



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

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME**

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

### **BANCO MUNDIAL**

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

#### **PRODUTO 16**

Titânio

#### **Relatório Técnico 36**

Perfil do Titânio

#### **CONSULTOR**

Juarez Fontana dos Santos

#### **PROJETO ESTAL**

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Fevereiro de 2010  
(versão 04)

## INDICE DO RELATÓRIO TÉCNICO 36

1. Sumário Executivo	pg. 3
2. Recomendações	pg.3
3. Apresentação	pg. 4
3.1 O Titânio	pg. 4
3.2 Minerais de minério de Titânio	pg. 4
4. A mineração de Titânio no Brasil: Características e evolução recente	pg. 5
4.1 Localização e distribuição da mineração de Titânio	pg. 5
4.2 Recursos e reservas de Titânio	pg. 5
4.2.1 Reservas nacionais de Titânio	pg. 5
4.3 Estrutura empresarial da mineração de Titânio	pg. 6
4.4 Parque produtivo	pg. 7
4.5 Recursos humanos na mineração e transformação do Titânio	pg. 7
4.6 Aspectos tecnológicos da mineração de Titânio e produção de TiO <sub>2</sub>	pg. 7
4.6.1 Jazida de Guaju – Mataraca – PB	pg. 7
4.6.2 Lavra e usina de processamento de Guaju – Mataraca – PB	pg. 8
4.6.3. Jazida e lavra de magnetita titanífera de Sta Bárbara de Goiás	pg. 9
4.6.4 Produção de dióxido de titânio	pg. 10
4.6.4.1 Processo rota sulfato	pg. 10
4.6.4.2 Processo rota cloreto (Processo Kroll)	pg. 10
4.6.4.3 A produção de dióxido de titânio no Brasil	pg. 11
4.7 Aspectos ambientais	pg. 12
4.8 Evolução da produção nacional de Titânio e seu valor	pg. 12
4.9 Evolução e tendência do preço do mercado	pg. 14
4.9.1 Concentrados minerais de titânio	pg. 14
4.9.2 Dióxido de Titânio	pg. 15
4.10 Investimentos na mineração de Titânio	pg. 15
5. Usos e destinação dos produtos da mineração de Titânio	pg. 16
6. Cenário Mundial	pg. 17
6.1 Consumo de Titânio	pg. 17
6.2 Evolução do consumo no Brasil	pg. 18
6.3 Projeção do consumo no país	pg. 19
7. Projeção da produção e das reservas de Titânio	pg. 21
7.1 Oferta mundial de concentrado de Titânio	pg. 21
7.2 Reservas mundiais de Titânio	pg. 21
7.3 Produção mundial de concentrado de titânio	pg. 22
7.4 Produção de dióxido de titânio	pg. 23
7.5 Produção futura de Titânio no país	pg. 24
7.6 Necessidade de reservas futuras de minério de titânio	pg. 25
7.7 Potencialidade	pg. 25
8. Projeção da necessidade de recursos humanos	pg. 25
9. Arcabouço legal, tributário e de incentivos financeiros e fiscais	pg. 25
10. Conclusões gerais	pg. 25
11. Bibliografia	pg. 26
Relação de tabelas e figuras	pg. 28

## 1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O Titânio metálico não é encontrado livre na natureza, porém é o nono elemento químico em abundância na crosta terrestre e está presente na maioria das rochas ígneas e sedimentares provenientes do intemperismo sobre as rochas ígneas portadoras de minerais de titânio. Dos diversos minerais portadores do metal, somente a ilmenita, leucoxeno e rutilo são utilizados comercialmente para a obtenção de titânio. Concentrados minerais de titânio, particularmente ilmenita e rutilo, constituem as matérias primas mais demandadas pela indústria de transformação.

Dentre seus compostos, o de maior uso (95%) é o dióxido de titânio,  $TiO_2$  empregado na fabricação de tintas usada na construção civil e também para uso artístico. Esse produto também é incorporado da produção de papel, pasta de dente, plásticos, etc.

No Brasil, o maior consumo de titânio é destinado à fabricação de tintas, esmaltes e vernizes (52%), seguido pela siderurgia (36%), produção de ferro-ligas (11%) e outras destinações como soldas, anodos para galvanoplastia, e indústria de pisos e revestimentos que absorve aproximadamente 1%.

Atualmente a principal mina de minério de titânio, localiza-se na costa nordeste do Brasil, no litoral paraibano, imediatamente à sul da fronteira do Estado do Rio Grande do Norte, no local denominado Guaju, no município de Mataraca, a aproximadamente 125 km de João Pessoa. A operação sob controle da Millennium é responsável por 75% da produção de concentrados de ilmenita e rutilo no território nacional.

A Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A é principal produtora de concentrados de titânio e a única produtora de dióxido de titânio no país e por recente incorporação à National Titanium Dioxide Company Ltd. ("Cristal") pertence ao segundo maior conglomerado produtor mundial de  $TiO_2$  e líder mundial na produção de produtos químicos a base de titânio.

A produção de dióxido de titânio no Brasil foi iniciada em 1971 com a inauguração da fábrica da antiga Tibras, pertencente ao Grupo Andrade Gutierrez. Inicialmente o minério era fornecido pela Nuclenom e importado da Austrália, no entanto a partir de 1975, com a descoberta da jazida de Mataraca na Paraíba, e da implantação da mina essa matéria prima (ilmenita) também passou a abastecer o complexo industrial da Tibras.

A fábrica da Bahia, localizada no Litoral Norte do Estado, próxima a Arembepe, a 20 km de Salvador, constitui a única planta integrada de  $TiO_2$  da América do Sul. Em 1983 devido a grande demanda de dióxido de titânio, a fábrica sofreu uma ampliação de capacidade para 50.000 t/ano e em 1997, foi novamente ampliada para 60.000 t/ano.

No início da década de 80 a produção nacional de minério de titânio apresentou uma sensível retração, porém nos últimos cinco anos ocorreu um crescimento notável que atingiu a taxa de 11,5% a.a. A produção mineral atual está praticamente estabilizada no patamar de 130.000 toneladas ano.

A evolução do consumo aparente de dióxido de titânio ocorrida no país ao longo das últimas três décadas indica que o consumo que era da ordem de 45 mil toneladas ano passou na atualidade para o patamar de 80 a 90 mil toneladas ano.

A projeção do consumo nacional de titânio até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda nacional poderá situar-se entre 150.000 e 374.000 toneladas ano, a depender do desempenho da economia nos próximos vinte anos.

Os resultados do estudo apontam que o consumo por habitante de dióxido de titânio no país projetado para 2030 deverá variar entre 0,69 e 1,73 kg/pessoa, que ainda ficará muito aquém do nível de saturação registrado em sociedades industriais amadurecidas que apresentam um nível de consumo per capita da ordem de 4,5 a 5,05 kg por habitante.

Assumindo-se como premissa que a produção de dióxido de titânio venha a crescer a uma taxa que mantenha a atual proporção de atendimento ao consumo interno (55%) e que a produção mineral mantenha a mesma proporção de participação no abastecimento de matéria prima da usina de dióxido de titânio, pode-se inferir que no ano de 2030:

- a produção interna de concentrado de titânio deverá variar entre um mínimo de 272.470 toneladas/ano e 535.650 toneladas/ano, requerendo investimentos variáveis entre R\$ 39 e 113 milhões;
- a produção interna de dióxido de titânio deverá variar entre 82.827 e 206.022 t/ano, requerendo um aumento de capacidade de produção da usina que iria exigir investimentos variáveis entre US\$ 415 milhões e US\$ 1 bilhão.

Tendo em consideração a necessidade de 2,5 toneladas de concentrado de titânio para a produção de uma tonelada de pigmento de  $TiO_2$ , para manter o mesmo nível atual de reservas, em 2030 seria necessário repor entre 2,52 a 6,20 milhões de toneladas a um custo de investimento estimado entre US\$ 5,5 e 13,5 milhões em prospecção mineral.

## **2. RECOMENDAÇÕES**

Após a realização do presente trabalho, o autor recomenda aos organismos do Ministério de Minas e Energia que estabeleçam mecanismos prévios de comunicação com o objetivo de informar as entidades e corporações envolvidas sobre a realização do estudo, visando facilitar o diálogo com os analistas encarregados do mesmo. A presente recomendação baseia-se na experiência vivida pelo autor, pois entidades de classe e empresas que foram formalmente convidados para confirmar dados coletados em outras fontes ou mesmo para prover informações sobre suas atividades não ofereceram resposta em nenhum momento.

Considerando o expressivo volume de reservas minerais de anatásio no país, fonte potencial de titânio que depende do desenvolvimento de processos metalúrgicos que permitam o seu aproveitamento econômico em regime competitivo, o autor recomenda que o Ministério de Minas e Energia, articulado com o Ministério de Ciência e Tecnologia, definam e desenvolvam projetos específicos neste sentido. No futuro o sucesso da iniciativa poderá atrair investimentos em novas unidades de processamento metalúrgico de titânio que modifique a atual situação de dependência da importação, particularmente de dióxido de titânio.

## **3. APRESENTAÇÃO**

O presente estudo, realizado sob regime de contratação de consultoria pela J.Mendo Consultoria, tem por finalidade fornecer elementos para a elaboração do Plano Doudecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral que será elaborado pelo Ministério de Minas e Energia – MME, com o suporte do Banco Mundial.

Inserido na Macro-Atividade 4.3 – A mineração brasileira, o Produto 26: Titânio; Relatório Técnico 36: Perfil do Titânio tem por objetivo caracterizar o Titânio, analisando seus usos, consumo, produção mineral, produção de dióxido de titânio, reservas minerais, projeção de demanda, projeção de investimentos, necessidade de recursos humanos, atualidade tecnológica, capacitação, aspectos ambientais e outros que o caracterizam.

### **3.1 O TITÂNIO**

O titânio foi descoberto em 1791, pelo reverendo inglês William Gregor (1761-1817) e sua denominação original faz referência aos titãs, os primeiros filhos da Terra, segundo a mitologia grega.

O titânio é o nono elemento mais abundante na Terra, é um elemento litófilo e apresenta forte afinidade por oxigênio. Apresenta brilho prateado é mais leve que o ferro e apresenta especial resistência à pressão e corrosão. É forte como o ferro, porém 45% mais leve. Por outro lado, é 60% mais pesado que o alumínio, mas duas vezes mais forte (resistente á deformação mecânica).

As ligas de titânio com alumínio, molibdênio, manganês, ferro e outros metais como vanádio tem grande aplicação industrial. São muito utilizadas na indústria aeronáutica e militar,

quando o propósito é obter materiais leves e muito resistentes á elevadas temperaturas. Um avião Boeing 747 demanda 43 toneladas de ligas de titânio e o modelo mais moderno da Airbus o A787 incorpora 91 toneladas de ligas de titânio.

O emprego de ligas de titânio em bijuterias, relógios, raquetes de tênis, laptops, bicicletas, óculos, etc. está tornando o seu uso cada vez mais freqüente. Entre seus compostos, o de maior uso (95%) é o dióxido de titânio,  $TiO_2$  empregado na fabricação de tintas usada no segmento de construção civil e também para uso artístico. Esse produto também é incorporado na produção de papel, pasta de dente, plásticos, etc.

### 3.2 MINERAIS DE MINÉRIO DE TITÂNIO

O titânio está presente em meteoritos e algumas rochas obtidas durante a expedição lunar da Apollo 17 mostraram a presença de 12% de Ti na forma de  $TiO_2$ . Os minerais que contem óxido de titânio de interesse econômico são: ilmenita, leucoxênio, rutilo e mais recentemente o anatásio e perovskita, todos de origem ígnea.

A **ilmenita** ( $FeTiO_2$ ) é o mineral de titânio de ocorrência mais comum e abundante. Apresenta-se na cor preta do ferro, cristalização hexagonal, romboédrica. Teoricamente possui 53% de  $TiO_2$  e 47% de Fe; pode conter pequenas quantidades de magnésio e manganês e, em muitos casos, até 6% em peso de  $Fe_2O_3$ . É um mineral opaco, brilho submetálico, dureza entre 5,0 e 6, 0, possui massa específica entre 4,10 e 4,80  $g/cm^3$ , pode ser magnética sem aquecimento.

O **leucoxênio** é geralmente reconhecido como um rutilo ou anatásio em granulometria muito fina, ou mistura dos dois com material amorfo. É um produto de alteração, contendo geralmente acima de 60% de  $TiO_2$ . Ocorre com titanita, ilmenita, perovskita ou outros minerais de titânio.

O **rutilo** ( $TiO_2$ ) é um mineral escasso, apresenta-se na cor vermelha e castanha avermelhado a preta, cristaliza-se no sistema tetragonal, tem brilho adamantino a submetálico, dureza 6,00 a 6, 50, massa específica 4,18 a 4,25  $g/cm^3$ . É um mineral subtranslúcido, podendo ser transparente, composto quase que essencialmente de  $TiO_2$ , podendo conter até 10% de impurezas.

O **anatásio** ( $TiO_2$ ) era um mineral conhecido, até pouco tempo, apenas em termos acadêmicos. Essa situação mudou com a descoberta de importantes ocorrências no Brasil. O anatásio, também conhecido como octaedrita, é um produto de alteração do rutilo e da brookita, cristaliza-se no sistema tetragonal, apresenta-se na coloração castanha no estado natural, contém de 98,4 a 99,8% de  $TiO_2$ . A massa específica do anatásio é de 3,9  $g/cm^3$ , sua dureza varia de 5,5 a 6, 0, tem brilho adamantino.

A **perovskita** ( $CaTiO_3$ ) é um mineral isométrico, encontrado usualmente nas rochas metamórficas de alto grau ou em rochas ígneas abissais. Apresenta-se nas cores preta, vermelha ou amarela, contendo de 38 a 58% de  $TiO_2$ , com peso específico 4,01  $g/cm^3$ , cristaliza-se no sistema ortorrômbico ou monoclinico, mas pode ocorrer no sistema pseudo-isométrico.

## 4. MINERAÇÃO DE TITÂNIO NO BRASIL: CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA MINERAÇÃO DE TITÂNIO

Atualmente a principal mina de minério de titânio, localiza-se na costa nordeste do Brasil, no litoral paraibano, imediatamente à sul da fronteira do Estado do Rio Grande do Norte, no local denominado Guaju, no município de Mataraca, a aproximadamente 125 km de João Pessoa. A operação sob controle da Millenium é responsável por 75% da produção de concentrados de ilmenita e rutilo no território nacional.

A operação de lavra da empresa Titânio Goiás localiza-se no município de Santa Bárbara de Goiás, que dista 120 km de Goiânia. A empresa explora minério de magnetita titanífera e responde atualmente por 20% da produção do minério de titânio produzido no país. Resíduos

da mineração de minerais radioativos processados pelas Indústrias Nucleares do Brasil compõem o restante da produção de minério de titânio no país.

## 4.2 RECURSOS E RESERVAS DE TITÂNIO

### 4.2.1 Reservas nacionais de titânio

O Brasil, figura como detentor da quinta maior reserva mundial de ilmenita. Outros importantes depósitos de ilmenita ainda não devidamente avaliados ocorrem ao longo da costa brasileira, na forma de depósitos de *placers* de praia ou em terraços marinhos, no litoral do nordeste, sudeste e sul do país. A Tabela 1 identifica os registros históricos relativos à evolução das reservas nacionais de titânio, composta por ilmenita, rutilo e leucóxênio.

O país também é o detentor das maiores jazidas de titânio na forma de anatásio conhecidas no mundo, avaliadas em 440 milhões de toneladas, com teores médios de 17,7% TiO<sub>2</sub>, que ocorrem nos estados de Minas Gerais e Goiás. A notável tonelagem desse tipo de minério de titânio deve ser registrada como um recurso explorável no futuro, tendo em vista que até o presente, apesar dos investimentos realizados pela Vale, não há comprovação de processos metalúrgicos técnica e economicamente viáveis que permitam a instalação de unidades industriais de processamento para o aproveitamento desse bem mineral. Também são conhecidas reservas de anatásio no Pará. Embora não exista produção comercializada, o minério de titânio que é lavrado como capeamento do minério de fosfato, é estocado em algumas minas de Goiás e Minas Gerais.

RESERVAS DE TITÂNIO NO BRASIL*							
TiO <sub>2</sub> contido em toneladas							
Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas	Período	Reservas
1978	51.995.180	1986	52.509.509	1994	40.327.358	2002	106.647.061
1979	54.141.213	1987	92.628.883	1995	67.470.626	2003	105.037.931
1980	54.354.750	1988	98.373.467	1996	69.288.551	2004	107.235.285
1981	10.330.891	1989	95.030.347	1997	84.287.076	2005	123.355.547
1982	25.542.695	1990	94.668.478	1998	82.882.291	2006	84.006.000
1983	24.088.757	1991	78.014.078	1999	83.749.900	2007	86.630.000
1984	23.618.898	1992	40.948.923	2000	83.163.189		
1985	51.547.098	1993	40.995.439	2001	104.722.103		

\* Reservas minerais de ilmenita, rutilo e leucóxênio;

Fontes: DNPM; Mineral Data – CETEM

**Tabela 1. Reservas de titânio no Brasil 1978 – 2007**

As reservas lavráveis de titânio se encontram na forma de ilmenita e rutilo, e segundo registros do DNPM são da ordem de 7.200.000 t, sendo que os depósitos mais importantes de ilmenita situam-se no estado da Paraíba (Mataraca) que acumulam 64% das reservas brasileiras registradas oficialmente pelo DNPM.

A produção de titânio no país conta com reservas lavráveis de ilmenita que garantem a produção para os próximos 15 anos, mantido o nível atual de exploração. A Millennium (Cristal) estuda duas alternativas para ampliar as reservas e a exploração da ilmenita: as importantes jazidas de Bojuru, no Rio Grande do Sul ou as jazidas de Goiás e Mato Grosso.

## 4.3 ESTRUTURA EMPRESARIAL DA MINERAÇÃO DE TITÂNIO

A Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A é principal produtora de concentrados de titânio e a única produtora de dióxido de titânio no país. A empresa Titânio Goiás S/A explora

magnetita titanífera de depósitos situados em Goiás, Pernambuco e Bahia e sua produção é direcionada para o mercado interno particularmente usinas siderúrgicas localizadas no centro oeste.

A Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A por recente incorporação à National Titanium Dioxide Company Ltd. (“Cristal”) pertence ao segundo maior conglomerado produtor mundial de  $TiO_2$  e líder mundial na produção de produtos químicos a base de titânio. A “Cristal” e a MIC controlam nove fábricas de dióxido de titânio em seis países e seu corpo de colaboradores é superior a 3.700 pessoas. Seu capital é controlado por uma holding de investidores do Oriente Médio, baseada na Arábia Saudita.

A unidade mineira da Paraíba teve suas operações certificadas pela norma ISO 9001 no ano de 2000 e ISO 14001 mais recentemente, em 2004. A fábrica de dióxido de titânio também foi certificada segundo os critérios da norma ISO 9001 em 2001.

A empresa atua segundo um programa de Atuação Responsável, definido por critérios de melhoria contínua em saúde, segurança, meio ambiente, confiabilidade e comunicação com a comunidade circundante. O programa de recuperação das dunas em Mataraca tem recebido reconhecimento de várias entidades nacionais, inclusive do IBAMA, que considera o mesmo como modelo para recuperação de áreas de dunas litorâneas. Neste trabalho os técnicos da Millennium restauram a fisiografia local e paralelamente restabelecem sua fauna e flora.

A fábrica da Bahia recebeu o prêmio Pólo de Segurança Ambiental nas edições 2003, 2004, 2005, 2007, categoria Cinco Estrelas, conferido pelo Comitê de Fomento Industrial do Pólo de Camaçari.

A atividade da Millennium no país é baseada nas melhores práticas sociais e técnicas a exemplo do que é desempenhado nos países líderes de produção de dióxido de titânio.

Um programa de melhoria da eficiência energética resultou na instalação de um turbo gerador próprio na fábrica da Bahia, unidade que proporciona 20% da energia demandada na atividade industrial, que resultou na diminuição de 11,2% do consumo de energia por tonelada métrica de produto manufaturado.

#### **4.4 PARQUE PRODUTIVO**

O parque produtivo é definido por duas minas a céu-aberto: uma de grande porte, localizada em Mataraca na Paraíba e uma de pequeno porte situada em Santa Bárbara de Goiás. Ambas dispõem de usinas de tratamento de minério, descritas nos itens a seguir, que resultam na produção de concentrados de minerais de titânio e outros minerais como subproduto.

#### **4.5 RECURSOS HUMANOS NA MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DO TITÂNIO**

Em suas operações no país, a Millennium emprega um total de 880 empregados diretos e mais 440 empregados na condição de colaboradores terceirizados, computando uma média de 1.320 empregados. Na operação da mina de Mataraca na Paraíba a empresa contrata diretamente 280 empregados e mais 140 colaboradores e na planta industrial de Camaçari na Bahia um total de 600 empregados e 300 colaboradores terceirizados.

Não foram obtidos dados sobre o número de colaboradores que operam na mina e usina de Santa Bárbara de Goiás.

#### **4.6 ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA MINERAÇÃO DE TITÂNIO E PRODUÇÃO DE $TiO_2$**

A produção comercial de minério de titânio no país é liderada pela Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A (PB), que detém 75,00% da produção nacional, seguida da empresa Titânio de Goiás S/A (GO), responsável por aproximadamente 20,00 % da produção e da Indústrias Nucleares do Brasil S/A (RJ) com 5,00%.

Assinala-se que a produção de concentrado de ilmenita magnetítica resultante da operação da empresa Titânio Goiás é incorporada ao processo siderúrgico para a produção de ferro gusa em pequenas usinas instaladas principalmente em Minas Gerais.

Recentemente a Millenium Inorganic Chemicals (MIC) realizou uma fusão com a National Titanium Dioxide Company Ltd. (Cristal), constituindo o segundo maior produtor mundial de dióxido de titânio. A Millenium passa a ser uma subsidiária com controle total da Cristal, que por sua vez tem 66% de suas ações controlada pela TASNEE, uma holding de investimentos da Arábia Saudita, com interesses em indústrias químicas e petroquímicas, e os demais 34% são controlados pela Gulf Investment Corporation (GIC) banco de investimentos estabelecido no Kwait e mantido por países do Oriente Médio.

#### **4.6.1 Jazida de Guaju – Mataraca - PB**

Atualmente a principal jazida de minério de titânio, localiza-se na costa nordeste do Brasil, no litoral paraibano, imediatamente à sul da fronteira do Estado do Rio Grande do Norte, no local denominado Guaju, no município de Mataraca, a aproximadamente 125 km de João Pessoa. A empresa detentora dos direitos de exploração mineral é a Millenium Inorganic Chemicals do Brasil S/A, pertencente à Lyondell Chemical Company, recentemente incorporada pela Global Crystal, detentora de 16% do mercado internacional de dióxido de titânio.

A jazida é constituída por depósitos sedimentares de origem secundária, constituídos por dunas de deposição recente, que recobrem as rochas sedimentares da Formação Barreiras. Os teores dos minerais pesados variam entre 3,3 e 5,00%, sendo explorados comercialmente ilmenita, zircão, rutilo e cianita. Os depósitos de Mataraca são comparáveis àqueles existentes nas dunas dos litorais maranhense e piauiense, porém diferem geneticamente dos depósitos litorâneos registrados nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia.

#### **4.6.2 Lavra e usina de processamento de Guaju – Mataraca – PB**

A lavra na mina de Guaju é realizada a céu aberto por desmonte mecânico, com o auxílio de uma draga de sucção e recalque, que escava a areia a partir da base da duna. O ângulo de repouso do talude das dunas é de 35°. A área dragada é denominada de bacia ou lagoa artificial, sendo preenchida pela água do ria Guaju e apresenta 250 m de comprimento, 200 m de largura e aproximadamente 10m de profundidade.

O material localizado na parte superior da jazida cai por gravidade ao nível de operação da lavra, formando uma polpa que é bombeada para a primeira etapa do processamento mineral localizada junto ao Complexo Draga, denominada planta móvel (flutuante). Ainda são utilizados monitores de desmonte hidráulico, acoplados à draga, para forçar a queda do material quando o mesmo não cai naturalmente.

No interior da planta móvel é realizada a primeira etapa de concentração (pré-tratamento) utilizando-se espirais Humphreys, onde são extraídos 1.100.000 t/mês de ROM com média aproximada de 80% de minerais pesados presentes. Os rejeitos são bombeados de tal forma a reconstituírem a topografia original das dunas.

O pré-concentrado é bombeado para uma pilha pulmão próxima à lagoa e posteriormente transportado por caminhão até a planta industrial, denominada planta fixa, onde é realizada a separação da ilmenita, zircão, rutilo e cianita, com o auxílio de separadores magnéticos e eletrostáticos, além de separadores gravimétricos, como mesas vibratórias e espirais.

A primeira etapa da planta fixa é denominada Separação Magnética Úmida (SMU), em que são empregados separadores magnéticos tipo rolo e carrossel. O concentrado magnético (pré-concentrado de ilmenita) alimenta a etapa denominada Via Seca Ilmenita (VSI). Na VSI são empregados separadores eletrostáticos do tipo rolo com eletrodo de tungstênio, separadores magnéticos TR do tipo tambor e ainda um separador eletromagnético de campo induzido.

O concentrado não magnético é conduzido para o processamento dos demais minerais de valor econômico. Nas etapas Via Úmida e Seca zirconita (VUZ e VSZ), utilizam-se mesas vibratórias e espirais Humphreys, sendo processados os pré-concentrados de zircão, rutilo e cianita.

A maior produção mineral é de ilmenita com aproximadamente 114.000 t/ano de concentrado, seguido pela produção de zircão, com 19.000t/ano, 1.950 t/ano de rutilo e finalmente 400 t/ano de cianita.

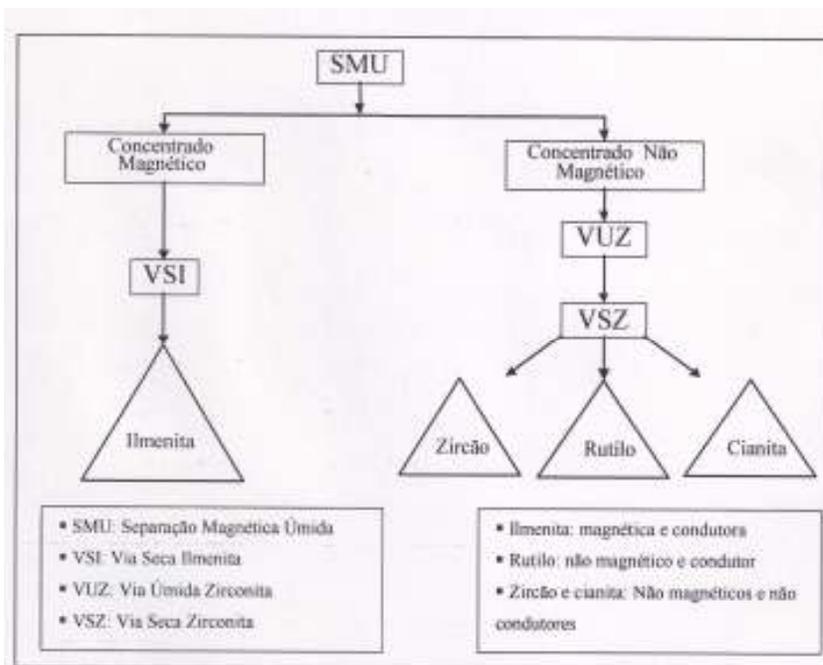


Figura 1. Fluxograma do tratamento do minério de Mataraca -PB

#### 4.6.3 Jazida e lavra de magnetita titanífera em Santa Bárbara de Goiás

A empresa Titânio Goiás S/A explora magnetita titanífera de depósitos situados em Goiás, Pernambuco e Bahia, que é comercializada na forma de magnetita titanífera bitolada e *sinter feed*, particularmente para a indústria siderúrgica para a adição direta ou produção de escória titanífera localizadas em Minas Gerais.



Fonte: Diagnóstico do Setor Mineral Goiano, 2002.

#### Figura 2. Fluxograma da mina e tratamento do minério em Santa Bárbara de Goiás

A operação da empresa Titânio Goiás localiza-se no município de Santa Bárbara de Goiás, que dista 120 km de Goiânia. A empresa iniciou suas atividades em 1988 através de um acordo de exploração da magnetita titanífera identificada em áreas concedidas à Metais de Goiás S/A – Metago.

O depósito mineral de ilmeno-magnetita de Santa Bárbara está associado ao um complexo ígneo gabro-anortositico. O minério ocorre na forma de camadas constituídas de imenita, magnetita, espinélio e hematita, encaixado em rochas gabróicas.

A faixa mineralizada apresenta uma extensão de 800 m de largura, com uma possança variando entre 50 e 200 m. O minério ocorre sob forma coluvial, saprólito com matações e a sua lavra raramente requer o uso de explosivos.

O fluxograma da operação de lavra e beneficiamento primário está figurado a seguir, onde são explicitadas as operações unitárias da planta.

A empresa tem como foco mercadológico as empresas de siderurgia localizadas na região sudeste do país. O concentrado de ilmenita obtido é adicionado em altos fornos mais antigos, tendo por objetivo garantir o aumento de sua vida útil. O titânio atua como corretivo para a escória, protegendo o cadinho e evitando o desgaste dos refratários que revestem os altos fornos.

Dentre os gargalos mais evidentes do empreendimento destaca-se o alto custo requerido pelo frete do concentrado e a demanda restrita e sazonal das indústrias siderúrgicas nacionais. Atualmente a empresa busca o desenvolvimento das vendas de concentrados de ilmenita no mercado externo, como forma de garantir estabilidade comercial e promover a ampliação de sua produção.

#### 4.6.4. Produção de dióxido de titânio

O dióxido de titânio na forma de pigmento branco foi descoberto em 1821, porém somente a partir de 1916 a tecnologia incorporada à sua produção permitiu a sua produção em grande volume em fábricas implantadas na Noruega. A partir de 1921 sua fabricação foi iniciada nos Estados Unidos sendo empregado na fabricação de tintas à base de óleo. O dióxido de titânio pode ser produzido em diversos padrões de pigmento branco, porém nenhum deles é utilizado em sua forma pura na indústria de tintas. O dióxido de titânio por não ser tóxico, substituiu o pigmento branco à base de chumbo, empregado anteriormente.

O dióxido de titânio provê uma tonalidade branca intensa, além de proteção UV. O pigmento de  $TiO_2$  pode ser obtido industrialmente através de dois processos: o processo industrial com rota sulfato, o mais tradicional e o processo cloreto (Kroll).

#### **4.6.4.1 Processo Rota Sulfato**

O processo sulfato foi pioneiro no emprego de uma tecnologia comercial para converter concentrados de ilmenita em dióxido de titânio. Uma de suas características é resultar em grande quantidade de sulfato ferroso e em um pigmento de qualidade inferior. Depois de 1996 não tem sido implantadas fábricas baseadas neste processo nos países ocidentais. A China é uma exceção, pois contando com grandes reservas ilmenita, o governo tem incentivado a construção de pequenas unidades industriais em base da rota sulfato.

O processo sulfato utiliza o concentrado de ilmenita como matéria prima e atua em regime semicontínuo. Apresenta maior complexidade que o processo cloreto e um elevado número de operações unitárias. Apresenta um menor custo inicial para a instalação industrial, porém requer mão-de-obra mais numerosa e consome grande quantidade de sucata ou escória de ferro, elementos que resultam no aumento do custo global da produção. Ao contrário do conceito geral, a geração de resíduos não constitui o maior problema das indústrias da rota sulfato, pois o resíduo é composto basicamente de sulfato ferroso, facilmente convertido em sulfato férrico, que possui amplo emprego em diversas indústrias, na alimentação animal e para o tratamento de água. No Brasil a Millenium, que possui uma fábrica na Bahia, mantém um acordo com a Kewater que aproveita integralmente todo o resíduo para fins de tratamento de água.

O real problema das fábricas que utilizam esta rota processual é o seu elevado custo operacional. A separação do titânio do ferro existente no minério, coma formação do sulfato é resultante de uma reação que requer a adição de mais ferro para deslocar o equilíbrio químico da reação para o sentido desejado. Este elemento é proporcionado pela adição de escória siderúrgica/ou sucata de ferro. Na Europa a quantidade de escória requerida é bem superior àquela requerida no processamento realizado no Brasil devido à baixa carga de ilmenita processada.

#### **4.6.4.2. Processo Rota Cloreto (Processo Kroll)**

As fábricas da rota cloreto baseiam-se em um processo de destilação com a formação do óxido em fase gasosa, com elevada precisão, originando um cristal homogêneo e de elevada pureza (Processo Kroll). O controle das partículas permite obter a tonalidade azulada do pigmento. O investimento inicial nesta planta industrial é mais elevado, porém a fábrica requer menor volume de mão-de-obra.

O volume de efluentes gerados é reduzido, praticamente em volume igual ao do material produzido, porém requer sistemas mais onerosos para seu tratamento antes da disposição final.

Esse processo requer que a ilmenita seja processada na forma de rutilo (rutilo sintético) e para a produção de uma tonelada de dióxido de titânio são requeridas 1,06 toneladas de rutilo sintético. O processo é utilizado exclusivamente na Austrália. O cloro reage com o rutilo sintético para a formação do tetracloreto de titânio, que por um processo de oxidação é purificado com a eliminação do ferro que se incorpora ao cloreto de ferro juntamente com as outras impurezas, que constitui o resíduo do processo. O consumo de cloro tem relação direta com a quantidade de óxido de ferro e alumina contidos no rutilo sintético, que normalmente é da ordem de 4%. Como o cloreto de ferro é prejudicial ao meio ambiente, o efluente é tratado com a adição de carbonato que resulta na formação de óxido de ferro e cloreto de cálcio que são dispostos no ambiente. Em plantas que utilizam o rutilo natural o processo resulta em menores quantidades de cloreto de ferro.

Após a remoção dos sais de vanádio, e posterior destilação fracionada, o tetracloreto de titânio puro é submetido a uma reação à alta temperatura com oxigênio que resulta na obtenção do dióxido de titânio.

Os produtos gerados pelos dois processos apresentam vantagens e desvantagens. Os pigmentos gerados através da via sulfato são usualmente mais macios, porém tendem a apresentar subtonalidades amareladas. Os pigmentos gerados pelo processo cloreto são mais duros, porém de menor granulometria, fato que proporciona melhor empacotamento nos filmes ou películas, facilitando o processo de opacificação. Os pigmentos obtidos via sulfato tem mais afinidade com as fibras de papel.

#### 4.6.4.3 A produção de dióxido de titânio no Brasil

A produção de dióxido de titânio no Brasil foi iniciada em 1971 com a inauguração da fábrica da antiga Tibras, pertencente ao Grupo Andrade Gutierrez. Em 1971 a Tibras fez uma parceria operacional com a Bayer que perdurou até 1971, quando a fábrica foi vendida para a Millenium Inorganic Chemicals. No período do acordo, a Bayer era responsável pela técnica e operação da fábrica e a Andrade Gutierrez pela comercialização do produto.

O minério era inicialmente proveniente da lavra e processamento de areias pesadas realizada pela Nuclemon suplementado pela importação da Austrália, no entanto a partir de 1975, com a descoberta da jazida de Mataraca na Paraíba, essa matéria prima (ilmenita) também passou a ser incorporada ao processo.

A fábrica da Bahia, localizada no Litoral Norte do Estado, próxima a Arembepe, a 20 km de Salvador, constitui a única planta integrada de  $TiO_2$  da América do Sul. Inicialmente a fábrica tinha uma capacidade nominal de produção de 22.000 t/ano e seu *scale-up* atingiu 33.000 t/ano em 1980. Em 1983 devido a grande demanda de dióxido de titânio, a fábrica sofreu uma ampliação de capacidade para 50.000 t/ano e em 1997, foi novamente ampliada para 60.000 t/ano.

A Millenium Inorganic Chemicals adquiriu a Tibras em 1998. Até maio de 2007, a Millenium pertencia à Lyondell, quando foi negociada para a empresa Cristal, uma afiliada da Saudi Arabia's National Industrialization Co.

A fábrica adota o processo sultato que utiliza ácido sulfúrico para extrair o titânio do minério. Cerca de 50% das necessidades da planta são atendidas por uma unidade de ácido sulfúrico que está instalada na própria fábrica. Outro produto da fábrica é o sulfato ferroso heptahidratado, utilizado no tratamento de água e efluentes, servindo também como matéria-prima para a fabricação de ração animal e outros produtos químicos.

A unidade fabril produz diversos produtos químicos. Com relação a dióxido de titânio, grande parte da demanda está relacionada a pigmentos, sendo que 86% da produção da Cristal é de  $TiO_2$ . O nome comercial do dióxido de titânio da empresa Cristal é TIONA

Sua produção de dióxido de titânio situa-se no patamar de 50.000 t/ano e atende 55 % da demanda aparente do mercado nacional. O restante do dióxido de titânio demandado pelo mercado nacional é importado pela Dupont (México e Estados Unidos); de produtores chineses; Tronox/KMG; e produtores ucranianos.

PRODUÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO NO BRASIL							
em toneladas							
Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção
1978	N.D.	1986	N.D.	1994	59.515	2002	115.034
1979	N.D.	1987	N.D.	1995	63.955	2003	94.000
1980	N.D.	1988	52.540	1996	65.535	2004	89.821
1981	N.D.	1989	46.139	1997	83.818	2005	90.347
1982	N.D.	1990	51.785	1998	90.000	2006	89.876
1983	N.D.	1991	44.498	1999	132.000	2007	89.289
1984	N.D.	1992	50.583	2000	108.000		
1985	N.D.	1993	60.128	2001	N.D		

\* Produção de pigmento (inclui acabamento realizado pela Dupont na unidade de Uberaba)

Fontes: DNPM; Mineral Data – CETEM

Tabela 2. Histórico da produção de  $TiO_2$  no Brasil

O fato de o país importar aproximadamente 45 % do dióxido de titânio que consome não constitui argumento que defina a decisão para a construção de nova fábrica no país. O mercado mundial é ofertante e não haveria retorno para este investimento. Por outro lado, as novas fábricas tendem a adotar a rota cloreto, para o qual a ilmenita não constitui a matéria prima desejável. Há ainda que se considerar o fato de que existem importantes reservas de rutilo em diversos países, particularmente na África, além de abundante escória de rutilo sintético no mercado internacional, que favorecem a implantação de fábricas da rota cloreto fora do país. A Dupont anunciou ao final de 2005 que construirá uma fábrica de dióxido de titânio na China, com capacidade inicial de 200.000/t que irá requer um investimento de US\$ 1 bilhão, que equivale a um investimento de US\$ 5 mil por tonelada de capacidade instalada.

#### 4.7 ASPECTOS AMBIENTAIS

A usina de TiO<sub>2</sub> da Millenium localizada na Bahia utiliza o processo sulfato que emprega o concentrado de ilmenita como matéria prima. Apresenta maior complexidade que o processo cloreto e um elevado número de operações unitárias. Ao contrário do conceito geral, a geração de resíduos não constitui o maior problema das indústrias da rota sulfato, pois o resíduo é composto basicamente de sulfato ferroso, facilmente convertido em sulfato férrico, que possui amplo emprego em diversas indústrias, na alimentação animal e para o tratamento de água. No Brasil a Millenium, que possui uma fábrica na Bahia, mantém um acordo com a Kewater que aproveita integralmente todo o resíduo para fins de tratamento de água.

A empresa atua segundo um programa de Atuação Responsável, sistema integrado, saúde, segurança e meio ambiente. A planta recebeu o Prêmio Polo de Segurança Ambiental nas edições de 2003, 2004 e 2005, categoria Cinco Estrelas, conferido pelo Comitê de Fomento Industrial do Pólo de Camaçari.

As emissões atmosféricas têm sido reduzidas continuamente, por meio de ações como da substituição de óleo diesel combustível, por gás natural, com a instalação de uma unidade oxidação úmida e a utilização de um novo catalisador na planta de ácido sulfúrico.

Com a introdução de um turbo gerador próprio, que produz 20% da energia demandada pela planta, o consumo de energia elétrica por tonelada métrica de produto manufaturado apresentou uma retração de 13,5% no período 2002 a 2007.

#### 4.8 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO NACIONAL DE TITÂNIO E SEU VALOR

Os dados históricos registrados na Tabela 3 indicam que na década de 90 a produção média anual de concentrados de titânio foi de 120.000 t. No início da década de 80 a produção nacional apresentou uma sensível retração, porém nos últimos cinco anos ocorreu um crescimento notável que atingiu a taxa de 11,5% a.a. A produção mineral atual está praticamente estabilizada no patamar de 130.000 toneladas ano.

Para a estimativa do valor da produção mineral nacional, considerando que a produção nacional não atende à demanda da indústria de transformação e que grande parte do produto bruto é importada, e que a produção de concentrado mineral do principal produtor (Millenium) está vinculada a uma indústria integrada e que o valor de transferência do concentrado mineral

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE TITÂNIO NO BRASIL							
em toneladas							
Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção	Período	Produção
1978	20.521	1986	61.933	1994	84.555	2002	81.000
1979	13.630	1987	128.182	1995	99.156	2003	84.320
1980	N.D	1988	141.053	1996	133.237	2004	133.000
1981	19.889	1989	146.786	1997	199.576	2005	130.000
1982	N.D	1990	80.590	1998	116.346	2006	130.142
1983	48.892	1991	87.331	1999	225.963	2007	133.000

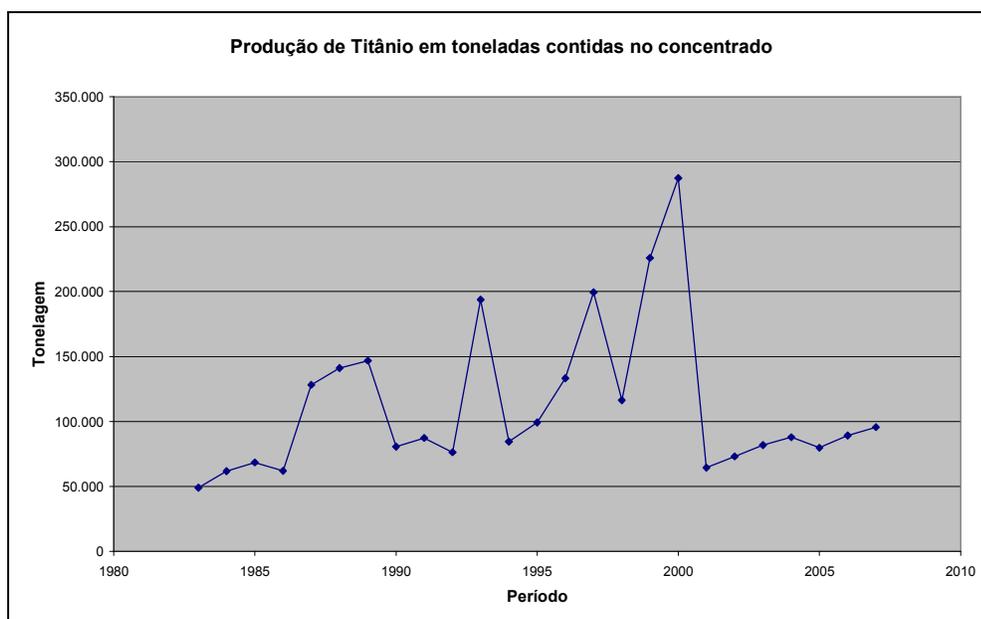
<b>1984</b>	61.814	<b>1992</b>	76.185	<b>2000</b>	287.422	<b>2008</b>	130.000
<b>1985</b>	68.442	<b>1993</b>	103.727	<b>2001</b>	64.450		

Fonte: DNPM, Mineral Data – CETEM

**Tabela 3. Produção de concentrado de titânio no Brasil**

não deve refletir o real valor de mercado, o autor utilizou como elemento de referência o preço FOB Austrália do concentrado de ilmenita, elemento essencial para a composição do abastecimento da indústria nacional de transformação do titânio.

Levando-se em conta o preço médio de US\$ 110,00/t para a tonelada de concentrado de titânio para o ano de 2008, o valor atual da produção nacional de concentrados de titânio é estimado em aproximadamente US\$ 14,3 milhões.



**Figura 3. Produção de Titânio em toneladas contidas no concentrado (1978-2007)**

Quanto à produção de dióxido de titânio, a usina de  $TiO_2$  da Millenium instalada na Bahia tem capacidade nominal de produção de 60.000 t/ano e nos últimos anos tem funcionado com 95% de sua capacidade nominal, resultando em um volume próximo a 55.000 t/ano. Esta produção é relativa ao processamento de 75% do total de concentrados de ilmenita produzidos internamente. Considerando-se o valor *cash* LME para o dióxido de titânio, o valor total da sua produção nacional é da ordem de US\$ 100 milhões anuais.

<b>PREÇO DO <math>TiO_2</math> - VALOR DA PRODUÇÃO NACIONAL</b>			
<b>Indicadores</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
<b>Preço <math>\Sigma</math> LME US\$ /t FOB</b>	2.020,00	1.847,00	1.879,00
<b>Produção de <math>TiO_2</math> (t)</b>	55.000	54.670	55.640
<b>Valor US\$ x 10<sup>3</sup></b>	111.100,00	100.975,00	104.547,56

**Tabela 4. Valor da produção nacional de dióxido de titânio**

Observa-se que desta estimativa foi expurgado do valor do produto nacional o pigmento de titânio produzido pela Dupont, que faz somente o acabamento no produto semi-industrializado importado de suas unidades existentes em outros países.

#### 4.9 EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO PREÇO DE MERCADO

##### 4.9.1 Concentrados minerais de titânio

Os preços internacionais dos concentrados de ilmenita e rutilo são cotados com base no mercado australiano, pelo fato da Austrália ser o maior exportador mundial desses minerais. A sensível diferença dos concentrados de ilmenita e rutilo é explicada pela abundância do primeiro escassez do segundo, cujos teores médios de comercialização são de 54% e 94% de TiO<sub>2</sub>.

EVOLUÇÃO DO PREÇO DO CONCENTRADO DE TITÂNIO* EEM US\$ em toneladas de TiO <sub>2</sub> contido							
Período	Valor	Período	Valor	Período	Valor	Período	Valor
1978	66,04	1986	76,61	1994	111,86	2002	95,74
1979	62,22	1987	92,87	1995	113,02	2003	98,29
1980	60,10	1988	127,40	1996	127,62	2004	91,18
1981	66,32	1989	121,54	1997	111,34	2005	76,73
1982	62,47	1990	120,25	1998	109,63	2006	85,44
1983	62,69	1991	113,82	1999	111,14	2007	111,11
1984	49,73	1992	99,75	2000	97,52		
1985	62,03	1993	93,87	2001	99,74		

\* Preço do concentrado FOB Austrália

Fonte: DNPM; USGS Mineral Commodities Yearbook

**Tabela 5. Evolução do preço do concentrado de titânio**

Ao longo das últimas décadas o preço US\$ FOB (Australia) do concentrado mineral a base de ilmenita comercializado mundialmente, calculado em valores constantes de 2008, apresentou um valor médio relativamente constante próximo a US\$ 100,00/t. Considerando a concentração setorial e elevada tonelagem das reservas disponíveis, os analistas prevêem que o preço do minério deverá manter seu preço no mesmo patamar em futuro próximo

##### 4.9.2. Dióxido de titânio

O registro dos preços nos últimos trinta anos, figurado na Tabela 7, demonstra quatro momentos importantes no mercado internacional de TiO<sub>2</sub>. O primeiro no período 1978 e 1969, foi caracterizado por um movimento de valorização continuada do produto que comercializado inicialmente no patamar de US\$ 3.00,00/t após sucessivas valorizações atingiu o seu valor máximo em 1969, quando chegou a ser comercializado a US\$ 5.156,00/t. Após severa desvalorização ao longo do período 1969 a 1993, o valor do dióxido de titânio estabilizou-se no patamar de US\$ 2.000,00/t, em que permaneceu com pequenas variações. O quarto momento reflete a situação atual, quando a partir de 1993 o produto sofreu nova corrosão dos preços até o ano de 2003. Neste período o preço foi rebaixado para um patamar de preços ligeiramente inferior, tendo então oscilado entre os valores de US\$ 1.800,00 a US\$ 2.000,00/t.

A principal causa da contínua erosão dos preços, que em valores constantes tem decrescido em média 1% ao ano ao longo dos últimos vinte anos é atribuída ao fato de que a capacidade global de produção de TiO<sub>2</sub> tem crescido em ritmo superior à demanda, fato

agravado pela elevada concentração desse segmento industrial, geralmente integrado verticalmente.

Cinco corporações transnacionais de origem americana (Dupont, Lyondell, Hurstman, Tronox e Kronos) respondem por cerca de 70% da capacidade mundial de produção de dióxido de titânio, sendo que o restante fora da China está sob responsabilidade de 20 a 30 pequenos produtores regionais.

Especialistas afirmam que há excesso de capacidade produtiva no mundo, fato que manteria o preço do produto deprimido. Adicionando-se o cenário de crise generalizada que afeta particularmente as economias dos países desenvolvidos, a expectativa em futuro previsível é de que o preço deste produto na melhor das hipóteses mantenha-se no atual patamar.

<b>EVOLUÇÃO DO PREÇO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO</b>							
LME em US\$ por tonelada *							
<b>Período</b>	<b>Valor</b>	<b>Período</b>	<b>Valor</b>	<b>Período</b>	<b>Valor</b>	<b>Período</b>	<b>Valor</b>
<b>1978</b>	3.005,00	<b>1986</b>	3.477,06	<b>1994</b>	1.936,56	<b>2002</b>	2.136,27
<b>1979</b>	3.188,03	<b>1987</b>	4.057,78	<b>1995</b>	2.744,97	<b>2003</b>	1.991,32
<b>1980</b>	3.767,80	<b>1988</b>	4.619,10	<b>1996</b>	2.353,38	<b>2004</b>	1.942,17
<b>1981</b>	3.275,73	<b>1989</b>	5.156,85	<b>1997</b>	2.204,01	<b>2005</b>	2.020,00
<b>1982</b>	3.041,02	<b>1990</b>	4.754,13	<b>1998</b>	2.654,96	<b>2006</b>	1.847,00
<b>1983</b>	2.890,16	<b>1991</b>	3.065,14	<b>1999</b>	2.547,19	<b>2007</b>	1.879,00
<b>1984</b>	2.791,27	<b>1992</b>	2.436,86	<b>2000</b>	2.315,57		
<b>1985</b>	2.825,35	<b>1993</b>	2.081,51	<b>2001</b>	2.194,39		

\* em valores equivalentes a US\$ 2008

Fonte: LME, DNPM, Mineral Data – CETEM

**Tabela 6. Evolução do preço do dióxido de titânio**

#### **4.10 INVESTIMENTOS NA MINERAÇÃO DE TITÂNIO**

Os registros históricos dos investimentos realizados na mineração de titânio no país, permitem caracterizar dois indicadores: de investimentos médios para a agregação de reservas de titânio, proporcionado pela aplicação em projetos de prospecção e pesquisa mineral e os investimentos médios requeridos para a ampliação da capacidade produtiva das minas/usinas de processamento do minério.

Segundo registros do MME, ao longo dos últimos trinta anos foram computados investimentos de US\$ 69,56 milhões (em valores equivalentes ao dólar americano médio de 2008), que no mesmo período resultaram na adição de um total de 31,82 milhões de toneladas de minério, caracterizando um indicador da ordem de US\$ 2,18 /tonelada de minério incorporada ao patrimônio mineral.

No processo de expansão da capacidade produtiva das minas e usinas de tratamento de minério no período entre 1978-2007 foi registrado um investimento global da ordem de R\$ 57,60 milhões (deflacionado ao valor médio de 2008), para a garantia de uma capacidade produtiva adicionada de 205,4 mil toneladas. O valor médio dos investimentos requeridos para a adição de uma tonelada de capacidade produtiva em minas e usinas ficou em R\$ 280,39.

Usinas de produção de dióxido de titânio com capacidade padrão de 200.000t/ano requer investimentos de US\$ 5.000/tonelada/ano.

#### **5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DE TITÂNIO**

O Titânio metálico não é encontrado livre na natureza, porém é o nono elemento químico em abundância na crosta terrestre e está presente na maioria das rochas ígneas e

sedimentares provenientes do intemperismo sobre as rochas ígneas portadoras de minerais de titânio. Dos diversos minerais portadores do metal, somente a ilmenita, leucoxeno e rutilo são utilizados comercialmente para a obtenção de titânio.

O emprego de ligas de titânio em bijuterias, relógios, raquetes de tênis, laptops, bicicletas, óculos, etc. está tornando o seu uso cada vez mais freqüente. Entre seus compostos, o de maior uso (95%) é o dióxido de titânio,  $TiO_2$  empregado na fabricação de tintas usada na construção civil e também para uso artístico. Esse produto também é incorporado da produção de papel, pasta de dente, plásticos, etc.

No Brasil, o maior consumo de titânio é destinado à fabricação de tintas, esmaltes e vernizes (52%) seguido pela siderurgia (36%), produção de ferro-ligas (11%) e outras destinações como soldas, anodos para galvanoplastia, e indústria de pisos e revestimentos que absorve aproximadamente 1% desse metal. A indústria nacional de eletrodos é responsável por mais de 95% do consumo nacional de rutilo. O consumo brasileiro de ferro-ligas de titânio, embora pequeno, passou a ser atendido pela importação. O produto é importado pelo setores siderúrgicos e de fundição, cujas ligas compreendem o ferro-titânio e o ferro-slício-titânio.

A utilização industrial do titânio mais notável é feito na forma de dióxido de titânio –  $TiO_2$ , obtido tradicionalmente através o emprego de duas rotas metalúrgicas principais: o processo cloreto e o processo sulfato.

Os pigmentos de dióxido de titânio têm grande aplicação na produção de tinta verniz (aproximadamente 50% do total) pela atribuição de elevado grau de refração à luz, opacidade e capacidade de ocultação de imperfeições existentes nas superfícies onde são aplicadas, além de sua inércia química e toxidade nula.

No cenário mundial, o segundo maior campo de aplicação dos pigmentos é na indústria papeleira, particularmente na fabricação de papel fotográfico. Todo o plástico básico produzido requer a adição de pigmento de titânio que também é requerido na produção de borracha para pneus, esmalte para porcelanas, encerados, revestimentos de paredes e fibras de vidro.

No futuro o  $TiO_2$  terá novas aplicações, algumas delas revolucionárias, a exemplo do dióxido de titânio ultrafino, na escala nanométrica, que opera como catalisador da quebra de compostos de  $NO_x$ , atualmente um grave problema ambiental. A idéia é utilizar tais pigmentos em revestimentos de obras civis e fachadas de prédios, transformando-os em grandes catalisadores ambientalmente corretos nas megalópoles do planeta. Tais ultrafinos não recebem tratamento superficial, com o objetivo de preservar suas atividades catalíticas de  $NO_x$  e já estão sendo testados em algumas cidades do mundo.

Quanto à fabricação do titânio metálico, existem atualmente seis tipos de processo disponíveis: “Kroll”; “Hunter”; processo de redução eletrolítica; processo de redução gasosa; redução com plasma e processos de redução metalotérmica. Dentre estes, destaca-se o processo Kroll, que é o responsável, até hoje, pela maioria do titânio metálico produzido no mundo ocidental.

O titânio metálico é geralmente produzido a partir da redução do tetracloreto de titânio ( $TiCl_4$ ) na presença de magnésio a 800 °C, em atmosfera de argônio, pois em presença do ar reagiria com o nitrogênio e oxigênio. Esse processo conhecido como “**processo Kroll**” foi desenvolvido em 1946 por William Justin Kroll, resulta na obtenção de um produto poroso denominado esponja de titânio que, posteriormente, é purificado para a obtenção do produto comercial.

Com o objetivo de atenuar o grande consumo de energia requerido pelo processo Kroll (1,7 maior que o necessário para a produção de alumínio), estão em desenvolvimento procedimentos de eletrólise com sais fundidos, mas ainda não tem aplicação comercial.

Na forma de metal e suas ligas, cerca de 60% do titânio são utilizados nas indústrias aeronáuticas e aeroespaciais, sendo aplicados na fabricação de peças para motores e turbinas, fuselagem de aviões e foguetes.

O restante é utilizado nos seguintes segmentos da economia:

- ☉ Indústria química, devido à sua resistência à corrosão e ao ataque químico;
- ☉ Indústria naval: o titânio metálico é empregado em equipamentos submarinos e de dessalinização de água do mar;

- ☉ Indústria nuclear: é empregado na fabricação de recuperadores de calor .
- ☉ Indústria bélica: empregado na fabricação de mísseis e peças de artilharia;
- ☉ Na metalurgia, ligado com cobre, alumínio, vanádio, níquel e outros, proporciona qualidades superiores aos produtos.
- ☉ Outra aplicação é o revestimento de eletrodos de soldar. que se dá somente com o rutilo,

## 6. CENÁRIO MUNDIAL

### 6.1 CONSUMO DE TITÂNIO

Aproximadamente 95% do titânio produzido no mundo são consumidos na forma de  $TiO_2$ . O dióxido de titânio na forma de pigmento tem como principal demanda as indústrias de tintas, papel, papelão e plásticos. O ritmo do consumo do produto apresenta uma relação direta com o desempenho da economia dos países desenvolvidos. É consumido em mais de 170 países, sendo que os maiores exportadores são os países da América do Norte e Austrália e os demais países do mundo, com raras exceções, são essencialmente importadores.

O valor global do mercado mundial de  $TiO_2$  em 2004 atingiu o valor de US\$ 9 bilhões e aproximadamente 60% do consumo mundial registrado é orientado para a industrialização de produtos orientados para a exportação.

A demanda mundial por dióxido de titânio, em bases estatísticas registradas pela SRI Consulting, apresentou um aumento substancial de 7,5% entre 2002 e 2004 e tem mantido ao longo das últimas décadas um crescimento histórico próximo a 3%a.a. Os analistas setoriais indicam que a taxa de crescimento histórico deverá se manter próximo a este valor, pois a demanda continua se intensificando particularmente nos países do sudeste asiático onde a taxa média de crescimento da demanda tem sido da ordem de 4,8%a.a.

CONSUMO DE TITÂNIO NO MUNDO (2004)		
Países ou regiões	Consumo em t $TiO_2$	% do Consumo mundial
Estados Unidos	1.230.492,95	28,12
Europa Ocidental	1.184.546,38	27,07
China	495.347,80	11,32
Japão	341.754,97	7,81
Europa central e leste	224.481,82	5,13
Brasil	65.637,96	1,50
Coréia do Sul	56.886,23	1,30
Canadá	55.573,47	1,27
Índia	42.445,88	0,97
América do Sul	38.070,01	0,87
Turquia	32.818,98	0,75
Outros países	604.807,50	13,89
Total	4.372.863,95	100,00

Fonte: SRI Consulting, CEH Report – Titanium dioxide.

**Tabela 7. Consumo de titânio no mundo (2004)**

O substancial aumento do consumo, liderado pelo setor de tintas, resulta do forte crescimento deste mercado em países como a China, Índia e Rússia. Com a contínua expansão do mercado chinês, a região do Pacífico e Ásia tornou-se o terceiro maior mercado mundial, com o consumo de pigmento de  $TiO_2$  atingindo 1,3 mt em 2005.

## 6.2. EVOLUÇÃO DO CONSUMO NO BRASIL

O quadro abaixo registra a evolução do consumo do óxido do metal ocorrido no país ao longo das últimas três décadas, indicando que o consumo que era da ordem de 45 mil toneladas ano passou na atualidade para o patamar de 80 a 90 mil toneladas ano. Independentemente das variações periódicas da atividade econômica registrada no ciclo dos trinta anos passados, o consumo aparente de  $TiO_2$  apresentou um crescimento linear de aproximadamente 2,45% ao ano.

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE TITÂNIO NO BRASIL*							
TiO <sub>2</sub> contido em toneladas							
Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo	Período	Consumo
1978	44.966	1986	73.912	1994	68.773	2002	99.334
1979	45.630	1987	115.228	1995	69.318	2003	67.861
1980	42.733	1988	128.611	1996	66.008	2004	74.381
1981	50.215	1989	148.803	1997	68.207	2005	59.839
1982	52.698	1990	85.138	1998	76.540	2006	69.873
1983	52.393	1991	44.312	1999	80.943	2007	90.151
1984	49.507	1992	54.740	2000	82.312		
1985	62.901	1993	62.481	2001	77.436		

\*Consumo aparente de  $TiO_2$  – contido em toneladas  
Fonte: DNPM; MME; Mineral Data – CETEM; Millenium

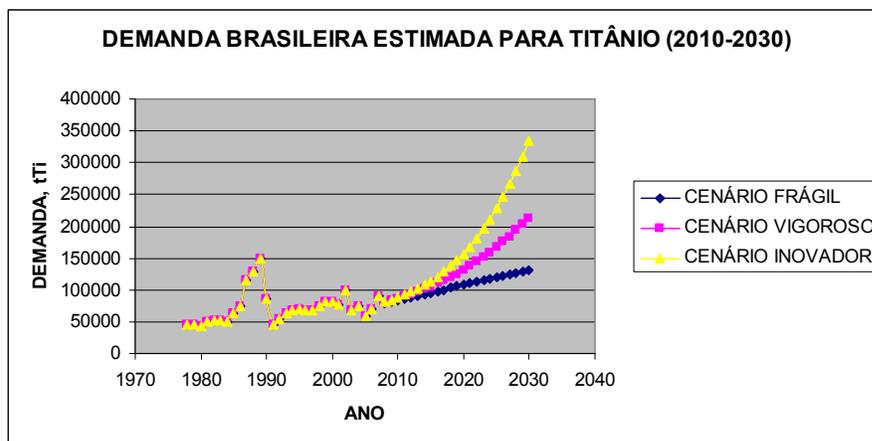
**Tabela 8. Evolução do consumo de titânio no Brasil**

Na atualidade o consumo nacional de  $TiO_2$  tem sua principal aplicação na indústria de tintas, que absorve 71% do produto, 25% na indústria de plásticos e os restantes 4% possui aplicações diversas. Em outros países, a exemplo dos Estados Unidos, o dióxido de titânio tem aplicação maior na indústria de papel, aonde chega a ocupar 21% do total da demanda nacional. No Brasil a adição de  $TiO_2$  no papel é pouco utilizada pelo fato de seu emprego ser exigido particularmente na produção de papel extrafino, tipo bíblia, pouco produzido no país. Por outro lado, os papéis de fibra longa, produzidos a partir de celulose de eucalipto que são dominantes no Brasil, já recebem cargas minerais de elevada alvura (caulin), que dispensa o emprego do pigmento de titânio.

## 6.3 PROJEÇÃO DE CONSUMO NO PAÍS

Para a projeção do consumo de titânio para os próximos anos foi empregado o modelo de Intensidade de Uso (IU) que utiliza como parâmetro básico a relação do consumo do metal e do PIB per capita e com o auxílio de equações de regressão, que permite projetar o consumo futuro, considerando-se cenários alternativos, desenhados em base de três hipóteses: Frágil, vigoroso e inovador, retratados na Tabela 10 e no gráfico da Figura 4.

O método de projeção de demanda baseado no modelo de intensidade de uso, introduz como variáveis os valores projetados do Produto Interno Bruto – PIB, a evolução da população, a relação PIB/Capita, o preço do bem mineral, preço dos bens substitutos, a intensidade do uso do bem e os indicadores setoriais da indústria.



**Figura 4. Demanda brasileira estimada para titânio (210-2030)**

As estimativas são realizadas a partir da projeção da taxa média de crescimento, baseada em valores históricos e no crescimento médio dos últimos anos. Os dados relativos à projeção do crescimento do PIB foram fornecidos pelos ensaios realizados pelos economistas do Projeto Estal e a projeção da evolução demográfica foi baseada nos estudos do IBGE, revisão de 2008.

O estudo indica que a depender do cenário econômico que se realizar, a taxa de crescimento do consumo de titânio poderá variar conforme as taxas assinaladas na tabela 10, consideradas para a projeção do consumo futuro consolidado na tabela 12.

A projeção do consumo per capita de titânio leva em consideração os indicadores publicados pelo IBGE e a projeção do consumo nacional, calculado para os três cenários. A Tabela 12 retrata a projeção do consumo per capita nos anos de encerramento dos planos plurianuais levando-se em consideração os três cenários mencionados anteriormente.

<b>PROJEÇÃO DA TAXA DE CONSUMO APARENTE DE TITÂNIO</b> % a.a.			
<b>Período</b>	<b>Cenário</b>		
	<b>Frágil</b>	<b>Vigoroso</b>	<b>Inovador</b>
<b>2008 - 2015</b>	2,50 % a.a.	4,00 % a.a.	5,00 % a.a.
<b>2015 - 2021</b>	2,80 % a.a.	4,50 % a.a.	6,50 % a.a.
<b>2021 - 2030</b>	2,00 % a.a.	5,00 % a.a.	8,00 % a.a.

**Tabela 9. Projeção da taxa de consumo aparente de titânio**

A análise da evolução demográfica no Brasil publicada pelo IBGE em sua revisão de 2008 indica a seguinte projeção para os próximos vinte anos:

<b>EVOLUÇÃO DEMOGRÁFICA NO PAÍS</b>	
<b>Período</b>	<b>Habitantes</b>
2011	193.252.000 habitantes
2015	200.881.000 habitantes
2019	205.970.000 habitantes
2023	210.441.000 habitantes
2027	214.209.000 habitantes

2030	216.410.000 habitantes
------	------------------------

Fonte: Evolução demográfica no Brasil – IBGE – Revisão 2008

**Tabela 10. Evolução demográfica no país 2011 - 2030**

O exercício de projeção de consumo nacional de titânio até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda poderá ser de variável entre 150.000 e 374.000 toneladas ano, a depender do desempenho da economia no período.

<b>PROJEÇÃO DO CONSUMO DE TITÂNIO</b> TiO <sub>2</sub> contido em toneladas			
<b>Período</b>	<b>Cenários</b>		
	<b>Frágil</b>	<b>Vigoroso</b>	<b>Inovador</b>
<b>2008</b>	90.000	90.000	90.000
<b>2009</b>	92.520	93.600	94.500
<b>2010</b>	95.110	97.344	99.225
<b>2011</b>	97.773	101.237	104.186
<b>Σ 2008 - 2011</b>	<b>375.403</b>	<b>382.181</b>	<b>387.911</b>
<b>2015</b>	109.192	118.433	126.639
<b>Σ 2008 - 2015</b>	<b>794.649</b>	<b>829.277</b>	<b>859.418</b>
<b>2019</b>	120.528	141.234	162.916
<b>Σ 2008 - 2019</b>	<b>1.259.407</b>	<b>1.358.758</b>	<b>1.453.814</b>
<b>2023</b>	131.103	170.854	218.568
<b>Σ 2008 - 2023</b>	<b>1.768.595</b>	<b>1.994.889</b>	<b>2.235.651</b>
<b>2027</b>	141.910	207.674	297.359
<b>Σ 2008 - 2027</b>	<b>2.319.758</b>	<b>2.768.109</b>	<b>3.299.332</b>
<b>2030</b>	150.596	240.408	374.587
<b>Σ 2008 - 2030</b>	<b>2.762.745</b>	<b>3.455.534</b>	<b>4.341.907</b>

**Tabela 11. Projeção do consumo de titânio no Brasil**

A projeção do consumo per capita de titânio leva em consideração os indicadores publicados pelo IBGE e a projeção do consumo nacional projetado, calculado para os três cenários: pessimista, realista e otimista. O quadro a seguir retrata a projeção do consumo per capita nos anos de encerramento dos Planos Plurianuais levando-se em consideração os três cenários mencionados anteriormente.

Os resultados do estudo apontam que o consumo per capita de dióxido de titânio no país projetado para 2030 deverá variar entre 0,69 e 1,73 kg/pessoa, que ainda ficará muito aquém do nível de saturação registrado em sociedades industriais amadurecidas que apresentam um nível de consumo per capita da ordem de 4,5 a 5,05 kg por habitante.

<b>PROJEÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA</b> kg de TiO <sub>2</sub> por habitante			
<b>Período</b>	<b>Cenários</b>		
	<b>Frágil</b>	<b>Vigoroso</b>	<b>Inovador</b>
<b>2011</b>	0,50	0,52	0,54
<b>2015</b>	0,54	0,59	0,63
<b>2019</b>	0,58	0,68	0,79
<b>2023</b>	0,62	0,81	1,03
<b>2027</b>	0,66	0,96	1,38
<b>2030</b>	0,69	1,11	1,73

**Tabela 12. Projeção do consumo per capita de titânio**

## 7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESERVAS DE TITÂNIO

### 7.1 OFERTA MUNDIAL DE CONCENTRADO DE TITÂNIO

Com o contínuo aumento da demanda mundial, a produção de concentrados de titânio tem apresentado um crescimento próximo a 5,5 %a.a. nos últimos anos e existem 29 novos projetos de mineração, em diversos estágios de maturação em vários países do mundo, que acumulam uma capacidade global de produção de 4,7 milhões de toneladas de dióxido de titânio contidos no concentrado, com possibilidade de serem incorporados ao processo produtivo entre 2008 e 2011.

Os maiores produtores de concentrado de ilmenita e leucóxeno são a Austrália, África do Sul, China e Noruega. Destaca-se o notável avanço da produção do Vietnã da Índia que também assumem papel importante na produção deste tipo de concentrado. Por outro lado, apesar da Austrália também liderar a produção mundial de concentrado de rutilo, a África do Sul surge como o segundo maior produtor deste concentrado mineral.

### 7.2 RESERVAS MUNDIAIS DE TITÂNIO

A Tabela 14 apresenta a situação das reservas mundiais de minério de titânio, onde é possível verificar que a China apresenta reservas da ordem de um quarto do total do mundo, seguida pela África do Sul, Índia e Austrália. As reservas mundiais atendem à demanda atual e novas reservas minerais poderão ser desenvolvidas rapidamente, caso a demanda pelo minério de titânio se intensificar.

O Brasil, figura como detentor da quinta maior reserva mundial de ilmenita. Outros importantes depósitos de ilmenita ainda não devidamente avaliados ocorrem ao longo da costa brasileira, na forma de depósitos de *placers* de praia ou em terraços marinhos, no litoral do nordeste, sudeste e sul do país.

O país também é o detentor dos maiores jazimentos de titânio na forma de anatásio, que ocorrem nos estados de Minas Gerais e Goiás. A notável tonelagem desse tipo de minério de titânio deve ser registrada como um recurso explorável no futuro, tendo em vista que até o presente, apesar dos investimentos realizados pela Vale, não há comprovação de processos metalúrgicos técnica e economicamente viáveis que permitam a instalação de unidades industriais de processamento para o aproveitamento desse bem mineral.

RESERVAS MUNDIAIS DE MINÉRIO DE TITÂNIO 2007				
x 1.000 t				
Países	Reservas Ilmenita	%	Reserva Rutilo	%
China	350.000	25,42%	----	
África do Sul	220.000	15,97 %	24.000	27,60%
Índia	210.000	15,25%	20.000	23,00%
Austrália	160.000	11,63 %	31.000	35,65%
Brasil	84.000	6,10%	2.500	2,87%
Noruega	60.000	4,35%	----	
EUA	59.000	4,28 %	1.800	2,06%
Canadá	36.000	2,62 %	----	
Moçambique	21.000	1,52%	570	0,65%
Vietnã	14.000	1,02%		
Ucrânia	13.000	0,94 %	2.500	2,88%
Outros países	150.000	10,89 %	4.600	5,29%
<b>Total</b>	<b>1.377.000</b>	<b>100,00 %</b>	<b>86.970</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: DNPM; USGS Mineral Yearbook Zinc

**Tabela 13. Reservas mundiais de minério de titânio em 2007**

### 7.3 PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADOS DE TITÂNIO

A tabela a seguir registra a evolução da produção mundial de concentrados ao longo dos últimos anos. Os países detentores de maiores reservas mundiais também lideram a produção de concentrados minerais, a exemplo da Austrália, África do Sul e Canadá.

É notável a vigorosa participação de alguns países do oeste asiático: China e Vietnã, o primeiro que desponta como o quarto maior produtor mundial, além de países como Índia e Moçambique, o mais novo competidor internacional, particularmente no mercado exportador de concentrados de ilmenita.

A Austrália é responsável por quase um quarto da produção mundial de concentrados de titânio, seguida da África do Sul que responde por uma parcela de 20% deste produto. O Brasil é o décimo produtor mundial de concentrado de ilmenita e rutilo, porém é responsável por menos de 2,5 % da produção global de concentrados de titânio.

A elevada concentração no segmento de mineração de titânio faz com que 56% da produção mundial seja vinculada a cinco corporações mineiras internacionais, sendo que as três maiores respondem sozinhas por mais de 43% da produção mundial de concentrados de titânio.

Ao final de 2007 foi inaugurada em Moçambique uma nova mina de dragagem de minerais pesados para a recuperação de minério de titânio em Topuito. A mina, considerada a de maior volume de produção do mundo, foi desenvolvida pela empresa irlandesa Kemmare Resources, que investiu, desde o ano de 1987, um total de US\$ 500 milhões na pesquisa e desenvolvimento da jazida.

<b>PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADO DE ILMENITA E LEUCOXENO (t)</b>						
<b>PAÍSES</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Austrália	1.100.000	1.090.999	1.090.000	1.140.000	1.248.000	1.340.000
África Sul	950.000	950.000	1.130.000	952.000	976.000	1.060.000
Canadá	950.000	720.000	720.000	809.000	812.000	816.000
China	-----	-----	410.000	400.000	460.000	500.000
Noruega	350.000	340.000	350.000	380.000	380.000	380.000
Índia	250.000	240.000	250.000	280.000	302.000	340.000
EUA	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
Ucrânia	250.000	290.000	290.000	220.000	232.000	280.000
Vietnã	-----	----	100.000	100.000	186.000	200.000
Brasil	79.000	81.983	130.000	127.000	127.142	130.000
Moçambique	----	----	-----	----	-----	100.000
Outros	176.000	578.000	90.000	120.000	114.000	109.000
<b>Total</b>	<b>4.405.000</b>	<b>4.300.000</b>	<b>4.860.000</b>	<b>4.838.000</b>	<b>5.137.142</b>	<b>5.600.000</b>
<b>PRODUÇÃO MUNDIAL DE CONCENTRADO DE RUTILO (t)</b>						
<b>PAÍSES</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Austrália	220.000	220.000	160.000	160.000	208.000	209.000
África Sul	105.000	110.000	152.000	115.000	110.700	121.000
Ucrânia	56.000	67.000	67.000	60.000	60.000	57.000
Índia	15.000	16.000	15.000	20.000	19.000	18.000
Brasil	2.000	2.337	3.000	3.000	3.000	3.000
Moçambique	----	----	-----	----	-----	3.000
Outros	1.000	4.700	-----	----	50.000	80.000
<b>Total</b>	<b>399.000</b>	<b>420.000</b>	<b>397.000</b>	<b>358.000</b>	<b>450.700</b>	<b>491.000</b>

Fonte: DNPM Sumários minerais/ USGS Mineral yearbook Titanium

**Tabela 14. Produção mundial de concentrado de titânio**

A Kemmare planeja produzir em Topuito um volume anual de 800,000 t. de ilmenita e 21.000 t de rutilo. A mina também deverá produzir 56.000 t.de zircão, que é utilizado na indústria cerâmica. E entrada no mercado de um novo produtor independente, deverá obrigar a uma nova divisão do mercado mundial nos próximos anos.

<b>MAIORES PRODUTORES DE MINÉRIO DE TITÂNIO</b>		
<b>Corporações</b>	<b>Participação</b>	
	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Rio Tinto Zinc	20%	20%
Iluka Resources	18%	16%
BHP Billiton	7%	7%
Titania	7%	6%
Exxaro	-	6%
Ticor	4%	-
Total	56%	56%

Fonte: PZMI, 2008

**Tabela 15. Maiores produtores de minério de titânio**

#### **7.4 PRODUÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO**

Os investimentos em produção de  $TiO_2$  tem sido alocados para o atendimento das demandas de mercado, na busca de otimização e ampliação das unidades produtivas existentes e seu melhor aproveitamento. O nível de ocupação das fábricas supera historicamente 90%. A capacidade instalada para a produção de  $TiO_2$  pigmento passou de 5,5 milhões de toneladas em 2006 para 5,7 milhões de toneladas em 2007, como resultado da melhoria da capacidade produtiva das plantas industriais já existentes.

Os cinco maiores produtores mundiais de  $TiO_2$  (Austrália, África do Sul, Canadá, China e Noruega) respondem por mais de 71% da capacidade instalada de produção. A China tem adicionado sua capacidade produtiva pela instalação de unidades de pequeno porte e que causam sérios problemas ambientais.

Em termos gerais, a capacidade global de produção de  $TiO_2$  tem crescido em ritmo superior à demanda, sendo a principal causa da contínua erosão dos preços, que em valores constantes tem decrescido em média 1% ao ano ao longo dos últimos vinte anos.

Cinco corporações transnacionais de origem americana (Dupont, Lyondell, Hurstman, Tronox e Kronos) respondem por cerca de 70% da capacidade mundial de produção de dióxido de titânio, sendo que o restante fora da China está sob responsabilidade de 20 a 30 pequenos produtores regionais.

Especialistas afirmam que há excesso de capacidade produtiva no mundo, fato que manteria o preço do produto deprimido. O real problema está na localização geográfica das plantas, pois somente a Europa apresenta excedentes exportáveis de produção, local onde os problemas ambientais limitam as operações industriais e sua moeda (Euro) valorizada encarece o produto exportado.

Tais fatos resultam que a oferta seja regulada vegetativamente pela demanda, mesmo assim os principais produtores não fazem movimentos para instituir mecanismos de alocação, a exemplo do regime de quotas de produção.

Sem ampliação significativa da capacidade de produção, toda a cadeia de consumo fica pressionada a adotar formas de aumentar a eficiência no aproveitamento do dióxido de titânio.

A indústria de tintas já explora ao máximo o emprego dos “*extenders*” (materiais de partículas minúsculas capazes de se ligar às partículas de  $TiO_2$  sem prejuízo do resultado final).

As tintas imobiliárias do tipo premium incorporam 20 a 22% de  $TiO_2$  enquanto que as de qualidade média ficam próximos a 15% e as tintas mais populares com 7 a 8% de pigmento de  $TiO_2$ . Quando o preço do titânio encarece, aumenta o uso dos “*extenders*”, porém o seu limite de substituição do titânio, sem prejuízo da qualidade final das tintas é de no máximo 30%.

Conhecidos há mais de cinquenta anos os “*extenders*” como o caolin, carbonato de cálcio precipitado, fosfatos de alumínio e silicoaluminato de sódio, podem resultar em alguma redução de custo, porém trazem inconvenientes para os formuladores de tintas.

## 7.5 PRODUÇÃO FUTURA DE TITÂNIO NO PAÍS

A produção futura de minério de titânio, caso continue controlada pela Millenium, uma empresa integrada, ficará na estrita dependência da capacidade instalada de produção de dióxido de titânio. Desta forma, qualquer projeção envolvendo a produção futura, seja de minério de titânio, seja de dióxido de titânio deve ser considerado um exercício teórico, pois a real capacidade produtiva em ambos os segmentos dependerá da política comercial dessa empresa, que por sua vez será reflexo do cenário mundial do mercado de titânio.

Assumindo-se como premissa que a produção de dióxido de titânio venha a crescer a uma taxa que mantenha a atual proporção de atendimento ao consumo interno (55%) e que a produção mineral mantenha a mesma proporção de participação no abastecimento de matéria prima da usina de dióxido de titânio, pode-se inferir que no ano de 2030:

- a produção interna de concentrado de titânio deverá variar entre um mínimo de 207.067 toneladas/ano no cenário frágil, passando por 330.560 t no cenário vigoroso ao máximo de 515.055 toneladas/ano no cenário inovador, requerendo investimentos variáveis entre um mínimo de R\$ 20,76 milhões, passando por R\$ 55,39 milhões no cenário vigoroso ao máximo de R\$ 107,12 milhões no cenário inovador;
- a produção interna de dióxido de titânio, para os mesmos cenários deverá variar entre o mínimo de 82.827, um valor intermediário de 132.224 t e o máximo de 206.022 t/ano, requerendo um aumento de capacidade de produção da usina que irá exigir investimentos variáveis entre o mínimo de US\$ 164 milhões, valor intermediário de US\$ 361 milhões e o valor máximo projetado de US\$ 730 milhões.

## 7.6 NECESSIDADE DE RESERVAS DE MINÉRIO DE TITÂNIO

Tendo em consideração a necessidade de 2,5 toneladas de concentrado de titânio para a produção de um tonelada de pigmento de  $TiO_2$ , ao levar-se em conta as premissas enunciadas no item 6.3 para a projeção da produção de minério de titânio, para manter o mesmo nível atual de reservas seria necessário repor entre 2,52, 4,0 ou 6,20 milhões de toneladas a um custo de investimento estimado entre o mínimo de US\$ 5,5, passando por um valor intermediário de US\$ 8,72 milhões e o máximo de US\$ 13,5 milhões que deverão ser dispendidos em prospecção mineral.

## 7.7 POTENCIALIDADE

Os dados geológicos disponíveis sugerem boa potencialidade para a identificação de novas reservas de “*placers*” ricos em minerais pesados (ilmenita e rutilo), particularmente em unidades sedimentares do Cenozóico e em terraços marinhos que ocorrem ao longo do litoral brasileiro, em especial na região nordeste e sul-sudeste.

A notável reserva de titânio contido na forma de anatásio e leucoxênio, proveniente do intemperismo das intrusões máfico-ultramáficas de afiliação alcalina que ocorrem em Minas Gerais e Goiás, somente terá aproveitamento econômico quando algum processo metalúrgico se mostrar técnica e economicamente competitivo frente aos processos de obtenção de titânio a partir de ilmenita e rutilo. Neste particular, registra-se a necessidade do envolvimento de

entidades comprometidas com P&D, quer seja governamentais ou vinculados às entidades privadas, em projetos que investiguem rotas metalúrgicas alternativas para viabilizar a sua exploração.

## **8. PROJEÇÃO DE NECESSIDADE FUTURA DE RECURSOS HUMANOS**

Ao nível atual, considerando-se o número de colaboradores e a presente produção da mina/ usina de Mataraca a produtividade é de 315 t concentrado de titânio/homem/ano e na Usina de dióxido de titânio de Camaçari a produtividade é de 55/t de dióxido de titânio/homem/ano.

Considerando-se a projeção de produção prevista no item 6.3 é possível estimar que a atividade de mineração de titânio, a depender dos três cenários futuros considerados, possa demandar a contratação mínima de 235, ou 627 colaboradores no cenário vigoroso, ao máximo de 1.213 novos colaboradores e a produção de dióxido de titânio provavelmente demandará mais 596, 1.313 ou 2.655 novos empregados a depender do cenário futuro considerado.

## **9. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS**

A atividade da mineração e industrialização de titânio é desenvolvida em condições de mercado, sem condições creditícias ou fiscais diferenciadas de qualquer outra atividade.

Muito provavelmente as unidades da Millenium localizadas no Estado da Paraíba e da Bahia sejam merecedores de créditos beneficiados atribuídos a empreendimentos situados na região da Sudene, porém a sua confirmação e outros detalhes sobre o regime a que a empresa está submetida dependeria de um pronunciamento da própria Millenium que até o encerramento do presente trabalho não respondeu ao questionário que lhe foi enviado.

## **10. CONCLUSÕES GERAIS**

A Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A é principal produtora de concentrados de titânio e a única produtora de dióxido de titânio no país e por recente incorporação à National Titanium Dioxide Company Ltd. ("Cristal") pertence ao segundo maior conglomerado produtor mundial de  $TiO_2$  e líder mundial na produção de produtos químicos a base de titânio. A Millenium desenvolve uma atividade integrada, o concentrado produzido em suas minas e usinas de tratamento é direcionado para a sua fábrica de dióxido de titânio.

No início da década de 80 a produção nacional de minério de titânio apresentou uma sensível retração, porém nos últimos cinco anos ocorreu um crescimento notável que atingiu a taxa de 11,5% a.a. A produção mineral atual está praticamente estabilizada no patamar de 130.000 toneladas ano.

A fábrica de dióxido de titânio localiza-se na Bahia e constitui a única planta integrada de  $TiO_2$  da América do Sul. Em 1983 devido a grande demanda de dióxido de titânio, a fábrica sofreu uma ampliação de capacidade para 50.000 t/ano e em 1997, foi novamente ampliada para 60.000 t/ano.

A evolução do consumo aparente de dióxido de titânio ocorrida no país ao longo das últimas três décadas indica que o consumo que era da ordem de 45 mil toneladas ano passou na atualidade para o patamar de 80 a 90 mil toneladas ano.

A projeção do consumo nacional de titânio até o ano de 2030 aponta que nesta data a demanda nacional poderá situar-se entre 150.000 e 374.000 toneladas ano, a depender do desempenho da economia nos próximos vinte anos.

Os resultados do estudo apontam que o consumo per capita de dióxido de titânio no país projetado para 2030 deverá variar entre 0,69 e 1,73 kg/pessoa, que ainda ficará muito aquém do nível de saturação registrado em sociedades industriais amadurecidas que apresentam um nível de consumo per capita da ordem de 4,5 a 5,05 kg por habitante.

Assumindo-se como premissa que a produção de dióxido de titânio venha a crescer a uma taxa que mantenha a atual proporção de atendimento ao consumo interno (55%) e que a produção mineral mantenha a mesma proporção de participação no abastecimento de matéria prima da usina de dióxido de titânio, pode-se inferir que no ano de 2030:

- ☉ a produção interna de concentrado de titânio deverá variar entre um mínimo de 207.067 toneladas/ano e 515.055 toneladas/ano, requerendo investimentos variáveis entre R\$ 20,76 e 107,12 milhões;
- ☉ a produção interna de dióxido de titânio deverá variar entre 82.827 e 206.022 t/ano, requerendo um aumento de capacidade de produção da usina que iria exigir investimentos variáveis entre US\$ 164 milhões e US\$ 730 milhões.

O estudo aponta que enquanto a produção de titânio no país estiver na dependência exclusiva da Millenium Chemicals, a produção de concentrado de titânio deverá ser regulado pela capacidade produtiva da fábrica de dióxido de titânio atualmente existente. O cenário internacional do mercado de titânio sugere que dificilmente será implantada no médio e curto prazo nova usina produtora de dióxido de titânio no país, cuja produção, já insuficiente para atender a demanda interna, tenderá a ser ainda mais reduzida no futuro.

No futuro, o efetivo aproveitamento das reservas de anatásio poderá proporcionar sensível mudança no cenário nacional e talvez internacional de titânio. Essa possibilidade depende de decisões políticas que orientem e incentivem investimentos em projetos de pesquisa e desenvolvimento na metalurgia desse minério que venham a resultar no futuro em soluções técnicas que assegurem viabilidade econômica e suficiente competitividade frente aos processos tradicionais, resultando desta forma na atração de investidores do setor mineral-metalúrgico.

## 9. BIBLIOGRAFIA

ÂNGELO, S.M. de A. 1984, Titânio in Balanço Mineral Brasileiro, Brasília , p. 286 – 298.

BRASIL, Anuário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral, MME, 1972 – Anual. 1988-2006.

Millenium Inorganic Chemicals do Brasil Ltda.

PAULA, P.R, de. 1984, Titânio in Balanço Mineral Brasileiro, Brasília, p.278-293.

Titanium and Titanium dioxide. Mineral commodity summaries, U.S. Geological Survey – USGS, 1998 200.

MAIA, A. e AMORIN NETO, A., Titânio in Sumário Mineral. Departamento Nacional da Produção Mineral, 1997 - 2008.

MAIA, A., 2001, Titânio in Balanço Mineral Brasileiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 23p.

FAIRBANKS, M., 2005, TiO<sub>2</sub> Suprimento apertado eleva preço, in Revista Química e Derivados, n. 431, acesso em 08/05/2009. [www.quimicaederivados.com.br/.../tio2\\_1.htm](http://www.quimicaederivados.com.br/.../tio2_1.htm)

MME-Governo do Estado de Goiás, 2002, Ferro-titânio in Diagnóstico do setor mineral Goiano, convênio no. 008/2002 MME/SMM/DNPM/AGIM, 73-74 p.

Titanium Dioxide Whites in Pigments Through the Ages. Acesso em 04/06/2009 [www.webexhibits.org/pigments/indiv/.../tiwhite1](http://www.webexhibits.org/pigments/indiv/.../tiwhite1)

Titanium Dioxide pigment (and titanium metal). Acesso em 4/06/2009 [www.chemlink.com.au/titanium.htm](http://www.chemlink.com.au/titanium.htm)

VIEIRA, P.E.S., 2008, Dióxido de titânio, slides da exposição “Desafios do Período X e mais além...” apresentação do Vice Presidente da América Latina da Dupont Thecnologies, acesso em 10/05/2009 [www.abrafati.com.br/BNews3/.../05%20-%20Paulo%20Vieira.pdf](http://www.abrafati.com.br/BNews3/.../05%20-%20Paulo%20Vieira.pdf)

SILVA FERREIRA, K.R, 2006, Caracterização do concentrado de ilmenita produzido na Mina de Guaju, Paraíba, visando identificar inclusões de monazita e outros contaminantes, Dissertação de mestrado, Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 246.p.

TZMI, Mineral Sands Report, Jan 2008, vol. 147, versão eletrônica, acesso em 10/06/2009 [www.tzmi.com](http://www.tzmi.com).

FAIRBANKS, M, 2006, TiO<sub>2</sub> preços resistem aos furacões, in Revista Química e Derivados, no. 449, acesso [www.quimicaederivados.com.br/indice2006.htm](http://www.quimicaederivados.com.br/indice2006.htm)

GAMBOJI, J, 2009, Titanium, USGS, 2007 Minerals Yearbook, 14 p.

COMMISSION ON ENGINEERIGN AN THECNICAL SYSTEMS (CETS), 1983, Titanium: Past, Present and Future, report of the panel on Assessment on Titanium availability, current and future needs. Committee on Thecnical aspects of critical and strategic materials, US Government.

LINAK, E and INOBUCHI, Y., 2005, Titanium dioxide in SRI Consulting CEH Report, acesso em 10/06/2009 [www.sriconsulting.com/CEH/Public/.../788.5000/](http://www.sriconsulting.com/CEH/Public/.../788.5000/)

TZMI'S, TiO<sub>2</sub> Review, Jan/Feb 2008, vol.23, Oil-fuelled grow for Middle East pigment, 1-7 pp., acesso em 10/06/2009 [www.tzmi.com/.../TiO2Review](http://www.tzmi.com/.../TiO2Review)

## **RELAÇÃO DE TABELAS**

- Tabela 1. Reservas de titânio no Brasil 1978 -2007
- Tabela 2. Histórico da produção de  $TiO_2$  no Brasil
- Tabela 3. Produção de concentrados de titânio no Brasil
- Tabela 4. Valor da produção nacional do dióxido de titânio
- Tabela 5. Evolução do preço do concentrado de titânio
- Tabela 6. Evolução do preço do dióxido de titânio
- Tabela 7. Consumo de titânio no mundo (2004)
- Tabela 8. Evolução do consumo de titânio no Brasil
- Tabela 9. Projeção da taxa do consumo aparente de titânio
- Tabela 10. Evolução demográfica no país 2011- 2030
- Tabela 11. Projeção do consumo de titânio no Brasil
- Tabela 12. Projeção do consumo per capita de titânio
- Tabela 13. Reservas minerais de minério de titânio em 2007
- Tabela 14. Produção mundial de concentrado de titânio
- Tabela 15. Maiores produtores de minério de titânio

## **RELAÇÃO DE FIGURAS**

- Figura 1. Fluxograma do tratamento do minério em Mataraca - PB
- Figura 2. Fluxograma da mina e tratamento de minério em Santa Bárbara de Goiás
- Figura 3. Produção de titânio em toneladas contidas no concentrado (1978 – 2007)
- Figura 4. Demanda brasileira estimada para titânio (2010 – 2030)