

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Minas

ISSN 0104-0553

BT/PMI/077

A Bauxita e a Indústria do Alumínio

José Cruz do Carmo Flôres
Eduardo Camilher Damasceno

São Paulo - 1998

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por José do Carmo Flôres, sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Camilher Damasceno: "Bauxita: Características, Usos e Comparação de Metodologia de Pesquisa", defendida em 15/12/97.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Depto. de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

Flores, José Cruz do Carmo

A bauxita e a indústria do alumínio / J.C.C.

Flores, E.C. Damasceno. -- São Paulo : EPUSP, 1998.

26 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/077)

1. Bauxita 2. Indústria do alumínio I. Damasceno, Eduardo Camilher II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV. Série

ISSN 0104-0553

CDU 622.349.21
622.349.2

A BAUXITA E A INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO

**José Cruz do Carmo Flôres
Eduardo Camilher Damasceno**

**São Paulo
1997**

RESUMO

A bauxita é um minério de origem laterítica, resultante da ação do intemperismo sobre rochas aluminosas, em clima tropical ou subtropical, ocorrendo a lixiviação da sílica e concentração de resíduos ricos em alumínio e outros compostos. Apresenta grande complexidade, e sua destinação a usos metálicos e não-metálicos é muito ampla.

Único minério a partir do qual é possível obter, economicamente, o alumínio primário, em escala industrial, a bauxita ocupa lugar de destaque no cenário econômico nacional. O Brasil detém a terceira maior reserva mundial de bauxita, ocupa a quarta colocação como produtor do minério e coloca-se na posição de sexto maior produtor mundial de alumínio primário, precedido dos Estados Unidos, Rússia, Canadá, China e Austrália.

A indústria brasileira do alumínio enfrentou crise sem precedentes na sua história, no início da década atual, como consequência, principalmente, dos baixos preços do alumínio no mercado internacional, atingidos a partir da desagregação da antiga URSS, dos custos elevados da energia elétrica e dos ajustes econômicos ocorridos no Brasil a partir da edição dos Planos Brasil Novo e Real, dentre outros fatores.

O presente trabalho apresenta um estudo da bauxita, abordando sua caracterização e classificação conceitual, importância econômica no contexto da economia mineral brasileira e apresenta uma breve análise das expectativas de expansões e implantação de novos projetos para produção de bauxita, alumina e alumínio primário no Brasil, a médio e longo prazo.

O estudo destaca, ainda, a tendência de deslocamento das fronteiras delimitantes das reservas brasileiras de bauxita da região Sudeste para a região Norte, onde concentram-se as maiores reservas atuais do minério e os recursos hídricos potencialmente aproveitáveis para geração de energia elétrica, um dos principais e o mais caro recurso necessário à indústria do alumínio.

ABSTRACT

Bauxite is a complex lateritic ore, and its application to metallic and non metallic uses is ample. The aluminum industry is the main destination, among the industrial uses of the ore, and bauxite is the unique raw material from which is possible to extract aluminum at economic and industrial scales.

Brazil holds the third largest bauxite reserve of the world. In addition, it is the fourth largest ore producer, and the sixth largest primary aluminum producer of the world.

The present work establishes the bauxite characterization and conceptual classification, considers the ore importance in the country economy and the perspectives of the bauxite-alumina-aluminum leg, taking into account installed production capacity for primary aluminum, expansion forecast and new projects. In the same way, the future trend of stabilization or displacement of metal production borders, at medium and long-term, as a result of the potencial and geographical location of the bauxite reserves and principal resources required by the aluminum industry is analyzed.

1. INTRODUÇÃO

Foi BERTHIER, em 1821, o primeiro cientista que estudou amostras de rochas de aspecto terroso provenientes de Baux, localidade do sul da França, classificando-as como *minério de ferro de origem aluvionar*.

A palavra *bauxita* apareceu pela primeira vez em 1856, no compêndio clássico de DUFRENOY que, após descrevê-la e dar sua composição, mostrando seu parentesco com a gibbsita, concluiu tratar-se de uma espécie mineral distinta.

Em 1873, LAUR mostrou a importância industrial da bauxita como futuro minério para produção de alumínio, ao estabelecer que a bauxita de Baux possuía cerca de 65 a 70% de *alumina anidra* e 30% de outros constituintes (dentre eles, sílica, óxidos de ferro e água), considerando-a como uma *espécie mineral mais ou menos impregnada de impurezas* (VAZ, 1931).

Segundo GINSBERG (1962), a história do alumínio tem origem em Herodotus, quando este denominou *alumen* o composto $KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$ - sulfato básico de potássio e alumínio.

A. L. LAVOUSIER, em 1782, suspeitou ser a alumina o óxido de um metal com afinidade tão forte com o oxigênio, que não era possível obtê-lo por redução pelo carvão ou por outro método de redução. DE MORVEAU, em 1786, denominou *alumine* o hipotético metal e, em 1808, SIR HUMPREY DAVEY, que tentou obtê-lo por eletrólise, denominou-o *alumínio*.

Quantidades significativas de alumínio só foram obtidas por BUSEN, em 1852, e H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE, em 1854, com emprego de processo eletrolítico (VALETON, 1972).

Os processos que permitiram a produção do novo metal em escala industrial (o processo Bayer para produção de alumina, em 1888, e o de HALL-HEROULT da metalurgia do alumínio, em 1886) surgiram quase no final do século XIX. As primeiras fundições industriais de alumínio baseadas no processo de eletrólise ígnea iniciaram produção entre 1888 e 1889, em *Pittsburgh* (Inglaterra) e *Nenhausen*, na Suíça (MACHADO, 1962; MACHADO, 1985; VALETON, 1972).

A bauxita só passou a representar papel econômico de destaque no âmbito da economia mundial a partir do término da Primeira Grande Guerra Mundial. Apenas em 1917, a produção mundial de bauxita atingiu 1 milhão de toneladas, com o surgimento de novos produtores, como Áustria, Hungria, Alemanha e Guiana Britânica. Antes do advento da indústria do alumínio, o minério era usado para produção de sais e provinha do Sul da França, Norte da Irlanda e Estados Unidos.

As primeiras ocorrências brasileiras de bauxita grau metalúrgico foram detectadas entre os anos de 1916 e 1917, nas proximidades das cidades de Mariana e Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais (MACHADO, 1985).

Em 1931, o professor Theodoro Vaz publicou na revista *Annaes da Escola de Minas*, estudo sistemático das ocorrências de bauxita do Morro do Cruzeiro e Fazenda Tesoureiro, situadas nos arredores da cidade de Ouro Preto. Antevendo o potencial de bauxita no país, seu estudo faz referências às ocorrências de bauxita nas áreas onde hoje se localizam as principais províncias brasileiras do minério: Baixo Amazonas e Oeste do Maranhão, Poços de Caldas, Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara e Cataguases.

A primeira corrida do alumínio no Hemisfério Sul aconteceu no Brasil, na pequena fábrica localizada em Saramenha, município de Ouro Preto, Minas Gerais, em março de 1945. A bauxita era proveniente da jazida Morro do Cruzeiro, situada muito próxima da fábrica, cujo minério anteriormente era enviado a São Paulo, onde ia abastecer a indústria produtora de sulfato de alumínio.

Dotado de notáveis propriedades (maleável, dúctil, leve, resistente à oxidação, excelente condutor de eletricidade e totalmente reciclável), o alumínio substituiu com vantagens materiais tradicionais, como aço e cobre, em várias aplicações, possibilitando a fabricação de novos produtos.

Embora a indústria do alumínio venha enfrentando sérias dificuldades no correr da década atual, tanto no âmbito nacional quanto internacional, a cada dia um novo produto de alumínio é desenvolvido e imediatamente aceito pelo consumidor. Apesar dos usos e aplicações do metal e suas ligas terem se expandido ao longo dos anos, a bauxita ainda se constitui no único minério a partir do qual pode-se obtê-lo economicamente, em escala industrial.

2. CARACTERIZAÇÃO

BRANCO (1982) define bauxita como *mistura de óxidos de alumínio, antes considerada espécie mineral, formada por intemperismo sobre rochas aluminosas, através da lixiviação da sílica em clima tropical ou subtropical*. FERREIRA (1980) a define como *alumina hidratada ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), com proporções de óxidos de ferro. Derivada de Baux, na França. Minério de alumínio*. COSTA (1962) a conceituou como: *o residuo da decomposição resultante do profundo intemperismo de rochas alumino-silicáticas, em cuja composição mineralógica predomina uma associação em proporção variável dos 3 minerais: gibbsita ou hidrargilita, diásporo e boehmita*.

Segundo VALETON (1972), *bauxita* foi o termo introduzido por BERTHIER, em 1821, para designar sedimentos ricos em alumina provenientes do arredores da vila de *Les Baux*, França. A. LIEBRICH foi o primeiro a estender o uso do termo para designar produtos lateríticos ricos em gibbsita, derivados da ação do intemperismo e situados sobre basaltos de Vogelsberg, na Alemanha (LIEBRICH, 1892). O termo *bauxita* é utilizado para designar produtos lateríticos ricos em alumina, mas com baixos teores em álcalis, terras raras e sílica.

As bauxitas são, essencialmente, produtos do intemperismo e lixiviação de uma gama variável de rochas, ocorrendo geralmente em clima tropical ou subtropical, caracterizados por taxas de precipitação pluviométrica excepcionalmente elevadas. O produto final é um residuo rico em óxidos de alumínio (gibbsita, boehmita e diásporo). Outros constituintes usualmente presentes são minerais de argila (principalmente caulinita), hematita, goethita, óxido de titânio e sílica sob a forma de quartzo.

Os óxidos de alumínio presentes na composição das bauxitas podem apresentar-se sob a forma de mono ou tri-hidratos. Nas variedades mono-hidratadas os minerais são o diásporo e a boehmita, composicionalmente iguais ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), enquanto que nas bauxitas tri-hidratadas o óxido presente é a gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (KITAISKY, s.d.).

A gibbsita, a boehmita e o diásporo constituem o grupo de minerais de onde se pode extrair a alumina, sob a forma mono ou tri-hidratada. A alumina possível de ser extraída sob as condições do processo Bayer de baixa ou alta temperatura constitui a denominada *alumina aproveitável*. O diásporo é encontrado, principalmente, nas bauxitas mais velhas do ponto de vista geológico, como aquelas da Europa, Ex-União Soviética e China.

A gibbsita tem o menor peso específico, é a mais solúvel nas soluções de soda cáustica, para determinadas condições de concentração, temperatura e pressão de digestão, e a mais macia dos três minerais de alumínio. A boehmita é relativamente menos solúvel que a gibbsita nessas soluções e intermediária entre os três, em termos de dureza e densidade. O diásporo é o mais duro, denso e menos solúvel nas soluções cáusticas, dentre os três minerais (PATTERSON, 1984).

A sílica, sob a forma de quartzo, tem comportamento inerte no processo Bayer para produção de alumina. Entretanto, a sílica que integra a estrutura dos minerais de argila, denominada *silica reativa*, reage com a soda cáustica durante a digestão da bauxita, formando compostos insolúveis, e o consumo desse insumo aumenta em escala geométrica à medida que cresce o teor dessa impureza no minério. Portanto, teores elevados de *silica reativa* inviabilizam a utilização econômica da bauxita como matéria-prima para produção de alumínio.

Os óxidos de ferro normalmente estão presentes na composição química das bauxitas sob a forma de hematita, goethita ou, ainda, uma mistura desses óxidos. Os óxidos de ferro, juntamente com outras impurezas, vão constituir as denominadas *lamas vermelhas* do processo Bayer para produção da alumina.

A goethita tem peso específico mais baixo, apresenta cristais menores, partículas mais finas e maior superfície específica que a hematita. Essas propriedades, por si, não favorecem uma boa separação sólido-líquido nas lamaz derivadas da digestão de bauxitas goethíticas. Em adição, frequentemente ocorre a substituição de íons de ferro por íons de alumínio na estrutura dos cristais de goethita, originando a denominada *goethita aluminosa*, constituída por cristais ainda mais leves e menores. Daí, lamaz vermelhas oriundas de bauxitas goethíticas geralmente apresentam problemas de decantação e filtração (DOUGLAS, C. G.; HILL, V. G.; LYEW-AYEE, P. A., 1984).

Os óxidos de titânio comumente presentes são o anatásio e o rutilo. O rutilo não reage durante o processo de digestão da bauxita, independente dessa digestão ocorrer a baixa ou alta temperatura. O anatásio, entretanto, é reativo nos processos ditos de alta temperatura, tendendo a inibir a precipitação da boehmita.

Nos processos de baixa temperatura, empregados na digestão da gibbsita, assume-se que os óxidos de titânio são essencialmente inertes. Entretanto, segundo FULFORD; SABISTON (1989), podem influenciar no comportamento de decantação da lama vermelha e, conseqüentemente, no consumo de floculantes.

Além dos minerais acima descritos, uma considerável variedade de elementos químicos e minerais podem estar presentes em proporções consideradas pequenas, como cálcio, magnésio, fósforo, manganês, vanádio e gálio. Compostos orgânicos normalmente ocorrem associados ao horizonte constituído por solos, onde o desenvolvimento da vegetação é frequentemente estimulado pelas altas taxas de precipitação pluviométrica necessárias à consumação do processo de bauxitização (ANDREWS, 1984).

A eficiente extração da alumina gibbsítica, sob condições típicas, faz-se com emprego de soluções cáusticas com concentrações entre 170 e 200 g/l (expressa em equivalentes de Na_2CO_3) e temperaturas variando na faixa de 135 a 150° C. As bauxitas boehmiticas, entretanto, têm que ser digeridas a temperaturas da ordem de 230 a 250° C. As pressões de digestão típicas são da ordem de 6 atmosferas no processo de baixa temperatura (gibbsita) e 40 a 50 atmosferas no processo de alta temperatura (boehmita). Bauxitas boehmiticas exigirão fábricas adaptadas aos processos de altas temperaturas. Além desse aspecto, dificuldades de processos inerentes a ambos os casos, como consumo de vapor, manutenção e limpeza dos trocadores de calor, tendem a se agravar (FULFORD; SABISTON, 1989).

A caracterização do mineral ou minerais de alumínio presentes nas bauxitas, assim como das impurezas, é de fundamental importância na fixação e controle dos parâmetros extrativos para a produção de alumina com emprego do processo Bayer. A eficiência da extração da alumina é consequência direta da composição mineralógica, assim como da temperatura e pressão de digestão do minério moído nas soluções de soda cáustica.

A concentração e natureza desses minerais irão conferir características importantes às bauxitas, que serão definidoras do seu emprego como matéria-prima para fabricação de outros produtos, como refratários, abrasivos, produtos químicos, indústria do cimento e outros (ANDREWS, 1989; HILL; OSTOJIC, 1989).

3. CLASSIFICAÇÃO

Devido à diversidade de texturas, associações geológicas, composições químicas e práticas comerciais, um grande número de classificações tem sido proposto e usado para as bauxitas, de modo a atender diferentes requisitos.

A seleção simples de limites uniformes e naturais entre variedades de bauxitas e rochas correlatas é complicada pela gama de associações minerais, possibilidade de fases de transição e considerações de ordem técnico-econômicas que estão envolvidas nas decisões de estabelecer os *cut-off* entre minério e recursos subeconômicos. Assim, as bauxitas são consideradas não apenas sob o ponto de vista geológico, mas também sob o foco de conceitos industriais e comerciais largamente aceitos no mercado internacional do minério.

A destinação final do minério, usualmente, é o fator importante na definição do teor de corte requerido. Esta situação é simplificada pelo fato de que 90% da produção atual de bauxita destina-se à produção de alumínio primário, sendo os 10% restantes empregados em usos não-metalúrgicos.

Segundo BARDOSSY (1982), a mais notável distinção estabelecida entre depósitos de bauxita ocorrida nesse século foi a observação de que alguns depósitos estão associados a rochas silicatadas e outros, a rochas carbonatadas. Em 1951, VADASZ introduziu os termos *bauxita laterítica* e *bauxita cárstica*, para diferenciar os depósitos constituídos por produtos de intemperismo de rochas silicatadas das *bauxitas terra rossa*, produto residual formado a partir da ação do intemperismo sobre calcários e dolomitos.

Segundo BARDOSSY (1982), aproximadamente 85% da produção mundial de bauxita é proveniente de jazidas de origem laterítica, 14% de bauxitas cársticas e 1% de jazidas formadas a partir de produtos transportados.

HARDER; GREIG (1960) e PATTERSON (1967), identificando a ampla variação nas associações geológicas, composição e origem dos depósitos de bauxita, classificaram-nos em três grupos morfológicos básicos:

- a) depósito camada, cobertura ou manto (*blanket*);
- b) depósito estratificado entre camadas (*interlayered*); e
- c) depósitos bolsões ou buchos (*pocket*).

Entretanto, segundo HILL; OSTOJIC (1984), o próprio PATTERSON reconheceu que não havia distinção definida entre os grupos, pois alguns depósitos *pocket* são tão extensos que podem ser considerados *blankets*, enquanto que outros depósitos (como os existentes na França, Iugoslávia, Grécia e Hungria) são estratificados entre rochas sedimentares; portanto, são depósitos do tipo *pocket*, intercalados entre camadas.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DE HILL & OSTOJIC

A classificação de HILL; OSTOJIC (tabela 1), modificada a partir da classificação proposta por HILL; ROBSON (1981), baseia-se em três parâmetros:

- a) distinção entre *bauxita laterítica* e *bauxita cárstica*, em função do tipo de rocha a que o depósito está associado;

- b) concentração relativa dos minerais de alumínio no minério (gibbsita, boehmita e diásporo); e
- c) quantidade de minerais de ganga presentes, empregando-se o teor de óxido de ferro contido como estimador aproximado.

A classificação proposta pelos autores traz, ainda, a localização dos principais depósitos que podem ser considerados como característicos de cada tipo.

3.2. CLASSIFICAÇÃO DE VALETON

Segundo VALETON (1972), existiram certos períodos na história da Terra que favoreceram a formação das bauxitas, encontrando-se os maiores e mais antigos depósitos conhecidos situados em sedimentos de idade Paleozóica Inferior. Baseado nessa constatação, a autora classifica os principais depósitos mundiais do minério de acordo com os períodos do tempo geológico em que se formaram (tabela 2).

A análise do registro em questão demonstra que ocorreram fases distintas e importantes para a formação desses depósitos. Assim, os grandes depósitos formaram-se durante o período Eoceno, em diversos pontos do planeta. A maioria dos depósitos Cretáceos pertencem ao Cretáceo Superior e apresentam um modelo específico de distribuição regional. Na Era Paleozóica, os períodos Mississipiano e Pensylvaniano foram caracterizados por extensa e generalizada formação de depósitos de bauxita. O período de tempo correspondente ao Devoniano Inferior evidenciou-se pelo baixo número de formações bauxíticas preservadas.

Embora constituam uma forma especial de *laterita* ou *latossolo* (ANDREWS, 1984), a classificação petrológica, segundo VALETON (1972), é mais adequada às bauxitas que uma classificação de solos. O autor sugere os seguintes critérios para estabelecer tal classificação:

- a) origem autóctona (bauxitas formadas sobre rochas ígneas, metamórficas e sedimentares) ou origem alóctona (sedimentos bauxíticos clásticos e sedimentos bauxíticos clásticos-coloidais);
- b) composição química: classificando as rochas aluminosas formadas por intemperismo de acordo com a relação $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ e ou teor de *alumina livre*;
- c) composição mineralógica: para o autor, a classificação mais prática das bauxitas baseia-se nos grupos de minerais presentes. BARDOSSY (1963) definiu os seguintes grupos minerais na constituição das bauxitas:
 - 1) *minerais alíticos*: gibbsita, nordstrandita, boehmita, diásporo, corindon;
 - 2) *minerais férricos*: goethita, lepidocrocita, hematita, magnetita, maghemita;
 - 3) *minerais argilosos*: predominantemente caulinita, associados com minerais do grupo illita - montmorillonita - clorita;
 - 4) *minerais clásticos*: quartzo, minerais pesados (granada nas bauxitas de Cataguases, por exemplo), minerais minério (gibbsita, boehmita, diásporo).
- d) texturas: bauxitas tipo *esqueleto*, brechóide, textura oolítica, pisolítica, concrecionária, vesicular, bauxitas maciças, bauxitas porosas, bauxitas terrosas, bauxitas nodulares e outras.

3.3. CLASSIFICAÇÃO DE FULFORD & SABISTON

FULFORD; SABISTON (1989) destacam que quatro grandes grupos de minerais estão presentes nas bauxitas, classificando-os em:

- I) minerais de alumina;
- II) minerais de sílica;
- III) minerais de ferro; e
- IV) minerais de titânio.

Os minerais contidos em cada grupo irão influenciar as características das bauxitas e, conseqüentemente, no fluxograma e parâmetro de operação da fábrica de alumina.

De acordo com os minerais de alumínio presentes na forma isolada ou predominante, os citados autores classificam as bauxitas nos tipos:

- a) bauxitas gibbsíticas;
- b) bauxitas gibbsíticas-boehmíticas;
- c) bauxitas boehmíticas;
- d) bauxitas boehmíticas-diásporo; e
- e) bauxitas diásporo.

A presente classificação, entretanto, não estabelece limites proporcionais que permitam a inclusão de determinada bauxita em um ou outro tipo.

A presença de um ou mais minerais é consequência de vários fatores, entre eles a constituição da rocha matriz e a gênese do depósito.

3.4. CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O USO INDUSTRIAL

A aplicação industrial a que se destina a bauxita poderá ser o fator definidor da necessidade de tratamento prévio, se algumas especificações típicas, dependentes das propriedades físicas ou mineralógicas do minério, são requeridas. Assim, as indústrias costumam classificar as bauxitas segundo o uso final a que se destinam em (ANDREWS, 1984):

- a) bauxita grau metalúrgico: a produção da alumina constitui o principal mercado consumidor do minério. Aproximadamente 90% da produção mundial de bauxita destinam-se ao abastecimento dessa indústria;
- b) bauxita grau químico: empregada na produção de produtos químicos floclantes usados no tratamento de água para uso doméstico, assim como no tratamento de vários tipos de efluentes;
- c) bauxita calcinada: a bauxita empregada na indústria metalúrgica como matéria-prima para produção do alumínio, tem preço relativamente baixo, devido à oferta abundante de minério com excelentes características químicas. Existe, entretanto, um mercado nobre para produtos especiais, fabricados a partir da bauxita calcinada, constituído pelas indústrias de refratários e abrasivos, onde o minério com características adequadas alcança preços mais elevados. A bauxita calcinada subdivide-se em dois tipos: bauxita calcinada grau refratário e bauxita calcinada grau abrasivo, conforme as características de cada produto definam sua aplicação numa ou outra indústria. A bauxita calcinada encontra uso em outras indústrias, como material agregado para pisos de estradas, agente na extração do petróleo e gás, produção de bauxita ativada (obtida através da calcinação da bauxita tri-hidratada a temperaturas relativamente baixas, onde o minério perderá duas das três moléculas de água combinada originalmente presentes na sua estrutura, mantendo a capacidade de readquiri-las posteriormente).

A bauxita apresenta outros usos industriais, estando presente na fabricação do cimento e na indústria do aço; entretanto, não existe uma classificação ou denominação específica para cada um desses tipos.

Tabela 1. Classificação dos tipos de bauxita por principais minas

BAUXITA TIPO	MINERAIS CRÍTICOS	PAIS	MINAS / OCORRÊNCIAS
A. Laterítico			
(I) óxido de ferro ($\sim 10\%$)			
(a) Guiana	gibbsita ($\sim 3\%$ de boehmita)	Brasil Guiné Guiana Serra Leoa Suriname	Poços de Caldas Trombetas Sangaredi Linden, Ituni, Kwakwani Mokanji Port Loko Moengo, Lelydorp Onverdacht
(b) Weipa	gibbsita+ boehmita (5-20%)	Austrália Guiné Índia	Weipa Sangaredi Gujarat States (Kutch Peninsular)
(II) óxido de ferro ($\sim 10\%$)			
(a) Kindia	gibbsita ($\sim 3\%$ de boehmita)	Austrália Brasil Costa Rica Gana Guiné Guiana Índia Indonésia Suriname Venezuela	Jarrahdale, Del Park, Worsley, Gove, Huntley Saramenha, Paragominas, Poços de Caldas El General Kibi, Nyinahm Fria-Kimbo, Dabola, Kindia Pakaraima Mt. Orissa, Andhra Pradesh Belgaum Bintan Island Bakhuis Mt. Los Pijiguaos
(b) Gana	gibbsita+ boehmita (5-20%)	Gana Índia Austrália	Awaso Phutkepahar, E. Madhya Pradesh Mitchell Plateau
B. Cárstico			
óxido de ferro ($\sim 10\%$)			
(I) Jamaica-1	gibbsita ($\sim 3\%$ de boehmita)	República Dominicana Jamaica	Pedernales (LTD) Williamsfield Schwallenburgh Dry Harbour Mt. Lydford
(II) Jamaica-2	Gibbsita+ boehmita (5-20%)	República Dominicana Haiti Jamaica	Pedernales (HTD) Rochelois Plateau Essex Valley, Mocho Lydford
(III) Jamaica-3	gibbsita+ boehmita (5-20%) + goehrita aluminosa ($\sim 20\%$)	Jamaica	Magotty
(IV) Mediterrâneo-1	gibbsita+ boehmita ($\sim 50\%$)	Iugoslávia	Obrovac
(V) Mediterrâneo-2	boehmita ($\sim 10\%$) + gibbsita	França Hungria Iugoslávia	Provence, Languedoc Halimba, Padragkut Nyirad, Nagytarkany Eszkaszentgyorgy, Gant Vlasenica, Niksic Jajce, Mostar, Obrovac
(VI) Mediterrâneo-3	diásporo ($\sim 10\%$) e boehmita	Grécia Romênia China U.R.S.S. Iugoslávia	Parnassus Padurea Craulin Kwinin Arkaluk Kosovo

Fonte: modificada de HILL; OSTOJIC (1984)

Tabela 2. Períodos de formação das bauxitas

Recente e Pleistoceno	bauxita laterítica tropical do Panamá, Costa Rica, Havai, Fiji, Ilhas Britânicas Solomon.
Terciário (indiferenciado)	depósitos de bauxita gibbsítica no Brasil, Venezuela, Guiné, Costa do Marfim, Gana e Austrália Ocidental encontram-se à superfície, mas recobrem rochas mais antigas e podem ter-se formado mais cedo que o período Pleistoceno.
Mioceno	U.S.A. (Oregon): bauxita laterítica gibbsítica; Alemanha (Montanhas Vogelsberg): bauxita gibbsítica ferrogínosa; Austrália (Victoria): bauxita gibbsítica; Jamaica, Haiti, República Dominicana: gibbsita capeando rochas dos períodos Eoceno e Oligoceno e provavelmente formadas intermitentemente nos períodos Mioceno e Pós-Mioceno.
Oligoceno	Irlanda do Norte (Condado de Antrim): bauxita gibbsítica ferruginosa com derrames basálticos sobrejacentes e subjacentes.
Eoceno	Guiana, Suriname, Guiana Francesa: gibbsita; Austrália (Queensland, Northern Territory, Tasmânia): bauxita gibbsítica com rochas subjacentes cretáceas, jurássicas e pré-cambrianas; U.S.A. (Arkansas, Alabama, Georgia): gibbsita com rochas do Paleoceno (Grupo Midway) e rochas antigas subjacentes e principalmente rochas do Eoceno Inferior como sobrejacentes (Grupo Wilcox); Índia (Península Deccan): bauxita gibbsítica e laterita formada sobre a falha Deccan e chornoquitos pré-cambrianos; Índia (Kashmir - Jammu): diásporo com rochas subjacentes jurássicas e rochas eocénicas sobrejacentes; Itália: gibbsita e boehmita; Iugoslávia: boehmita e gibbsita, com rochas subjacentes do período Eoceno Inferior e Cretáceo Superior
Cretáceo Superior:	
Turoniano	Grécia: boehmita (e diásporo), com rochas subjacentes do Cretáceo Inferior e rochas sobrejacentes do Cretáceo Superior. Iugoslávia: boehmita. Áustria: boehmita. Turquia: boehmita. Hungria: boehmita (principalmente).
Cretáceo Inferior:	
Albiano - Aptiano	Espanha, França (Var, Hérault), Itália, Grécia, Turquia: boehmita (principalmente) e diásporo;
Barreniano	França (Ariège): boehmita e diásporo; Hungria: boehmita (principalmente); Hungria, Iugoslávia, Romênia (Bihar): boehmita (principalmente) e diásporo.
Jurássico:	
Triássico Superior	Iugoslávia (Croácia): boehmita, com rochas subjacentes do Triássico Médio;
Triássico Inferior	China Continental (Poshan): diásporo, com rochas subjacentes dos períodos Permiano e Carbonífero.
Permiano	
Pensilvaniano	Turquia: diásporo.
Mississipiano	U.S.A.: diásporo no Missouri e Pennsylvania, estratificado entre rochas de idade Potts Ville.
Devoniano	China Continental (Yunnan): boehmita, com rochas subjacentes Devonianas; U.R.S.S. (Tikhvin): bauxita com rochas subjacentes Devonianas; China Continental (Kweichow): diásporo com rochas subjacentes Ordovicianas.
Proterozóico Superior	U.R.S.S. (Urais): bauxita em rochas do Devoniano Médio e Inferior.
Proterozóico Superior	U.R.S.S. (Bokson, Sibéria): boehmita e diásporo (?)

Fonte: modificada de VALETON (1972)

4. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

As reservas mundiais de bauxita (somadas as reservas medidas e indicadas) atingiam 28,8 bilhões de toneladas ao final de 1995. Nota-se uma concentração geográfica dessas reservas em poucos países, todos situados entre os dois Trópicos, entre os quais a Austrália detém 27,4% do total, a Guiné, 20,5%, o Brasil, 13,6%, a Jamaica, 6,9% e a Índia, 4,2% (MÁRTIRES, 1996).

Segundo a mesma fonte, as reservas brasileiras de bauxita somavam 3,9 bilhões de toneladas ao final do mesmo ano, posicionando o Brasil no terceiro lugar entre os principais países detentores de reservas.

As principais reservas brasileiras estão localizadas no Estado do Pará, nos municípios de Oriximiná, Almerim, Juriti, Faro, Paragominas e São Domingos do Capim, além de várias outras conhecidas nos municípios de Ouro Preto, Mariana, Santa Bárbara, Caeté, Poços de Caldas, Cataguases, Carangola, Itamarati de Minas, Descoberto, Muriaé, Mirai, Passa Quatro, Itatiaia, Itamonte e outros municípios, no Estado de Minas Gerais. Ocorrências de bauxita são conhecidas também no estado do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Santa Catarina e Maranhão (MARTIRES, 1996). A figura 1 mostra a localização das principais minas de bauxita e fábricas de alumina em operação no país. A tabela 5 mostra os principais países produtores de bauxita, as respectivas reservas e a produção no ano de 1995.

A Austrália lidera a produção mundial de bauxita, respondendo por 38,9%, seguida da Guiné e da Jamaica que respondem, respectivamente, por 13,2% e 10,9%. O Brasil é, atualmente, o quarto produtor mundial, tendo contribuído com 8,8% da produção total em 1995. A Mineração Rio do Norte S/A é o maior produtor nacional de bauxita do tipo metalúrgico, respondendo por 74,1% da produção brasileira.

A produção brasileira de bauxita (base seca) atingiu 9,7 milhões de toneladas em 95, apresentando crescimento de 11,8% em relação a 94, quando foram produzidas 8,67 milhões de toneladas. Na tabela 6 pode-se observar a participação das principais empresas na produção brasileira de bauxita do tipo metalúrgico, empregada na fabricação da alumina e do alumínio, referente ao ano de 1995. No item *outros* estão incluídos os produtores de bauxita para usos não-metalúrgicos, representados pelas Mineração Santa Lucrécia, Mineração Curimbaba e Companhia Brasileira de Bauxita (MÁRTIRES, 1996).

O consumo interno aparente de bauxita no país atingiu 4,7 milhões de toneladas no ano de 1995. Noventa e oito por cento desse consumo destinam-se à produção de alumina, ficando o restante para utilização no setor químico e de refratários. Por outro lado, 98% do consumo de alumina destinam-se à indústria do alumínio, sendo os 2% restantes utilizados na indústria química (MÁRTIRES, 1993; MÁRTIRES, 1996). A tabela 7 mostra a evolução da produção de bauxita e alumina dos principais produtores brasileiros no período 1992-1995.

A indústria do alumínio vem enfrentando sérias dificuldades no correr da década atual, tanto no âmbito interno quanto externo. A primeira crise interna ocorreu em 1990, como reflexo, dentre outros fatores, do Plano Brasil Novo, implantado pelo governo Collor, que retirou a liquidez das empresas e mergulhou o país na recessão que atingiu vários setores da economia. Segundo MÁRTIRES (1991), o mercado interno de transformados de alumínio experimentou em 1990 uma redução de 19,1%, em relação ao

ano anterior, sendo mais atingidos os setores de chapas (10,1%), folhas (16,1%), extrudados (31%), cabos (31,3%), fundição (10,3%), pó e pastas (8,2%) e destrutivos - segmento que atende os setores ligados à redução na siderurgia -, com redução de 25,5%.

No âmbito internacional, a indústria do alumínio começou a viver a pior crise de sua história a partir da desagregação da antiga URSS, substituída em dezembro de 1991 pela Comunidade dos Estados Independentes - CEI. O aumento das exportações da CEI, principalmente a Rússia, e a retração da demanda do mercado mundial fizeram com que os estoques da LME atingissem no final de 1993 volume inédito da ordem de 2,4 milhões de toneladas do metal (aproximadamente 10% da produção mundial anual). Como consequência dessa crise, os países produtores da Comunidade Européia, Estados Unidos, Canadá, Noruega, Austrália e a própria Rússia firmaram no Encontro de Bruxelas o acordo conhecido como *Memorando de Entendimentos*, com o objetivo de regularizar a superoferta mundial de alumínio, tendo como base cortes na produção da ordem de 1,5 a 2,0 milhões de toneladas/ano.

A tabela 3 mostra a evolução dos preços do alumínio primário nos mercados nacional e internacional entre os anos de 1986 e 1995, enquanto que a tabela 4 apresenta a evolução da produção mundial de alumínio primário no período de 1985 a 1994.

Nesse contexto adverso, a indústria brasileira produziu 1.172 mil toneladas de alumínio em 1993. Esse nível de produção representou redução de 1,8% em relação a 1992, fato inédito na história da indústria do alumínio nos seus 43 anos de Brasil.

Em contraste com a ALBRÁS, que aumentou em 3% (10 mil toneladas) sua capacidade de produção, a ALCAN sofreu diminuição em 24,5% (27 mil toneladas), devido o desligamento provisório de uma linha de produção na fábrica de Aratu - BA, no final de 1992. Também a VALESUL, em 1993, reduziu em 25% sua produção, deixando de produzir 8 mil toneladas de alumínio na sua fábrica de Santa Cruz - RJ (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL, 1993; MÁRTIRES, 1994).

Segundo o ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1994), ocorreram no ano de 1994 alguns fatos positivos e marcantes para a recuperação do alumínio nos mercados nacional e internacional, tais como:

- a) o consumo doméstico de produtos transformados atingiu o recorde histórico de 466 mil toneladas, representando crescimento de 20% em relação ao ano de 1993;
- b) cresceu para 56% o índice de reciclagem de latas de alumínio, superior ao de países consagrados nessa prática, como Japão, Alemanha e Inglaterra;
- c) promulgação da lei 8.987, ainda sem regulamentação, que se refere às concessões e permissões de serviços públicos pela iniciativa privada, principalmente para o segmento de energia elétrica, um dos mais onerosos insumos da indústria do alumínio;
- d) conclusão das negociações para entrada em vigor do MERCOSUL em 1º de janeiro de 1995, com destaque para o estabelecimento de uma zona de livre comércio e implantação do TEC - Tarifa Externa Comum do MERCOSUL;
- e) o desempenho positivo da indústria em 1994 beneficiou-se, ainda, de negociações que se desenrolaram no decorrer de 1993 entre alguns produtores de alumínio primário, como ALCAN e Companhia Brasileira de Alumínio, com as respectivas empresas fornecedoras de energia elétrica, visando reduções nas tarifas de fornecimento de energia como um dos caminhos para solução dos problemas de custo de produção do metal, face o achatamento dos preços do alumínio no mercado internacional (MÁRTIRES, 1994).

Segundo o ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995), o setor do alumínio acompanhou de perto o desempenho positivo da economia verificado em 1995, registrando um consumo interno de transformados da ordem de 503 mil toneladas, com crescimento de 7,9% em relação àquele registrado em 1994.

Para suprir essa demanda, foram fornecidas ao mercado interno 190,7 mil toneladas de alumínio primário, elevando em 2,6% o total registrado em 1994 e considerado um recorde.

O volume de alumina produzido em 1995, de 2,14 milhões de toneladas representou crescimento relevante de 15% em relação à produção do ano anterior.

Dentre os fatos marcantes de 1995, destaca-se o início de operação da fábrica de alumina da ALUNORTE, em Barcarena (PA) que, com *start-up* em julho, atingiu um volume de produção de 215,4 mil toneladas de alumina nesse ano. A previsão é de que estará operando a plena capacidade em 1997, produzindo 1,1 milhão de toneladas de alumina.

O *start-up* da fábrica da ALUNORTE permitirá que a Companhia Vale do Rio Doce feche o ciclo do alumínio no Estado do Pará e deverá resolver a questão da exportação de bauxita a preços entre US\$ 22 e US\$ 23 a tonelada e importar alumina entre US\$ 150 e US\$ 160 a tonelada pelo Brasil. Como consequência do início de operação desse novo projeto, a Mineração Rio do Norte tem previsão de expandir a capacidade de produção das atuais 8,5 milhões de toneladas para 10 milhões de toneladas/ano de bauxita em 1997, visando atender à demanda da refinaria da ALUNORTE.

Mesmo sob a influência do *Memorando de Entendimentos* estabelecido entre alguns dos principais países produtores de alumínio primário (Austrália, Canadá, Estados Unidos, Noruega, Rússia e União Européia) no início de 1994 e com término no início de 1996, a produção mundial de alumínio primário cresceu 2,5% em 1995, quando comparada àquela alcançada em 1994. Os estoques mundiais do metal, entretanto, apresentaram queda bastante acentuada, ao lado de uma demanda que continuou a demonstrar recuperação.

Dentro desse cenário favorável à indústria do alumínio, interna e externamente, a ALCAN Alumínio do Brasil S/A retomou, em meados de 1995, a capacidade instalada total de 58 mil toneladas/ano de alumínio primário de sua fábrica localizada em Aratu (BA) (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL, 1995).

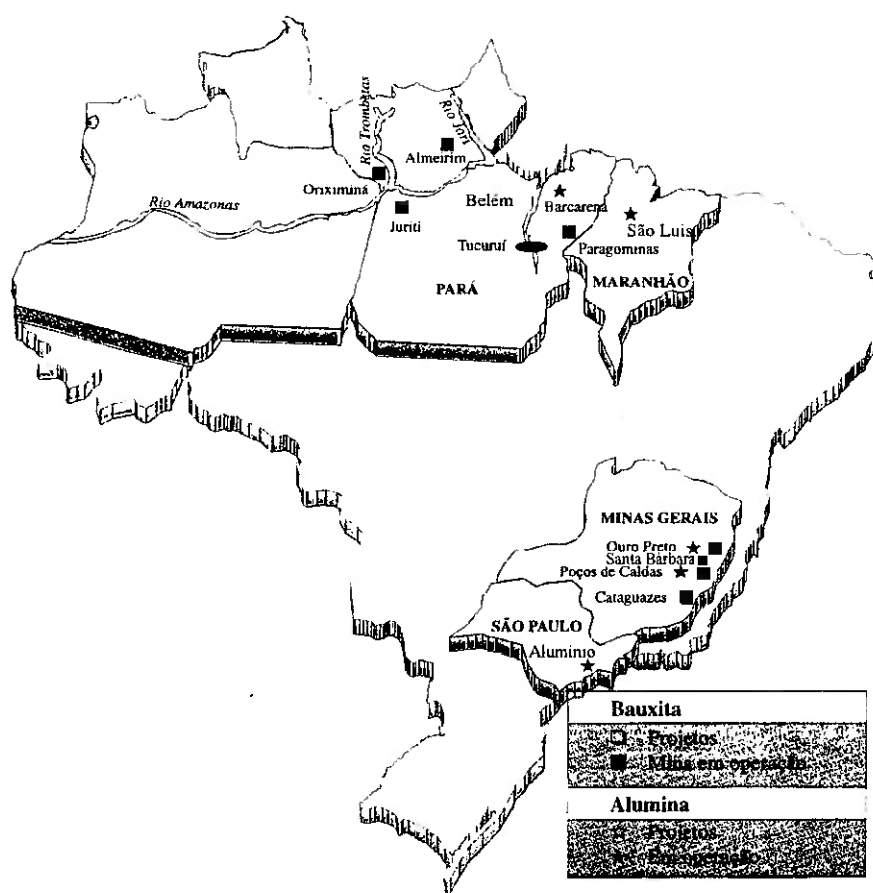


Figura 1. Localização das principais minas de bauxita e fábricas de alumina
Fonte: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995).

Tabela 3. Evolução dos preços de alumínio 1986-1995

Período	Nacional ⁽¹⁾	LME US\$/t ⁽²⁾		CIF Japão ⁽³⁾ US\$/t
	US\$/t à vista	Cash	Três Meses	
1986	1009,38	1151,02	1152,00	1203,00
1987	1056,18	1566,00	1494,00	1575,00
1988	1227,42	2552,55	2308,00	2461,00
1989	1258,96	1952,77	1916,78	1979,00
1990	1738,69	1640,21	1635,88	1675,00
1991	1357,98	1302,68	1332,97	1342,00
1992	1324,23	1254,63	1278,93	1280,00
1993	1249,53	1139,38	1161,14	1168,26
1994	1579,42	1477,17	1500,30	1563,18
1995	1925,96	1806,08	1832,62	1897,33
Jan	2129,69	2060,98	2095,19	2177,00
Fev	2102,71	1916,63	1956,45	2038,00
Mar	1923,92	1805,52	1839,63	1926,00
Abr	1957,46	1849,42	1855,47	1961,00
Mai	1895,80	1763,21	1771,64	1877,00
Jun	1909,15	1780,43	1801,64	1897,00
Jul	1955,15	1860,48	1876,62	1963,00
Ago	2018,04	1888,68	1914,45	1963,00
Set	1896,76	1761,29	1791,90	1821,00
Out	1815,20	1674,75	1710,00	1725,00
Nov	1748,76	1654,48	1689,89	1710,00
Dez	1758,88	1657,11	1688,55	1710,00

Fonte: modificada de ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

- (1) Preço CIP metal 99,5%, à vista, sem impostos, FOB fábrica. A partir de 06/02/90, o preço base de divulgação passou a ser do metal 99,7%, conforme critério estabelecido no Acordo de Abastecimento e Preços. A partir de 03/03/90, conforme Portaria MEFP 239, os preços ficaram liberados do controle do CIP. Desta forma, a partir de maio/90, passa a ser considerado o preço médio do lingote 99,7% à vista, sem impostos, FOB fábrica, identificado através de consulta direta semanal junto aos produtores e consumidores de alumínio. No ano de 1985 as cotações em moeda nacional são expressas em cruzeiros/kg, de 1986 a 1988 em cruzados/kg, de 1989 a fevereiro/90 em cruzados novos/kg, de março/90 a jul/93 em cruzeiros/kg, de agosto/93 a junho/94 em cruzeiros reais/kg e a partir de jul/94 em reais/tonelada.
- (2) Preços da Bolsa de Metais de Londres (London Metal Exchange), alumínio primário com 99,7% de pureza, cotação *cash* e *três meses*.
- (3) Preço do metal 99,7%, livre de impostos, considerando custo, frete e seguro, colocado em Tóquio (Japão).

Tabela 4. Evolução da produção mundial de alumínio primário - 1985-1994

Países	1994	1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985
América do Norte - Total	5549	6005	6039	5994	5683	5657	5546	4943	4429	4825
Canadá	2250	2310	1972	1822	1567	1555	1534	1540	1355	1282
Estados Unidos	3299	3695	4042	4121	4048	4030	3944	3343	3037	3500
México	-	-	25	51	68	72	68	60	37	43
América do Sul - Total	1964	1939	1951	1935	1719	1618	1475	1427	1352	1110
Argentina	165	165	165	165	166	162	154	153	148	136
Brasil	1185	1172	1193	1140	931	888	874	844	757	549
Suriname	34	32	32	29	32	28	10	2	29	29
Venezuela	580	570	561	601	590	540	437	428	418	396
Ásia - Total	3004	2748	2476	2288	2013	1904	1775	1577	1488	1568
Bahrain	450	447	292	227	213	187	183	180	178	176
China ⁽¹⁾	1450	1220	1100	963	850	750	710	615	410	410
Coreia do Norte	-	-	-	-	-	10	10	10	10	10
Coreia do Sul	-	-	-	-	2	18	18	22	19	18
Emirados Unidos da Arábia	250	242	245	239	174	168	162	155	155	153
Índia	441	466	496	504	433	423	375	265	257	260
Indonésia	220	206	173	187	186	197	185	202	219	217
Irã	116	90	92	80	60	54	40	45	40	43
Japão	17	18	19	32	34	35	35	41	140	227
Turquia	60	59	59	56	61	62	57	42	60	54
África - Total	576	612	613	605	605	607	591	579	554	513
África do Sul	173	175	173	169	159	166	170	171	170	165
Camarões	82	82	82	83	93	92	87	79	84	90
Egito	180	180	178	178	179	180	173	179	175	209
Gana	141	175	180	175	174	169	161	150	125	49
Oceânia - Total	1591	1657	1483	1488	1490	1501	1414	1256	1118	1092
Austrália	1320	1380	1240	1230	1230	1244	1550	1004	882	851
Nova Zelândia	271	277	243	258	260	257	264	252	236	241
Europa - Total	6445	6776	6905	7268	7785	7722	7694	7736	6471	6290
• União Européia - Total	2104	2227	2335	2490	2622	2679	2683	2702	2663	2594
Alemanha ⁽¹⁾⁽²⁾	503	552	603	690	740	796	814	861	826	805
Áustria ⁽⁷⁾	-	-	33	80	89	93	95	93	93	94
Espanha	340	356	359	355	353	352	323	341	355	370
França	400	426	418	286	326	335	328	323	322	293
Grécia	138	148	153	152	150	145	148	127	124	125
Holanda	219	232	235	264	270	274	278	276	266	251
Itália	160	156	161	206	232	219	226	233	243	224
Reino Unido	230	239	244	294	294	297	300	294	276	275
Suécia ⁽⁷⁾	83	82	77	97	96	97	99	81	78	84
Suíça ⁽⁷⁾	31	36	52	66	72	71	72	73	80	73
• CEI - Total	3020	3180	3215	3251	3523	3300	3350	2400	2300	2200
Azerbaijão ⁽³⁾	15	20	25	-	-	-	-	-	-	-
Rússia ⁽³⁾	2670	2820	2700	-	-	-	-	-	-	-
Tadjiquistão ⁽³⁾	250	250	400	-	-	-	-	-	-	-
Ucrânia ⁽³⁾	85	90	90	-	-	-	-	-	-	-
URSS ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
• Outros Europa - Total	1321	1369	1355	1527	1640	1743	1661	1634	1508	1496
Bósnia - Herzegovina ⁽⁴⁾	10	15	30	-	-	-	-	-	-	-
Croácia ⁽⁴⁾	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-
Eslováquia ⁽⁶⁾	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-
Eslovênia ⁽⁴⁾	80	80	85	-	-	-	-	-	-	-
Hungria	29	28	27	63	75	75	75	76	74	74
Islândia	99	94	89	89	87	88	82	85	76	73
Iugoslávia	-	-	-	315	349	331	260	244	282	280
Noruega	857	887	813	833	845	863	864	853	726	743
Polónia ⁽⁸⁾	47	47	44	46	46	48	48	48	48	47
Romênia	112	112	112	113	168	269	265	260	269	247
Sérvia-Montenegro ⁽⁴⁾	7	26	67	-	-	-	-	-	-	-
Tchecoslováquia ⁽¹⁾⁽⁵⁾	-	-	68	68	70	69	67	68	33	32
Total Mundial ⁽¹⁾	19129	19737	19467	19578	19295	19009	18495	16518	15412	15398

Fonte: modificada de ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

(1) Estimado pelo Bureau of Mines - Departamento do Interior dos EUA

(2) A partir de 1990, unificação da Alemanha Oriental e Ocidental

(3) Até 1991, incluído na informação da URSS

(4) Até 1991, incluído na informação da Iugoslávia

(5) Inclui alumínio secundário

(6) A partir de 1993, a produção da Tchecoslováquia passou a ser reportada como Eslováquia

(7) Incorporada a União Europeia em 1994

(8) inclui ligas primárias

Tabela 5. Reservas e produção mundial de bauxita - 1995

PAÍSES	RESERVAS ⁽¹⁾		PRODUÇÃO	
	(10 ⁶ t)	(%)	(10 ³ t)	(%)
Brasil	3.910	13,6	9.700	8,8
Austrália	7.900	27,4	42.700	38,9
Guiné	5.900	20,5	14.500	13,2
Jamaica	2.000	6,9	12.000	10,9
Índia	1.200	4,2	5.500	5,0
Guiana	900	3,1	2.100	1,9
Grécia	650	2,3	1.600	1,5
Suriname	600	2,1	3.400	3,1
Venezuela	350	1,2	5.000	4,6
Hungria	300	1,0	900	0,8
Outras	5.600	17,7	12.400	11,3
TOTAL	28.810	100,0	109.800	100,0

Fonte: adaptada MARTIRES (1996)

Notas: Reservas - dados estimados, exceto Brasil

(1) Inclui reservas medidas e indicadas.

Tabela 6. Participação dos principais produtores nacionais de bauxita - 1995

EMPRESA	PARTICIPAÇÃO (%)
<i>Mineração Rio do Norte (MRN)</i>	74,1
<i>Cia. Brasileira de Alumínio (CBA)</i>	13,0
<i>ALCOA</i>	7,0
<i>ALCAN</i>	3,7
<i>Outros</i>	2,2
TOTAL	100,0

Fonte: adaptada de MARTIRES (1996)

Tabela 7 . Produção de bauxita e alumina: 1993 - 1995

Unidade: 1000t

PRODUTORES/DESTINO	BAUXITA			ALUMINA		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995
PRODUÇÃO (1)	9.669,0	8.673,3	10.214,1	1.853,2	1.867,2	2.141,3
<i>Alcan Alumino do Brasil S/A Ouro Preto - MG</i>	324,4	329,8	373,8	122,7	114,0	120,1
<i>Alcan Alumino do Brasil S/A São Luis - MA</i>				101,6	106,7	109,8
<i>Alcoa Alumino S/A</i>						
<i>Poços de Caldas - MG</i>	599,4	611,1	622,0	259,5	265,8	263,0
<i>São Luis - MA</i>				548,7	562,7	592,8
<i>Alunorte</i>						215,4
<i>Billiton Metais S/A</i>				365,8	384,3	397,1
<i>CBA - Cia. Bras. de Alumino</i>	1.129,4	1.132,0	1.017,7	454,9	433,7	443,1
<i>MRN-Min. Rio do Norte S/A</i>	7.320,4	6.257,5	7.835,8			
<i>Outros</i>	295,4	342,9	364,8			
<i>Importações (2)</i>	0,1	5,1	0,2	851,1	683,3	366,8
<i>Suprimento (1+2)</i>	9.669,1	8.678,4	10.214,3	2.704,3	2.550,5	2.511,7
<i>Exportações</i>	6.502,8	4.416,0	5.045,7	183,4	288,7	247,6
<i>Consumo Doméstico</i>	4.806,7	4.655,3	5.640,1	2.315,5	2.322,2	2.381,0
<i>Usos Metálicos</i>	4.441,8	4.246,7	5.227,8	2.268,5	2.271,1	2.317,0
<i>Outros Usos</i>	364,9	408,6	412,3	47,0	51,1	64,0

Fonte: adaptada de ANUARIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

5. ALUMÍNIO PRIMÁRIO: CONSUMO, CAPACIDADE, EXPANSÕES E PROJETOS

5.1. CONSUMO

5.1.1. Consumo per capita

O consumo *per capita* de alumínio pode ser considerado como um índice do grau de desenvolvimento econômico e industrial de um país, conforme verifica-se na tabela 8, que compara evolutivamente o consumo *per capita* de alumínio e a renda *per capita* brasileira com os mesmos índices referentes às mais desenvolvidas economias mundiais, nos anos de 1985 e 1994.

Embora o consumo *per capita* brasileiro tenha alcançado 3,2 kg/hab./ano em 1995, o país mantém-se distante dos níveis verificados nos países desenvolvidos, cujo consumo médio é da ordem de 20 kg/hab./ano (tabela 10).

Segundo o ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995), esse número poderá sofrer ligeiros acréscimos a curto prazo, se confirmada a previsão de triplicação da produção de latas de alumínio para bebidas gaseificadas, como consequência do aumento de consumo desses líquidos no país.

5.1.2. Consumo por setor

O consumo de alumínio primário brasileiro por setor no ano de 1994, em termos percentuais e em relação às economias mundiais desenvolvidas, é mostrado na tabela 9. Verifica-se que as primeiras colocações couberam à Itália (construção civil); França (transportes e indústria de eletricidade); Brasil e Japão (praticamente empatados no setor de bens de consumo e manufaturados); Espanha (embalagens) e Alemanha (máquinas e equipamentos).

5.2. CAPACIDADES INSTALADAS, PROJETOS NOVOS E DE EXPANSÃO

A capacidade instalada brasileira de produção de alumínio primário manteve-se praticamente inalterada desde 1994, somando 1,222 milhão de toneladas, e deverá permanecer nesse patamar, pois, a curto prazo, não há previsões de expansões.

A ALBRÁS, localizada em Belém (PA), deverá manter a atual capacidade instalada de produção de 345 mil toneladas de alumínio primário.

A ALCAN, após a retomada de sua capacidade total de produção de 58 mil toneladas na fábrica de Aratu (BA), deverá manter a produção de 51 mil toneladas/ano na unidade de Ouro Preto.

Sem previsão de expansão, a ALCOA deverá manter a produção de 91 mil toneladas na fábrica de Poços de Caldas (MG) e de 193 mil toneladas/ano na usina ALUMAR, projeto conjunto da ALCOA e BILLITON METAIS S/A, em São Luís (MA).

A unidade VALESUL em Santa Cruz (RJ) e ALUMAR em São Luís (MA), da BILLITON METAIS S/A, deverão manter suas produções de 42 mil e 169 mil toneladas/ano, respectivamente.

A Companhia Brasileira de Alumínio - CBA vem estudando a viabilidade de expansão de sua fábrica em Alumínio (SP) das atuais 220 mil para 360 mil toneladas/ano, até o final dessa década.

Finalmente, não há previsões de expansão da capacidade instalada de produção da Vale do Rio Doce Alumínio - VALESUL, que deverá permanecer nas atuais 51 mil toneladas/ano (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL, 1995).

Bauxita, energia elétrica e mão-de-obra são os três principais insumos básicos necessários à indústria do alumínio.

Em 1995, a indústria brasileira do alumínio consumiu 18.189,5 GWh de energia elétrica para produzir 1.188,1 mil toneladas de alumínio primário, com consumo médio de 15,3 MWh por tonelada de alumínio produzida. A indústria da alumina consumiu, no mesmo período, 1.154,6 GWh para produzir 2.141,3 mil toneladas de alumina.

Em termos percentuais, a produção de alumínio primário consumiu 6,1% de toda a energia elétrica produzida no país em 1995, ou 6,5% do total, se considerada também a energia utilizada na produção de alumina.

Antes da promulgação da Lei 8.987, que trata da concessão e permissão da prestação de serviços públicos pela iniciativa privada, incluída aí a energia elétrica, a geração e distribuição dessa energia constituía monopólio da União, através de suas empresas estatais (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL, 1995).

Dentro do panorama econômico atual do país, a demanda por energia elétrica tende crescer progressivamente no correr dos próximos anos, enquanto a capacidade instalada de geração tende a manter-se inalterada, como consequência da exaustão da capacidade de investimento do Estado em novos projetos de construção de usinas hidrelétricas. Os recursos hídricos passíveis de aproveitamento para instalação de projetos energéticos de médio a grande porte nas regiões Sul e Sudeste, são cada dia mais raros. Hoje, recursos hídricos potencialmente favoráveis à instalação de grandes hidrelétricas estão localizados na região Norte, e os custos de produção, transporte, assim como as perdas decorrentes desse transporte, e distribuição dessa energia nas regiões Sul e Sudeste, onde concentram-se os produtores pioneiros do alumínio no Brasil, inviabilizariam qualquer projeto.

Segundo a Divisão de Planejamento e Economia Mineral do Departamento Nacional da Produção Mineral - DIPEM/DNPM, as reservas brasileiras de bauxita totalizaram 2,9 bilhões de toneladas (somadas as reservas medidas, indicadas e inferidas) no ano de 1991. Segundo a mesma fonte, 2,3 bilhões (aproximadamente 81% do total) estão localizadas no Estado do Pará; 387 milhões de toneladas (aproximadamente 14% do total) situam-se na Zona da Mata Mineira; 57 milhões de toneladas (aproximadamente 2% do total) concentram-se na região de Poços de Caldas (MG) e 6,5 milhões (apenas 0,23% do total), no denominado Quadrilátero Ferrífero, no Estado de Minas Gerais, distribuindo-se o restante pelos Estados do Amapá, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Santa Catarina e Maranhão. No estado de Minas Gerais, são ainda conhecidas ocorrências de bauxita nos municípios de Passa Quatro, Itatiaia, Itamonte e outros.

Essa distribuição geográfica das reservas conduz à conclusão de que, se nenhuma nova jazida de bauxita for descoberta nas regiões do Quadrilátero Ferrífero ou Poços de Caldas, as fábricas que dependem dessas reservas para seu suprimento veriam esgotar-se, a médio prazo, as fontes de matéria-prima. Consequentemente, nessas duas províncias os

produtores de bauxita, alumina e alumínio têm concentrado programas de prospecção sistemática intensiva de novas ocorrências, e a perspectiva é de que novas jazidas de bauxita sejam definidas antes da exaustão das atuais reservas remanescentes, ampliando a vida útil das fábricas.

Portanto, a médio e longo prazo, as fontes de fornecimento da matéria-prima para indústria do alumínio tendem concentrar-se na Zona da Mata Mineira e região Norte do país.

A província da Zona da Mata participa atualmente no abastecimento das fábricas de alumínio da ALCAN, situada em Ouro Preto (MG) e da CBA, situada em Alumínio (SP). Entretanto, o minério está longe das fábricas, a capacidade de transporte da Rede Ferroviária Federal é limitada, decorrente da manutenção precária e da bitola estreita inadequada ao transporte de grandes volumes. Assim, no contexto atual, a RFF não conseguiria garantir o suprimento sequer de 50% da demanda dessas empresas. Para viabilizar o transporte ferroviário da bauxita até as fábricas, toda a malha ferroviária deveria ser reformada, o que exigiria grandes investimentos. O capital teria que vir da iniciativa privada, pois a União não dispõe desses recursos para investimento. Por outro lado, o transporte rodoviário elevaria os custos de produção a níveis inviáveis.

A instalação de novas fábricas de alumínio na Zona da Mata dependeria da garantia de fornecimento de energia elétrica, dentre outros fatores. No entanto, a capacidade instalada de geração de energia das empresas estatais, provavelmente, não suportaria a demanda de novos grandes consumidores, sem o risco iminente e constante de colapso no sistema regional ou mesmo interestadual de abastecimento.

Outra alternativa seria a desativação futura das unidades de produção do Sudeste, deslocando-as para a região Norte onde, atualmente, todos os importantes produtores nacionais já estão presentes em associações que operam minas de bauxita e fábricas de alumina e alumínio. Para as comunidades e municípios que dependem das fábricas no Sudeste, como Ouro Preto, Mariana, Poços de Caldas e outras, a mudança seria catastrófica.

Se a região Norte detém as maiores reservas de bauxita e de recursos hídricos indispensáveis à instalação de novas hidrelétricas, é no Sul e Sudeste que ainda se concentra a mão-de-obra técnica, especializada e treinada para operação das minas e fábricas, dentro dos padrões de qualidade e produtividade exigidos.

Deslocar essa mão-de-obra e fixá-la na região Norte contribuiria para onerar os custos de produção, exigindo que as empresas assumam custos e benefícios que no Sul-Sudeste já estão disponíveis, através da estrutura social oferecida pelos estados e municípios. As condições climáticas, sociais e culturais do Norte contribuem para que a rotatividade dessa mão-de-obra seja superior àquela verificada nas regiões Sul e Sudeste.

Tabela 8. Consumo *per capita* de alumínio e renda *per capita*

Países	1985			1994		
	Consumo de alumínio (kg/hab.) (A)	Renda (mil US\$/hab.) (B)	(A/B) (kg/mil US\$)	Consumo de alumínio (kg/hab.) (A)	Renda (mil US\$/hab.) (B)	(A/B) (kg/mil US\$)
Alemanha	24,8	14,0	1,8	24,8	21,6	1,1
Argentina	1,2	3,8	0,3	3,3	9,0	0,4
Austrália	18,4	13,9	1,3	14,0	18,0	0,8
Áustria	12,6	12,0	1,1	20,0	24,6	0,9
Bélgica ⁽¹⁾	9,7	11,0	0,9	9,3	25,0	0,4
Brasil	2,6	3,0	0,9	3,0	3,4	0,9
Canadá	20,4	19,0	1,1	24,9	19,5	1,3
Dinamarca	8,8	15,6	0,6	18,9	28,4	0,7
Espanha	4,5	5,8	0,8	8,4	12,1	0,7
Estados Unidos	26,6	22,7	1,2	31,6	25,9	1,2
França	13,1	13,2	1,0	17,1	24,5	0,7
Holanda	13,4	11,9	1,1	25,1	21,8	1,1
Itália	13,7	10,1	1,3	20,4	17,8	1,1
Japão	21,5	15,0	1,4	30,3	36,7	0,8
Noruega	20,4	19,5	1,0	18,7	28,7	0,7
Reino Unido	10,0	11,0	0,9	14,0	17,6	0,8
Suécia	20,5	16,3	1,3	18,5	22,3	0,9
Suiça	18,9	19,6	1,0	20,9	36,8	0,6

Fonte: adaptada de ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

(1) Considerando consumo aparente sem variação de estoque

(A) Aluminium Statistical Review 1994; The Aluminium Association

(B) Departamento de Promoção Comercial - Centro de Documentação de Comércio Exterior - Itamarati
Câmara de Comércio Argentino Brasileira de São Paulo
Banco Central do Brasil

Tabela 9. Perfil do consumo de alumínio por setor em alguns países em 1994

Países	Setor (%)							Total
	Construção Civil	Transportes	Indústria de Eletricidade	Bens de consumo e manufaturados	Embalagens	Máquinas e Equip.	Outros	
Alemanha	21,6	28,9	5,5	4,1	10,3	10,3	19,3	100
Brasil	18,8	24,6	10,4	12,7	16,3	5,1	12,1	100
Espanha ⁽¹⁾	5,7	34,7	8,1	6,2	29,3	5,6	10,3	100
EUA	17,2	28,3	8,3	7,9	27,9	7,0	3,4	100
França	14,7	37,9	12,8	4,2	11,1	5,6	13,7	100
Itália	31,7	23,4	7,4	10,4	12,1	8,7	6,3	100
Japão	26,2	30,5	6,5	12,5	11,1	3,4	9,8	100
Reino Unido	16,1	22,7	5,1	4,3	25,7	8,5	17,7	100

Fonte: adaptada de ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

(1) Não inclui produtos extrudados

Tabela 10. Consumo *per capita* de alumínio

Países	1994	1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985
América do Norte										
Canadá ⁽¹⁾	24,9	23,7	21,9	21,1	22,7	27,8	26,8	22,1	19,2	20,4
Estados Unidos ⁽¹⁾	31,6	30,1	27,6	25,7	26,9	25,8	27,5	27,9	26,3	26,6
México ⁽¹⁾	2,5	3,0	2,8	2,8	2,5	1,6	1,3	1,3	1,3	2,2
América Central										
El Salvador	0,5	0,4	nd	nd	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0
Panamá	2,9	2,8	2,2	2,7	2,4	2,1	1,3	1,7	0,8	0,8
América do Sul										
Argentina ⁽¹⁾	3,3	3,2	3,0	2,4	1,5	0,4	2,3	2,6	2,1	1,2
Brasil ⁽¹⁾	3,0	2,6	2,2	2,3	2,2	2,7	2,6	2,9	3,1	2,6
Venezuela ⁽¹⁾	5,7	6,3	4,9	8,2	8,3	8,4	7,3	8,7	6,6	4,8
Ásia										
Arábia Saudita	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8,5	7,3	5,9	13,7
Cingapura	nd	nd	nd	nd	19,0	1,9	20,8	22,6	11,6	11,7
Coreia do Sul	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	4,5
Índia	nd	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Japão ⁽¹⁾	30,3	27,8	29,4	31,5	31,4	29,6	28,1	21,7	20,2	21,5
República das Filipinas	nd	nd	nd	nd	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
Taiwan ⁽¹⁾	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,8
Turquia	3,5	4,7	3,9	3,8	4,3	1,2	1,1	2,4	1,6	1,9
África										
África do Sul ⁽¹⁾	3,4	2,9	2,9	3,0	2,8	4,7	5,1	4,1	4,2	4,2
Camarões ⁽¹⁾	1,1	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	1,7	2,5	3,0	2,9
Oceânia										
Austrália ⁽¹⁾	19,6	17,5	16,5	17,7	18,6	19,6	20,3	18,8	17,3	18,1
Nova Zelândia ⁽¹⁾	15,9	13,0	11,2	8,0	10,2	11,2	10,3	11,9	10,2	10,1
Europa										
• União Europeia										
Alemanha ⁽¹⁾	24,8	21,5	25,4	25,1	29,6	29,2	27,2	26,2	25,5	24,8
Áustria ⁽¹⁾	21,6	19,6	23,4	20,0	21,5	21,6	18,1	14,1	14,5	12,6
Bélgica	9,3	3,9	12,3	12,5	12,4	7,7	10,8	8,0	10,6	9,7
Dinamarca	18,7	18,2	16,5	16,4	17,7	13,5	10,4	8,5	9,5	8,8
Espanha ⁽¹⁾	8,4	8,0	7,6	7,4	7,4	7,0	6,9	6,7	5,7	4,5
França ⁽¹⁾	17,1	14,5	17,1	17,2	17,6	17,4	16,5	14,6	14,3	13,1
Grécia	nd	4,7	9,0	11,1	5,8	6,3	6,5	1,8	1,5	3,9
Holanda ⁽¹⁾	25,0	22,0	17,1	15,0	16,0	17,5	17,5	14,7	15,0	13,4
Irlanda	nd	7,7	5,9	5,2	6,1	5,2	4,4	5,3	5,0	4,5
Itália ⁽¹⁾	20,4	17,3	20,1	20,0	19,3	19,1	18,0	16,5	14,6	13,7
Portugal	nd	nd	7,0	6,3	6,3	6,0	5,4	5,5	5,0	4,3
Reino Unido	14,0	15,6	13,9	10,4	12,0	11,5	11,4	10,9	10,3	9,9
Suécia ⁽¹⁾	21,2	20,4	18,8	18,6	21,4	22,6	22,8	21,4	20,5	20,5
Suíça ⁽¹⁾	21,0	16,8	17,5	19,4	22,6	24,2	18,8	18,8	20,4	18,9
• Outros										
Finlândia	13,1	8,0	9,4	8,8	10,4	11,2	10,8	11,2	8,7	6,3
Hungria ⁽¹⁾	nd	nd	nd	nd	15,2	16,1	17,0	17,7	16,9	14,7
Islândia	12,0	9,3	11,7	18,1	5,4	13,8	14,7	12,5	8,2	7,9
Noruega ⁽¹⁾	21,1	27,8	19,4	18,7	19,0	26,6	21,2	14,5	18,4	20,4

Fonte: adaptada de ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABAL (1995)

(1) Nos países assinalados foi considerada a variação de estoques

6. CONSTATAÇÕES E CONCLUSÕES

- 1) a bauxita, um minério de origem laterítica, apresenta elevada complexidade. Por outro lado, sua destinação a usos metálicos e não-metálicos é muito ampla, exigindo a perfeita caracterização tecnológica do minério. Grande parte dos cuidados em caracterizar as bauxitas são tomados na fase de pesquisa mineral e, posteriormente, no desenvolvimento e lavra das jazidas;
- 2) a complexidade dos depósitos de bauxita, suas características genéticas, a necessidade de obtenção de amostras representativas, confiáveis e adequadas à sua perfeita caracterização, visando os diversos usos do minério e a importância econômica do segmento bauxita-alumina-alumínio, exigem a aplicação de metodologias adequadas de pesquisa mineral para avaliação do potencial de cada depósito;
- 3) a indústria do alumínio e, conseqüentemente, da bauxita e alumina destaca-se na economia nacional. O Brasil detém a terceira maior reserva de minério, é o quarto maior produtor de bauxita e o sexto produtor de alumínio primário, em termos mundiais;
- 4) confirmada a previsão da manutenção da capacidade instalada de produção de alumínio primário pela indústria brasileira, provavelmente a extração de bauxita não deverá experimentar expansão, a não ser que ocorra significativo aumento das exportações do minério;
- 5) O programa de Qualidade Total, implantado na Mineração Rio do Norte há quatro anos, permitirá um ganho de 1 milhão de toneladas de bauxita beneficiada em 1996, de 8,5 para 9,5 milhões de toneladas, sem necessidade de ampliar a capacidade instalada. Esse aumento de produção deverá complementar necessidades da ALUNORTE, que iniciou produção em julho/95 e deverá atingir sua capacidade plena de produção de 1,1 milhão de toneladas de alumina até meados de 1997;
- 6) se novas jazidas de bauxita não forem definidas nas regiões do Quadrilátero Ferrífero e Poços de Caldas, no Estado de Minas Gerais, a tendência é de que as fontes de matéria-prima se desloquem para as províncias da Zona da Mata Mineira e do Estado do Pará;
- 7) a província da Zona da Mata, para atingir seu pleno desenvolvimento, necessitaria de investimentos, governamentais ou privados, para modernização e expansão da rede ferroviária regional e da capacidade de geração de energia elétrica;
- 8) a exaustão das reservas de bauxita do Quadrilátero Ferrífero e de Poços de Caldas, e a conseqüente provável desativação das fábricas de alumina e alumínio, que dependem dessas reservas, seria catastrófica para as comunidades e os municípios que as abrigam e delas dependem em termos econômicos e sociais. A necessidade de continuar a produção tem levado as empresas que operam nessas regiões a implantarem programas de prospecção contínuos e sistemáticos, com o objetivo de detectar novas ocorrências e ampliar as reservas;
- 9) a energia elétrica é o principal insumo necessário à produção do alumínio primário. No Brasil, as tarifas para os produtores sempre estiveram em patamares elevados nos últimos anos, mantendo-se ainda altos nos dias atuais;
- 10) a capacidade de geração de energia elétrica no Sul e Sudeste, através da construção de novas e grandes hidrelétricas, encontra-se praticamente exaurida. Por outro lado,

a União não dispõe dos recursos financeiros necessários à expansão da atual capacidade instalada de geração;

- 11) a região Norte detém, praticamente, a quase totalidade das reservas de bauxita e dos recursos hídricos para a instalação de novas hidrelétricas de grande porte, dois dos insumos básicos da indústria do alumínio. Portanto, havendo investimentos na geração de energia e infra-estrutura básica, é de se supor que para lá se desloque, no futuro, a indústria produtora de alumínio no Brasil;
- 12) o custo elevado da energia elétrica, a incapacidade de investimentos da União na expansão da capacidade de geração, têm impulsionado a indústria do alumínio a buscar na autogeração uma solução para reduzir custos e aumentar a competitividade. Com a promulgação da Lei nº 8.987, é no setor da autogeração de energia elétrica, através da construção de hidrelétricas de pequeno a médio porte destinadas a suprir parte de suas demandas, que provavelmente se concentrarão os maiores investimentos dos produtores nacionais de alumínio, a médio e longo prazo.

De acordo com MÁRTIRES (1996), a VALESUL programa investir, ao longo de quatro anos, R\$ 100 milhões para construir cinco pequenas hidrelétricas (quatro no Rio de Janeiro e uma em Minas Gerais), aumentando sua capacidade atual de 50 MW para 120 MW. Outros produtores deverão seguir o mesmo caminho, visando redução dos custos de produção e, conseqüentemente, obter maior competitividade no mercado internacional. Afigura-se como fonte energética potencial, o gás natural, mediante termoeletricas;

- 13) dispondo de grandes reservas de bauxita e de recursos hídricos abundantes, a região Norte, entretanto, enfrenta o problema de disponibilidade e fixação da mão-de-obra técnica, especializada e treinada para operar suas minas e fábricas, como conseqüência da parca infra-estrutura existente, dos fatores climáticos, sociais e culturais, dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, W. H. Uses and specifications of bauxite. In: BAUXITE SYMPOSIUM, Los Angeles, 1984. **Bauxite**: proceedings. New York, SME, 1984. cap. 3, p. 49-63.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). São Paulo, 1993.
- _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). São Paulo, 1994.
- _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). São Paulo, 1995.
- BARDOSSY, G. Die entwicklung of bautigeologie seit 1950. In: SYMP. BAUXITES OXYDES HYDROXYDES D'ALUMINIUM, Zagreb, 1963. **Proceedings**. Zagreb, v. 1, p. 31-50, 1964.
- BARDOSSY, G. **Karst bauxites**: bauxite deposits on carbonate rocks. Amsterdam - Oxford - New York, Elsevier Scientific Publishing Co., 1982.
- BERTHIER, P. Analyse de l'alumine hydratée des Baux. Département des Bouches du Rhône. **Annales de Mines**. v. 6, p. 531-4, 1821.
- BRANCO, P. M. **Dicionário de mineralogia**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982.
- BUSEN, R. Darstellung des magnesiums auf elektrolytischem Wege. **Ann. Chem.** v. 82, p. 137-45, 1852.
- COSTA, M. T. Gênese e ocorrência de bauxita no Serro e regiões vizinhas, MG. In: SEMANA DE ESTUDOS ALUMÍNIO E ZINCO, 2., Ouro Preto, 1961. **Alumínio e Zinco**. Ouro Preto, SICEG, 1962. p. 3-24 (Publicação SICEG, 2).
- DOUGLAS, C. G. C.; HILL, V. G.; LYEW-AYEE, P. A. Mineralogy and process characteristics of jamaican bauxites. In: BAUXITE SYMPOSIUM, Los Angeles, 1984. **Bauxite**: proceedings. New York, SME, 1984. cap. 15, p. 349-69.
- DUFRENOY. **Traité de minéralogie**. Tomo II. 2. ed., 1856.
- FERREIRA, J. B. **Dicionário de geociências**. Ouro preto, Fundação Gorceix, 1980.
- FULFORD, G. D.; SABISTON, G. H. Aspect of bauxite mineralogy in alumina recovery. In: FOURTH ALCAN MINING AND GEOLOGY CONFERENCE, Montreal, 1989. **Proceedings**. Montreal, 1990. v. I, p. 142-75.
- GINSBERG, H. **Aluminium** (Diemetallischen Rohstoffe, 15). Enke, Stuttgart, 1962.

- HARDER, E. C.; GREIG, E. W. **Bauxite, Industrial minerals and rocks**. Grillon, J. L. et al. eds. 3. ed. New York, AIME, p. 65-85, 1960.
- HILL, V. G.; OSTOJIC, S. The characteristics and classification of bauxites. In: **BAUXITE SYMPOSIUM**, Los Angeles, 1984. **Bauxite: proceedings**. New York, SME, 1984. cap. 2, p. 31-48.
- KITAISKY, Y. D. **Prospecting for minerals**. Moscow, Foreign Languages Publishing House, s. d.
- LIEBRICH, A. Beitrag zur kenntnis der bauxitez vom Vogelsberg. **Ber. Oberhess. Ges. Natur. Heilk.** Giessen, Naturw. Abt., v. 28, p. 57-98, 1892.
- MACHADO, R. C. A indústria do alumínio no Brasil. In: **SEMANA DE ESTUDOS ALUMÍNIO E ZINCO**, 2., Ouro Preto, 1961. **Alumínio e Zinco**. Ouro Preto, SICEG, 1962. p. 61-88. (Publicação SICEG, 2.).
- _____. **Apontamentos da história do alumínio primário no Brasil**. Fundação Gorceix, Ouro Preto, 1985.
- MÁRTIRES, R. A. C. Alumínio. **Sumário Mineral**, v. 11, p. 20-1, 1991.
- _____. Alumínio. **Sumário Mineral**, v. 14, p. 24-5, 1994.
- _____. Alumínio. **Sumário Mineral**, v. 16, p. 18-19, 1996.
- PATTERSON, S. H. Bauxite reserves and potencial aluminium resources of the world. **U.S. Geological Survey Bull.**, n. 1228. Washington, 1967.
- _____. Bauxite and nonbauxite aluminium resources and production: an up date. In: **BAUXITE SYMPOSIUM**, Los Angeles, 1984. **Bauxite: proceedings**. New York, SME, 1984. cap. 1, p. 3-30.
- SAINTE-CLAIRE DEVILLE, H. **Ann. Chim. Phys.**, v. 43, n. 27. **Compt. Rend.**, v. 46, n. 452, 1854.
- VADASZ, E. **Bauxitföldtan**; Budapest, Akademiai kiado, 1951.
- VALETON, I. **Bauxites**. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1972.
- VAZ, T. A. F. Bauxita. **Anais da Escola de Minas de Ouro Preto**. Ouro Preto, 1931. n.22, p. 87-124.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Tapera Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI/003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/005 - Ajuste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI/012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico - W_i , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Boias Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maços Rochosos através de Envolvimentos de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES

BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN

BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES

BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA SALVADOR, HELMUT BORN

BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA, JOSÉ RENATO B. DE LIMA

BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominuição Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES

BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES

BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES

BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA

BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas - LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO

BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE

BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e Consequências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE

BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA

BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR

BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALLES LEAL FILHO

BT/PMI/044 - Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alveamento Químico - IVAN FALCÃO PONTES, LAURINDO SALLES LEAL FILHO

BT/PMI/045 - Pequena Empresa - A Base para o Desenvolvimento da Mineração - GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

BT/PMI/046 - Máquinas de Flotação - ROGÉRIO CONTATO GUIMARÃES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES

BT/PMI/047 - Aspectos Tecnológicos do Beneficiamento do Carvão de Candiota (RS) - ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/048 - Efeito das Dimensões de Provetas no Dimensionamento de Espessadores - ELDON AZEVEDO MASINI, ARTHUR PINTO CHAVES

BT/PMI/049 - Água no Processamento Mineral - RODICA MARIA TEODORESCU SCARLAT, ARTHUR PINTO CHAVES

- BT/PMI/050 - Drenagens Ácidas do Estéril Piiritoso da Mina de Urânio de Poços de Caldas: Interpretação e Implicações Ambientais - VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/051 - "Caracterização Tecnológica de Minérios Auríferos. Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Jazida de Salamangone, AP." - MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/052 - Ensino de Engenharia de Minas - WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/053 - Redistribuição de Tensões e Desenvolvimento da Zona Clástica em Túneis Circulares - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/054 - Projeto de Barragem para Reservação de Mistos de Minerais Pesados Rejeitados pelo Beneficiamento de Cassiterita na Mina do Pitinga - MARCELO PIMENTEL DE CARVALHO, EDER DE SILVIO, LINDOLFO DE SILVIO
- BT/PMI/055 - A Segurança e a Organização do Trabalho em uma Mineração Subterrânea de Carvão da Região de Criciúma - Santa Catarina - DORIVAL BARREIROS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/056 - Diagnóstico de Lixiviação para Minérios de Ouro - VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/057 - O Estado da Arte em Tratamento de Minérios de Ouro - RONALDO DE MOREIRA HORTA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/058 - Vias Subterrâneas em Rocha - Escavação por Explosivos - WILDOR THEODORO HENNIES, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/059 - Aumento da Seletividade na Separação da Fluorita/Calcita/Barita/Apatita por Flotação. Jazida de Mato Preto - PR - MONICA SPECK CASSOLA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMC/060 - Desenvolvimento de Processo para Extração de Gálio do Licor de Bayer por Resinas de Troca-Iônica de Poli (Acrilamidoxima) - WALDEMAR AVRITSCHER, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/061 - Estudo de Aspectos Geomecânicos Aplicados ao Projeto de Minas Subterrâneas - EDUARDO CÉSAR SANSONE, LINEU A. AYRES DA SILVA
- BT/PMI/062 - Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo - OMAR YAZBEK BITAR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/063 - Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação/Adsorção da Mina de Fazenda Brasileiro - ÁUREA MARIA DIAS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/064 - A Nova Configuração da Indústria de Fertilizantes Fosfatados no Brasil - YARA KULAIF, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/065 - Estudos de Flotação em Coluna com Finos de Fosfato da Ultrafertil em Escala Piloto - JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/066 - Flotação da Apatita da Jazida de Tapira - MG - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO- LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/067 - Minerais Industriais: Conceituação, Importância e Inserção na Economia - FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/068 - Atividades Micro-Sísmicas e a Ruptura de Rochas - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/069 - Metodologia para Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Minerais - LÍLIA MASCARENHAS SANT'AGOSTINO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/070 - Aplicação de Modelos Numéricos ao Projeto de Escavação por Explosivos de Túneis e Galerias - LUIZ CARLOS RUSILO, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/071 - O Estado da Arte da Cianetação de Minérios Auríferos - ROBERTO GOULART MADEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/072 - Revisão da Indústria Mineral de Titânio - ANTÔNIO HELENO DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/073 - Sistematização de Casos de Instabilidades em Encostas Rochosas no Município de Santos, Através de Nova Metodologia de Avaliação de Estabilidade - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/074 - A Minero-Metalurgia e suas Ligações com a Geologia e suas Engenharias de Minas, Metalúrgica e Química - RICARDO ALVARES DE CAMPOS CORDEIRO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

BT/PMI/075 - A Redução da Umidade de Minérios de Ferro com o Emprego de Microondas - FERNANDO LEOPOLDO VON KRÜGER, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES

BT/PMI/076 - Estimação de Parâmetros do Modelo Cinético de Moagem - CLÁUDIO FERNANDES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES