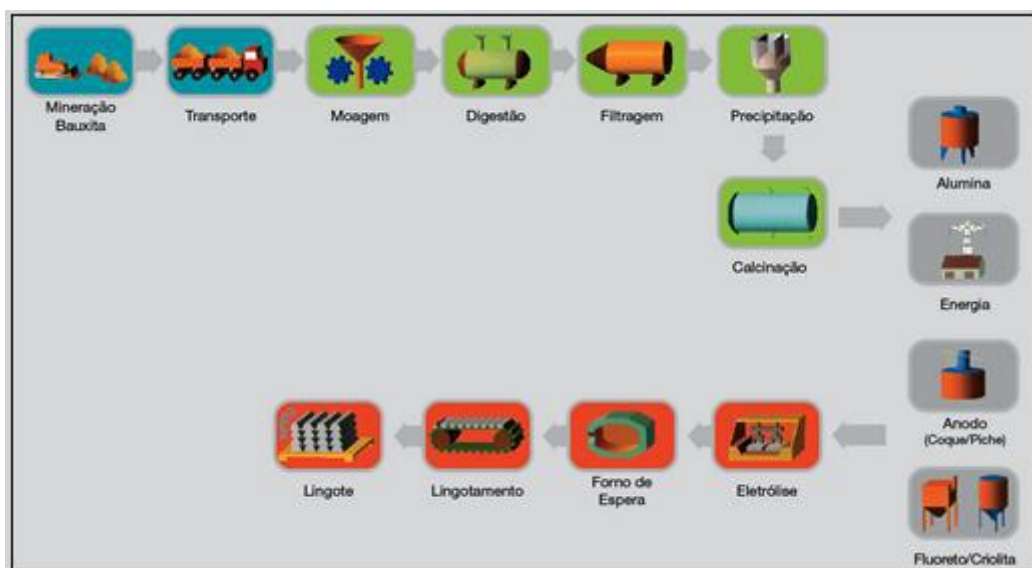


Figura 1 – Cadeia Produtiva do Alumínio Primário

Fonte: ABAL, 2013

A produção mundial atual de alumínio supera a soma de todos os outros metais não ferrosos. É o segundo metal mais produzido no mundo com 38 milhões de toneladas, atrás apenas do ferro, e seguido do cobre (IAI, 2008). A bauxita é o minério mais importante para a

produção de alumínio, contendo de 35% a 55% de óxido de alumínio. Os países com maior reserva do minério no mundo são Guiné e Austrália, respectivamente. O Brasil tem a terceira maior reserva de bauxita no mundo (USGS, 2013), localizada na região amazônica principalmente, e também em Poços de Caldas e Cataguases, no estado de Minas Gerais.

No Brasil, devido à crise energética, a produção de alumínio primário em 2012 ficou praticamente estável comparando com o ano de 2011 e o esperado declínio na produção foi contido, devido a um crescimento, da Votorantim Metais CBA, de 11,2 por cento na produção. Atualmente, com o novo plano do governo de redução das tarifas de energia, o Brasil passou da quarta para a oitava posição entre os países com as mais altas tarifas de energia para a indústria no mundo, segundo estudo da Firjan com base em dados da Agência Internacional de Energia, que inclui 28 países.

1.1- Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo estudar o potencial de produção de alumínio no Brasil, caracterizando o cenário atual da competitividade da indústria deste setor. São fornecidos dados sobre oferta, demanda e preços da bauxita e do alumínio, e é abordada a importância da reciclagem do alumínio, como forma de economizar no consumo de energia. Ao final, são indicadas possíveis ameaças à indústria do alumínio no Brasil e o incentivo governamental a mesma.

1.2- Metodologia

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a indústria brasileira de alumínio – sua história e suas tendências. Em fase posterior foram consultados bancos de dados do DNPM, da ABAL, do USGS e de outras empresas e instituições que realizaram trabalhos sobre a indústria do alumínio, para elaboração de tabelas, gráficos e conceituações,

a fim de possibilitar o entendimento sobre a atual situação da produção de alumínio no Brasil e prever as tendências da indústria brasileira.

2- A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO

2.1 – Resumo da História da Indústria de Alumínio no Brasil

A ABAL, associação fundada em 1970, e que hoje representa 100% dos produtores de alumínio primário, tem em seu sítio, um histórico da Indústria de Alumínio no Brasil; em resumo, se explicita da seguinte maneira:

Em 1917, surgiu a Companhia Paulista de Artefatos de Alumínio (CPAA), que registrou a marca Rochedo e iniciou a fabricação de placas fundidas para automóveis. Na década de 1930, a O. R. Muller, instalada em São Paulo, consolidou-se no ramo de produção de bisnagas de alumínio, utilizando matéria-prima importada. De fato, a incipiente indústria de transformação era totalmente dependente das importações do produto primário. As primeiras referências sobre a bauxita no Brasil estão nos Anais de 1928 da Escola de Minas de Ouro Preto e nessa época ocorreram duas iniciativas concorrentes para implantar a produção de alumínio: a da Elquisa - Eletro Química Brasileira S/A, de Ouro Preto (MG) e a da CBA - Companhia Brasileira de Alumínio, de Mairinque (SP). Tais registros apontam que nesse período os primeiros quilos de alumínio primário foram produzidos no Brasil graças à perseverança de alguns empresários pioneiros, porém insuficientes para atender à demanda. A Elquisa teve dificuldades de comercialização devido ao excesso de produção mundial de alumínio. Apenas em 1938, com o apoio do governo Vargas, começou em definitivo a produção do metal em Ouro Preto. Porém, sua primeira utilização para a produção de alumina e

alumínio no País, em escala industrial, aconteceu em 1944, durante a 2ª Grande Guerra Mundial, consolidando a indústria no Brasil. Tal iniciativa partiu do grande empreendedor Américo Giannetti, que deu início à promissora história de uma indústria que, década após década, apresentaria uma evolução impressionante.

A Companhia Brasileira de Alumínio - CBA, fundada em 1941, contava com as reservas de bauxita de Poços de Caldas, mas sua unidade industrial para a produção de alumínio primário acabou sendo localizada na área de Rodovalho, próxima de Sorocaba, onde a disponibilidade de energia elétrica e o combustível (lenha) eram mais abundantes. A empresa paulista foi uma das pioneiras que permaneceu até hoje.

Uma outra empresa que possui hoje uma posição de destaque na indústria transformadora de alumínio é a atual Laminação de Metais Clemente, fundada na década de 1940.

Em 1983, o Brasil passa de grande importador a um dos principais exportadores mundiais, graças aos grandes e contínuos investimentos das empresas do setor. Três anos depois, o país torna-se o quinto produtor mundial de alumínio primário. (ABAL, 2013).

2.2 - Bauxita

A bauxita é uma rocha formada por intemperismo sobre rochas aluminosas, através da lixiviação da sílica, em clima tropical ou subtropical; é a principal fonte comercial de alumínio (Branco, 2008). Possui coloração avermelhada ou alaranjada, composta principalmente de um ou mais hidróxidos de alumínio e várias misturas de sílica, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e outras impurezas em quantidades menores. O

principal composto da bauxita é o óxido de alumínio e a composição mineralógica predominante é uma associação em proporção variável de três minerais: gibsitita, diásporo e boehmita.

2.2.1- Os Principais Tipos de Bauxita

Podemos caracterizar a bauxita segundo suas propriedades químicas, disposição geológica e finalidade industrial.

Em relação às propriedades químicas, podemos dividi-la em três grupos: a bauxita gibbsítica, a boehmitica e a diaspórica (Figura 2). Grande parte das reservas brasileiras de bauxita é composta de gibsitita, o mineral responsável por caracterizar a bauxita gibbsítica, quando este é encontrado de forma majoritária. A gibsitita é um óxido hidratado com aproximadamente 65% de Al_2O_3 . No caso da bauxita boehmitica, sua caracterização é através da boehmita, um óxido hidratado na qual encontramos concentrações superiores a 80% de Al_2O_3 . O terceiro grupo é composto por um óxido hidratado denominado diásporo, que como a boehmita, possui elevada concentração de Al_2O_3 . A concentração de gibsitita, boehmita e diásporo variam principalmente em função da gênese dos depósitos. Na França, predomina a boehmita. Na China, a ocorrência maior é o diásporo e em regiões tropicais como o Brasil a gibbsitita é predominante (Insumos Básicos, 2011). Uma diferença que vale ressaltar, é a diferença na estrutura cristalina; a boehmita e o diásporo existem na forma ortorrômbica e a gibsitita na forma monoclinica (Habashi, 1993 apud Sampaio; Andrade; Dutra, 2008).



Figura 2 – Bauxita gibbsítica, diaspórica e boehmítica
Fonte: Norsk Hydro, 2013

Quanto a sua disposição geológica, os depósitos de bauxita apresentam-se sob a forma laterítica, cárstica e tipo Tikhvin (Bardossy; Aleva, 1990 apud Goto, 2007). A maioria dos depósitos conhecidos são do tipo laterítico que representam 88%, o tipo cárstico possui cerca de 11,5% e o tipo Tikhvin 0,5% (Meyer, 2004 apud Goto, 2007) . Os principais depósitos lateríticos são encontrados no Brasil, Guiana, Índia, África e Austrália. Sua formação é oriunda dos processos de laterização, isto é, as rochas são formadas pelo intemperismo tropical e paleo-tropical, a partir de rochas aluminossilicáticas. As regiões com potencial geológico favorável para acumulação de bauxita laterítica aparecem na Figura 3.

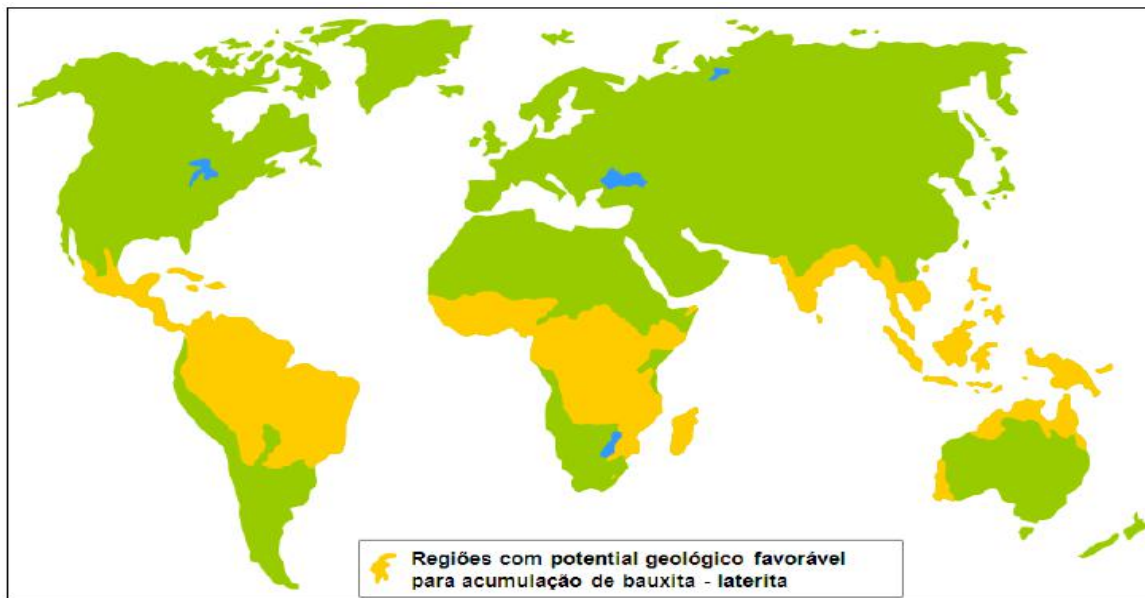


Figura 3 - Regiões com Potencial para Acumulação de Bauxita Laterítica

Fonte: Bardossy e Aleva, 1990 in Goto, 2007

Conforme a finalidade, temos dois tipos de bauxita: a metalúrgica e a refratária. A diferença mais importante entre esses dois tipos é o teor de Fe_2O_3 . Para utilização em refratários, a bauxita deve ter no máximo 2,5% de Fe_2O_3 em sua composição e para fins metalúrgicos, permite-se a utilização da bauxita com concentrações de até 12% de Fe_2O_3 (Sampaio; Andrade; Dutra, 2008).

2.2.2- Beneficiamento de Bauxita

Nos dias atuais, a bauxita lavrada no mundo não necessita de um beneficiamento complexo como outros minérios de metais base, tendo em vista que os teores dos minérios são considerados altos e os processos para remoção de argila são simples e de baixo custo financeiro.

No estado do Pará na cidade de Porto Trombetas, a MRN possui uma planta de beneficiamento que faz a adequação da granulometria do produto e a redução da lama contida, através de britagem, escrubagem, classificação por tamanhos e filtragem. A CBA, em

Itamarati de Minas, utiliza a escrubagem, peneiramento, separação densitária e magnética (Gancev, 2009).

Trabalhos como o de Bittencourt (1989), e Bittencourt; Lin e Miler (1990); tentaram a flotação direta de um minério brasileiro composto por gibsita (50%), caulinita (15%) e quartzo (35%), em duas etapas: a primeira foi a flotação de gibsita/caulinita do quartzo, em pH 2, utilizando alquil sulfato como coletor, a segunda foi a flotação da caulinita da gibsita, com aminas como coletor, em pH 8. Porém não foi encontrado nenhum relatório de alguma empresa que utilize a flotação industrialmente para a concentração de bauxita.

Por fim, Massola (2008) realizou ensaios em bancada e em usina piloto para concentrar gibsita através da flotação reversa da sílica. Foi demonstrada aplicabilidade deste processo à bauxita de Miraí no estado de Minas Gerais, da CBA, com recuperações de 28,8% em massa e 81,2% em metalúrgica, com teor de 54% de alumina aproveitável, após separação magnética.

2.2.3- Oferta

As reservas mundiais de bauxita somam 28 bilhões de toneladas (USGS, 2013), conforme mostra a Tabela 1 estando perfeitamente adequadas para atender a demanda atual e suportar um aumento na produção mundial. As reservas de bauxita estão concentradas da seguinte maneira relacionando-se aos climas: Tropical (57%), Mediterrâneo (33%) e Subtropical (10%) (MME, 2009).

As reservas localizadas no Brasil, assim como na Austrália, China, Guiné, Índia e Jamaica, são de bauxita do tipo trihidratadas. Este tipo de bauxita, quando é transformada em alumina apresenta custos mais baixos por requerer pressões e temperaturas mais baixas do que as bauxitas do tipo monohidratadas em sua transformação; o que é um fato de relevância positiva (MME, 2009).

Tabela 1 - Reserva Mundial de Bauxita

| Países | Reservas (<i>unidade: 1.000 t</i>) |
|-----------------------------------|---|
| | 2012 |
| Guiné | 7.400 |
| Austrália | 6.000 |
| Brasil | 2.600 |
| Vietnã | 2.100 |
| Jamaica | 2.000 |
| Indonésia | 1.000 |
| Índia | 900 |
| Guiana | 850 |
| China | 830 |
| Grécia | 600 |
| Suriname | 580 |
| Venezuela | 320 |
| Rússia | 200 |
| Serra Leoa | 180 |
| Cazaquistão | 160 |
| Outros países | 2.100 |
| Total mundial (aproximado) | 28.000 |

Fonte: USGS,2013

As reservas brasileiras (medidas, indicadas e inferidas) somam 2,6 bilhões de toneladas, sendo a terceira maior do mundo depois de Guiné e Austrália (USGS, 2013). As reservas são distribuídas basicamente em quatro regiões, cada uma delas com características litológicas e bioclimáticas distintas: Região Amazônica, com clima equatorial onde ocorrem principalmente bauxitas desenvolvidas sobre sedimentos clásticos; Região do Quadrilátero Ferrífero, com clima tropical úmido, onde as bauxitas foram formadas essencialmente a partir de rochas metassedimentares; Região do Sudeste de Minas Gerais, também com clima tropical úmido, mas com bauxitas formadas a partir de rochas granulíticas; Região Sul-Sudeste, com clima subtropical, onde as bauxitas foram formadas a partir de rochas alcalinas (Boulangé e Carvalho, 1989; Lopes e Carvalho, 1989; Sígolo e Boulangé, 1989; Varajão *et al.* 1989 apud Carvalho, A; Boulangé, B; Melfi, A. 2002).

Um pouco mais de 90% das reservas brasileiras de bauxita, encontram-se na região amazônica, onde estão localizadas as minas das empresas: Mineração Rio do Norte (MRN), Alcoa, Vale e Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). Predominantemente as reservas

brasileiras são de grau metalúrgico (84%) e são utilizadas na produção de alumínio primário (Mártires, 2001 apud Sampaio, J.A.; Andrade, M.C.; Dutra, A.J.B., 2005).

Em 2012, a produção mundial de bauxita alcançou 263 milhões de toneladas. A Austrália é líder em produção, com 31% do total, seguida pela China com 18% (USGS, 2013). O Brasil é o terceiro maior produtor de Bauxita, com produção em 2012 estimada em 34 milhões de toneladas. Os principais estados produtores são: PA (85%), MG (14%) e outros (1%); e as principais empresas produtoras no Brasil são: a MRN (68%) da produção nacional, Vale (12%), CBA (8,1%), e outros (11,9%) (IBRAM, 2010). A seguir o Gráfico 1 apresenta a evolução da produção da bauxita no mundo; através dele podemos observar que a produção mundial e nacional de bauxita está em crescimento, no período de 2000 até 2009 o Brasil dobrou a produção de bauxita e nos anos seguintes a mesma continua crescendo.

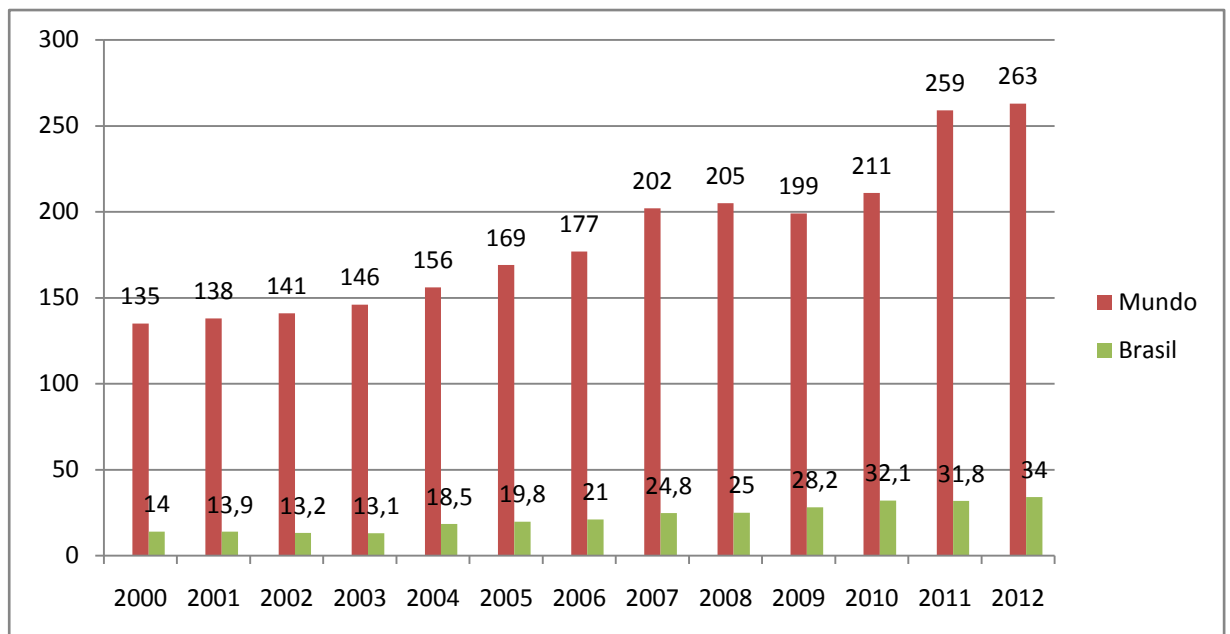


Gráfico 1 - Evolução da Produção de Bauxita no Brasil e no Mundo
Fonte: USGS (2001-2013)

As empresas produtoras de bauxita metalúrgica são integradas produzindo desde o minério até o alumínio primário, ou seja, dominam toda a cadeia de produção. As operações para a produção de bauxita consistem na extração do minério, beneficiamento, transporte, secagem e embarque para as refinarias de alumina que posteriormente seguem para as

fundições gerando o lingote de alumínio e, na sequência, seus produtos transformados – conforme o modelo de operação fornecido pela Mineração Rio do Norte (MRN). Esta é a maior empresa produtora de bauxita no Brasil e é responsável por 73% da produção do país. A Figura 4 ilustra desde a operação de exploração de bauxita até sua chegada ao porto. A maioria da bauxita produzida pela MRN é destinada às empresas associadas; e isto, não difere em praticamente nada o modo operacional das demais empresas produtoras. A diferença básica é encontrada no transporte, que nas empresas produtoras, é bem menor quando comparado com aquela empresa, tendo em vista que a bauxita produzida por estas vão abastecer suas respectivas refinarias de alumina que ficam próximas às minas (MRN, 2013).

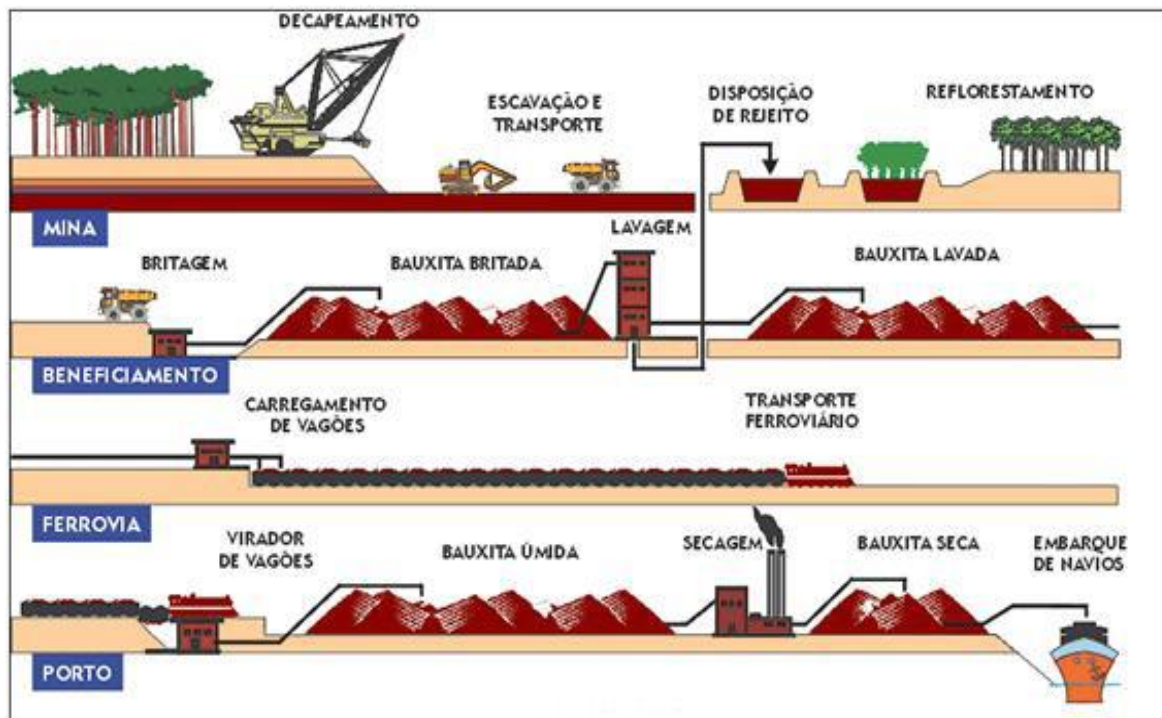


Figura 4 - Da Exploração de Bauxita até sua Chegada ao Porto

Fonte: MRN, 2012

2.2.4- Demanda

O mercado consumidor do minério de bauxita é formado por, principalmente, refinarias de alumina. Como praticamente toda a produção de bauxita no Brasil é destinada para a fabricação de alumina, o restante que corresponde à aproximadamente

2% é destinado às indústrias de refratários e produtos químicos (Sumário Mineral, 2008). A utilidade da bauxita está indiretamente associada aos usos do alumínio. A bauxita para usos não metalúrgicos tem restrições específicas em relação ao teor de: alumina, sílica, ferro e titânio. Essas bauxitas são utilizadas na maioria das vezes na produção de: refratários, produtos químicos, abrasivos e cimento (Sampaio; Andrade; Dutra, 2008).

A demanda de bauxita está intimamente relacionada à indústria do alumínio, sendo assim, a procura mundial e nacional tende a crescer devido à importância do alumínio na sociedade moderna. Em 2011, o consumo nacional de bauxita para usos metálicos ultrapassou os 25 milhões de toneladas, a Tabela 2 informa a evolução do consumo da bauxita, mostrando nitidamente a procura e a necessidade do mercado em relação à bauxita (Sumário Mineral, 2012).

Tabela 2 - Evolução do Consumo da Bauxita no Brasil

| ANOS | Consumo Bauxita Metalúrgica (unidade: 1.000 t) |
|------|---|
| 1995 | 5.313 |
| 1996 | 6.175 |
| 1997 | 6.713 |
| 1998 | 7.549 |
| 1999 | 8.977 |
| 2000 | 9.472 |
| 2001 | 10.372 |
| 2002 | 9.789 |
| 2003 | 13.769 |
| 2004 | 13.295 |
| 2005 | 14.530 |
| 2006 | 17.605 |
| 2007 | 19.370 |
| 2008 | 19.380 |
| 2009 | 25.023 |
| 2010 | 22.223 |
| 2011 | 25.022 |

Fonte: Sumário Mineral (1996-2012)

2.2.5- Preços

Um dos fatores primordiais na constituição do preço da bauxita é a qualidade do minério que incide no custo de transporte e no custo de produção de alumina. A Tabela 3 mostra a evolução do preço da bauxita no Brasil. Geralmente no comércio de bauxita é comum se instaurar um preço básico que varia em quantidades específicas, segundo a alteração do conteúdo de alumina, sílica e umidade livre. É também estabelecido um prêmio para cada percentual de alumina contida e uma penalidade para cada porcentagem adicional de sílica, titânio, umidade, custo extra para transportar mais água, alumina perdida com a soda, em cada unidade de sílica reativa; além do custo extra de processar uma bauxita cujo teor em alumina declina, ou a sílica reativa que aumenta quando o titânio aumenta (Sumário Mineral, 2012).

Tabela 3 - Evolução do Preço da Bauxita no Brasil

| <i>ANOS</i> | <i>Bauxita Metalúrgica (unidade monetária: US\$/t)</i> |
|-------------|--|
| 1995 | 21,55 |
| 1996 | 25,48 |
| 1997 | 23,25 |
| 1998 | 24,25 |
| 1999 | 20,87 |
| 2000 | 22,58 |
| 2001 | 22,34 |
| 2002 | 20,55 |
| 2003 | 20,32 |
| 2004 | 22,21 |
| 2005 | 25,44 |
| 2006 | 28,08 |
| 2007 | 33,16 |
| 2008 | 29,12 |
| 2009 | 52,67 |
| 2010 | 26,86 |
| 2011 | 46,32 |

Fonte: Sumário Mineral (1996-2012)

2.2.6- Perspectiva

A bauxita é uma rocha abundante e de fácil exploração e exploração, devido sua característica de geralmente ocorrer superficialmente. Devido às crescentes ramificações do uso de alumínio e por ser o terceiro em reserva de bauxita do mundo, o Brasil está inserido competitivamente no cenário da bauxita, apesar de a produção de alumínio estar ameaçada no país em virtude do elevado preço da energia elétrica, a produção de bauxita não ficaria estagnada, pois o mercado internacional está aberto para importação da bauxita brasileira (MRN, 2013). O Gráfico 2 a seguir mostra a relação entre a produção, o consumo e a exportação da bauxita no Brasil.

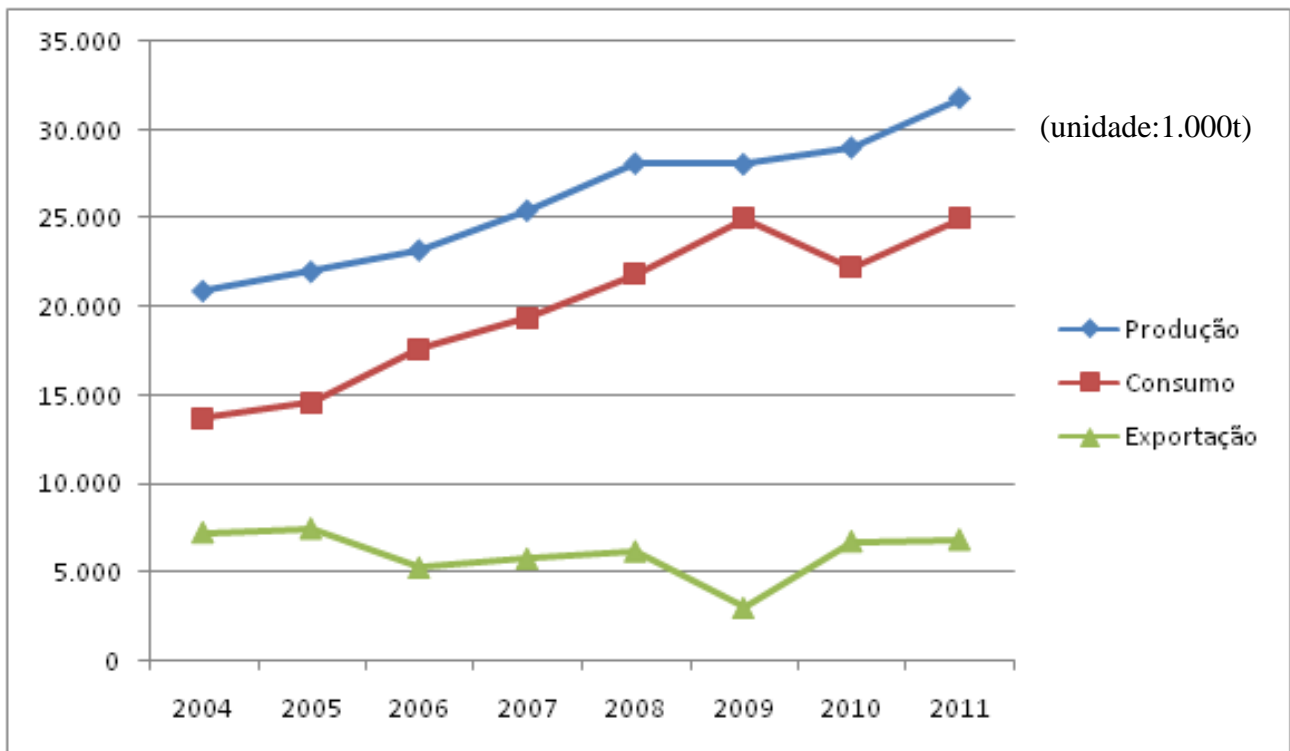


Gráfico 2 – Evolução da Produção, Consumo e Exportação de Alumina no Brasil
Fonte: Sumário Mineral (2007-2012)

2.3 - Alumina

A alumina, ou óxido de alumínio (Figura 5), é um composto químico de alumínio e oxigênio. O processo inicial para a obtenção de alumina é o seguinte: após a lavra da bauxita, a mesma é transportada por caminhões até as instalações de britagem, onde é reduzida para seguir através da correia transportadora para as instalações de lavagem, ciclonagem e filtragem. O beneficiamento é a fase que envolve da redução granulométrica da bauxita até a produção da alumina. Então, o processamento da bauxita se inicia desde a britagem, até os processos de refino para a obtenção de alumina. O procedimento para refinamento mais conhecido e utilizado é o processo Bayer (ABAL, 2012).



Figura 5 – Alumina

Fonte: ABAL/ XXIII Simpósio Mineiro-Metalúrgico da UFMG, 2012

2.3.1- O Processo Bayer

O processo para obtenção de alumina a partir do minério de bauxita foi realizado por Karl Josef Bayer em 1888, tendo por base a elevada solubilidade dos minerais portadores de alumínio em solução com soda cáustica. Apesar do Processo Bayer de ter sido desenvolvido

há mais de um século, poucas mudanças foram incorporadas ao processo desde então (Hind *et al.*, 1999 apud Pichinelli *et al.*, 2010).

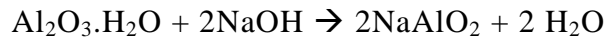
De acordo com Sampaio; Andrade; Dutra (2008), o Processo Bayer é cíclico e envolve diversas operações unitárias. As etapas são: digestão, separação da lama vermelha, cristalização do hidróxido de alumínio e calcinação. A Figura 6 mostra a sequência de etapas que compõem o processo Bayer, bem como as transformações químicas em cada uma delas.

As reações básicas que ocorrem no processo de digestão são:

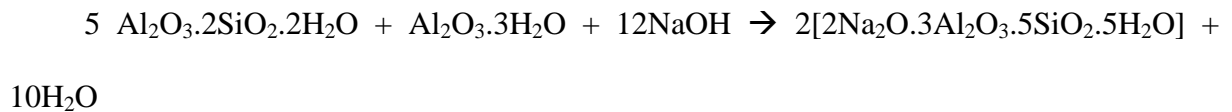
Para a gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$):



Para a boehmita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$):



Para os argilominerais (caulinita) ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):



A digestão ocorre por um período de lixiviação de 5h, cuja faixa operacional de pressão (43,0 – 8,0 atm) depende da temperatura de digestão (100-250°C), a qual é função das concentrações de gibbsita e boehmita no minério. (McCormick *et al.*, 2002 apud Sampaio *et al.*, 2008).

A soda cáustica ataca rapidamente a caulinita formando o silicato de sódio que, por sua vez, reage com a solução de aluminato de sódio, e assim, forma um composto insolúvel que denominamos: sodalita ($2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), o qual é descartado no processo com a lama vermelha, resultando na perda de soda cáustica e de alumina. Devido a esta perda, um parâmetro muito importante nas bauxitas de grau metalúrgico é a relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, que deve ser maior do que 10. Nos processos a baixa

temperatura o quartzo não se dissolve facilmente. Os minerais de ferro, hematita e goethita, são ambos inertes nas condições do processo (Souza, J., 2010).

A cristalização, ou precipitação, do hidróxido de alumínio é feita nas torres de resfriamento, onde a temperatura e a pressão são diminuídas. Esse processo é acelerado pela adição de sementes, que consiste em um material fino obtido numa etapa de classificação após a cristalização. O produto é então filtrado, lavado, secado e calcinado, obtendo-se então alumina na forma pura (Sampaio *et al* 2008).

Segundo, Authier-Martin 2001 apud Avelar, 2011; se o processo se der em temperaturas baixas, os minerais portadores de titânio (anatásio e rutilo) são inertes. Caso o processo for a altas temperaturas, o anatásio é atacado na digestão e reage com a boehmita, impedindo sua completa extração e o rutilo permanece inerte.

Um ponto problemático é o caso do vanádio, que pode bloquear válvulas, tanques e tubos; pois tem tendência a se depositar em pontos frios do circuito. Mas isto só ocorre quando o vanádio está presente em teores elevados. A solubilização de minerais portadores de fósforo é bastante considerável, podendo variar de 20 a 90%. Para evitar seu acúmulo, a solução Bayer é tratada com leite de cal, que causa a formação de carbonato-apatita, altamente insolúvel. A presença de fósforo em certas ligas de alumínio é indesejada, pois causa problemas relativos à resistência mecânica (Authier-Martin 2001 apud Avelar, 2011).

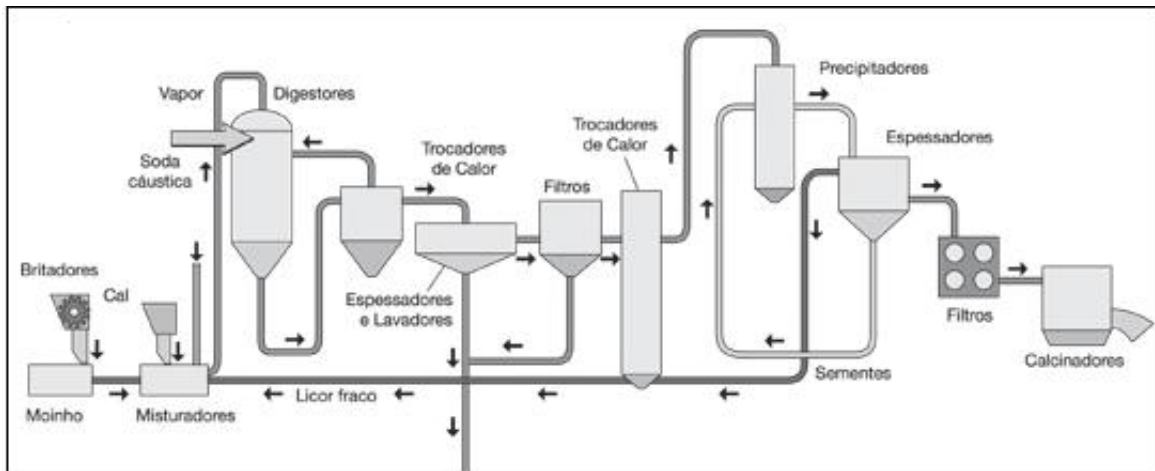


Figura 6 – Fluxograma Apresentando o Ciclo do Processo Bayer
Fonte: ABAL, 2013

Outro ponto problemático é a presença de carbono orgânico na etapa de digestão; por reagir com a soda cáustica formando oxalato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) e carbonato de sódio (Na_2CO_3). O oxalato de sódio pode acarretar a formação demasiada de finos de hidróxido de sódio, que estorvam a efetividade da etapa de filtragem. O carbonato de sódio diminui a taxa de precipitação do hidróxido de alumínio, diminuindo a produtividade (Silvio; Alves, M. C.; Da Motta, 2007).

2.3.2- Oferta

A produção mundial de alumina em 2011 foi de 92,1 milhões de t, e isto representa um crescimento de 63,3%, quando comparado ao ano de 2010. A principal responsável pelo aumento foi a China. No Brasil, no ano de 2011 o total da produção de alumina foi de 8,8 milhões de t. Um dos principais fatores que tem incentivado o aumento da produção de alumina no Brasil é o mercado externo. No biênio 2010/2011, as exportações de alumina cresceram 10,9% (chegando a um total de 7,1 milhões de t) quando comparado ao biênio anterior (Sumário Mineral, 2012).

2.3.3- Demanda

A alumina é, em larga escala, utilizada na metalurgia do alumínio (98%), bem como na indústria química. Como a indústria do alumínio no Brasil tem reduzido sua produção de metal primário, ou seja, reduzido o consumo nacional; a alumina produzida no país, além de suprir facilmente a demanda no mercado interno, tem aumentado sua produção visando o mercado internacional (Sumário Mineral, 2012). O Gráfico 3 faz uma relação entre a produção, o consumo e a exportação da alumina brasileira.

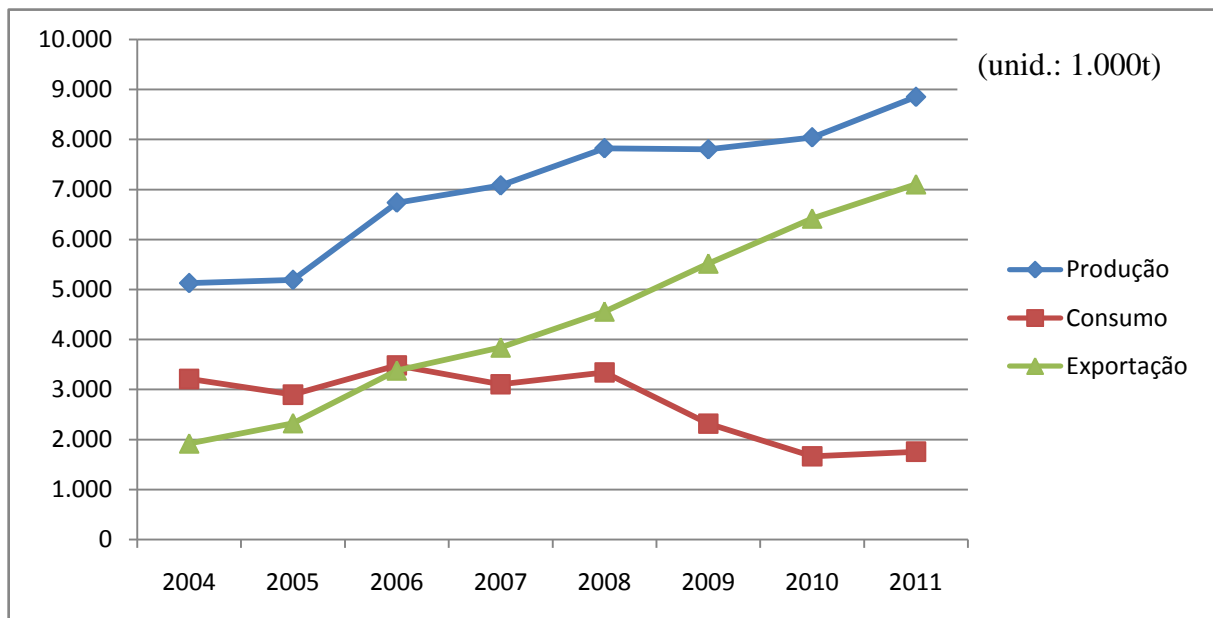


Gráfico 3 – Evolução da Produção, Consumo e Exportação da Alumina no Brasil

Fonte: Sumário Mineral (2007-2012)

2.4 - Alumínio

2.4.1 – Oferta

Segundo o Sumário Mineral (2012); a produção mundial de alumínio primário em 2011 foi de 43.400 mil toneladas. A China obteve a maior produção mundial com 17.786 mil toneladas, isto representa 41% do volume global produzido, em seguida vem a Europa com 19,3%, as Américas com 16,4%, o Oriente Médio com 8%, a Ásia – excluindo a China com 5,8% e a África com 4,2%.

A produção de alumínio no país vinha aumentando desde 1999 até 2008, o crescimento foi de 33%. No período da crise financeira de 2008, houve uma redução de cerca de 7% da produção entre 2008 e 2010, quando a produção de alumínio atingiu 1.544 mil toneladas (Insumos Básicos, 2011).

Segundo a ABAL, em 2011 foram produzidos 1,44 milhão de toneladas de alumínio no Brasil, isto significa um declínio de 6,2% na comparação com o ano anterior. O volume produzido nos quatro primeiros meses do ano de 2012, por sua vez, foi de 486,1 mil toneladas, um crescimento de 2,7% em relação ao volume produzido no mesmo período do ano anterior. Este aumento do volume total registrado, não deve ser considerado como expansão da capacidade instalada; mas sim, a uma recuperação da produção em relação ao ano passado. No Gráfico 4 temos a evolução da produção de alumínio primário no Brasil desde 2004 até 2011.

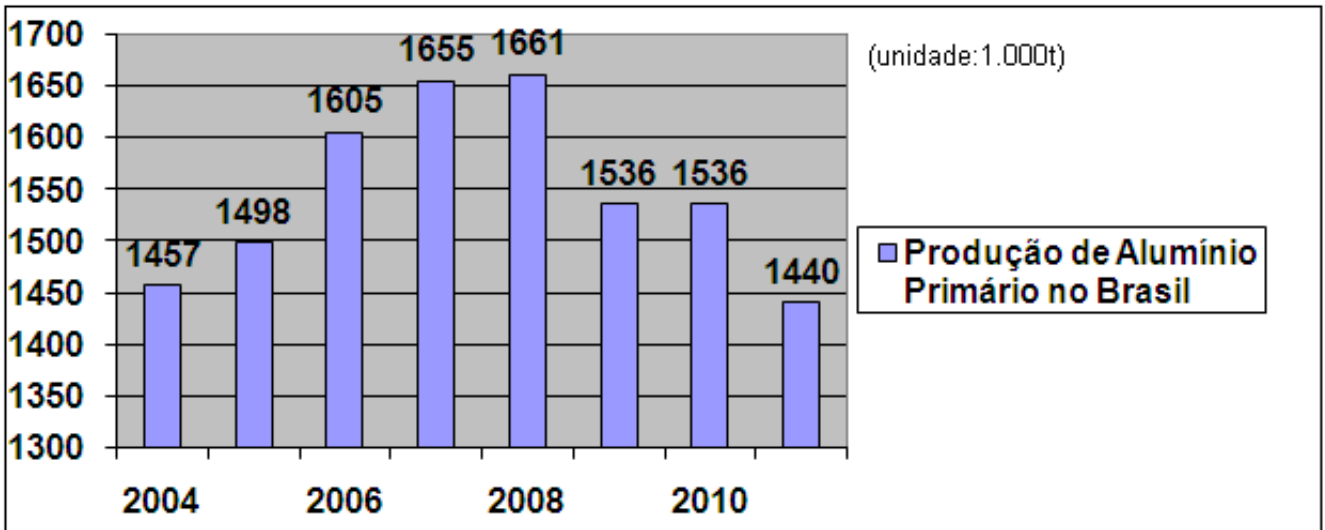


Gráfico 4 – Evolução da Produção de Alumínio Primário no Brasil
 Fonte: Sumário Mineral (2007-2012)

2.4.2 – Demanda

A demanda de alumínio no Brasil e no mundo é crescente. Um dos fatores mais importantes para o crescimento desta demanda são as características físico-químicas do alumínio.

O alumínio possui uma camada protetora de óxido, que o faz muito resistente à corrosão e que influencia diretamente em sua durabilidade. Não é magnético, não cria faíscas sob condições de atrito, e em geral não é tóxico – quando não ingerido em grandes quantidades. Sua densidade é baixa, o aço, por exemplo, é aproximadamente três vezes mais denso. É muito maleável, ótimo para a mecanização e fundição (Vallejo, 2008).

Em forma de folhas, o alumínio, é utilizado como um envoltório em caixas de laticínios, bebidas, alimentos, produtos de higiene, ração, sacos de café e maços de cigarro; porque não deixa passar luz e evita a entrada de oxigênio. O produto garante que caixas de leite longa vida, por exemplo, tenham seis meses de validade - sem a folha, o leite duraria até seis dias, e sob refrigeração. Esta característica permite que estes produtos possam ser transportados por longas distâncias, além de poderem ser

armazenados por mais tempo. O que é uma garantia para o consumidor. Principalmente nos dias atuais, em que o rigor em relação à inteireza de produtos tem sido tão fiscalizada, tanto pelos órgãos de defesa sanitária como pelos consumidores. Folhas de alumínio também são usadas na indústria farmacêutica, em invólucros de medicamentos, em blisters e membranas para frascos, em tubos de pasta de dente e cremes cosméticos em geral. As chapas de alumínio são usadas, principalmente, nas latas de bebida em geral, mas também são usadas para a fabricação de latinhas de atum - o produto mantém a cor vermelha do pescado e não muda o sabor do produto. (Ostronoff, 2006).

A demanda interna impulsiona os fabricantes de alumínio no Brasil a reduzir as exportações de chapas e folhas utilizadas na confecção de embalagens, e investir na expansão da sua capacidade de produção, para atender a crescente demanda do país. A procura aumenta com o crescimento econômico e os novos modelos de latas de cervejas e refrigerantes, segundo as empresas que fornecem esses produtos. A Novelis investe US\$ 300 milhões no biênio de 2011 e 2012 em sua planta em Pindamonhangaba (SP), para expandir a produção de chapas. E a Alcoa, em 2011, investiu aproximadamente R\$ 13 milhões na sua linha de folhas da fábrica de Itapissuma (PE), para aumentar a capacidade de 42 mil toneladas por ano para 44,5 mil toneladas, até o final deste ano (Alves, 2011).

Segundo a Abralatas, em 2010 o consumo de latas chegou a 17,3 bilhões. Devido ao aumento da demanda, os produtores do artigo convergem esforços para incrementar a produção. O coordenador do grupo setorial de laminados da Abal, Augusto Cesar Nogueira e Silva, expõe um crescimento acentuado no consumo do produto no Nordeste, onde também se instalaram novas unidades de produção do artigo. "Das novas fábricas de latas, a metade estará no Nordeste", diz Augusto. Nos cinco

primeiros meses do ano de 2011, as unidades da região consumiram 12, 6 mil toneladas de chapas - aumento de 17% se comparado ao mesmo período no ano anterior. A produção de latas utiliza alumínio reciclado, o que não acontece no caso das folhas do produto, que exigem uma técnica elaborada e uma liga na qual só pode entrar alumínio. A necessidade de transporte de alimentos por grandes distâncias garante a demanda pelas folhas. Num país como o Brasil, de dimensões continentais, facilita a logística dos produtos, dispensando a refrigeração (Alves, 2011).

Em um evento no final do ano de 2011 intitulado: “A Indústria Brasileira de Alumínio de 2025”; a ABAL anunciou que consumo doméstico de produtos de alumínio poderá crescer a uma média anual de 8,9% nos próximos quinze anos, triplicando o volume atual. No Gráfico 5 observamos o crescente aumento doméstico no consumo do alumínio. Os produtores de alumínio são unânimes em afirmar que a demanda de alumínio no Brasil irá crescer, devido aos planos de aceleração do crescimento econômico e aos grandes eventos como a copa do mundo de futebol de 2014 e as olimpíadas de 2016, confirma também Fernando Garcia – professor e doutor em economia, autor de três grandes estudos sobre a questão energética e o crescimento da indústria, desde 1999 (Relatório de Sustentabilidade, 2012).

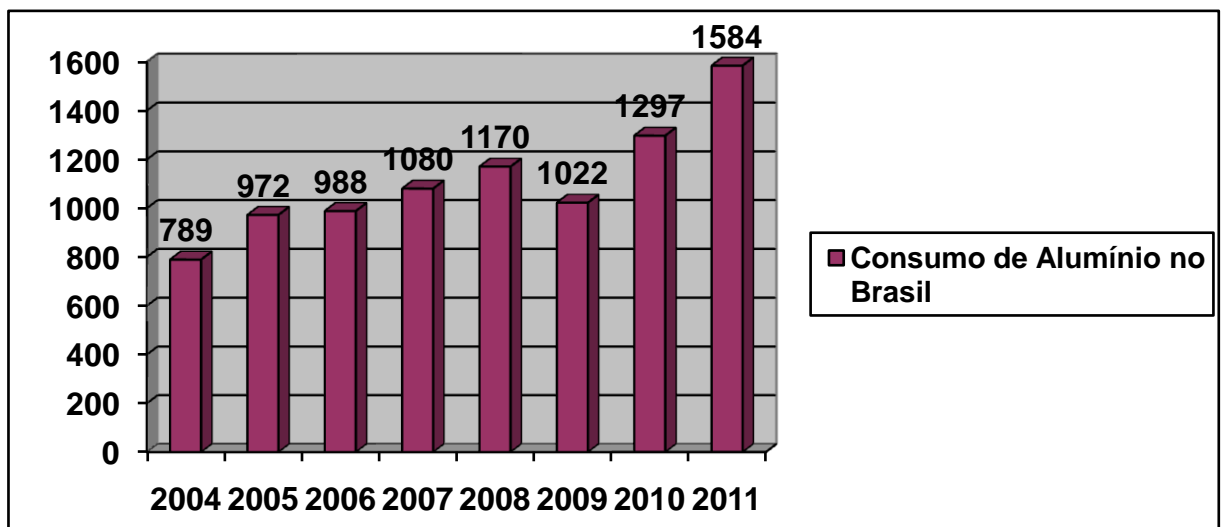


Gráfico 5 – Evolução no Consumo de Alumínio no Brasil
Fonte: Sumário Mineral (2007-2012)

2.4.3 - Preços

A cotação média de alumínio primário na London Metal Exchange (LME) tem mantido uma tendência de alta nos últimos anos. A evolução das cotações do alumínio na bolsa internacional indicou que a menor média anual, nos últimos 10 anos, foi em 2009 de US\$ 1.584/t, que está intimamente ligada às incertezas e crises financeiras mundiais, enquanto o maior valor anual para o metal foi em 2007, atingindo US\$ 2.637/t, evidenciando a boa fase das commodities metálicas. No Brasil, o preço do metal acompanha a variação mundial, em 2011 o preço nacional fechou em 2.533,64 US\$/t; as cotações médias por ano listadas no Gráfico 6 mostram os preços médios do alumínio no Brasil entre os anos de 2004 e 2011 (Sumário Mineral, 2012).

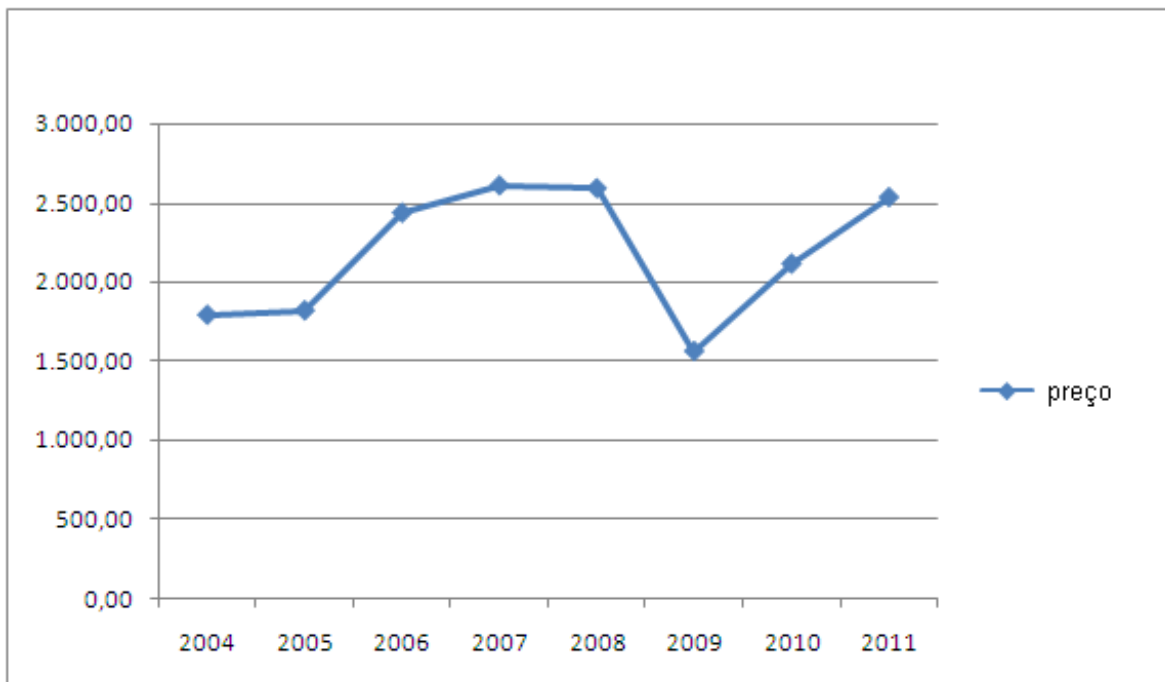


Gráfico 6 – Evolução do Preço do Alumínio no Brasil
Fonte: Sumário mineral (2005-2012)

3- A SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO ALUMÍNIO

Sustentabilidade é um termo utilizado para caracterizar ações e atividades humanas que destinam-se em atender às necessidades dos seres humanos, sem prejudicar o meio ambiente e o futuro das próximas gerações. Ou seja, a sustentabilidade está intimamente relacionada em utilizar de forma inteligente os recursos naturais, para que os mesmos se mantenham no futuro (CNI, 2012).

O conceito de sustentabilidade está em todas as etapas da cadeia produtiva de alumínio no Brasil. A restauração de ecossistemas das áreas mineradas são práticas bem sucedidas e consolidadas no setor, a ponto de termos hoje no Brasil mais de 85% das jazidas exploradas de bauxita restabelecidas na condição de floresta (CNI, 2012).

Na cadeia de produção primária, a totalidade das empresas está certificada pela norma ISO 14001 (Gestão Ambiental); algumas estão também certificadas na gestão integrada de sistemas de Meio Ambiente, Saúde e Segurança, Qualidade e Responsabilidade Social (Alumínio para uma vida melhor, 2009).

O alumínio é infinitamente reciclável, sem perder as características básicas como metal. Essa é uma vantagem marcante para o setor, nos aspectos econômico, ambiental e social e tem mantido o Brasil numa posição de destaque nos últimos anos. O item que obtém mais notoriedade no Brasil é a lata de bebida, devido ao incrível índice de reciclagem, onde o Brasil atingiu um novo recorde em 2011 de 98,3% de reciclagem destas latas, e com isto manteve a liderança mundial desde 2001. Em 2011 o País reciclou 248,7 mil toneladas de latas de alumínio. Foram 18,4 bilhões de embalagens, o que corresponde a 50,4 milhões/dia, ou 2,1 milhões/hora (Relatório de Sustentabilidade, 2012).

O Gráfico 7 mostra o índice de reciclagem de latas de alumínio em alguns países e a média europeia, através dele fica notória a liderança brasileira na reciclagem de latas. Além disso, em função do processo de reciclagem de alumínio consumir apenas 5% de energia elétrica, quando comparado ao processo de produção de metal primário, este resultado proporcionou uma economia de 3.780 GWh ao País, número equivalente ao consumo residencial anual de 6,5 milhões de pessoas, em dois milhões de residências brasileiras (Relatório de Sustentabilidade, 2012).

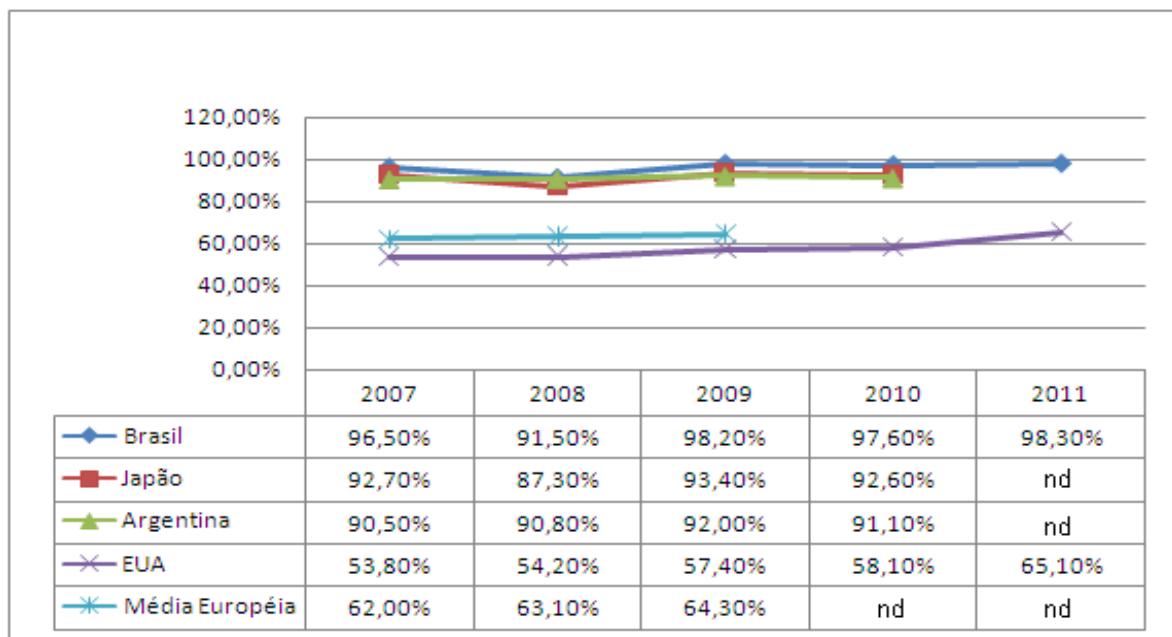


Gráfico 7 – Porcentagem de Reciclagem de Latas de Alumínio
Fonte: ABAL, 2012

Segundo a EAA (European Aluminium Association – Associação Europeia de Alumínio), o setor de transportes é o principal provedor de alumínio para a reciclagem, proveniente de produtos com a vida útil esgotada; seguido pelo segmento de embalagens, com destaque para as latas de bebidas.

4- AVALIAÇÃO E PERSPECTIVAS: DA PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO NO BRASIL

A cadeia produtiva de alumínio no Brasil engloba desde a produção da maioria dos insumos empregados na produção do metal; a produção, recuperação e reutilização da matéria-prima metálica; e a fabricação de artefatos transformados de alumínio (CNI, 2012).

A cadeia produtiva do alumínio, até sua fase de bens transformados de alumínio, esta ilustrada na Figura 7 e é composta de oito etapas principais:

- extração e beneficiamento da bauxita;
- produção de óxido de alumínio (alumina) – principal matéria prima na produção do alumínio. São necessárias aproximadamente duas toneladas de alumina, para produzir uma tonelada de alumínio através de um processo de redução eletrolítica;
- energia – para produzir um quilo de alumínio nas fábricas modernas é necessário 13 kwh de energia. A energia é responsável por um terço dos custos para produção de alumínio;
- obtenção do metal primário – o alumínio é obtido da alumina através de um processo que acontece em células eletrolíticas. Um cátodo de carbono na parte inferior destas células funciona como um eletrodo. Os anodos, também feitos de carbono e são consumidos ao reagir com o oxigênio que se encontra na alumina;
- fundição – o alumínio ainda em estado líquido, é retido em recipientes próprios e fundido em barras, rolos ou lingotes;
- extrusão ou laminação – na extrusão o lingote de alumínio é aquecido e prensado em ferramentas próprias, produzindo perfis para diversos fins. E na laminação, o alumínio pode ser processado a frio ou a quente, uma chapa de alumínio pode ser laminada até 0,0007 mm de espessura e mesmo assim se mantém totalmente impermeável;
- fabricação de produtos semimanufaturados e manufaturados finais; e
- reciclagem.

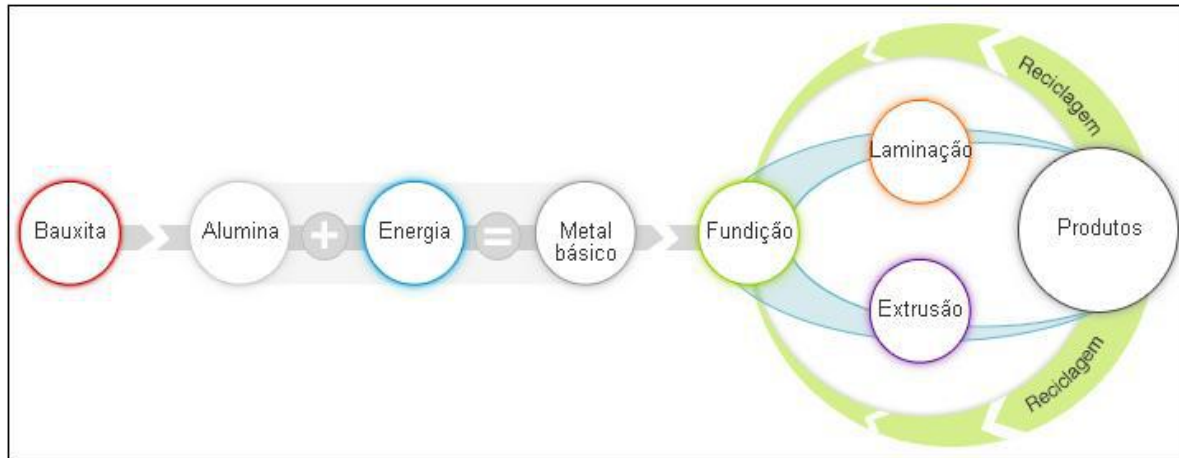


Figura 7 - Cadeia Produtiva do Alumínio
 Fonte: Norsk Hydro, 2013

O último desses estágios possui a virtude de fechar a cadeia de valor do alumínio no Brasil, partindo da sucata recuperada de produtos de alumínio para retornar ao metal. Além de possibilitar o reaproveitamento de recursos, evitando desperdícios econômicos, a reciclagem do alumínio tem impactos positivos no meio ambiente, como a redução de uso de energia e de consumo de recursos naturais não renováveis, como a bauxita (CNI, 2012).

As construtoras estão usando alumínio para substituir a madeira e o aço. Devido à alta demanda os fabricantes de embalagens estão ampliando a produção, e os setores de energia e transporte têm investido em infraestrutura; e com isso, elevando as compras do metal. As perspectivas de consumo para os próximos anos são positivas. Eventos como a Copa do Mundo em 2014 e as Olimpíadas em 2016, são fatores pontuais que certamente exercem efeitos positivos sobre a demanda e ainda poderemos ter o trem de alta velocidade (Relatório de Sustentabilidade, 2012).

A demanda do mercado interno é incentivadora. O que tem dificultado os investimentos no setor é a elevada tarifa de energia elétrica cobrada no país. A energia elétrica tem uma importante participação nos custos de produção do alumínio; o aumento da tarifa fez com que investimentos em novas unidades e em ampliações

fossem adiados e motivou o fechamento de algumas unidades. Segundo a ADIMB (2012) nos últimos dez anos as tarifas elétricas no país subiram 100% e se nada mudasse, a tendência de reajuste era de mais de 25% no próximo decênio. A seguir o Gráfico 8 mostra em comparação entre a produção do metal primário e o consumo de produtos transformados e faz uma projeção até 2015.

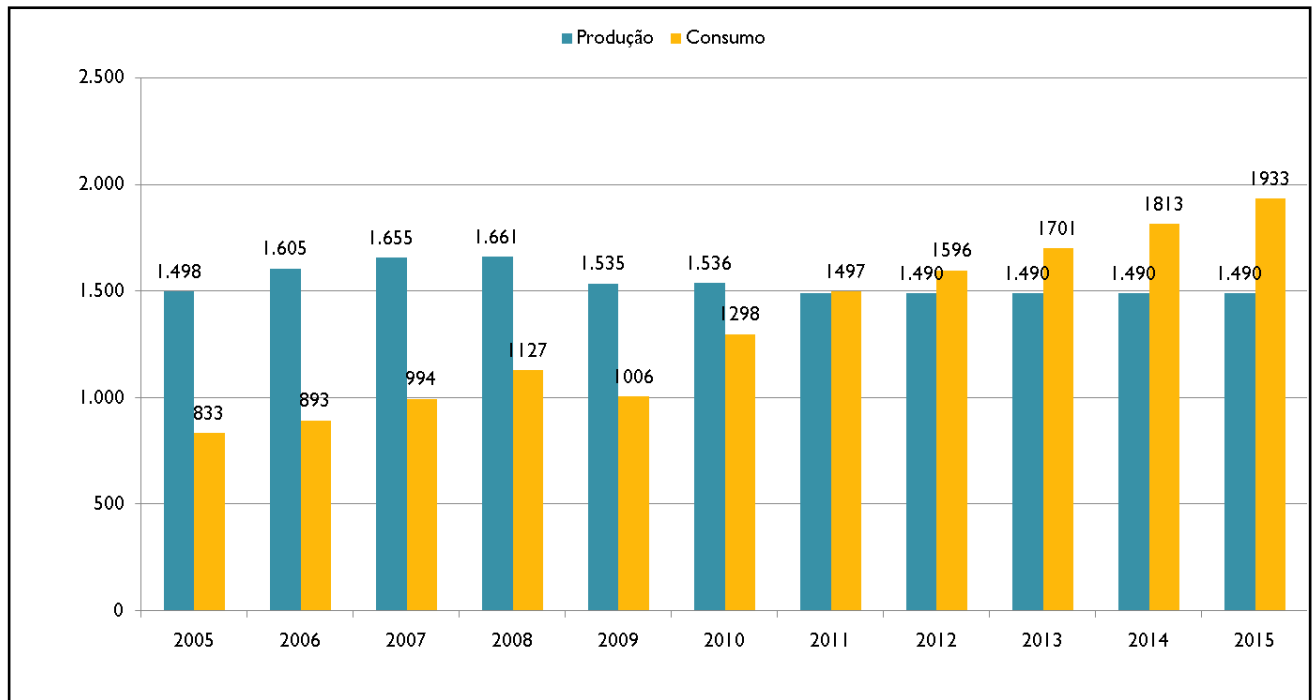


Gráfico 8 - Produção de Alumínio Primário e Consumo de Produtos Transformados
 Fonte: ABAL/ FGV, 2012

5 – CONCLUSÃO

Analisando a indústria do alumínio no Brasil, chegamos a conclusões importantes e preocupantes. Devido a problemas de custo elevado da energia elétrica, a capacidade de expansão da produção de alumínio primário está tolhida. Em contrapartida, existe uma demanda crescente por produtos de alumínio não somente no mercado interno, mas também em todo o mundo (SANTOMAURO, 2010).

Um dos craves problemas que o setor tem enfrentado é a desindustrialização. Geralmente a indústria do alumínio é por uma toda integrada, produzindo desde a bauxita, passando pela alumina e finalmente o metal alumínio; logo, possui o controle de praticamente todas as cadeias e etapas produtivas. Contudo, quando se inicia a quebra de tais cadeias, em consequência de não haver suprimento total do metal para todos os fornecedores, a indústria começa a enfrentar uma competição internacional do metal e o produto que chega produzido em sua forma final. Como temos uma crise de investimentos no setor primário, devido à elevada taxa de energia, esta crise se estendeu para o setor de transformados. A partir do momento que o país importa produtos em sua forma final, o setor de transformação tem um grande competidor estrangeiro e sem garantia que sua necessidade do metal será suprida dentro do país, este tipo de propagação dá início a um processo conhecido como desindustrialização.

Na situação atual, o Brasil estava se dirigindo para tornar-se um grande exportador de bauxita e alumina, matérias-primas do alumínio. A Norsk Hidro uma estatal norueguesa, no final do ano de 2010 comprou os ativos de alumínio da Vale, esta empresa alegou falta de escala e de custo competitivo no suprimento de energia no país para investir em novas fábricas. A Valesul que ficava em Santa Cruz no Rio de Janeiro e produzia 90 mil toneladas por ano foi fechada devido ao elevado custo de energia para aquela fábrica. No ano de 2011, o volume de produção de alumínio

primário caiu, por causa do fechamento de outra fábrica em Aratu, na Bahia, no final do ano de 2010, esta fábrica era da Novelis e tinha uma capacidade de produção de quase 60 mil toneladas por ano. Entre os meses de janeiro a maio de 2011 foram produzidas 592,5 mil toneladas de alumínio, uma baixa de 6,6% se comparado ao mesmo período do ano de 2010, segundo dados da Abal. A Novelis e a Votorantim / CBA já importam metal bruto para suprirem suas laminações (RIBEIRO, 2011). A Alcoa e a China Power Investment Corporation (CPI) anunciam formação de joint venture para produção de produtos finais de alumínio para o mercado chinês. A Alcoa anunciou corte de produção de alumínio visando diminuir seus custos no Brasil e tornar-se mais competitiva devido ao custo de energia no país (Sumário Mineral, 2012).

O governo preparou um plano para estimular exclusivamente a indústria do alumínio através de um grupo interministerial que reuni representantes dos ministérios de Minas e Energia, Fazenda e Desenvolvimento, Indústria e Comércio. As medidas de apoio envolvem desde estratégias para a redução da tarifa de energia, até ações fiscais que incentivem o adensamento da cadeia de produção do metal no país. O objetivo é oferecer possibilidade para que o setor não passe a ser um importador, mas continue na condição de exportador.

Com o plano do governo em ação, a redução das tarifas de energia elétrica teve um leve impacto para as indústrias de alumínio. O preço de energia para o setor de alumínio caiu de US\$ 80 o MWh para US\$ 72; tendo em vista que a média mundial é US\$ 40 o MWh; e isto, porque a energia da China é cara, e eleva a média mundial, retirando-a do cenário do preço de energia, a média mundial ficaria em torno de US\$ 28 o MWh (ROCKMANN, 2013), no Brasil o nosso custo é quase o dobro que as indústrias do mesmo ramo pagam.

Os recentes trabalhos do governo mediante ao Conselho Nacional de Política Energética e os planos para a redução da tarifa de energia, tem a capacidade reverter o cenário de elevação do custo de energia apresentado principalmente na última década. Mas por enquanto é insuficiente para restabelecer a competitividade da indústria de alumínio.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUMÍNIO PARA UMA VIDA MELHOR. São Paulo: ABAL, 2009. 28p. Disponível em: <http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/alu_vida_melhor.asp>. Acesso em: 9 fev. 2013.
- ALVES, G. Mercado Interno Puxa Produção. Valor Econômico, São Paulo, 13 jun. 2011. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/arquivo/892789/mercado-interno-puxa-producao>>. Acesso em: 28 dez. 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. História da indústria de alumínio no Brasil. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/industria/nobrasil.asp>>. Acesso em: 3 ago. 2012.
- O alumínio: alumínio primário. Disponível em: < www.abal.org.br/aluminio/producao_alupri.asp>. Acesso em: 21 set. 2012
- O alumínio: Processos de produção. Disponível em: < <http://www.abal.org.br/aluminio/processos.asp>>. Acesso em: 9 mar. 2013.
- AUTHIER-MARTIN, M., FORTÉ, G.; OSTAP, S; SEE, J., 2001. The Mineralogy of Bauxite for Producing Smelter-Grade Alumina, JOM, p. 36-40. apud AVELAR, A. N., 2011. Influência da mineralogia na etapa de separação da lama vermelha no processo Bayer. Tese (Mestrado em Engenharia de Minas) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto MG. Disponível em: <www.repositorio.ufop.br/.../DISSERTAÇÃO_InfluênciaMineralogiaEtapa.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2012.
- BARDOSSY, G.; ALEVA, G.J.J, 1990. Lateritic bauxites. Developments in economic geology. 624p. apud GOTO, M. Principais reservas e produtores. Belo Horizonte: IBRAM - Bauxita e alumínio: desafios e perspectivas., 2007. Disponível em: <ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro.../aluminio_alcoa_apresentacao.ppt>. Acesso em: 11 ago. 2012.
- BITTENCOURT, L.R.M., 1989. The recovery of high-purity gibbsite from a brazilian bauxite ore. 1989. 117 p. apud GANCEV, R.K. Concentração de bauxita por flotação reversa. 2009. 92f. Tese (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível

em:<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../RENATA_KURUSU_GANCEV.pdf >.
Acesso em: 6 jan. 2012

BITTENCOURT, L.R.M; LIN, C.L; MILLER, J.D., 1990.The flotation recovery of high-purity gibbsite concentrates from a Brazilian bauxite ore. pp. 77-85. apud GANCEV, R.K. Concentração de bauxita por flotação reversa. 2009. 92f. Tese (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:
<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../RENATA_KURUSU_GANCEV.pdf >.
Acesso em: 6 jan. 2012

BOULANGÉ, B. & CARVALHO, A., 1989. The genesis and evolution of the Porto Trombetas bauxite deposits in the Amazon Basin, Pará, Brazil. Travaux ICSOBA, 19(22):71-79 apud CARVALHO, A; BOULANGÉ, B; MELFI, A.J. 2002. Alguns aspectos genéticos relacionados aos depósitos de bauxita no Brasil. 121p. Disponível em: <www.ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsp/n9/n9a25.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2012.

BRANCO, P. M. Dicionário de Mineralogia e Gemologia. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. 608p. il.

GANCEV, R.K. Concentração de bauxita por flotação reversa. 2009. 92f. Tese (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:
<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../RENATA_KURUSU_GANCEV.pdf>.
Acesso em: 6 jan. 2012

HABASHI, F., 1993. Um livro de hidrometalurgia. Métallurgie Extractive Quebec. Saint Foy, Quebec. Canadá G1X 4E7 apud SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B., 2008. Bauxita In: Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações, Ed. A.B. da Luz; F.F Lins, CETEM/MCT, Rio de Janeiro RJ, pp.311-337. Disponível em: <www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-166-00.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2012.

HIND, A.R; BHARGAVA, S.K; GROCCOTT, S.C. The surface chemistry of Bayer process solids: a review. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v.146, p. 359-374, 1999. apud PICHINELLI, B. C.; LANGE, R. S.; SILVA, M. S. G.; PEDRAZZI, F. J. M., 2010. Caracterização granulométrica, pH e condutividade elétrica da lama vermelha natural e ativada por tratamento térmico e químico. Instituto

de geociências e ciências exatas – Engenharia ambiental, FAPESP. Disponível em: <prope.unesp.br/xxiii_cic/ver_resumo.php?area=100066...32>. Acesso em: 19 abr. 2013.

INSUMOS BÁSICOS. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. São Paulo: BNDES Setorial 33, 2011. pp.43-88. Disponível em: <www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes.../set3302.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2010. Informações e análises da economia mineral brasileira. 6a edição. 28p. Brasília, 2010. Disponível em: <www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>. Acesso em: 11 set. 2012.

LOPES, L.M. & CARVALHO, A., 1989. Gênese de Bauxita de Mirai, MG. Revista Brasileira de Geociências, 19(4):462-469. apud CARVALHO, A; BOULANGÉ, B; MELFI, A.J. 2002. Alguns aspectos genéticos relacionados aos depósitos de bauxita no Brasil. 121p. Disponível em: <www.ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsp/n9/n9a25.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2012.

MÁRTIRES, R. A. C., 2001. Alumínio. Balanço Mineral Brasileiro, DNPM. apud SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B., 2005. Bauxita In: Rochas & Minerais Industriais, Ed. A.B. da Luz; F.F Lins, CETEM/MCT, Rio de Janeiro RJ, pp.279-304. Disponível em: <www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-131-00.pdf>. Acesso em: 7 set. 2012

MASSOLA, C.P., 2008. Flotação reversa da bauxita de Mirai, MG. 2008. 85 p. apud GANCEV, R.K. Concentração de bauxita por flotação reversa. 2009. 92f. Tese (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../RENATA_KURUSU_GANCEV.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2012

McCORMICK, P. G.; PÍCARO, T. e SMITH, P. A. I. (2000). Mechanochemical treatment of high silica bauxite with lime. Minerals Engineering, vol. 15, p. 211-214. apud SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B., 2008. Bauxita In: Rochas

- & Minerais Industriais: usos e especificações, Ed. A.B. da Luz; F.F Lins, CETEM/MCT, Rio de Janeiro RJ, pp.311-337. Disponível em: <www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-166-00.pdf>. Acesso em: 13 out. 2012.
- MEYER, F.M., 2004. Availability of Bauxite Reserves, Natural Resources Research, v. 13. apud GOTO, M. Principais reservas e produtores. Belo Horizonte: IBRAM - Bauxita e alumínio: desafios e perspectivas., 2007. Disponível em: <ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro.../aluminio_alcoa_apresentacao.ppt>. Acesso em: 11 ago. 2012.
- MINERAÇÃO RIO DO NORTE, 2013. Bauxita. Disponível em: < www.mrn.com.br/pt-BR/Sobre-MRN/Perfil/Bauxita/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 18 abr. 2013.
- Operação: Sequência operacional. Disponível em: < www.mrn.com.br/pt-BR/Operacao/Sequencia-peracional/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 19 mar. 2013.
- MME. Perfil da mineração de bauxita. Relatório Técnico 22. 40p. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2009. Disponível em: <www.mme.gov.br/.../P11_RT22_Perfil_da_Minerao_de_Bauxita.pdf >. Acesso em: 8 set. 2012.
- OSTRONOFF, H. O Alumínio Conserva Melhor. REVISTA ALUMÍNIO – edição 11. 2006. São Paulo: Segmento MC, 2004-. Trimestral. Disponível em: <<http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/11/artigo210553-1.asp>>. Acesso em: 27 dez. 2012
- RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE. São Paulo: ABAL, 2012. 66p. Disponível em: < http://www.abal.org.br/downloads/Rel_Sust_ABAL_web.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2013.
- RIBEIRO, I. Governo prepara plano para garantir oferta de alumínio no país. VALOR ECONÔMICO, São Paulo, 5 jul. 2011. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/arquivo/197159/governo-prepara-plano-para-garantir-oferta-de-aluminio-no-pais>>. Acesso em: 7 fev. 2013.
- ROCKMANN, R. Energia cara ainda é um dos principais obstáculos. VALOR ECONÔMICO, São Paulo, 23 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3096248/energia-cara-ainda-e-um-dos-principais-obstaculos>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

- SAMPAIO, J.A.; ANDRADE, M.C.; DUTRA, A.J.B., 2008. Bauxita In: Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações, Ed. A.B. da Luz; F.F Lins, CETEM/MCT, Rio de Janeiro RJ, pp.311-337. Disponível em: <www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-166-00.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2012.
- SANTOMAURO, A. C. O alumínio é mais que possível. REVISTA ALUMÍNIO – edição 24. 2010. São Paulo: Segmento MC, 2004-. Trimestral. Disponível em: <<http://www.revistaaluminio.com.br/recicla-inovacao/24/artigo210782-1.asp>>. Acesso em: 27 dez. 2012.
- SÍGOLO, J.B. & BOULANGÉ, B., 1989. The bauxite deposits of the Passa Quatro alkaline massif, Minas Gerais, Brazil. *Travaux ICSOBA*, 19(22):159-167. apud CARVALHO, A; BOULANGÉ, B; MELFI, A.J. 2002. Alguns aspectos genéticos relacionados aos depósitos de bauxita no Brasil. 121p. Disponível em: <www.ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsp/n9/n9a25.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2012.
- SILVIO, E.B.F.; ALVES, M.C.; DA MOTTA, M., 2007 “Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas” Revista Matéria, Recife-PE, v. 12, n. 2, pp. 322 – 338. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rmat/v12n2/v12n2a10.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.
- SOUZA, J. A. S., 2010. Estudo e avaliação do uso de resíduos do processo Bayer como matéria-prima na produção de agregados sintéticos para a construção civil. 154p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia. Disponível em: <www.ufpa.br/getsolda/docs_graduacao/Trab_obt_aluminio.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.
- SUMÁRIO MINERAL. Brasília: DNPM, 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1165>> Acesso em: 16 set. 2012.
- Brasília: DNPM, 2012. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1165>> Acesso em: 29 abr. 2013.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Mineral Commodity Summaries. Jan.2013. Disponível em: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

VARAJÃO, A.F.D.C.; BOULANGE, B. & MELFI, A.J., 1989. Caracterização das unidades morfológicas e formações superficiais nas adjacências das jazidas de caulinita e bauxita de Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, MG.42:21-41. apud CARVALHO, A; BOULANGÉ, B; MELFI, A.J. 2002. Alguns aspectos genéticos relacionados aos depósitos de bauxita no Brasil. 121p. Disponível em: <www.ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsp/n9/n9a25.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2012.