



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 28**

**Outras Rochas e Minerais Industriais**

#### **Relatório Técnico 43**

**Perfil da bentonita**

#### **CONSULTOR**

**José Mário Coelho**

#### **PROJETO ESTAL**

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

**Agosto de 2009**

## SUMÁRIO

<b>RELAÇÃO DE FIGURAS</b> .....	<b>3</b>
<b>RELAÇÃO DE TABELAS</b> .....	<b>3</b>
<b>RELAÇÃO DE QUADROS</b> .....	<b>4</b>
<b>UNIDADES DE MEDIDAS</b> .....	<b>4</b>
<b>PRINCIPAIS CONCEITOS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. SUMARIO EXECUTIVO</b> .....	<b>6</b>
<b>2. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>8</b>
<b>3. APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>4. MINERAÇÃO DE BENTONITA NO BRASIL: SUAS CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE</b> .....	<b>11</b>
4.1. PANORAMA MUNDIAL.....	11
4.2. SITUAÇÃO ATUAL NO PAÍS .....	12
4.3. RECURSOS E RESERVAS DE MINÉRIO DE BENTONITA .....	16
4.4. ESTRUTURA EMPRESARIAL E PARQUE PRODUTIVO DA MINERAÇÃO DA BENTONITA.....	17
4.5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA MINERAÇÃO DE BENTONITA.....	21
4.6. ASPECTOS AMBIENTAIS .....	23
4.7. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE MINÉRIO E DO SEU VALOR .....	24
4.8. VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL .....	25
4.9. EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO PREÇO DE MERCADO .....	27
4.10. COMÉRCIO INTERNACIONAL .....	27
4.11. ANÁLISE DE TENDÊNCIA .....	29
4.12. INVESTIMENTOS NA MINERAÇÃO DE BENTONITA .....	31
<b>5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA MINERAÇÃO DE BENTONITA</b> .....	<b>32</b>
5.1. PRINCIPAIS USOS DO BEM MINERAL E PERCENTUAL .....	32
<b>6. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE BENTONITA</b> .....	<b>37</b>
6.1. PROJEÇÕES DO CONSUMO 2010-2030 .....	37
6.2. PROJEÇÃO DE BENTONITA .....	38
6.3. PANORAMA MUNDIAL.....	39
6.4. PANORAMA BRASILEIRO.....	40
<b>7. PRODUÇÃO DE BENTONITA NO BRASIL</b> .....	<b>42</b>
7.1. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE BENTONITA .....	42
7.2. PRODUÇÃO DE BENTONITA .....	43
<b>8. NECESSIDADES ADICIONAIS DE RESERVAS DE BENTONITA</b> .....	<b>46</b>
<b>9. RECURSOS HUMANOS DA MINERAÇÃO BENTONITA E SUA PROJEÇÃO</b> .....	<b>47</b>
<b>10. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS</b> .....	<b>48</b>
<b>11. CONCLUSÕES</b> .....	<b>49</b>
<b>12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>
<b>13. ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

**Relação de Figuras**

Figura 1: Estrutura de duas lamelas da montmorilonita.....	10
Fonte: Arshak & Clifford, 2004 apud Silva & Ferreira, 2008.....	10
Fonte: Arshak, et al., 2004 apud Silva & Ferreira, 2008.....	11
Figura 3: Distribuição da Produção de Bentonita no Mundo (10 <sup>3</sup> t), 2007.....	12
Figura 4 - Seção esquemática da Mina Juá Boa Vista – PB.....	14
Figura 5 - Evolução das Reservas de Barita - 1971 – 2007.....	17
Figura 6: Distribuição da produção brasileira de Bentonita ativada.....	21
Figura 7: Fluxograma do beneficiamento de bentonita ativada (PB).....	22
Figura 8: Distribuição da produção brasileira de bentonitas.....	25
Figura 9: Bentonita - Produção Mineral Total Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005.....	26
Figura 10: Os principais países de origem para a categoria bens primários.....	28
Figura 11: Preço da bentonita - 2001-2008.....	28
Figura 12: Comércio da bentonita - 2001-2008.....	29
Figura 13: Os investimentos na mineração de Bentonita no Brasil.....	31
Figura 14: Distribuição do consumo de bentonita bruta por uso no Brasil.....	32
Figura 15: Projeções 2010/2030 nos três cenários: Frágil, Moderado e Inovador.....	39
Figura 16: Bentonita- Consumo Aparente (t) no período de 78 a 2007.....	41
Figura 17: Consumo de bentonita beneficiada por estado em 2007.....	41
Figura 19: Bentonita - Produção Mineral Total Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005.....	44
Figura 20: Bentonita - Produção Mineral Bruta Comercializada (t) no período de 1971 a 2005.....	44
Figura 21: Bentonita - Produção Mineral Bruta Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005.....	45
Figura 22: Bentonita - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (t) no período de 1975 a 2005.....	45
Figura 23: Bentonita - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (US\$) no período de 1972 a 2005.....	46
Figura 24: Bentonita - Produção X Consumo de 2005 a 2030.....	47

**Relação de Tabelas**

Tabela 1: Produção Mundial.....	11
Tabela 2: Reservas Brasileiras de Bentonita e Argilas Descorantes -2005.....	13
Tabela 3: Concessão de Lavra e Disponibilidade de Bentonita por Estado - 2009.....	13
Tabela 4: Composição química das amostras de argilas naturais e industrializadas.....	14
Tabela 5: Reserva de Bentonita no município de Boa Vista (PB) - 2000.....	15
Tabela 6: Autorização e requerimento de pesquisa – 2009.....	15
Tabela 7: Reservas nacionais de bentonita – 1970 a 2005.....	16
Tabela 8: Produtividade da mineração de argila para cerâmica vermelha.....	19
Tabela 9: Consumo energético e emissões de CO2 na mineração de bentonita.....	20
Tabela 10: Produção Nacional – Bentonita Bruta e Beneficiada.....	24
Tabela 11: Produção Nacional – Bentonita Bruta – Distribuição por estados.....	24
Tabela 12: Bentonita Tipo Ativada - Produção Nacional – 2007.....	25
Tabela 13: Distribuição da Produção de Bentonita e Argilas Descorantes Comercializada.....	25
Tabela 14: Preços de bentonita no mundo - maio de 2009.....	27
Tabela 15: Preços de bentonita no Brasil.....	27
Tabela 16: Preços de importação e exportação da bentonita – 2001 a 2008.....	28
Tabela 17: Comercio Internacional de bentonita – 2002 a 2008.....	29
Tabela 19: Especificações de bentonita típica de Wyoming para perfuração de poços de petróleo frente as especificação requeridas pelas normas API.....	33
Tabela 20: Bentonita para perfuração de poços de água.....	34

Tabela 21: Especificações e análise de uma bentonita típica de alta sílica para pelotização de minério de ferro.....	34
Tabela 22: Especificação e análise de uma bentonita típica de média sílica para pelotização de minério de ferro.....	35
Tabela 23: Especificações de bentonita para fundição.....	36
Tabela 24: Cenários.....	37
Tabela 25: Cenários para o futuro da economia brasileira.....	38
Tabela 26: Projeção do consumo de bentonita – (t).....	39
Tabela 27: Bentonita - Consumo Aparente (t).....	40
Tabela 28: Projeção da produção brasileira - 2008 a 2030.....	42
Tabela 29: Produção Brasileira 1971-2005.....	43
Tabela 30: Necessidades de reservas adicionais de bentonita 2005 a 2030.....	46
Tabela 31: Trabalhadores na mineração de bentonita projetados a partir de 2005.....	48

### **Relação de Quadros**

Quadro 1: Empresas Beneficiadoras de Bentonita na Paraíba.....	18
Quadro 2: Principais produtores/fornecedores nacionais.....	18

### **Unidades de Medidas**

Cm<sup>3</sup>

Co<sub>2</sub>

g - grama

M3 – metro cúbico

ph

Tep

t - tonelada

Mt – Milhões de Toneladas

### **Principais Conceitos**

CONSUMO APARENTE = Produção + Exportação – Importação

Despachos - Vendas faturadas

EBTIDA - ganhos da empresa antes das taxas, impostos, depreciação e amortização

RECEITA LÍQUIDA = é considerada a receita bruta da empresa depois de deduzidos os impostos, devoluções, abatimentos, etc.

Lucro Bruto - Lucro da empresa após a dedução dos custos de produção

Lucro líquido - Lucro da empresa após o imposto de renda

Produto Interno Bruto - soma das riquezas produzidas, avaliadas em moeda nacional.

RENDA PER CAPITA - PIB dividido pela população

Reserva medida - A tonelagem de minério computado pelas dimensões reveladas em afloramentos, trincheiras, galerias, trabalhos subterrâneos e sondagens, sendo o teor determinado pelos resultados da amostragem pormenorizada devendo os pontos de inspeção, amostragem e medida estarem tão proximamente spacejados e o caráter geológico tão bem definido que as dimensões, a forma e o

teor da substância mineral possam ser perfeitamente estabelecidos. A tonelagem e o teor computados devem ser rigorosamente determinados dentro dos limites estabelecidos, os quais não devem apresentar variação superior ou inferior a 20% (vinte por cento) da quantidade verdadeira.

Reservas Indicada - A tonelagem e o teor do minério computado parcialmente de medidas e amostras específicas, ou de dados de produção, e parcialmente por extrapolação até distância razoável, com base em evidências geológicas.

Reserva Inferida - Estimativa feita com base no conhecimento da geologia do depósito mineral, havendo pouco ou nenhum trabalho de pesquisa.

Reserva Lavrável -

Valor da produção bruta - Valor de mercado da quantidade de minério bruto.

Valor da produção beneficiada - Valor de mercado da produção beneficiada.

Taxa média cambial (R\$/US\$) - média ponderada em relação ao número de dias úteis do na da Taxa Cambial – Valor de compra.

## 1. SUMARIO EXECUTIVO

Esta publicação foi elaborada com o objetivo de apresentar a bentonita no Brasil e no mundo, oferecendo ainda projeções de produção para o período de 2010 a 2030. A bentonita que pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por um argilomineral montmorilonítico (esmetítico), podendo ser cálcica ou sódica, demonstrando um amplo campo de utilização, tendo um papel fundamental nos seguintes setores: fundição, perfuração de poços (indústria do petróleo), construção civil (paredes contínuas/impermeabilizante), pelotização de minérios (principalmente ferro), tintas, esmaltes e vernizes. Porém a bentonita chega a apresentar 140 usos/funções na indústria. Dependendo da natureza do produto obtido na mina, com relação a suas funções futuras (fluido de perfuração, pelotização, areia de fundição entre outras), os mineradores de bentonita já têm bastante experiência sobre qual tipo de argila deve ser processada (chocolate, verde lodo entre outras) para obter melhor resultado final. O beneficiamento das bentonitas brasileiras, em especial a bentonita da Paraíba, passa pelo estágio de desintegração, adição de 2,5 a 3% em peso de barrilha, homogeneização, laminação ou extrudagem, cura (2 a 10 dias), secagem, moagem, classificação pneumática e ensacamento. Em termos de reserva, o mundo apresenta 1.360 milhões de toneladas, sendo que os Estados Unidos possuem mais de 50% deste total e é o principal produtor mundial de bentonita sódica. Em 2007, as reservas oficiais, medidas e indicadas, brasileiras alcançaram, respectivamente, 41,4 e 27,5 milhões de toneladas. O estado do Paraná tem a maior parcela das reservas medidas (38,6%), enquanto a Paraíba tem a maior parte das indicadas (88,2%). No total (medida + indicada), as reservas paraibanas representam 55% do total e as paranaenses, 24%. As principais jazidas de bentonita em operação no Brasil estão localizadas no município de Boa Vista, estado da Paraíba. Existem outros depósitos de bentonita, no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, que iniciou recentemente o seu aproveitamento econômico. Com relação à produção mundial de bentonita, em 2007, foram produzidas 15.700.000 t, sendo os Estados Unidos o maior produtor com 5.070.000 t, representando cerca de 32% do total da produção mundial, seguido por China 20% e Grécia 7%. A produção chinesa cresceu mais de 11% ao ano, no período de 2001 a 2007. As empresas Norte Americanas são as maiores produtoras, representando cerca de um terço do total da produção mundial. Na Europa e Estados Unidos, assim como no Brasil, a produção de bentonita é dominada por um pequeno número de grupos empresariais, muitos dos quais estão integrados em atividades a jusante. A *AMCOL International Corporation*, dos Estados Unidos, é o maior produtor mundial de bentonita, com uma capacidade de mais de 2 milhões de toneladas por ano. Na Europa, a *S & B Industrial Minerals* da Grécia e *Sud-Chemie* da Alemanha são os principais produtores, cada um com uma capacidade de mais de 1 milhão de toneladas por ano. A *AMCOL* e *Sud-Chemie* estão alargando a sua base global. A *Sud-Chemie* possui base de produção no Brasil e no restante dos BRICs. Em 2007, a produção oficial de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647 t. A Paraíba produziu 88,5% da bentonita bruta brasileira. São Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar com 3,9% e, por último, o Paraná, com apenas 0,2%. Oficialmente, quatorze empresas atuam neste segmento no país. A *Bentonit União Nordeste*, situada em Boa Vista/PB, produz exclusivamente bentonita do tipo ativada e contribuiu com 98,7% deste produto produzido no Brasil, seguida da empresa *Bentonita do Paraná Mineração Ltda*, localizada em Quatro Barras/PR, com 1,3%. O preço da bentonita varia em função da qualidade do produto minerado, da aplicação e principalmente em função da qualidade do beneficiamento. Os preços da bentonita no mundo variam de US\$36 a US\$ 100 por tonelada. Em termos de comércio internacional, em 2007, o Brasil importou um montante de 227.765 t no valor de US\$- FOB 22.487 milhões. Estas importações apresentaram a seguinte distribuição: bens primários, 221.069 t no valor de US\$-FOB 17.734 milhões; semimanufaturados, 3.422 t de atapulgita no valor de US\$-FOB 1.015 mil; manufaturados, 3.274 t (matéria mineral ativada) no valor de US\$-FOB 3.738 milhões. Os principais países de origem dos bens primários foram: Argentina (46%), Índia (45%), EUA (8%), Alemanha (1%), para semimanufaturados foram os EUA (100%) e para manufaturados EUA (51%), Argentina (26%), Grécia (14%), China (5%), Alemanha (1%). Em 2007, as exportações bentonita totalizaram 9.512 t, atingindo o montante de US\$- FOB

4.566 milhões. Os principais bens exportados pelo Brasil, em 2007, por categoria, foram: bens primários 9.451 t, no montante de US\$-FOB 4.536 milhões; manufaturados, 61 t de bentonita (matéria mineral natural ativada) no montante de US\$-FOB 30 mil. Os principais países de destino para os bens primários foram: África do Sul (50%), Argentina (15%), Chile (8%), El Salvador (5%), Equador (5%); para manufaturados foram: Chile (23%), Uruguai (22%), Libéria (20%), Peru (17%), Angola (7%). Os principais mercados consumidores de bentonita são: América do Norte (7,5 Mt), Ásia (5,6 Mt) e Europa (5Mt), embora haja variações significativas no padrão de consumo dentro de cada uma destas regiões. Atualmente, as maiores taxas de crescimento do consumo são encontradas na Ásia, principalmente a China, e na América do Sul, onde a demanda é definida pelo aumento da produção siderúrgica, devido o aumento da pelletização de minério de ferro e dos mercados fundição. Nas economias emergentes, as aplicações nas indústrias siderúrgicas e metalúrgicas são um dos principais motores da demanda, enquanto que nas economias maduras as aplicações residenciais, tais como *pet litter*, predominam. No Brasil, o consumo aparente de bentonita mantém-se no intervalo entre 200 e 250 mil toneladas por ano, apresentado alguns picos positivos e negativos, porém rapidamente estabilizando em uma margem próxima a 240 mil toneladas/ano. Estas variações estão relacionadas ao aumento do desenvolvimento do país, (aumento do PIB e aumento da produção de produtos derivados da indústria metalúrgica, tais como carros, embarcações, insumos para a construção civil entre outras). Os dados preliminares relativos ao consumo estimado de bentonita bruta, no ano de 2007, indicaram a seguinte distribuição: extração de petróleo/gás (54%) e pelletização (46%). O destino de bentonita beneficiada (moída seca) apresentou a seguinte distribuição por Estado: São Paulo com 53,5%, Minas Gerais com 30,7%, Paraná com 5,2%, Rio Grande do Sul com 4,65%, Santa Catarina com 3,4% e Bahia com 2,6%. As finalidades industriais da bentonita moída seca se distribuíram entre graxas e lubrificantes com 78,7%, fertilizantes com 11,1%, óleos comestíveis com 7,7% e fundição com 2,4%. Os EUA que lideram a produção mundial, apresentaram, em 2006, uma produção de 4,62 Mt, apresentando um consumo aparente de 3,39 Mt equivalendo a um consumo per capita de 11,3 kg/hab. Para efeito de comparação, o consumo brasileiro, em 2006, ficou em torno de 1,2 kg/hab. O destino da bentonita ativada foi distribuído entre os seguintes Estados: Espírito santo com 44,4% Minas Gerais com 27,7%, Rio Grande do Sul com 11,6%, Santa Catarina com 9,6%, São Paulo com 5,3%, e Rio de Janeiro com 1,4%. Os usos industriais da bentonita ativada se distribuíram entre: pelletização de minério de ferro com 63%, fundição com 19,7%, ração animal com 11,6%, extração de petróleo e gás com 5,5% e outros produtos químicos com 0,2%. O consumo aparente brasileiro de bentonita bruta aumentou 86,3% em 2007 em relação a 2006. O aumento das importações contribuiu para suprir o consumo aparente. O crescimento do consumo aparente de Bentonita beneficiada atingiu 32,9%. Atualmente o mercado de produção de *pet litter* é o maior de consumidor final de argilas bentonitas no mundo, consumindo 4,5 Mt, em 2007. Em 2012, o mercado de fundição ultrapassará o de *pet litter*, devido ao aumento da demanda de bentonita na pelletização de minério de ferro. A demanda de bentonita para lamas de perfuração tende a aumentar cerca de 2% por ano até 2012, quando ele irá chegar a ter 2 Mt, em relação a 2007, quando foi de 1,8 Mt. O uso de bentonita em engenharia civil tende a aumentar em consonância com o aumento da atividade da construção civil, especialmente nos BRICs, sendo puxado pela China. A previsão, em 2012, é que sejam utilizadas 1,9 Mt de bentonita nesta aplicação, em comparação com 1,6 Mt utilizados em 2007. Fora estas utilizações principais, algumas das mais elevadas taxas de crescimento são esperados em outros mercados especializados. A indústria de óleos comestíveis, e em particular as do óleo de palma, apresentou um aumento médio de 8,2% a.a, no período 1997 a 2006, atingindo a produção recorde de 37,3 Mt em 2006. A capacidade brasileira de produção de pelotas é de cerca de 56,0 Mt/ano. Com os projetos previstos esta capacidade atingirá 70 Mt/ano, em 2013. Este fato implicará no aumento da demanda de bentonita que deverá ser atendida pelo mercado interno, em menor proporção, e em grande parte pela importação, devido, principalmente, a baixa qualidade da bentonita nacional, que tem alto teor de sílica. Com investimentos em pesquisa mineral e laboratorial, a tendência é que novas reservas sejam descobertas e que algumas reservas que hoje não são economicamente viáveis se tornem jazidas com alta produtividade. As

perspectivas favoráveis para a indústria do bentonita nos próximos anos dependem do comportamento da economia brasileira, estando correlacionado com o crescimento do PIB - Produto Interno Bruto e do desempenho das indústrias siderúrgica e metalúrgica, extração de petróleo e gás, e a baixa utilização de minerais substitutos. As projeções indicam uma demanda de 301 mil t (2010), 332 mil t (2015), 360 mil t (2020) e 429 mil t (2030), considerando o cenário 2 – vigoroso.

## 2. RECOMENDAÇÕES

O conhecimento da geologia das jazidas é a área mais carente no mineral estudado. As minas, atualmente em operação, salvo raras exceções, carecem de sondagem e acompanhamento geológico de detalhe nas frentes de lavra. As análises químicas são limitadas aos minerais mais importantes e aos contaminantes que penalizam o preço. Com o efeito de minimizar estas carências recomenda-se: a) Criação de projeto de pesquisa mineral, com a execução sondagens estratigráficas nos principais distritos de produção de bentonita e b) Suporte técnico no desenvolvimento e avaliação dos depósitos minerais, mapeamento geológico e sondagem para delimitação dos recursos e transformação em reservas minerais.

Com relação à lavra esta é a segunda área de carência tecnológica. A lavra do bem mineral é efetuada, em geral, quase sem planejamento. Os equipamentos utilizados se restringem em geral a máquinas disponíveis na área e o transporte, a caminhões locais que ofereçam o menor custo de frete. Isto acarreta que máquinas de pequeno porte são utilizadas mesmo em operações que comportam maiores equipamentos. Desta forma não existe ganho com economia de escala ou maximização de disponibilidade do equipamento devido ao forte regime de utilização. Recomenda-se: a) Suporte técnico no planejamento de lavra e controle de qualidade do ROM e b) Estabelecimentos de estoque regulador em pátio (coberto).

O conhecimento tecnológico dos minérios desta região se restringe aos trabalhos do Professor Pérsio de Souza Santos desenvolvido nas décadas de 60 e 70. Vários dos minérios estudados estão exauridos, e as misturas em produtos certamente totalmente alteradas.

Com relação ao meio ambiente e as condições de trabalho não existem passivos de alto risco. O dano ambiental mais importante se refere a assoreamento de drenagens e desmatamento irregular. Contudo as operações são de pequeno porte e sem utilização de químicas nocivas ao ambiente. Recomenda-se o treinamento dos titulares de portaria de lavra, para condução de lavra a céu aberto minimizando os impactos ambientais.

Nas instalações de processamento o equipamento de moagem é o principal equipamento da planta e os outros são agregados a medida na necessidade. A otimização de equipamentos, manutenção e lubrificação variam de empresa a empresa, mas de um modo geral quanto maior a empresa, melhor o estado dos equipamentos. Equipamentos sofisticados nesta etapa são praticamente inexistentes. Em geral existe falta de espaço para estocagem de material destinado ao cliente, carecendo de grandes áreas cobertas de expedição que facilitarão o manuseio e protegerão o produto de exposição à chuva.

Devem ser realizados testes de laboratório para redução de tamanho das partículas por via úmida ou com umidade controlada e comparar com a eficiência e custo de moagens a seco, para produtos de maior valor agregado.

Investigar os principais fatores que afetam a qualidade final do produto e definir parâmetros para controle da qualidade ao nível de lavra e planta de processamento.



### 3. APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de apresentar um panorama da bentonita no Brasil e no mundo, oferecendo ainda projeções de produção para o período de 2010 a 2030. O trabalho também visa apresentar a análise dos dois segmentos: fornecedor e consumidor de bentonita, dentro do quadro evolutivo dos segmentos de petróleo, metalúrgico, dentre outros no contexto das novas tendências de competitividade de uma economia global. São apresentados os principais aspectos atuais e tendências da mineração de bentonita no Brasil e no Mundo, onde são abordados: a) Características da mineração de bentonita no Brasil e evolução recente; b) Evolução das reservas de bentonita no Brasil; c) Estrutura empresarial da mineração da bentonita e parque produtivo; d) Aspectos tecnológicos e ambientais da mineração de bentonita; e) Evolução da produção de minério e tendência do preço de mercado; f) Usos e destinação dos produtos da mineração de bentonita; g) Consumo atual de bentonita e projetado para o período de 2010 a 2030 e h) Necessidades adicionais de reservas de minério de bentonita.

O termo bentonita é empregado atualmente para designar argilas constituídas principalmente pelo argilomineral montmorilonita, do grupo esmectita, uma família de argilas com propriedades semelhantes: em contato com a água, expande várias vezes o seu volume, formando géis tixotrópicos. São também denominados de Bentonita materiais com alto teor de esmectita. (Sumário Mineral, 2008).

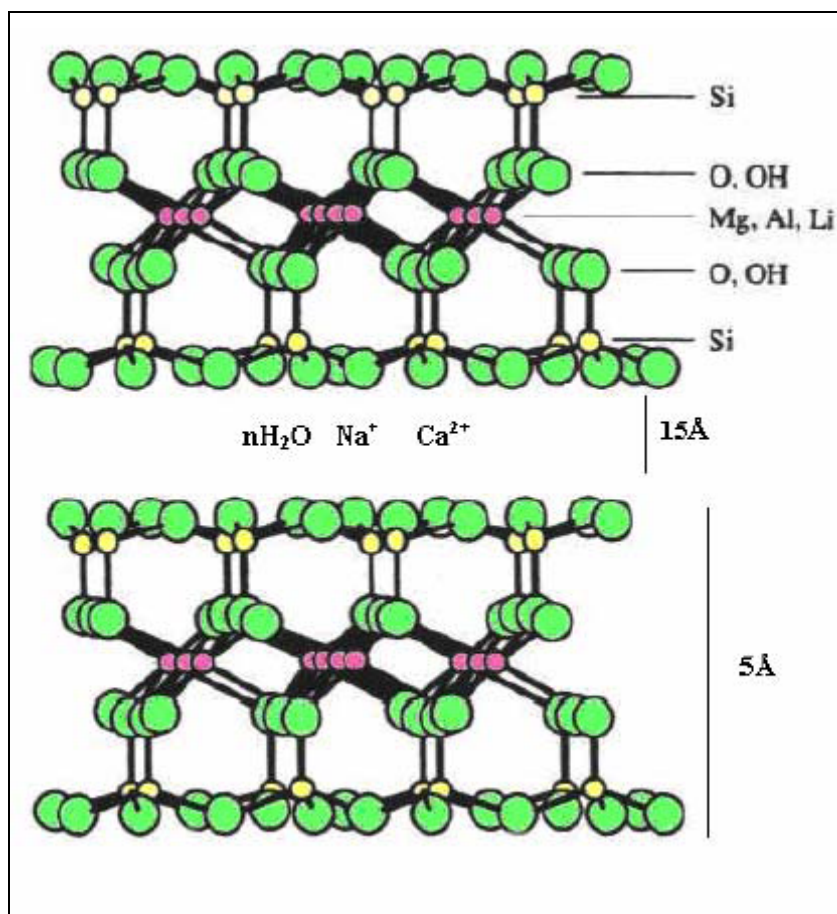
Bentonita pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por um argilomineral montmorilonítico (esmectítico), formado pela desvitrificação e subsequente alteração química de um material vítreo, de origem ígnea, usualmente um tufo ou cinza vulcânica em ambientes alcalinos de circulação restrita de água (Ross, 1926 apud Silva & Ferreira, 2008).

A bentonita pode ter composição cálcica ou sódica. Esta última possui uma característica física muito particular: expande várias vezes o seu volume, quando em contato com a água, formando géis tixotrópicos. Alguns cátions provocam uma expansão tão intensa que as camadas dos cristais podem se separar até a sua célula unitária. O sódio provoca a expansão mais notável.

Montmorilonita é o argilomineral mais abundante do grupo das esmectitas, cuja fórmula química geral é dada pela  $M_x(Al_{4-x}Mg_x)Si_8O_{20} \cdot (OH)_4$ . Possui partículas de tamanhos que podem variar de 2  $\mu m$  a tamanhos bastante pequenos como 0,1  $\mu m$  em diâmetro, com tamanho médio de 0,5  $\mu m$  e formato de placas ou lâminas. Pertence ao grupo dos filossilicatos 2:1, cujas placas são caracterizadas por estruturas constituídas por duas folhas tetraédricas de sílica com uma folha central octaédrica de alumina, que são unidas entre si por átomos de oxigênio que são comuns a ambas as folhas. As folhas apresentam continuidade nas direções dos eixos a e b e geralmente possui orientação aproximadamente paralela nos planos (001) dos cristais, o que confere a estrutura laminada (Paiva & Morales, 2007 apud Silva & Ferreira, 2008).

As placas da montmorilonita apresentam perfil irregular, são muito finas, tem tendência a se agregarem no processo de secagem, e apresentam boa capacidade de delaminação quando colocada em contato com a água. O diâmetro é de aproximadamente 100 nm, a espessura pode chegar até 1 nm e as dimensões laterais podem variar de 30 nm a vários microns, o que resulta em uma elevada razão de aspecto, podendo chegar a aproximadamente 1000. O empilhamento dessas placas é regido por forças polares relativamente fracas e por forças de van der Waals, e entre essas placas existem lacunas denominadas de galerias ou camadas intermediárias ou interlamelares nas quais residem cátions trocáveis como  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Li^+$ , fixos eletrostaticamente e com a função de compensar cargas negativas geradas por substituições isomórficas que ocorrem no reticulado, como por exemplo,  $Al^{3+}$  por  $Mg^{2+}$  ou  $Fe^{2+}$ , ou  $Mg^{2+}$  por  $Li^+$  (Figura 1). Cerca de 80% dos cátions trocáveis na montmorilonita estão presentes nas galerias e 20% se encontram nas superfícies laterais. (Paiva & Morales, 2007 apud Silva & Ferreira, 2008).

Figura 1: Estrutura de duas lamelas da montmorilonita

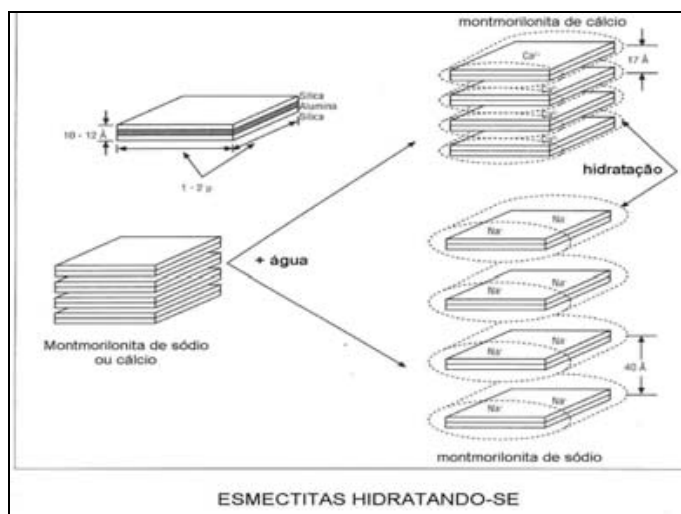


Fonte: Arshak & Clifford, 2004 apud Silva & Ferreira, 2008.

Quando as lamelas individuais de montmorilonita são expostas à água, as moléculas de água são adsorvidas na superfície das folhas de sílica, que são então separadas umas das outras. Este comportamento é chamado de inchamento interlamelar e é controlado pelo cátion associado à estrutura da argila. A espessura da camada de água interlamelar, varia com a natureza do cátion adsorvido e da quantidade de água disponível (Brindley, 1955 apud Silva & Ferreira, 2008). Se o cátion é o sódio, o inchamento pode progredir desde 9,8 Å, quando a argila é exposta ao ar, a um máximo de 40,0 Å, quando a argila é totalmente dispersa em meio líquido (Lumms, J.L. & Azar, J.J., 1986, apud Silva & Ferreira, op. cit.).

No caso das argilas cálcicas ou policatiônicas, a quantidade de água adsorvida é limitada e as partículas continuam unidas umas às outras por interações elétricas e de massa (Figura 2). A diferença no inchamento das montmorilonitas sódicas e cálcicas deve-se a força de atração entre as camadas, que é acrescida pela presença do cálcio, reduzindo a quantidade de água que poderá ser adsorvida, enquanto que o cátion sódio provoca uma menor força atrativa, permitindo que uma maior quantidade de água penetre entre as camadas, e seja então adsorvida. Esta diferença está apresentada na Figura 2.

**Figura 2 - Representação da hidratação da montmorilonita cálcica e da montmorilonita sódica.**



Fonte: Arshak, et al., 2004 apud Silva & Ferreira, 2008.

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

### 4.1. Panorama mundial

As reservas mundiais de bentonita, calculadas pelo USGS em 2008, atingem o montante de 1.360 milhões de toneladas. Devido à abundância de reservas mundiais de bentonita, a sua estimativa não vem sendo publicada. Os EUA possuem mais de 50% deste total e é o principal produtor mundial de bentonita sódica. Países da Ex-União Soviética possuem cerca de 17% e a América do Sul detêm menos de 2%. Outros países se destacam na produção de Bentonita: Argentina, México, Grécia, Alemanha, Itália, Turquia, Índia, Japão e Marrocos. (USGS, 2009)

Em 2007, conforme pode verificado na Tabela 1, a produção mundial de bentonita foi da ordem de 15.700.000 t, sendo os Estados Unidos o maior produtor com 5.070.000 t, representando cerca de 32% do total da produção mundial, seguido por China 20% e Grécia 7%.

Durante o período de 1997 a 2007, a produção aumentou nos Estados Unidos, na antiga União Soviética e na China, porém decresceu na União Européia. Entre outros países importantes incluem-se: Turquia, Grécia, Rússia e Índia. A produção chinesa cresceu mais de 11% no por ano, de 2001 a 2007. (BGS, 2009).

**Tabela 1: Produção Mundial**

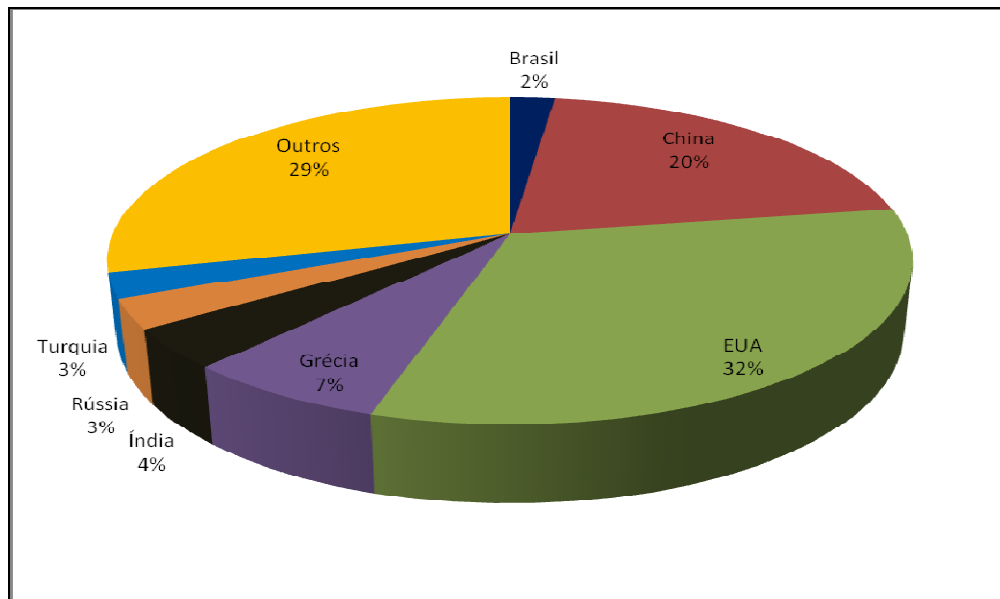
Produção de Bentonita no Mundo					Toneladas
País	2003	2004	2005	2006	2007
Brasil	392422	432224	459679	419214	329647
China	2200000	2250 000	2300000	3200000	3200000
EUA	3770000	4060000	4710000	4940000	5070000
Grécia	1156642	1030556	1124795	1100000	1100000
Índia	200000	410000	590000	610000	630000
Rússia	500000	500000	500000	456000	460000
Turquia	831146	643153	582735	400000	400000
Outros	3649790	6224067	4132791	3674786	4510353
<b>Produção Mundial Total</b>	<b>12700000</b>	<b>13300000</b>	<b>14400000</b>	<b>14800000</b>	<b>15700000</b>

Fonte: BGS, 2009

Os Estados Unidos, em 2008, manteve a liderança com a mesma produção (USGS, 2009). O Brasil, com uma produção de 329.647 t em 2007, representou cerca de 2% mundial. Vide Figura 3.

As empresas Norte Americanas são as maiores produtoras, representando cerca de um terço do total da produção mundial, em 2007. Na Europa e Estados Unidos a produção de bentonita é dominada por um pequeno número de grupos empresariais, muitos dos quais estão integrados em atividades a jusante. A AMCOL International Corporation, dos Estados Unidos, é o maior produtor mundial de bentonita, com uma capacidade de mais de 2 Mt por ano.

**Figura 3: Distribuição da Produção de Bentonita no Mundo (10<sup>3</sup> t), 2007**



Fonte: BGS, 2009.

Na Europa, a S & B Industrial Minerals da Grécia e Sud-Chemie da Alemanha são os principais produtores, cada um com uma capacidade de mais de 1 Mt por ano. A AMCOL e Sud-Chemie estão alargando a sua base global. A Sud-Chemie possui base de produção no Brasil e no restante dos BRICs.

#### 4.2. Situação atual no país

Na Tabela 2 estão listadas as reservas brasileiras de bentonita e argilas decorantes, que, segundo o Anuário Mineral, 2005, as reservas medidas e indicadas somam 55,3 e 34,2 milhões de toneladas, respectivamente. De acordo com o Sumário Mineral, 2008 as reservas oficiais medida e indicada brasileiras alcançam, respectivamente, 41,4 e 27,5 milhões de toneladas em 2007, havendo uma redução de 25 % e 19% das reservas medidas e indicadas, respectivamente.

Em que pese possuir uma grande reserva medida, 11.636.190 t o Piauí, só produziu 430 t, em 2005. Já o estado de São Paulo que possui 13.641.325 t produziu, em 2005, 18.354 t, apesar de estar situada no maior centro consumidor. Este fato deve-se, principalmente a baixa qualidade da bentonita, não sendo econômicas para as principais utilizações.

O estado do Paraná tem a maior parcela das reservas medidas (38,6%), enquanto a Paraíba tem a maior parte das indicadas (88,2%). No total (medida + indicada), as reservas paraibanas representam 55% do total e as paranaenses, 24%. A tabela 3 apresenta as concessões de lavra e áreas em áreas em disponibilidade, em 2009.

**Tabela 2: Reservas Brasileiras de Bentonita e Argilas Descorantes -2005**

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/MUNICÍPIOS	RESERVAS			
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
<b>BENTONITA E ARGILAS DESCORANTES</b>	<b>55.331.753 t</b>	<b>34.227.654 t</b>	<b>18.698.348 t</b>	<b>44.752.334 t</b>
<b>BAHIA</b>	<b>3.704.192 t</b>	-	-	<b>3.704.192 t</b>
Vitória da Conquista	3.704.192 t	-	-	3.704.192 t
<b>PARAÍBA</b>	<b>10.350.046 t</b>	<b>4.443.876 t</b>	<b>357.348 t</b>	<b>5.283.841 t</b>
Boa Vista	8.886.991	4.443.876	357.348	3.820.786
Campina Grande	374.715	-	-	374.715
Cubati	1.088.340	-	-	1.088.340
<b>PIAUI</b>	<b>11.636.190 t</b>	<b>3.670.036 t</b>	<b>1.800.000 t</b>	<b>15.306.226 t</b>
Jaicós	5.001.000	1.188.533	-	6.189.533
Teresina	6.635.190	2.481.503	1.800.000	9.116.693
<b>PARANÁ</b>	<b>16.000.000 t</b>	<b>687.942 t</b>	-	<b>10.000.000 t</b>
Quatro Barras	16.000.000	687.942	-	10.000.000
<b>SÃO PAULO</b>	<b>13.641.325 t</b>	<b>25.425.800 t</b>	<b>16.541.000 t</b>	<b>10.458.075 t</b>
Pindamonhangaba	4.740.000	22.895.000	16.541.000	4.740.000
Taubaté	4.593.088	2.530.800	-	1.409.838
Tremembé	4.308.237	-	-	4.308.237

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 2006

As principais jazidas de bentonita em operação no Brasil estão localizadas no município de Boa Vista, estado da Paraíba. Existem outros depósitos de bentonita, no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, com aproveitamento econômico. Com efeito, foi inaugurado neste município, no distrito de Pedroso, em 2007, o empreendimento mineral da Companhia Brasileira de Bentonita –CBB–, de propriedade da Geosol, empresa especializada em sondagens e perfuração de poços artesianos. A jazida foi arrendada da Companhia Bahiana de Mineração –CBPM. A CBB possui uma capacidade instalada de 60 mil t/ano de bentonita ativada.

**Tabela 3: Concessão de Lavra e Disponibilidade de Bentonita por Estado - 2009**

Estado	Concessão de Lavra	Disponibilidade
PB	17	3
SP	3	-
BA	1	-
RS	1	-
PR	1	-
Total	23	3

Fonte: Cadastro Mineiro, 2009.

As camadas de bentonitas das minas de Boa Vista-PB ocorrem recobertas por uma camada de solo argiloso, variando de 1 a 10 m. Nos níveis onde é feita a lavra, as argilas ocorrem em camadas de cores variadas, por vezes formando estratificações ou zonas uniformes. Localmente, essas argilas recebem as seguintes denominações: de: chocolate; verde lodo, vermelha; sortida ou mista e bofe ou leve vide Figura 4. (Luz et al., 2001b).

**Figura 4 - Seção esquemática da Mina Juá Boa Vista – PB.**



Fonte: Rezende, 2007.

Estudos realizados mostraram que embora as argilas provenientes das diferentes minas apresentem cores e composição mineralógica semelhantes, e como consequência as mesmas denominações, apresentam propriedades reológicas bastante diferentes após tratamento com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Esse comportamento diferenciado classifica e condiciona a aplicação industrial de cada variedade de argila (Tabela 4). (Amorim et al, 2006).

**Tabela 4: Composição química das amostras de argilas naturais e industrializadas**

Amostras	Determinações (%)								
	PR	RI	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Bofe1	18,42	1,79	54,97	6,83	16,82	Traços	Traços	0,38	0,15
Bofe2	9,38	1,18	67,02	4,80	15,10	Traços	2,02	0,28	0,08
Chocolate1	20,47	2,74	46,10	7,66	21,09	Traços	Traços	1,68	0,22
Chocolate2	11,56	1,06	54,74	8,00	21,35	Traços	2,02	0,50	0,12
Verde-lodo1	15,43	2,20	45,68	8,78	23,65	Traços	Traços	1,82	1,99
Verde-lodo2	11,64	3,06	49,88	6,87	25,41	Traços	4,02	0,42	0,45

OBS: PR – perda ao rubro e RI – resíduos insolúveis.

Fonte: AMORIM et al, 2006

A situação das reservas do Município de Boa Vista na Paraíba, principal produtor nacional, em 2000, apresentava a distribuição constante na Tabela 5. Esta Tabela mostra que o total das reservas (medidas e indicadas), para as quais há maior confiabilidade nas estimativas, dos tipos chocolate e sortido, que são os mais apropriados para o uso em lamas de perfuração de petróleo, atinge 689.956 t. Esse valor, no entanto, é subestimado, porque somente algumas das reservas das concessões de lavra e das áreas com relatórios de pesquisa aprovados há uma discriminação dos diferentes tipos de bentonita. (Braz, 2002).

**Tabela 5: Reserva de Bentonita no município de Boa Vista (PB) - 2000**

SITUAÇÃO LEGAL/ LITOTIPO	RESERVAS		
	Medidas	Indicadas	Inferidas
Concessão de lavra	9.707.752	4.410.606	463.977
Relatórios de pesquisa aprovados	1.692.933	-	-
<i>Chocolate</i>	400.645	140.943	204.380
<i>Sortidos</i>	46.542	101.826	-

Fonte: Braz, 2002.

Segundo REIS (2001), os principais setores consumidores são:

- **Fundição:** o crescimento do setor de aço projeta um aumento na produção de fundidos (segmento metal-mecânico/indústria automobilística).
- **Perfuração de poços (indústria do petróleo):** com a quebra do monopólio das pesquisas e concessão para exploração de petróleo e gás, grandes blocos de áreas foram licitados pela ANP – Agência Nacional de Petróleo, entre 1999 e 2001. Esses prospectos deverão ser pesquisados com ênfase em novas bacias sedimentares: Pernambuco-Paraíba; Parnaíba; São Francisco, Pelotas e nas novas descobertas do pré-sal que demandarão serviços de perfuração e conseqüente consumo de fluidos de perfuração, onde o principal insumo é a bentonita.
- **Indústria de descorante de óleos e Eco-empresas.**
- **Clarificação do caldo de cana (substituindo enxofre, cal e carvão ativado).**
- **Clarificação da água:** apesar de não substituir o sulfato de alumínio, mas associado a este, reduz o tempo de permanência da águas nos decantadores em processos industriais. Com a crescente demanda pelo reuso da água, projeta-se um aumento de consumo da bentonita pela indústria.
- **Construção civil (paredes contínuas/impermeabilizante).**
- **Pesticidas:** a agro-indústria, principalmente no setor de fruticultura irrigada (Nordeste brasileiro), tem ampliado o consumo de pesticidas, visando o combate e controle de pragas agrícolas. Dado às excepcionais propriedades absorventes das bentonitas, sua procura pela indústria química farmacêutica, como suspensor de inseticidas líquidos, será efetiva.
- **Pelotização de minérios (ferro):** sendo uma das principais fornecedoras das usinas de pelletização da Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, a BUN deverá aumentar sua produção, para atender a mais uma usina de pelletização da CVRD em São Luiz – MA (Porto de Itaqui), em regime de pré-operação. A capacidade atual de produção de pelotas (*pellots*) é de cerca de 56,0 Mt. Com os projetos previstos esta capacidade passa a 70 Mt quando forem implantadas as plantas da Companhia Siderúrgica Nacional em 2013 produzindo 6 Mt e da Samarco em 2010 que passará a produzir na terceira pelletização 22,0 Mt.

**Tabela 6: Autorização e requerimento de pesquisa – 2009**

Estados	Autorização de Pesquisa	Requerimento de Pesquisa	TOTAL
BA	3	3	6
GO	2	1	3
RS	2	1	3
PB	37	4	41
PR	10	4	14
PE	1	6	7
MG	2	22	24

MA	1	0	1
SP	28	16	44
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>57</b>	<b>143</b>

Fonte: Cadastro Mineiro, 2009

Conforme pode ser verificado na Tabela 6, a pesquisa mineral para bentonita se concentra em dois estados: na Paraíba em função da alta qualidade e valor do produto e em São Paulo devido à proximidade do mercado consumidor.

O Paraná e o Piauí apresentam grandes reservas de bentonita, porém a bentonita apresenta muitas impurezas, tais como quartzo e minerais metálicos, sendo antieconômicas.

Com a aplicação de investimento em pesquisa geológica e laboratorial a tendência é que novas reservas sejam descobertas e que algumas reservas que hoje não são economicamente viáveis se tornem jazidas com alta produtividade.

#### 4.3. Recursos e reservas de minério de bentonita

A Tabela 7 apresenta a evolução das reservas de bentonita de no período entre 1970-2005. Observa-se que, em 1972, a reserva total era de 1.976.999 t e que em 2005 atingiu o montante de 89.559.407 t, isto é um aumento de quase 45 vezes.

A partir de 1996, observa-se que as reservas mantêm-se estáveis, conforme é apresentado na Figura 5. Os recursos são bastante elevados na maioria dos países produtores, porém não se dispõem de dados para sua avaliação.

**Tabela 7: Reservas nacionais de bentonita – 1970 a 2005**

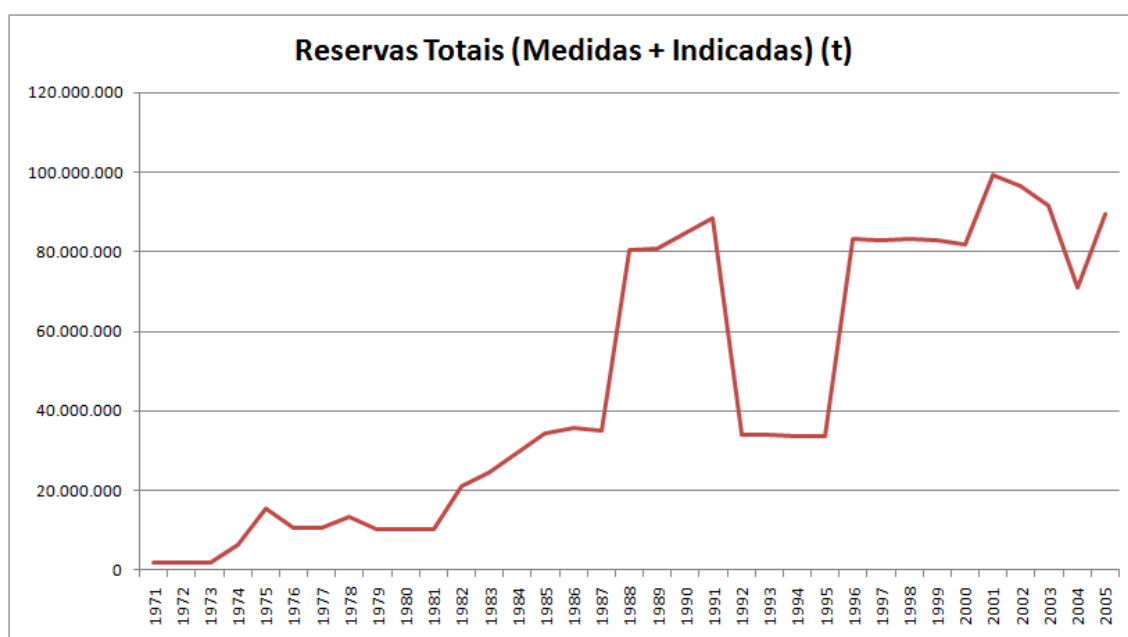
Data	Bentonita e Argilas Descorantes - Reservas Medida Minério (t)	Bentonita e Argilas Descorantes - Reservas Indicada Minério (t)	Bentonita e Argilas Descorantes - Reservas Inferida Minério (t)	Bentonita e Argilas Descorantes - Reservas Lavrável Minério (t)	Reservas Totais (Medidas + Indicadas) (t)
1971	1.986.000	-	2.739.000	-	1.986.000
1972	1.976.999	-	2.739.000	-	1.976.999
1973	1.931.111	-	2.739.200	-	1.931.111
1974	6.284.037	-	2.739.200	-	6.284.037
1975	11.756.941	3.748.446	3.787.966	-	15.505.387
1976	7.069.407	3.715.917	3.755.437	-	10.785.324
1977	6.951.000	3.748.000	3.755.000	-	10.699.000
1978	6.853.000	6.488.000	-	-	13.341.000
1979	6.567.953	3.748.446	2.739.200	-	10.316.399
1980	6.581.364	3.795.016	2.903.255	-	10.376.380
1981	6.355.767	3.795.016	2.903.255	-	10.150.783
1982	16.888.156	4.365.153	3.023.441	-	21.253.309
1983	19.585.039	4.907.897	353.515	-	24.492.936
1984	24.391.633	4.956.181	361.527	-	29.347.814
1985	29.273.901	5.100.119	361.527	-	34.374.020
1986	30.254.239	5.516.312	428.277	-	35.770.551
1987	29.461.706	5.548.780	385.917	-	35.010.486
1988	49.088.529	31.388.051	36.343.557	-	80.476.580
1989	49.186.862	31.566.827	36.343.557	-	80.753.689



1990	53.168.780	31.496.169	36.343.557	-	84.664.949
1991	56.048.416	32.374.826	36.388.440	-	88.423.242
1992	29.104.220	5.028.965	744.782	-	34.133.185
1993	28.955.458	5.028.905	744.782	-	33.984.363
1994	28.778.892	5.028.905	744.782	-	33.807.797
1995	28.623.216	5.028.905	744.782	-	33.652.121
1996	42.286.721	40.856.158	25.843.179	-	83.142.879
1997	42.022.976	40.911.888	25.679.124	-	82.934.864
1998	42.120.402	40.922.243	25.665.574	-	83.042.645
1999	41.901.544	40.799.800	25.779.500	-	82.701.344
2000	41.160.121	40.648.334	25.629.124	-	81.808.455
2001	54.322.596	44.834.412	25.393.320	40.289.029	99.157.008
2002	51.216.063	45.400.334	25.489.931	38.629.889	96.616.397
2003	46.753.490	44.793.815	25.393.320	39.452.624	91.547.305
2004	54.619.027	16.495.429	2.303.048	49.442.570	71.114.456
2005	55.331.753	34.227.654	18.698.348	44.752.334	89.559.407

Fonte: MineralData, 2009

**Figura 5 - Evolução das Reservas de Barita - 1971 – 2007**



Fonte: MineralData, 2009.

#### 4.4. Estrutura Empresarial e parque produtivo da mineração da bentonita

Os dados sobre a estrutura empresarial da bentonita é deficitária, porém sabe-se que a maioria das empresas produtoras/beneficiadoras de bentonita se encontra no Estado da Paraíba, conforme quadro 1 e 2.

**Quadro 1: Empresas Beneficiadoras de Bentonita na Paraíba**

EMPRESA	LOCALIZAÇÃO
BENTONISA - Bentonita do Nordeste S/A	Boa Vista/ PB
BUN - Bentonit União do Nordeste S/A	Boa Vista e Campina Grande
DOLOMIL - Dolomita Minérios Ltda	Campina Grande
DRESCON - Produtos de Perfuração	Boa Vista
EBM - Empresa Beneficiadora de Minérios Ltda	Pocinho/PB
MIBRA Minérios Ltda	Pocinho/PB
NERCON	Boa Vista
PEGNOR - Pegmatitos de Nordeste Ltda	Soledade / PB
MPL - Mineração Pedra Lavrada Ltda	Soledade / PB

Fontes: (Trindade, 2000 *apud* Braz, 2002).

O parque produtivo nacional é composto por 14 empresas sendo que 83% se encontram no estado da Paraíba, vide Quadro 2,. Os outros estados produtores de bentonita são os estados de São Paulo, Paraná e Bahia. A maior produtora é a Bentonit União Nordeste com 98,7 %. A Bentonita do Paraná Mineração Ltda, localizada em Quatro Barras/PR, com 1,3%.

**Quadro 2: Principais produtores/fornecedores nacionais**

Aligra Indústria e Comércio de Argila Ltda
Argos Extração e Beneficiamento de Minerais Ltda
BENTONISA® Bentonita do Nordeste S/A
Bentonit União Nordeste S.A.
Bentonita do Paraná Mineração Ltda
Colorminas-Colorífico e Mineração S/A
Companhia Brasileira de Bentonita – CBB
DOLOMIL Dolomita Minerios LTDA.
DRESCON S/A
EBM - Empresa Beneficiadora de Minérios Ltda
Laporte do Brasil
MIBRA Minérios Ltda.
MPL – Mineração Pedra Lavrada Ltda.
NERCON
Quartzolit Weber
Schumacher Insumos para a Indústria

Fonte: Silva, A., & Ferreira, H. 2008

O primeiro cálculo pode ser efetuado, a partir dos dados oficiais do DNPM (2006): mão-de-obra – 8.517; minas – 417; e produção anual – 18.596.784 t. Deve-se considerar que essas informações correspondem às minerações de argila de maneira agregada, abrangendo outros tipos de argila – para revestimentos, plásticas e refratárias, bentonitas, e representam apenas parte do universo dessa mineração, já que parcela do segmento opera de maneira informal.

Com base nesses parâmetros obtém-se uma produtividade anual de 2.183,5 toneladas de bentonita/funcionário, com cada mina produzindo em média 44.660 toneladas de argila e operando com 20,4 funcionários. Quando se comparam esses valores obtidos, a partir dos dados apurados pelo DNPM, com a realidade da mineração de argila praticada, constata-se que há uma significativa defasagem (número de trabalhadores superestimado e volume da produção subestimado), o que mascara a produtividade real dos empreendimentos.

**Tabela 8: Produtividade da mineração de argila**

<b>Tipo de Mineração</b>	<b>Escala de Produção Toneladas/Ano</b>	<b>Número de Funcionários</b>	<b>Produtividade Toneladas de Argila/Funcionário/Ano</b>
<b>Pequena Mineração</b>	9.000 a 28.800	2*	4.500 a 14.400
<b>Média Mineração</b>	120.000 a 240.000	6**	20.000 a 40.000

(\*) 1 operador de escavadeira-pá carregadeira e 1 motorista – caminhão; (\*\*) 1 - operador de escavadeira, 1 - operador de pá carregadeira, 3 - motoristas/mecânico – caminhão, trator para secagem, e 1 administrativo/gerente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma estimativa mais realista pode ser efetuada levando-se em conta padrões produtivos compatíveis à mineração efetivamente praticada. A Tabela 8 apresenta uma avaliação elaborada para duas faixas de produção abrangendo um empreendimento cativo típico e uma mineração de pequeno a médio.

Para as referências padrões assumidas, a produtividade aumenta substancialmente em relação aos valores depreendidos dos dados oficiais, e ganham maiores proporções com o aumento da escala de produção. Dentro desses novos parâmetros, a produtividade varia de 4.500 a 15.000 toneladas de argila/funcionário para lavras cativas e de 20.000 a 40.000 toneladas/funcionário para as minerações mais estruturadas.

Para a estimativa do dispêndio de energia da mineração de bentonita, foram consideradas as operações referentes à extração do minério (escavação mecânica), transporte dentro da mina e estocagem, com o consumo, basicamente, de óleo diesel.

A Tabela 9 apresenta as principais referências de consumo energético e correspondentes emissões de CO<sub>2</sub> para produções cativas em micro-escalas e para minas de pequeno e médio porte.

O consumo de diesel nas minas, que abastecem basicamente a uma unidade fabril situa-se na faixa de 6.900 a 23.000 litros/ano, respectivamente as produções mínimas e máximas consideradas, correspondendo ao rendimento de 0,8 l/t bentonita. Nas médias minerações o consumo estimado para a faixa de produção média varia de 48.000 a 96.0000 litros/ano, com um rendimento de 0,4 l/t bentonita, o que representa metade do consumo de combustível por tonelada produzida, conseqüência da economia de escala. As mesmas proporções de valores se mantêm para as emissões de CO<sub>2</sub>, estimada em 2,2 kg/t para as minas cativas e 1,1 kg/t para as pequenas e médias minerações.

**Tabela 9: Consumo energético e emissões de CO<sub>2</sub> na mineração de bentonita**

Tipo de Mineração	Escala de Produção t/ano	Equipamentos t/ano	Consumo Energético = Consumo Diesel				Emissões	
			litro/ano*	litro/t bentonita	kcal/t Bentonita	tep/t bentonita	kg de CO <sub>2</sub> /ano	kg de CO <sub>2</sub> / t bentonita
<b>Pequenas Minerações</b>	8.640 a 28.800	1 escavadeira-carregadeira e 1 caminhão	6.900 a 23.000	0,8	7.314	0,00069	19.320 a 64.400	2,2
<b>Médias Minerações</b>	120.000 a 240.000	1 retro-escavadeira, 1 pá-carregadeira, 2 caminhões, 1 trator	48.000 a 96.000	0,4	3.655	0,00034	134.400 a 268.000	1,1

Fatores de conversão utilizados: 1 litro diesel = 9.143 kcal (Poder Calorífico Superior – PCS); 1 litro diesel = 0,0008585 Tep; 2,8 kg de emissões de CO<sub>2</sub> / litro de diesel.

\*Obs. A estimativa de consumo de diesel considerou um valor médio de produtividade para cada tipo de mineração de argila.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas informações de consumo energético indicam os ganhos de produtividade que se admite alcançar a partir de pequenas e médias minerações mais estruturadas em detrimento aos empreendimentos cativos, cujos rendimentos são prejudicados pelo baixo volume de bentonita lavrada.

Mais uma vez, o diferencial competitivo entre as pequenas e médias minerações nacional e as similares internacionais, não se dá exatamente em função do rendimento das minas, mas, sobretudo, com relação à qualidade das matérias-primas ofertadas, na qual homogeneidade e constância das especificações das bentonitas constituem propriedades fundamentais para os ganhos de produtividade da siderurgia.

Na mineração de bentonita, não há emprego de água nas operações de lavra, que são baseadas em procedimentos de escavação mecânica a seco. O seu uso restringe-se às minerações mais estruturadas na umidificação das vias não-pavimentadas situadas no interior e nos acessos do empreendimento, para abatimento de partículas em suspensão (poeira). Um valor de referência para o consumo de água para aspersão nos acessos da mina situa-se na faixa de 36.000 m<sup>3</sup>/ano<sup>1</sup>, o que equivale a uma utilização de água da faixa de 0,75 a 0,37 m<sup>3</sup>/t pelas minerações.

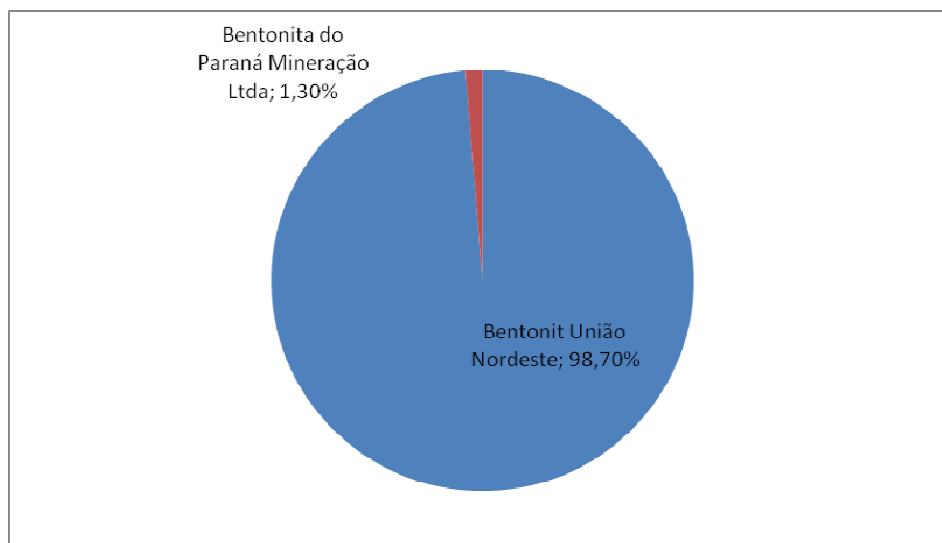
### **O nível de concentração da produção**

A Bentonit União Nordeste, situada em Boa Vista/PB, produz exclusivamente bentonita do tipo ativada e contribuiu com 98,7% deste produto produzido no Brasil, seguida da empresa Bentonita do Paraná Mineração Ltda, localizada em Quatro Barras/PR, com 1,3% conforme a Figura 6. Vale ressaltar que a grande participação da Bentonit União Nordeste na produção de bentonita ativada não caracteriza monopólio, pois o Brasil importa um volume equivalente a aproximadamente 80% da produção nacional.

A distribuição geográfica da produção de bentonita moída seca deu-se da seguinte forma: São Paulo com 97,5% do total e Paraná com 2,5%. (Sumário Mineral, 2008).

<sup>1</sup> Base de cálculo para o consumo de água: 10 mm/dia, 180 dias, área de cobertura – 40.000 m<sup>2</sup>.

**Figura 6: Distribuição da produção brasileira de Bentonita ativada**



Fonte: Sumário Mineral, 2008

#### **4.5. Aspectos Tecnológicos da mineração de bentonita**

##### **Lavra e Processamento de Bentonita no Brasil**

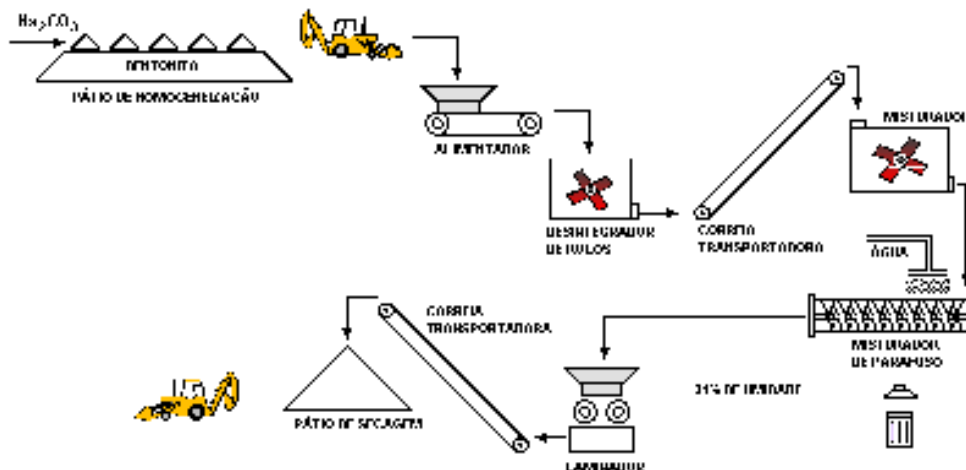
Nas minerações de bentonita a preparação das frentes de lavra tem início com a remoção do capeamento, realizado com tratores e carregadeira frontal. O estéril da mina é transportado, por caminhões fora de estrada, para locais onde comprovadamente não exista bentonita.

Na mina Bravo e demais da região de Boa Vista, a lavra é feita a céu aberto, em bancadas que atingem no máximo 2,5 m de altura. As operações de desmonte e carregamento são executadas com o auxílio de pá carregadeira de esteira. A bentonita é lavrada e transportada por caminhões fora de estrada, para pilhas de estoque localizadas próximo à mina. Esse procedimento deve-se ao fato de que, na estação chuvosa, algumas vezes as atividades de lavra são paralisadas devido à impossibilidade de tráfego nas minas (Luz et al., 2001b).

Dependendo da natureza do produto que se deseja obter (fluido de perfuração, (pelotização, areia de fundição etc.), os mineradores de bentonita da região já têm bastante experiência sobre qual tipo de argila deve ser processada (chocolate, verde lodo etc.). Em algumas situações é feita, inclusive, blendagem dessas argilas, em função também do produto que se deseja obter. (Luz, et. al., 2001a).

Segundo os mesmos autores, o beneficiamento das bentonitas da Paraíba consta de: desintegração, adição de 2,5 a 3% em peso de barrilha, homogeneização, laminação ou extrusão, cura (2 a 10 dias), secagem, moagem, classificação pneumática e ensacamento (Figura 7). Não existe, atualmente, uma uniformidade no processamento das bentonitas da Paraíba. Algumas empresas fazem a adição da barrilha a seco, outras a úmido. A secagem e o tempo de ativação variam de empresa para empresa; algumas secam ao sol, outras usam secador rotativo.

**Figura 7 – Fluxograma do beneficiamento de bentonita ativada (PB)**



Fonte: Luz et al., 2001b

Para avaliar o desempenho das bentonitas calcínicas ativadas com barrilha, são realizados ensaios físicos e análises químicas, visando controlar as especificações requeridas pelo mercado consumidor específico ao qual o produto é destinado. (Luz et al. 2001).

### **Oleofilização de Bentonitas**

Na perfuração de poço de petróleo que atravesse camadas de folhelho, recomenda-se trabalhar com fluidos de perfuração onde a fase contínua é óleo. Neste caso, a bentonita usada para preparar esse fluido de perfuração deve ser organofílica.

Para obtenção desse tipo de argila organofílica, a sua superfície é modificada pela reação da bentonita ou hectorita, com surfactantes do tipo tetraalquil amônio catiônico. Uma modificação de superfície, muito comum também, é obtida com o surfactante trialquilaril amônio catiônico (Eisenhour & Reisch, 2006).

Aranha (2007), estudou a oleofilização de bentonitas (montmorillonitas) da região de Campina Grande-PB, usando dois agentes de lipofilização, com polaridades distintas. As argilas organofílicas obtidas foram testadas na remoção de óleo residual de água de produção de petróleo e os resultados se mostraram promissores.

### **Lavra e Processamento de Bentonita nos Estados Unidos**

A bentonita, conhecida como de Wyoming, é lavrada nos três principais distritos mineiros que atravessam os estados de Wyoming, Montana e South Dakota. As cinco usinas que produzem bentonita sódica na região constituem o distrito mineiro de bentonita sódica mais antiga do mundo (Elzea & Murray, 1994).

A lavra da bentonita na região é feita a céu aberto, normalmente, usando o método de lavra por tira (*strip mining*). A espessura da camada de bentonita varia de 2 a 3 m e o comprimento entre 2 a 5 km.

Na lavra são empregados trator e *motor-scraper* para fazer o decapeamento. O carregamento da bentonita é feito com carregadeira frontal e o transporte desta até a unidade de processamento é feito em caminhões fora de estrada. Em uma frente de lavra típica, na região, podem ser identificados sete tipos de bentonita (verde, amarela etc.). A lavra de cada tipo depende muito do uso que se requer do produto a ser obtido (lama de perfuração, areia de fundição, pelletização de minérios de ferro etc.).

Na estação chuvosa é praticamente impossível trabalhar na frente de lavra, devido ao estado escorregadio da superfície do solo. Para superar esse problema operacional, lava-se determinado volume de bentonita, nos períodos secos, e estoca-se no pátio da usina, para processamento na estação chuvosa.

O processamento da bentonita, na região ao norte de Wyoming, consiste de britagem, secagem, moagem e ensacamento. Os diferentes tipos de argila bentonítica, provenientes da frente de lavra, são estocados em pilhas no pátio da usina. Dependendo do produto que se deseja obter, é feita a blendagem no próprio pátio e a seguir a bentonita é submetida à britagem e secagem em forno rotativo, onde a umidade é reduzida de 30 para 10%. O produto da secagem é submetido à moagem em moinho tipo Raymond, em circuito fechado com classificador pneumático, obtendo-se um produto com granulometria abaixo de 200 malhas, a seguir acondicionado em sacos de 50 ou 100 lb (23 ou 45 kg).

Normalmente, os produtos obtidos no processamento da bentonita são submetidos a ensaios de controle de qualidade, em laboratório contíguo à própria usina. No caso de produtos direcionados para lama de perfuração, os ensaios são executados segundo normas API e os mais comuns são: viscosidade plástica usando viscosímetro Brookfield; determinação de filtrado API; resíduo em 200 malhas; ensaios de inchamento; ensaios de rendimento. No caso da caracterização de produtos para outras finalidades, são executados ensaios de absorção d'água; de absorção de óleo etc.

#### **4.6. Aspectos ambientais**

Em regra geral toda a operação que trabalha com margens menores as condições de trabalho e proteção ao meio ambiente é pior.

No ciclo produtivo de bens manufaturados a partir de matéria prima mineral, o minerador sempre teve a fama de ser o maior agressor ao meio ambiente. Este preconceito não é restrito ao Brasil, e sim em todo o mundo. A origem se dá no fato de que o minerador, mais no passado do que no presente, deixa sua marca, quer seja um grande buraco cheio de água ou um poço ou túnel abandonado. As barragens de rejeito são raramente recuperadas e os assoreamentos das drenagens ficam a mercê das chuvas e enchentes.

Na mineração de Bentonita constata-se pouca geração de resíduos resultantes, geralmente, da remoção do capeamento superficial (solo) e, mais subordinadamente, da retirada de camadas estéreis intercaladas ao pacote de minério argiloso. Especificamente no mineral industrial estudado, a agressão ao meio ambiente é restrita a desmatamento, às vezes clandestino, e deposição de afluentes líquidos e de finos em suspensão. O volume de resíduos gerado está condicionado às relações de mineração (estéril/minério). Em decorrência do baixo valor do minério, são lavradas jazidas com baixa relação estéril/minério, geralmente com valores inferiores 0,25, isto é, para cada tonelada de bentonita são removidos menos de 0,25 tonelada de materiais estéreis.

As práticas mais comuns utilizadas no controle das áreas impactadas pela mineração envolvem medidas de mitigação convencionais, tais como:

- restrição da remoção da vegetação ao mínimo necessário e, sempre que possível, revegetação das áreas impactadas,
- instalação de sistema de drenagem das águas pluviais nas frentes de lavra e nos pátios de estocagem de forma a conduzi-las para tanques de decantação antes da liberação para o meio externo;
- para o controle de poeira, instalação de barreira vegetal nos entornos da cava e do pátio de estocagem, e aspersão de água sobre os acessos não-pavimentados situados no interior e no acesso ao empreendimento;

Dependendo da situação topográfica, as medidas usuais de recuperação de cavas de argila envolvem:

- Preenchimento de cavas com materiais estéreis, e outros materiais disponíveis como resíduos de construção, terraplenagem para reafeiçoamento do relevo com a finalidade de atenuar o impacto visual, reduzir a possibilidade de erosões, permitindo a revegetação e, em certos casos, conversão das áreas para um novo uso.
- No caso de lagos remanescentes, estabilização de taludes marginais por meio de suavização dos cortes, seguido de revegetação.

No entanto, parcela importante das minerações ainda carece de práticas mais adequadas de controle e recuperação ambiental. Se as cavas individuais configuram degradações restritas, a aglomeração de empreendimentos em certas regiões tem provocado um impacto acumulativo considerável, sobressaindo, entre outros, processos de desmatamento, assoreamento de drenagem, formação de pequenos lagos, pilhas abandonadas de argila e de material estéril, e taludes expostos sujeitos à erosão. Ou seja, a agressão ao meio ambiente acontece de forma branda devido ao pequeno tamanho das operações, ficando restrito ao assoreamento de pequenas e médias drenagens e desmatamento sem plano de recuperação. As barragens de rejeito são artesanais, mas de pequeno volume. Não são bonitas, mas também não oferecem perigo eminente. (Reis, 2001)

#### 4.7. Evolução da Produção de minério e do seu Valor

Em 2007, a produção oficial de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647 t, como observado na tabela 10. Este montante representa menos 21% em relação a 2006. A Paraíba produziu 88,5% de toda a bentonita bruta brasileira. São Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar com 3,9% e, por último, o Paraná, com apenas 0,2% (Tabela 11 e Figura 8).

Oficialmente, quatorze empresas atua neste segmento no país. A maior delas é a Bentonit União Nordeste. A queda na produção bruta, em 2007, pode estar relacionada à paralisação da lavra, por razões técnicas e econômicas, de duas empresas: União Brasileira de Mineração S/A e Süd Chemie do Brasil LTDA, ambas localizadas em Boa Vista/PB. (Sumário Mineral, 2008)

**Tabela 10: Produção Nacional – Bentonita Bruta e Beneficiada**

Discriminação		Unidade	2005	2006	2007
Produção	Bruta (R.O.M.)	(t)	459.679	419.214	329.647
	Comercializada Bruta	(t)	286.190	156.464	155.547
	Beneficiada	(t)	221.300	235.481	238.746
	Beneficiada Comercializada	(t)	214.543	217.553	232.708

Fonte: Sumário Mineral, 2008

As projeções de produção de bentonita para 2008 e 2009 sugerem um quadro de estabilidade, devendo ser mantido o mesmo nível de produção.

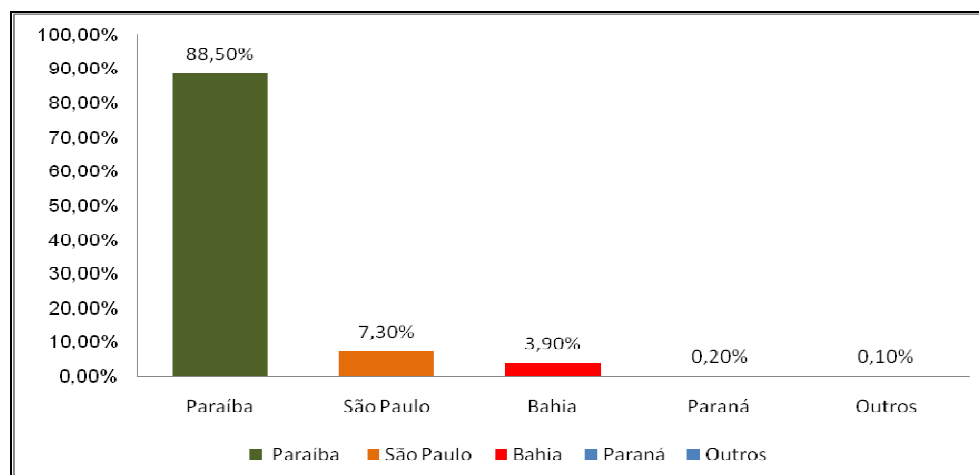
**Tabela 11: Produção Nacional – Bentonita Bruta – Distribuição por estados**

ESTADOS	PORCENTAGEM
Paraíba	88,50%
São Paulo	7,30%
Bahia	3,90%
Paraná	0,20%
Total	99,90%

Fonte: Sumário Mineral, 2008.



**Figura 8: Distribuição da produção brasileira de bentonitas**



Fonte: Sumário Mineral, 2008.

A produção brasileira de bentonita beneficiada (moída seca e ativada), em 2007, cresceu 1,39% em relação a 2006, conforme pode ser verificado na Tabela 10. A distribuição geográfica da produção de bentonita moída seca deu-se da seguinte forma: São Paulo com 97,5% do total e Paraná com 2,5%. A Bentonit União Nordeste, situada em Boa Vista/PB, produz exclusivamente bentonita do tipo ativada e contribuiu com 98,7% deste produto produzido no Brasil, seguida da empresa Bentonita do Paraná Mineração Ltda, localizada em Quatro Barras/PR, com 1,3% conforme a tabela 12. (Sumário Mineral, 2008).

**Tabela 12: Bentonita Tipo Ativada - Produção Nacional – 2007**

Empresa	Porcentagem	Localidade
Bentonit União Nordeste	98,70%	Boa Vista/PB
Bentonita do Paraná Mineração Ltda	1,30%	Quatro Barras/PR

Fonte: Sumário Mineral, 2008

#### 4.8. Valor da Produção Mineral

A Tabela 13 detalha o valor da produção comercializada no período de 1971 a 2005. Verifica-se que os dois últimos anos, 2004 e 2005, apresentam valores de US\$ 22.668.044,09 e 26.015.549,20, respectivamente, que são os maiores do período estudado.

O valor da produção mineral de bentonita comercializada no Brasil apresenta uma curva ascendente a partir de 1986 a atingindo US\$ 26.015.549,20 em 2005 conforme Figura 9.

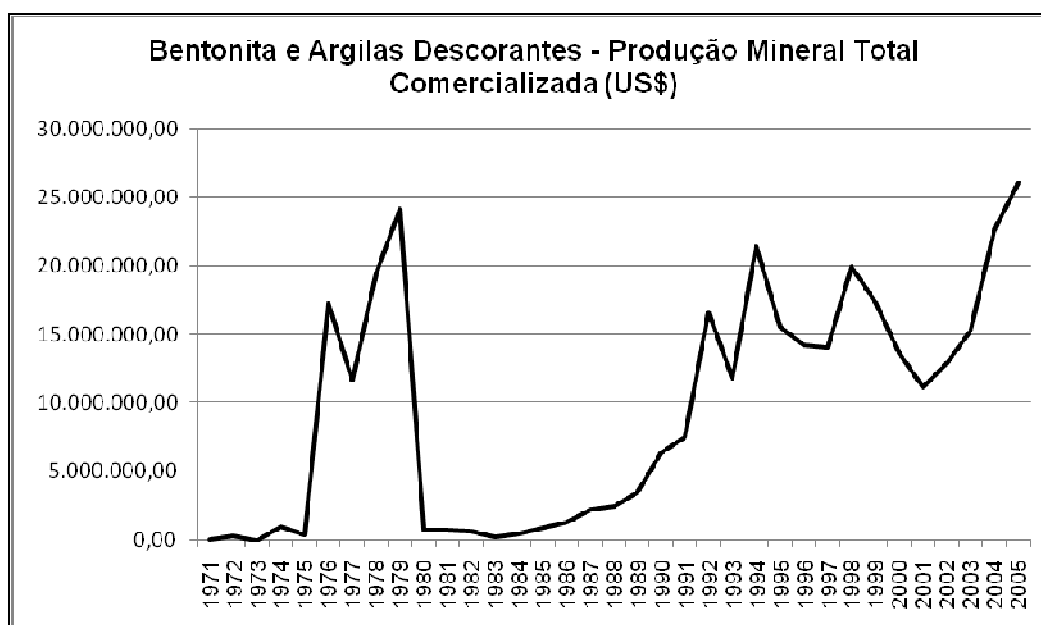
**Tabela 13: Distribuição da Produção de Bentonita e Argilas Descorantes Comercializada**

Ano	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Total Comercializada (US\$)
1971	94.409,20
1972	357.207,57
1973	0,00
1974	972.058,11
1975	425.895,16
1976	17.243.055,37
1977	11.683.645,72
1978	19.420.400,60

1979	24.112.410,66
1980	751.858,87
1981	708.592,23
1982	671.897,50
1983	246.967,66
1984	482.804,55
1985	918.641,70
1986	1.304.504,64
1987	2.190.738,95
1988	2.508.329,23
1989	3.507.107,32
1990	6.367.188,31
1991	7.550.038,66
1992	16.614.586,88
1993	11.785.861,54
1994	21.424.485,23
1995	15.509.002,18
1996	14.169.260,96
1997	14.056.747,38
1998	19.884.472,98
1999	17.317.432,51
2000	13.660.371,54
2001	11.184.551,13
2002	12.884.884,04
2003	15.316.644,34
2004	22.668.044,09
2005	26.015.549,20

Fonte: MineralData, 2009.

**Figura 9: Bentonita - Produção Mineral Total Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

#### 4.9. Evolução e tendência do preço de mercado

O preço da bentonita varia em função da qualidade do produto bruto, da aplicação e principalmente em função do beneficiamento. Na Tabela 14 é possível observar os preços da bentonita no mundo e suas características. Estes preços variam de US\$36/t a US\$ 100/t.

**Tabela 14: Preços de bentonita no mundo - maio de 2009**

País	Tipo	Preço/t
USA/Wyoming	Peças especiais para automóveis, moído (vários tamanhos)	US\$44-100
USA/Wyoming	Grau fundição, ensacado (100lb)	US\$70-90
USA/Wyoming	API grau, ensacado (100lb)	US\$70-100
Porto Europeu*	Moído, produtos para animais, tamanho 1-5mm	US\$50-70
Porto Europeu*	Moído, fundição, bruto, Navio com 10,000t	US\$55-60
Porto Europeu*	API com tamanho secção 6	US\$52-57
Índia/Kandla*	Trituradas e secas, a granel, Grau OCMA/API	US\$43-53
Índia/Kandla*	Trituradas e secas, a granel, produtos para animais	US\$36-38
Índia/Kandla*	Trituradas e secas, a granel, Grau fundição	US\$59-76

Obs.: Preço \*FOB

Fonte: Industrial Minerals, 2009.

Os preços da bentonita produzida no Brasil, no período de 2005 a 2007, apresentam valores inferiores e são apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15: Preços de bentonita no Brasil**

Discriminação			2005	2006	2007
Preços Médios	<i>In natura</i>	R\$/t	14,09	15,65	14,50
	Moída Seca	R\$/t	240,71	237,43	235,00
	Ativada	R\$/t	348,77	369,85	232,00

Fonte: Sumário Mineral, 2008

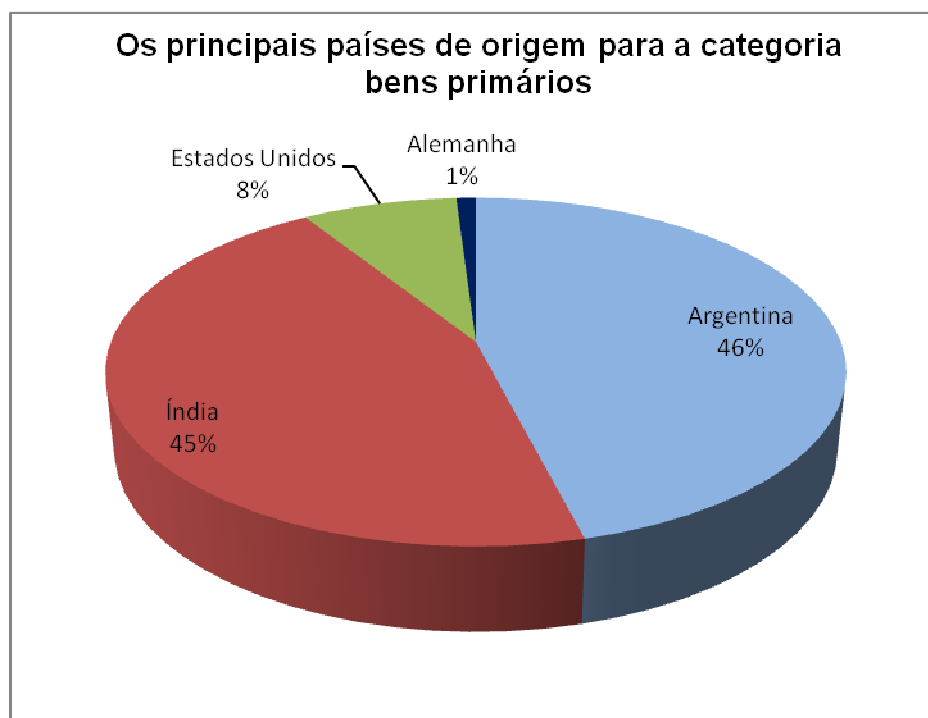
#### 4.10. Comércio internacional

As importações totais de bentonita realizadas pelo Brasil em 2007 totalizaram um montante de 227.765 t no valor de US\$- FOB 22.487 milhões. Em 2006, o montante importado foi de 144.366 t no valor de US\$-FOB 16.041 milhões. Comparativamente, ocorreu avanço de 58% em relação ao volume importado e acréscimo de 40% nos valores das importações. Isto demonstra que houve decréscimo de 11% no preço médio destes bens.

Em 2007, as aquisições brasileiras no mercado internacional, por categoria, foram: em bens primários, 221.069 t no valor de US\$-FOB 17.734 milhões. Em semimanufaturados, 3.422 t de atapulgita no valor de US\$-FOB 1.015 mil; e em manufaturados, 3.274 t (matéria mineral ativada) no valor de US\$-FOB 3.738 milhões.

Os principais países de origem para a categoria bens primários foram: Argentina (46%), Índia (45%), EUA (8%), Alemanha (1%) vide Figura 10; para semimanufaturados foram os EUA (100%) e para manufaturados foram: EUA (51%), Argentina (26%), Grécia (14%), China (5%), Alemanha (1%). (Sumário Mineral, 2008).

Figura 10: Os principais países de origem para a categoria bens primários



Fonte: Sumário Mineral, 2008

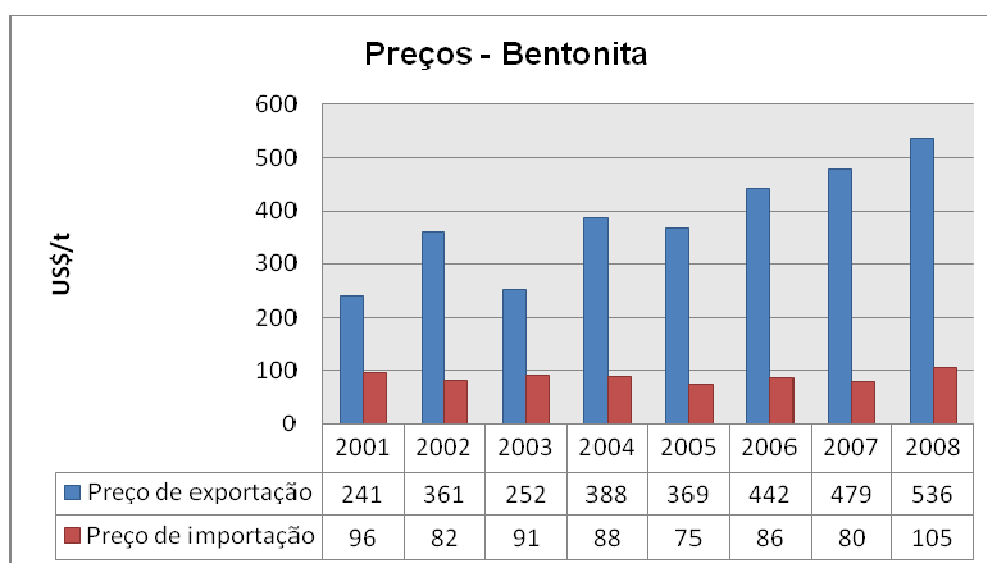
Observa-se na Tabela 16 e Figura 11, que os preços dos produtos exportados apresentam valores de US\$ 536,00, enquanto que os preços dos produtos importados, em 2008, atingiram US\$ 105,00.

Tabela 16: Preços de importação e exportação da bentonita – 2001 a 2008

Substâncias	Preços/anos	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Bentonita	Preço de exportação	241	361	252	388	369	442	479	536
	Preço de importação	96	82	91	88	75	86	80	105

Fonte: Elaboração própria, com base no Banco de Dados do MDIC/ALICEWEB, 2008.

Figura 11: Preço da bentonita - 2001-2008



Fonte: MDIC/ALICEWEB, 2008, modificado

Em 2007, as exportações totais de bentonita realizadas pelo Brasil totalizaram 9.512 t, atingindo o montante de US\$- FOB 4.566 milhões. Em 2006, foram exportadas 5.561 t, gerando o montante de US\$-FOB 2. 454 milhões. Houve incremento de 71% no volume exportado, gerando acréscimo de 86% nos valores obtidos com a comercialização deste bem mineral.

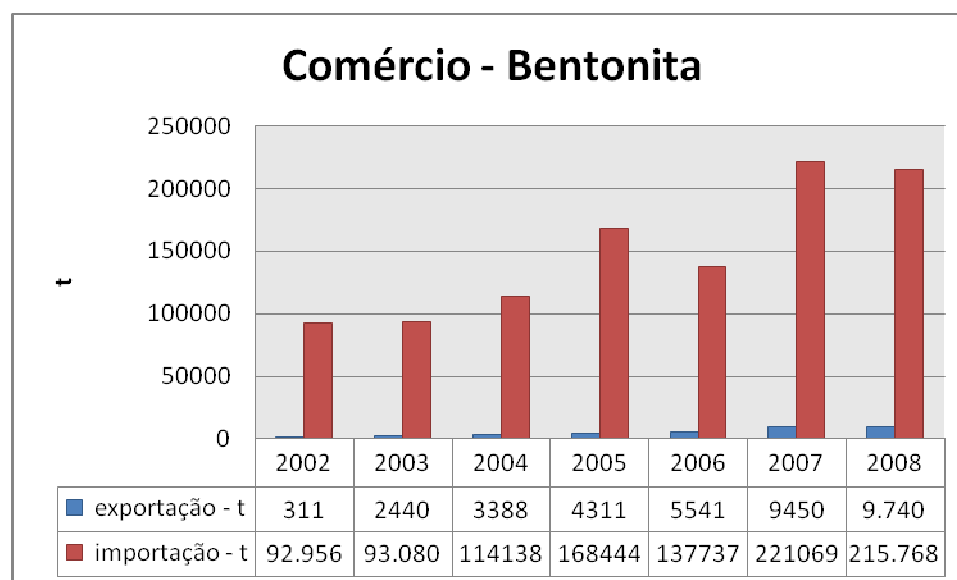
A Tabela 17 apresenta o comércio da bentonita no período de 2002-2008. Observa-se que o volume das importações vem crescendo, ano a ano, alcançando o montante de 221.069 t em 2007, e apresentando uma pequena queda para 215.768 em 2008. As exportações, apesar de apresentar quantidades relativamente menores que as importações, vêm aumentando ano a ano, conforme observado na Figura 12.

**Tabela 17: Comércio Internacional de bentonita – 2002 a 2008**

Bentonita		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	exportação - t		311	2440	3388	4311	5541	9450
importação - t		92.956	93.080	114138	168444	137737	221069	215.768

Fonte: Elaboração própria, com base no Banco de Dados do MDIC/ALICEWEB, 2008.

**Figura 12: Comércio da bentonita - 2001-2008**



Fonte: MDIC/ALICEWEB, 2008, modificado

Os principais bens exportados pelo Brasil em 2007, por categoria, foram: em bens primários, 9.451 t de bentonita no montante de US\$-FOB 4.536 milhões. Em manufaturados, 61 t de bentonita (matéria mineral natural ativada) no montante de US\$-FOB 30 mil.

Os principais países de destino para a categoria de bens primários foram: África do Sul (50%), Argentina (15%), Chile (8%), El Salvador (5%), Equador (5%); para manufaturados foram: Chile (23%), Uruguai (22%), Libéria (20%), Peru (17%), Angola (7%).(Sumário Mineral, 2008)

#### 4.11. Análise de tendência

No mundo, atualmente, o mercado para pet litter é o maior de consumidor final de argilas bentonitas e aliadas com a sepiolita, consumindo 4,5 Mt, em 2007. O mercado está fortemente concentrado na Europa (1,7 Mt) e América do Norte (2,5 Mt). Sendo este um mercado maduro, é pouco provável que cresça em mais de 1% por ano até 2012, quando a previsão é chegar 4,7 Mt.

O mercado de fundição ultrapassará o de *pet litter*, em 2012, devido ao aumento da demanda de bentonita na pelletização de minério de ferro. Este fato deve-se ao grande crescimento do consumo chinês, que ainda continua aumentando, em 2009. A tendência é que, em 2012, ocorra um adicional de 45,3 Mt por ano, resultante do aumento da capacidade de pelletização de minério de ferro já programada para o futuro recente. A maior parte deste aumento será na Austrália, Brasil, China, Índia, Rússia e Suécia.

A procura de bentonita para lamas de perfuração tende a aumentar cerca de 2% por ano até 2012, quando ele irá chegar a ter 2 Mt, em relação a 2007, quando foi de 1,8 Mt. O consumo está intimamente ligada à atividade de perfuração, que, por sua vez, está ligada ao petróleo/gás e aos seus preços. O aumento nos custos em exploração irá incentivar uma maior utilização de bentonita e outros minerais em fluidos de perfuração. O consumo e a produção de bentonita estão centralizados nos Estados Unidos, onde o consumo atingiu cerca de 1 Mt, em 2007. Devido à concorrência de fluidos de perfuração alternativos, espera-se uma redução na demanda de bentonita para lamas de perfuração, no longo prazo, devendo apresentar um crescimento modesto de 2% ao ano.

O uso de bentonita em engenharia civil tende a aumentar em consonância com o aumento da atividade da construção civil, especialmente nos BRICs, sendo puxado pela China. A previsão, em 2012, é que sejam utilizadas 1,9 Mt de bentonita nesta aplicação, em comparação com 1,6 Mt utilizados em 2007. A bentonita é utilizada na fundação, construção paredes, diafragma, cimentação, lubrificação, vedação, lagoas e valas irrigação, e para perfuração de túneis. A bentonita sódica é a mais utilizada como selante do solo, sendo este o maior mercado na área de engenharia.

Fora estas cinco utilizações principais, algumas das mais elevadas taxas de crescimento são esperados em outros mercados especializados. A indústria de óleos comestíveis, e em particular as do óleo de palma, apresentou um aumento médio de 8,2% ao ano, no período 1997 a 2006, atingindo a produção recorde de 37,3 Mt em 2006. Uma grande quantidade de óleos comestíveis é vendida em bruto, especialmente na Ásia, e existe um potencial significativo para o aumento da utilização no branqueamento nesta região. (Roskill, 2009)

Atualmente, a capacidade brasileira de produção de pelotas é de cerca de 56,0 Mt/ano. Com os projetos previstos esta capacidade atingirá 70 Mt/ano, em 2013. Este aumento implicará no aumento da demanda de bentonita que deverá ser atendida pelo mercado interno, em menor proporção, e em grande parte pela importação, devido principalmente, a baixa qualidade da bentonita nacional que tem alto teor de sílica.

A ampliação do *marketing-share* de fornecedores mais qualificados e com maior intimidade com o mercado consumidor tende a aumentar significativamente nos próximos 10 anos, também tende a aumentar os projetos liderados por incentivos oficiais. Em função do aumento no consumo de bentonita, haverá um aumento na entrada e presença de grupos internacionais de médio porte, apresentando maiores oportunidades exploradas por novos investidores. Os investimentos internacionais vão ser aplicados em novas plantas, laboratórios e práticas modernas para o fornecimento de minerais funcionais de alto desempenho. (Ciminelli, 2003).

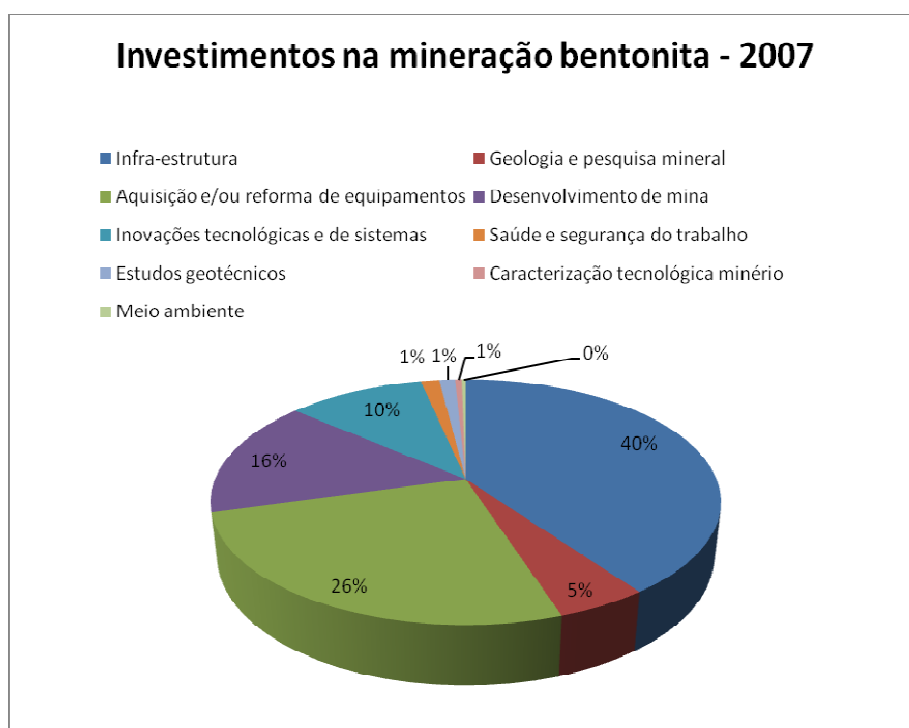
Nos últimos anos, as pesquisas visando o uso da esmectita como carga funcional nos polímeros vem crescendo. Para esse tipo de aplicação, as partículas individuais de esmectita são dispersas em uma matriz polimérica, resultando em um material compósito argila-polímero. Tendo em vista que a espessura das placas de argila está próxima de 1 nm, o material compósito formado pode ser denominado de nanocompósito. O uso desse tipo de material tem ainda um mercado limitado, mas espera-se um crescimento, na medida em que o mercado se adapte a essa nova tecnologia (Eisenhour & Reisch, 2006 apud Luz & Oliveira, 2008).

#### 4.12. Investimentos na mineração de bentonita

Em 2007, os investimentos na mineração de Bentonita brasileira alcançaram R\$ 4.976.960,85, dos quais 86,5% foram aplicados no estado da Bahia, 9,2% em São Paulo e 4,3% na Paraíba.

Os investimentos em 2007 foram assim distribuídos: em infra-estrutura 40%; em geologia e pesquisa mineral foram investidos 4,9%; em aquisição e/ou reforma de equipamentos, 25,8%; em desenvolvimento de mina, 15,5% em inovações tecnológicas e de sistemas, 10,4%; em saúde e segurança do trabalho, 1,4%; e estudos geotécnicos, 1,2%; em caracterização tecnológica minério, 0,5%; em meio ambiente, 0,3% vide Figura 13.

**Figura 13: Os investimentos na mineração de Bentonita no Brasil.**



Fonte: Sumário Mineral, 2008

Os investimentos previstos para os anos 2008, 2009 e 2010 na lavra e beneficiamento da bentonita no Brasil está estimado em R\$ 6.033.644,00. (Sumário Mineral, 2008).

As projeções de investimentos foram estimadas com base nos dados do Sumário Mineral 2008, estimando um crescimento de 4,5% a.a., considerando o cenário vigoroso, em relação ao ano base de 2007, conforme Tabela 18.

**Tabela 18: Projeção Estimada de Investimentos – 2007 a 2030**

ANO	VALOR
2007	4.976.961
2010	6.033.644
2015	11.433.783
2020	14.248.574
2025	17.756.316
2030	22.127.600

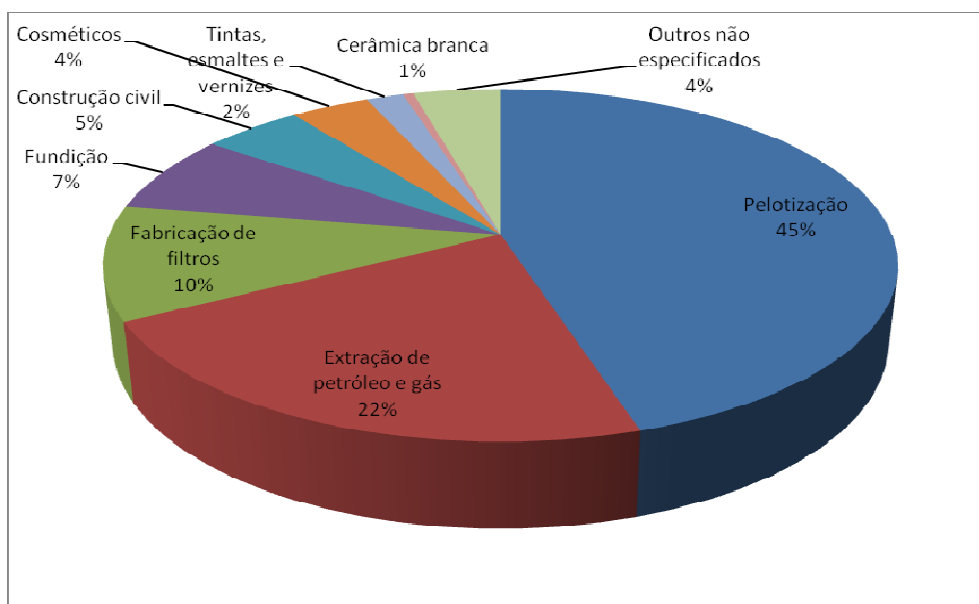
## 5. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA MINERAÇÃO DE BENTONITA

### 5.1. Principais usos do bem mineral e percentual

Os principais usos da bentonita são: agente tixotrópico de fluidos de perfuração de poços de petróleo e de água; pelotização de minérios de ferro; aglomerante de areias de moldagem usadas em fundição; decoloramento de óleos vegetais, minerais e animais; impermeabilização de bacias; *pet litter*, entre outros.

No Brasil, dados preliminares sobre o consumo de bentonita bruta, apresentaram a seguinte distribuição (Rezende et al., DNPM 2007): pelotização (45,2%); extração de petróleo e gás (22%); fabricação de filtros (10,5%); fundição (7,2%); construção civil (4,8%); cosméticos (3,8%); tintas, esmaltes e vernizes (1,8%), cerâmica branca (0,5%), outros não especificados (4,2%), conforme verificado na Figura 14.

Figura 14: Distribuição do consumo de bentonita bruta por uso no Brasil.



Fonte: Sumário Mineral, 2008

Em 2006, o uso de bentonita nos EUA apresentou a seguinte distribuição: 26% usada como *pet litter* (absorvente de dejetos de animais domésticos), 22% como agente tixotrópico de fluidos de perfuração de poços de petróleo e d'água, 23% como aglutinante de areias na indústria de fundição, 13% como aglomerante na pelotização de minério de ferro e 16% em outros usos (USGS, 2007).

A seguir são listados os principais usos da bentonita<sup>2</sup>:

**Fluido de Perfuração** - As funções da bentonita, quando usada como fluido de perfuração são:

- (i) refrigerar e limpar a broca de perfuração;
- (ii) reduzir a fricção entre o colar da coluna de perfuração e as paredes do poço;
- (iii) auxiliar na formação de uma torta de filtragem nas paredes do poço, de baixa permeabilidade, de forma a controlar a perda de filtrado do fluido de perfuração, contribuindo para evitar o desmoronamento do poço;

<sup>2</sup> No Anexo II é apresentada a maioria das aplicações de bentonita. Este estudo foi efetuado por Silva & Ferreira, 2008.



- (iv) conferir propriedade tixotrópica à lama de perfuração, ajudando a manter em suspensão as partículas sólidas, principalmente, quando cessa, temporariamente, o movimento da coluna de perfuração ou o bombeamento da lama de perfuração;
- (v) conferir viscosidade à lama de perfuração, para auxiliar no transporte dos cascalhos do fundo do poço para a superfície. As argilas organofílicas (bentonitas modificadas com surfactantes-sais orgânicos de aminas quaternárias) são usadas em fluidos de emulsão inversa, onde a fase contínua é constituída por óleo mineral de baixa toxidez, N – Parafina. Esse tipo de fluido é recomendado para aplicações especiais, em poços que atravessam formação contendo camadas de folhelho. (Darley & Gray, 1988)

No caso de fluido de perfuração de petróleo são determinados a viscosidade aparente, viscosidade plástica, filtrado API, resíduo em 200 malhas e umidade. (Luz, 2002)

**Tabela 19: Especificações de bentonita típica de Wyoming para perfuração de poços de petróleo frente as especificação requeridas pelas normas API.**

<b>Especificações dos Produtos</b>	<b>Especificações API, 13-A, Seção 4-1990</b>	<b>Bentonita Típica de Wyoming</b>
Rendimento em Barril (*)	-	96±5
Viscosidade a 600 rpm	30 min	36±6
Perda d água	15 cm <sup>3</sup> max	13,5±1
% peso passante em 200 malhas	-	80±4
Resíduo em 200 malhas, peneira U.S N° 200, a úmido	4,0% max.	3,0±0,5
% Umidade	10%	7±1
pH	-	9,0±1,0
Tensão do Gel -10 s	-	4±1
Tensão do Gel – 10 min	-	12±3
Viscosidade Plástica	-	-
Limite de Escoamento, lb/200 ft	-	-

Obs. (\*) Barris de lama com 8 cP de viscosidade plástica preparados com 1 t curta (200 lb) de bentonita  
Fonte: Luz & Oliveira, 2008.

Os coeficientes técnicos para fluido da perfuração - A bentonita típica de Wyoming: é o produto preferido para uso em perfuração e exploração de gás e petróleo.

É também usada na abertura de poços e em fundação de concreto. Na Tabela 19 constam as especificações típicas. Algumas características requeridas dos produtos são apresentadas a seguir:

- (i) manufaturado para atender as especificações da Seção 4, norma API 13A;
- (ii) gerar viscosidade a 200 malhas;
- (iii) produzir excelentes características de perda de fluido;
- (iv) ajudar a estabilizar as paredes do poço ou trincheira.

No caso de bentonita natural típica de Wyoming para perfuração de poços para água, é desejável o uso de uma bentonita sódica de alta qualidade e que não se altere. Esse tipo de bentonita é requerida para monitorar poços de perfuração d água, onde aditivos químicos podem afetar as análises químicas. É também usada em exploração de gás e petróleo, lama de trincheira, paredes de diafragma e como misturas aditivas de solos. As características requeridas são:

- (i) gerar viscosidade a 200 malhas;
- (ii) atender ou exceder as especificações API 13A, Seção 5;
- (iii) melhorar as características de perda de fluido;
- (iv) auxiliar na estabilização das paredes do poço ou trincheira;
- (v) não ter aditivos que influenciem as análises químicas.

A análise química de uma bentonita típica para uso em perfuração de poços de água é apresentada na Tabela 20.

**Tabela 20: Bentonita para perfuração de poços de água**

Composto	Teor (%)	Composto	Teor (%)
SiO <sub>2</sub>	61,4	MgO	1,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,1	TiO <sub>2</sub>	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,5	K <sub>2</sub> O	0,1
Na <sub>2</sub> O	2,3	Outros	0,07
CaO	0,4	H <sub>2</sub> O	7,8
P.F.	4,4	-	-

Fonte: Luz e Oliveira, 2008.

**Pelotização de minérios de ferro** - A pelletização de minério de ferro usa entre 6 e 8 kg de bentonita sódica, ou esmectita cálcica ativada com carbonato de sódio, para cada tonelada de minério de ferro. A bentonita tem como função promover uma ligação entre as partículas minerais, conferindo resistência mecânica às pelotas verdes e, após a queima, às calcinadas (Harben & Kuzvart, 1996).

Para pelletização de minério de ferro são determinados: umidade, perda ao fogo, superfície específica, pH, resíduo em 325 malhas, inchamento, capacidade de adsorção de água e análise química para CaO, K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>. (Luz et al, 2002).

Os coeficientes técnicos de bentonita para pelletização minério de ferro, estão descritas na Tabela 21 de alta sílica e de média sílica na Tabela 22. Estas especificações não são padronizadas e vários ensaios são usados para avaliar suas propriedades tecnológicas (Elzea & Murray, 1994).

**Tabela 21: Especificações e análise de uma bentonita típica de alta sílica para pelletização de minério de ferro.**

Parâmetro	Especificação	Resultado (2)
SiO <sub>2</sub>	52% máx.	48,86%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14-16%	16,00%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15% mín.	15,97%
CaO	1,5% mín.	1,70%
Na <sub>2</sub> O	2,4% min.	3,73%
TiO <sub>2</sub>	1,0-2,0%	2,00%
K <sub>2</sub> O	0,06 - 0,20%	0,17%
MgO	2,0% mín.	2,40%

Perda ao fogo	12% máx.	8,88%
Umidade	12% máx.	9,95%
Índice de inchamento livre	30% mín.	32%
Densidade	2,4 - 2,5	2,3325
Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	961,20 mín.	1185,48
Montmorillonita	80% mín.	95,32%
pH (suspensão aquosa a 5%)	9,5 mín.	10,2
Absorção de água teste de placa – 2h <sup>(1)</sup>	400 min (Norma ASTM)	485
Malha	% peso	% peso
< 325	70,0 mín.	79,4
< 100	99,5	99,5

OBS (1) Plate Water Absorption (2h) Witnessed at Shipper's lab. (2) Análise física e química de uma bentonita típica usada pela CVRD, na pelotização de minério de ferro.

Fonte: Luz e Oliveira, 2008.

**Tabela 22: Especificação e análise de uma bentonita típica de média sílica para pelotização de minério de ferro.**

Parâmetro	Especificação	Resultado
SiO <sub>2</sub>	45% ± 2%	46,98%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14% mín	16,52%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15% mín	17,06%
CaO	1,5% mín	1,62%
Na <sub>2</sub> O	2,8% mín	3,74%
TiO <sub>2</sub>	2,0% mín	2,31%
K <sub>2</sub> O	0,06 - 0,20%	0,20%
MgO	1,5 - 2,0%	2,00%
Perda ao fogo	12% máx	9,07%
Umidade	12% máx	10,20%
Índice de inchamento livre	30 min	30
Densidade	2,4 máx.	2,3346
Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	961,20 mín.	1185,48
Montmorillonita	80% mín	95,30%
pH (suspensão aquosa 5%)	9,5 mín	10,20%
Absorção de água em placa (2h) certificada no laboratório de embarque	420 min ± 100 (ASTM)	500
Malha	% peso	% peso
< 325	70% mín	80,03%
< 100	99,5% mín	99,6

Fonte: Luz e Oliveira, 2008.

**Aglomerante de areias de moldagem** - Conforme Harben e Kuzvart (1996), na preparação de moldes de fundição, a bentonita sódica (bentonita cálcica pode ser usada em temperaturas mais baixas de fundição) é usada como ligante na proporção de 4 a 6% e tem a função de promover a aglutinação da areia de quartzo, conferindo as propriedades físicas (porosidade, refratariedade etc.) requeridas dos moldes de fundição.

Os coeficientes técnicos da bentonita para Fundição - A seguir, encontram-se as especificações de uma bentonita natural sódica (Argentina) e uma bentonita sódica ativada (Boa Vista-PB) usadas na Fundição Tupy, em Joinville-SC, como aglomerantes de areias de moldagem para fundição (Tabela 23).

**Tabela 23: Especificações de bentonita para fundição**

<b>Características</b>	<b>Sódica Natural</b>	<b>Sódica Ativada</b>
Umidade original (%)	8,0 – 12,0	8,0 – 12,0
Absorção de azul de metileno (ml)	mín. 50,0	mín. 50,0
Densidade	0,70 – 0,85	0,65 – 0,80
Teor de partículas grossas retido em 0,075 mm (%)	máx. 15,0	máx. 15,0
Reação benzidina	azul intenso	verde
Inchamento (%)	mín. 30,0	mín. 30,0
Estabilidade térmica (550° C) (%)	mín. 70,0	mín. 70,0
(1) RCV (N/cm <sup>2</sup> )	mín. 12,0	mín. 13,0
(2) RTU (N/cm <sup>2</sup> )	mín. 0,28	mín. 0,29
Permeabilidade (cm <sup>4</sup> /g/min)	140 - 160	160 - 205

Obs.: (1) RCV: Resistência a compressão a verde (teste realizado com mistura padrão de areia (100 partes), bentonita (5 partes) e água para dar uma compactabilidade de 45%).  
(2) RTU: Resistência a tração a úmido.

Fonte: Luz e Oliveira, 2008

**Descoramento de óleos** - As argilas bentoníticas, principalmente quando calcinadas, apresentam alta adsorção (capacidade de atrair e manter íons ou moléculas de gás ou líquido) e absorção (capacidade de incorporar material). A esmectita (montmorillonita) cálcica após ativação ácida (HCl ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) aumenta as suas propriedades sorptivas e é usada no descoramento, desodorização e desidratação de óleos vegetais, minerais e animais.

Quando a bentonita se destina ao uso de clarificação de óleos, ao invés de ativação com barrilha é feita uma ativação ácida com ácido clorídrico ou sulfúrico. O produto dessa ativação é submetido a ensaios de capacidade de troca catiônica, para avaliar o seu poder de descoramento. Este, também poderá ser avaliado através de ensaios de descoramento de óleo mineral, fazendo-se a medição do óleo descorado em colorímetro tipo HELLIGE, munido de discos com cores na escala ASTM. No caso da utilização da bentonita ativada ácida, em ensaios de descoramento de óleos vegetais, as leituras dos óleos descorados são realizadas com Tintômetro com escala Lovibond. (Luz et al, 2001b).

**Impermeabilização de bacias** - A bentonita, devido às suas propriedades de plasticidade, impermeabilidade, resistência à compressão e baixa compressibilidade, é usada na engenharia civil como cobertura de aterros, impermeabilização de bacias entre outros.

**Pet litter** - a função da bentonita, neste caso, deve-se a uma alta capacidade para adsorver e manter íons ou moléculas do gás ou líquido, bem como a capacidade de absorver e incorporar material. Acresce a capacidade de controlar os odores dos dejetos de animais domésticos.

Os coeficientes técnicos da bentonita para *pet litter* - Algumas características requeridas são apresentadas, em seqüência:

- (i) absorção de líquido 5 vezes o seu peso;
- (ii) controle de odor, ou seja, a capacidade de promover a desodorização;
- (iii) ausência de pó;
- (iv) possuir cor clara;
- (v) possuir partículas arredondadas (1 a 2 mm) para prover maior conforto ao animal.

### ***Materiais Substitutos***

Os materiais alternativos à bentonita podem ser citados, em função do uso:

- (i) O fluido de perfuração na indústria de petróleo é influenciado pelo preço do petróleo e pelas tecnologias de exploração. O uso de fluidos de perfuração onde a fase contínua é um polímero, e não água, vem contribuindo para reduzir o consumo de bentonita nesta aplicação;
- (ii) Na pelletização de minérios, os polímeros orgânicos, já disponibilizados há mais de 20 anos. O atrativo maior é a isenção de sílica, possibilitando a produção de pelotas com baixíssimo teor de sílica. Devido ao preço, no entanto, ainda não ameaçam a bentonita nesta utilização.
- (iii) Na indústria de fundição, como aglutinante de areia de moldagem, o uso de polímeros orgânicos se restringe a situações especiais de fundição. No longo prazo, a bentonita deve continuar sendo o principal material para esse fim.

## **6. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE BENTONITA**

### **6.1. PROJEÇÕES DO CONSUMO 2010-2030**

#### **Cenários adotados**

Para a projeção do consumo, foram considerados os três cenários apresentados na Tabela 24 e 25, feito com base na projeção da economia brasileira no horizonte 2010 a 2030:

**Tabela 24: Cenários**

Cenário	Denominação	Caracterização
1	Frágil	Instabilidade e Retrocesso
2	Vigoroso	Estabilidade e Reformas
3	Inovador	Estabilidade, reformas e inovação

O Cenário 1 considera uma possível reversão dos atuais condicionamentos sócio-políticos e a desestabilização do atual contexto fiscal e monetário. Conseqüentemente, o país deverá regredir no processo de estabilização de sua economia, concomitantemente a retrocessos no plano externo, com deterioração do atual contexto de integração competitiva à economia internacional. De acordo com as projeções realizadas, o Cenário 1 prevê o crescimento do PIB à taxa de 2,3% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 11,9 mil, em 2030.

O Cenário 2 pressupõe a manutenção e o aperfeiçoamento das atuais condições de estabilidade e de aprofundamento das reformas político-institucionais, especialmente nos campos da gestão pública (reforma administrativa), fiscal (reforma tributária), e da previdência social (reforma previdenciária), além das concessões de serviços de infra-estrutura (saneamento, energia, portos e transporte rodoviário, fluvial e marítimo). De acordo com as projeções realizadas, o Cenário 2 prevê o crescimento do PIB à taxa de 4,6% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 18,9 mil, em 2030.

O Cenário 3 admite um condicionamento ainda mais virtuoso, no qual – além do aperfeiçoamento da estabilização e do aprofundamento das reformas institucionais - o país empreende uma vigorosa mobilização nacional pela inovação, contando com uma ampla participação de instituições públicas, entidades não governamentais, empresas e da sociedade como um todo. Admite-se que tal processo de mobilização seja focado em planos e programas direcionados para uma ampla geração e difusão de informação, conhecimento e aprendizado, como estímulo a projetos específicos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. De acordo com as projeções realizadas, o Cenário 3 prevê o crescimento do PIB à taxa de 6,9% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 29,2 mil, em 2030.

**Tabela 25: Cenários para o futuro da economia brasileira**

Indicadores Econômicos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	Frágil	Vigoroso	Inovador
	Instabilidade e Retrocesso	Estabilidade e Reformas	Estabil., Reformas e Inovação
PIB - Produto Interno Bruto (% a.a.)	2,3	4,6	6,9
- Período 2010 a 2015	2,8	4,0	5,0
- Período 2015 a 2020	2,5	4,5	6,5
- Período 2020 a 2030	2,0	5,0	8,0

## 6.2. Projeção de bentonita

A base de dados foi regredida a partir de séries temporais, objetivando realizar as previsões da demanda de bentonita nos cenários futuros. Utilizou-se para tanto o modelo de defasagem da variável dependente dada a autocorrelação dos resíduos, além da variável PIB para estimar o modelo de regressão. Ressalva-se que as variáveis foram transformadas em logaritmo natural (Ln), conforme destacado a seguir:

$$\text{Ln}(\text{BEN}) = 3.215402256 + 0.1568180381 * \text{Ln}(\text{PIB}) + 0.5699740764 * \text{Ln}(\text{BEN}(-1))$$

onde: C = CONSTANTE DO MODELO  
 PIB = PRODUTO INTERNO BRUTO  
 BEN = Bentonita (t)  
 (-1) = defasagem de um período

### Analise das estatísticas do modelo:

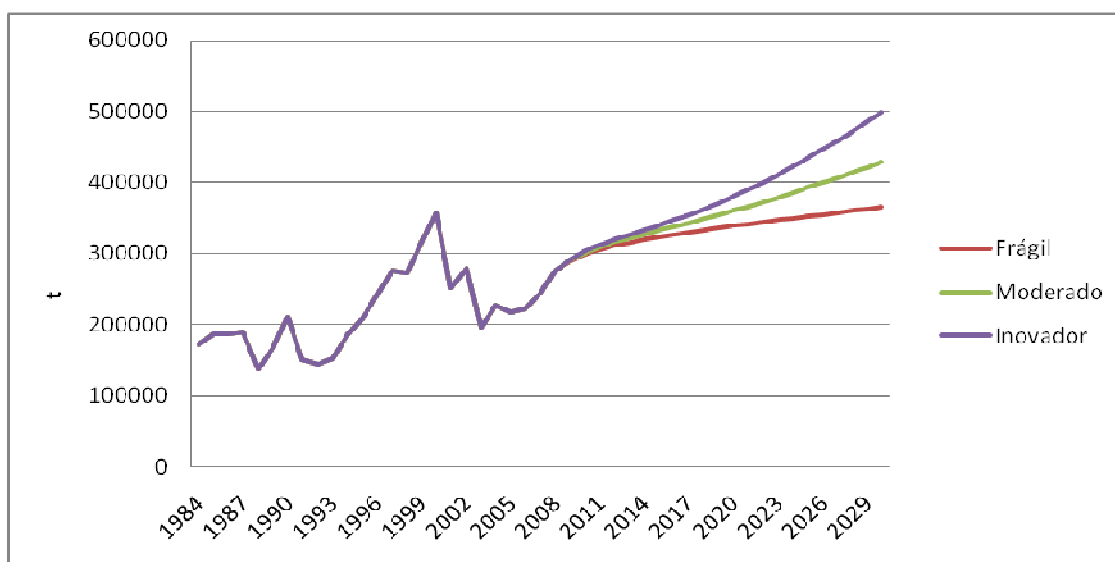
Através do teste Jarque-Bera, observa-se que o modelo não apresenta problema de normalidade dos resíduos. Já o teste White, demonstrou a não existência de Heterocedasticidade. De acordo com a estatística Durbin-Watson (2,13) o modelo também não apresenta problema de auto-correlação residual. O coeficiente de determinação foi de 0,61 e as variáveis foram todas significativas ao nível de 5% de significância.

A partir da fórmula justificada com as informações contidas no Anexo II, temos os seguintes dados projetados:

**Tabela 26: Projeção do consumo de bentonita – (t)**

Anos	Cenário 1- Frágil	Cenário 2- Vigoroso	Cenário 3-Inovador
2010	298.903	301.163	303.040
2015	323.137	332.404	340.245
2020	339.030	359.987	379.807
2030	365.347	429.086	499.334

**Figura 15: Projeções 2010/2030 nos três cenários: Frágil, Moderado e Inovador**



### 6.3. Panorama mundial

Os principais mercados consumidores para bentonita são: América do Norte (7,5 Mt), Ásia (5,6 Mt) e Europa (5 Mt), embora haja variações significativas no padrão de consumo dentro de cada uma destas regiões. Atualmente, as maiores taxas de crescimento no consumo são encontradas na Ásia, principalmente a China, e na América do Sul, onde a demanda é marcada pelo aumento da produção na siderurgia, conseqüentemente aumentando a pelletização de minério de ferro e dos mercados fundição. Estas variações dependem, em parte, do tipo de ocorrência local, e também sobre o grau de industrialização. Nas economias emergentes, as aplicações nas indústrias siderúrgicas e metalúrgicas são um dos principais motores da demanda, enquanto que nas economias maduras as aplicações residenciais, tais como *pet litter*, predominam. (Roskill, 2009).

Os EUA que lideram a produção mundial, apresentaram, em 2006, uma produção de 4,62 Mt, apresentando um consumo aparente de 3,39 Mt (USGS, 2007), equivalendo a um consumo per capita de 11,3 kg/hab. Para efeito de comparação, o consumo brasileiro, em 2006, ficou em torno de 1,2 kg/hab.

#### 6.4. Panorama brasileiro

Nos últimos cinco anos está ocorrendo um aumento no consumo de bentonita no Brasil. Este fato está relacionado ao aumento do desenvolvimento do país, (aumento do PIB e aumento da produção de produtos para exportação). Na Tabela 27 é apresentado o consumo aparente<sup>3</sup> no período de 1978- 2005.

**Tabela 27: Bentonita - Consumo Aparente (t)**

Ano	Bentonita - Consumo Aparente (t)
1978	181.624
1979	234.074
1980	272.893
1981	228.089
1982	146.014
1983	128.155
1984	172.190
1985	185.671
1986	186.615
1987	189.728
1988	138.175
1989	167.594
1990	211.140
1991	151.303
1992	144.843
1993	151.654
1994	185.378
1995	208.258
1996	240.338
1997	276.489
1998	272.047
1999	314.343
2000	357.156
2001	251.730
2002	278.685
2003	196.528
2004	226.456
2005	217.011
2006	222.248
2007	245.381

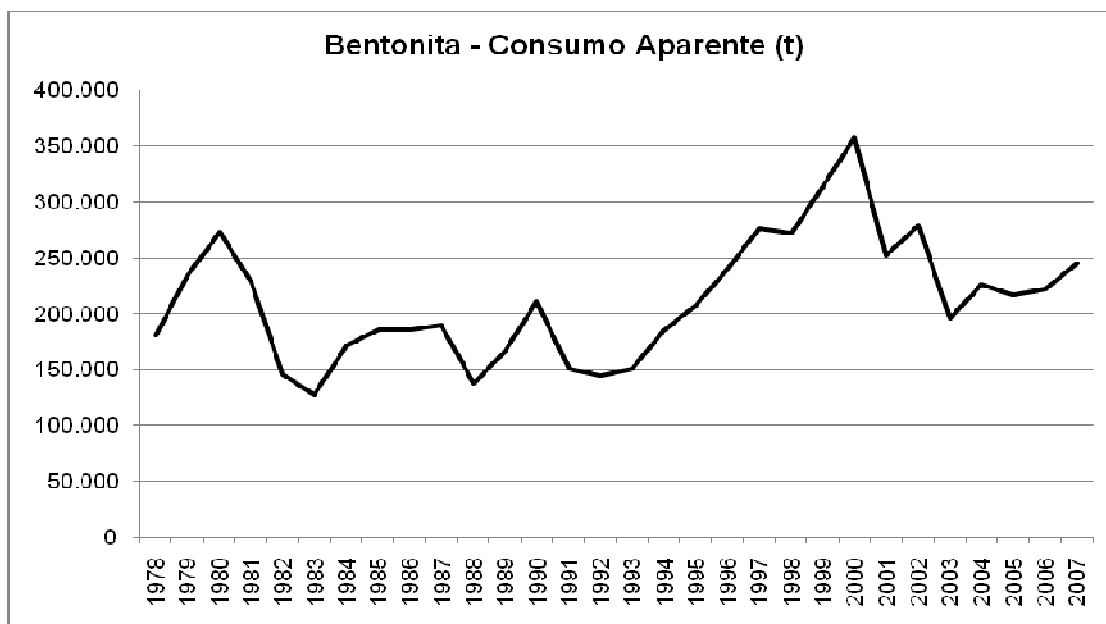
Fonte: MineralData, 2009

O consumo aparente de bentonita mantém-se no intervalo entre 200 e 250 mil toneladas por ano. Apresentado alguns picos positivos e negativos sazonalmente, porém rapidamente estabiliza em uma margem próxima a 240 mil toneladas, conforme pode ser verificado na Figura 16.

<sup>3</sup> Consumo aparente = produção + importação – exportação



**Figura 16: Bentonita- Consumo Aparente (t) no período de 78 a 2007**

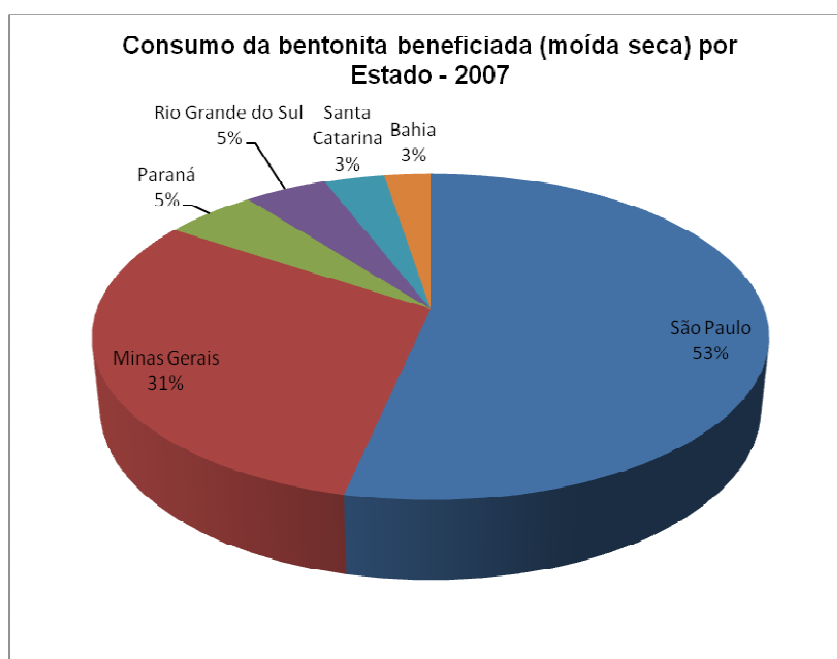


Fonte: MineralData, 2009.

Os dados preliminares relativos ao consumo estimado de bentonita bruta, no ano de 2007, indicaram a seguinte distribuição: extração de petróleo/gás (54%) e pelotização (46%). O município de Boa Vista/PB foi o destino de (88%) da vendas de bentonita bruta em 2007. Para o município Campina Grande/PB foi destinado 8,9% e para o município Pocinhos/PB 3,10%.

O destino de bentonita beneficiada (moída seca) se distribuiu nos seguintes Estados: São Paulo com 53,5%, Minas Gerais com 30,7%, Paraná com 5,2%, Rio Grande do Sul com 4,65%, Santa Catarina com 3,4% e Bahia com 2,6%, observado na Figura 16. As finalidades industriais para a bentonita moída seca se distribuíram entre graxas e lubrificantes com 78,7%, fertilizantes com 11,1%, óleos comestíveis com 7,7% e fundição com 2,4%.

**Figura 17: Consumo de bentonita beneficiada por estado em 2007**



Fonte: Sumário Mineral, 2008.

O destino da bentonita ativada foi apurado entre os seguintes Estados: Espírito santo com 44,4% Minas Gerais com 27,7%, Rio Grande do Sul com 11,6%, Santa Catarina com 9,6%, São Paulo com 5,3%, e Rio de Janeiro com 1,4%. Os usos industriais da bentonita ativada se distribuíram entre: pelotização de minério de ferro com 63%, fundição com 19,7%, ração animal com 11,6%, extração de petróleo e gás com 5,5% e outros produtos químicos com 0,2%. O consumo aparente brasileiro de bentonita bruta aumentou 86,3% em 2007 em relação a 2006. Os incrementos das importações contribuíram para suprir este consumo. O crescimento do consumo aparente de Bentonita beneficiada atingiu 32,9%. (Sumário Mineral, 2008).

Considerando os dados do DNPM para 2007, que indica uma produção de 329.647 t, tem-se que a relação produção/reserva alcança o montante de 168 anos para reserva medida, e 135 anos para reserva lavrável.

Por outro lado, vale registrar que cresce, nos EUA, o uso de bentonita na formulação de material para *pet litter*, ocupando espaço de outros minerais como atapulgita, sepiolita e zeólita.

## 7. PRODUÇÃO DE BENTONITA NO BRASIL

### 7.1. Projeção da Produção de bentonita

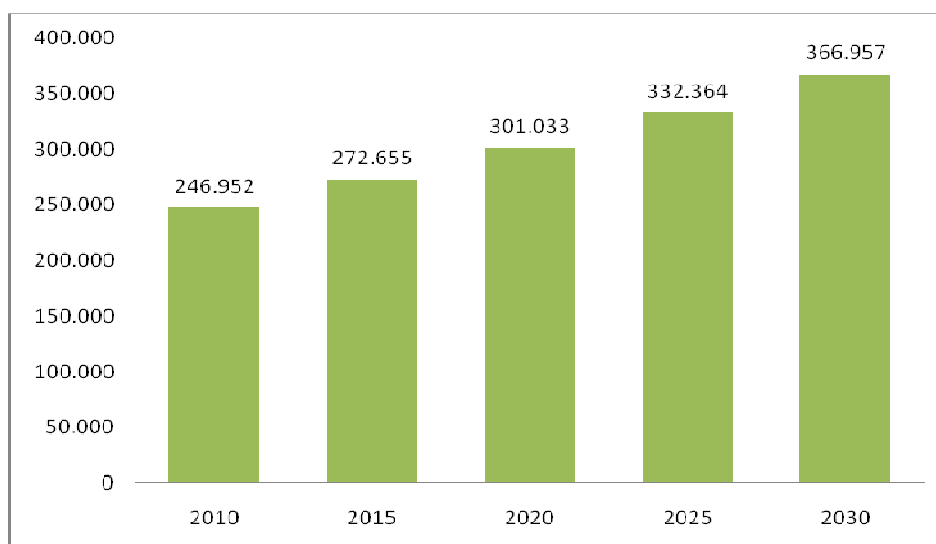
A Tabela 28 apresenta a projeção da produção brasileira de bentonita, utilizando uma média de crescimento do cenário vigoroso, com crescimento estimado em 2,0% ao ano. A produção em 2030 tende a aumentar quase duas vezes em relação a 2010.

**Tabela 28: Projeção da produção brasileira - 2008 a 2030**

<b>Data</b>	<b>Toneladas</b>
<b>2010</b>	<b>246.952</b>
<b>2015</b>	<b>272.655</b>
<b>2020</b>	<b>301.033</b>
<b>2025</b>	<b>332.364</b>
<b>2030</b>	<b>366.957</b>

A produção tende a aumentar, de maneira constante mesmo indiferente ao PIB, já que dois grandes setores consumidores, indústria petrolífera e siderúrgica, apresentam perspectivas de crescimento, para os próximos 20 anos, de maneira contínua e consistente face, principalmente ao pré-sal e a expansão da indústria siderúrgica.

**Figura 18: Projeção da produção de bentonita - 2010 a 2030.**



Alguns fatores que podem inibir estas previsões de crescimento com: a) as importações de bentonitas da Argentina e Índia, que apresentam melhor qualidade e menores preços, respectivamente. b) ausência de investimento em pesquisa mineral e c) grande utilização dos minerais ou materiais substitutos da bentonita.

## 7.2. Produção de bentonita

A Tabela 29 apresenta a distribuição da produção de bentonita: total comercializada, bruta comercializada e beneficiada comercializada no período de 1971 a 2005. É possível observar que ocorre em alguns períodos ausência dados.

**Tabela 29: Produção Brasileira 1971-2005**

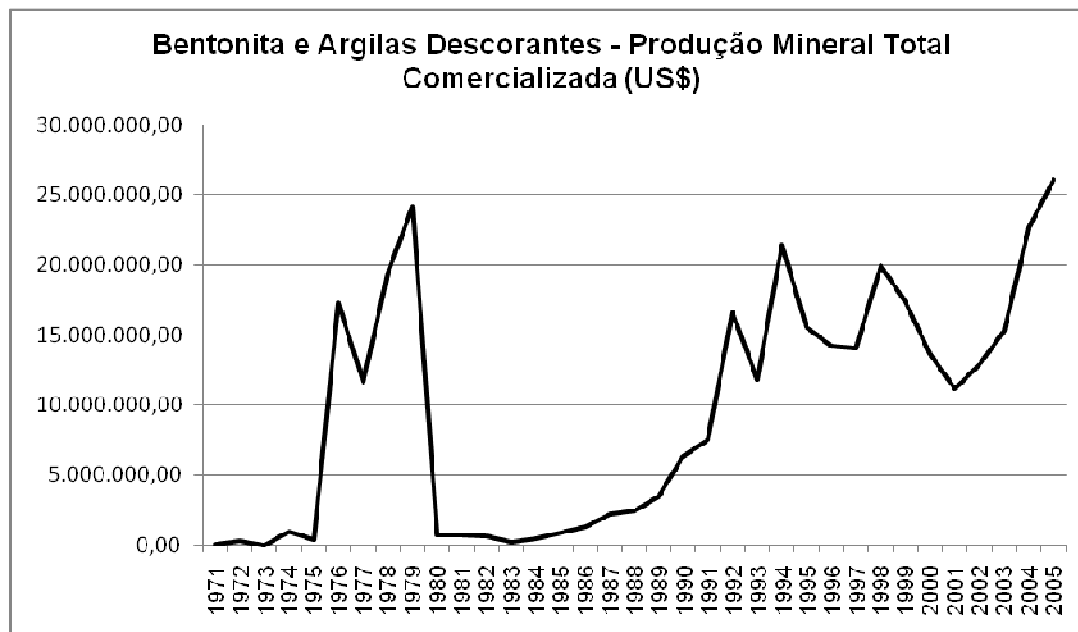
Ano	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Total Comercializada (US\$)	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Bruta Comercializada (t)	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Bruta Comercializada (US\$)	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (t)	Bentonita e Argilas Descorantes - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (US\$)
1971	94.409,20	27.773	94.409,20	-	-
1972	357.207,57	35.626	141.016,51	-	216.191,06
1973	0,00	42.397	198.086,64	-	196.965,97
1974	972.058,11	69.898	371.090,50	-	600.967,61
1975	425.895,16	111.869	284.662,36	3.833	141.232,80
1976	17.243.055,37	0	0,00	143.218	17.243.055,37
1977	11.683.645,72	0	0,00	108.395	11.683.645,72
1978	19.420.400,60	0	0,00	167.614	19.420.400,60
1979	24.112.410,66	0	0,00	212.503	24.112.410,66
1980	751.858,87	214.954	751.858,87	0	0,00
1981	708.592,23	156.338	708.592,23	0	0,00
1982	671.897,50	164.060	671.897,50	0	0,00
1983	246.967,66	128.691	246.967,66	0	0,00
1984	482.804,55	196.050	319.077,70	5.120	163.726,85
1985	918.641,70	211.588	273.284,20	24.068	645.357,49
1986	1.304.504,64	197.425	435.963,49	26.632	868.541,15
1987	2.190.738,95	191.360	1.120.454,66	19.319	1.070.284,29
1988	2.508.329,23	123.487	439.065,28	22.738	2.069.263,95
1989	3.507.107,32	86.580	299.218,19	26.883	3.207.889,13
1990	6.367.188,31	63.719	222.562,10	81.414	6.144.626,21
1991	7.550.038,66	5.427	109.679,35	108.905	7.440.359,32
1992	16.614.586,88	49.502	1.505.993,11	91.797	15.108.593,77
1993	11.785.861,54	18.791	490.778,30	87.213	11.295.083,24
1994	21.424.485,23	22.532	764.293,93	102.351	20.660.191,29
1995	15.509.002,18	26.822	846.929,04	122.948	14.662.073,14
1996	14.169.260,96	6.520	93.965,14	131.891	14.075.295,82
1997	14.056.747,38	76.161	274.804,71	140.732	13.781.942,67
1998	19.884.472,98	98.471	241.420,32	222.657	19.643.052,66
1999	17.317.432,51	98.120	139.697,52	273.297	17.177.734,99
2000	13.660.371,54	159.947	290.592,28	173.608	13.369.779,26

2001	11.184.551,13	236.933	609.815,18	177.714	10.574.735,95
2002	12.884.884,04	167.585	375.916,68	184.691	12.508.967,36
2003	15.316.644,34	299.356	677.024,10	195.556	14.639.620,24
2004	22.668.044,09	291.406	1.032.230,36	225.807	21.635.813,73
2005	26.015.549,20	364.283	1.662.600,32	214.543	24.351.923,56

Fonte: MineralData, 2008

Os dados da produção mineral total comercializada de bentonita no período de 1971 a 2005 são bastantes irregulares conforme pode ser visualizado na Figura 19, principalmente do período anterior a 1983.

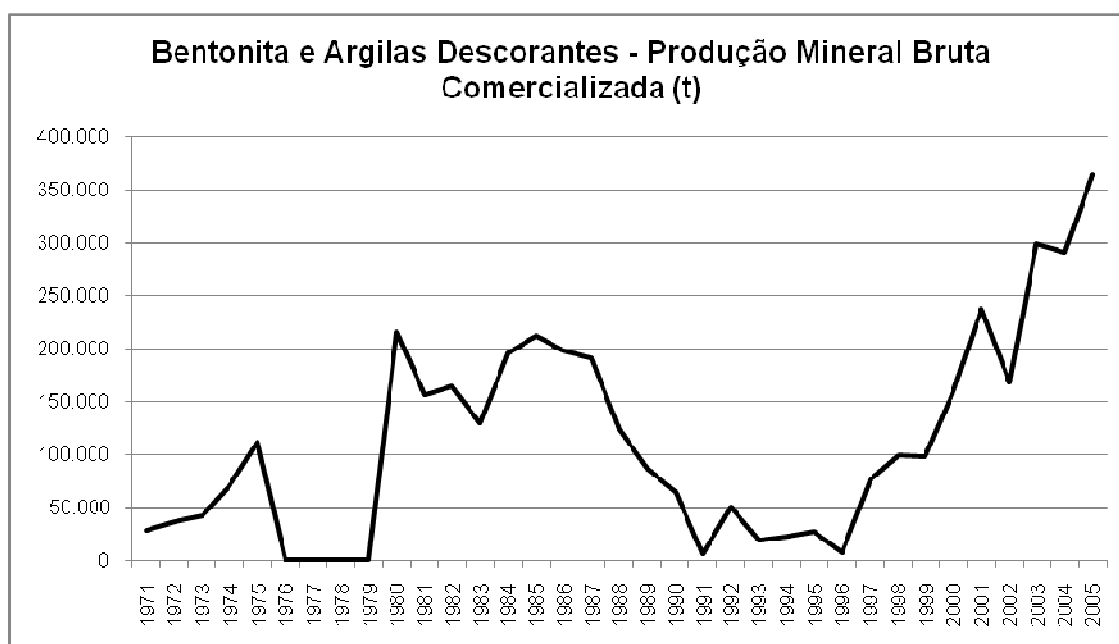
**Figura 19: Bentonita - Produção Mineral Total Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

Os dados da produção mineral bruta comercializada de bentonita no período de 1971 a 2005, conforme pode ser visualizado na Figura 20, valores irregulares, principalmente do período anterior a 1997.

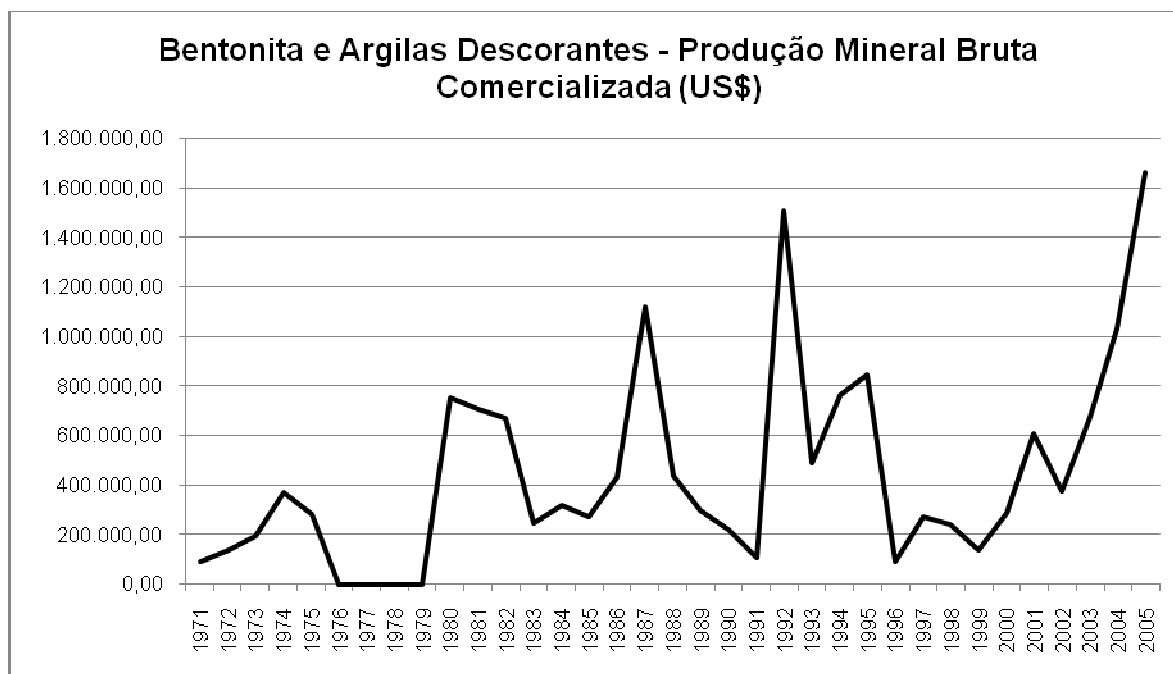
**Figura 20: Bentonita - Produção Mineral Bruta Comercializada (t) no período de 1971 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

Os dados da produção mineral comercializada de bentonita no período de 1971 a 2005, conforme pode ser visualizado na Figura 21 é bastantes irregulares, melhorando a sua distribuição a partir de 2003.

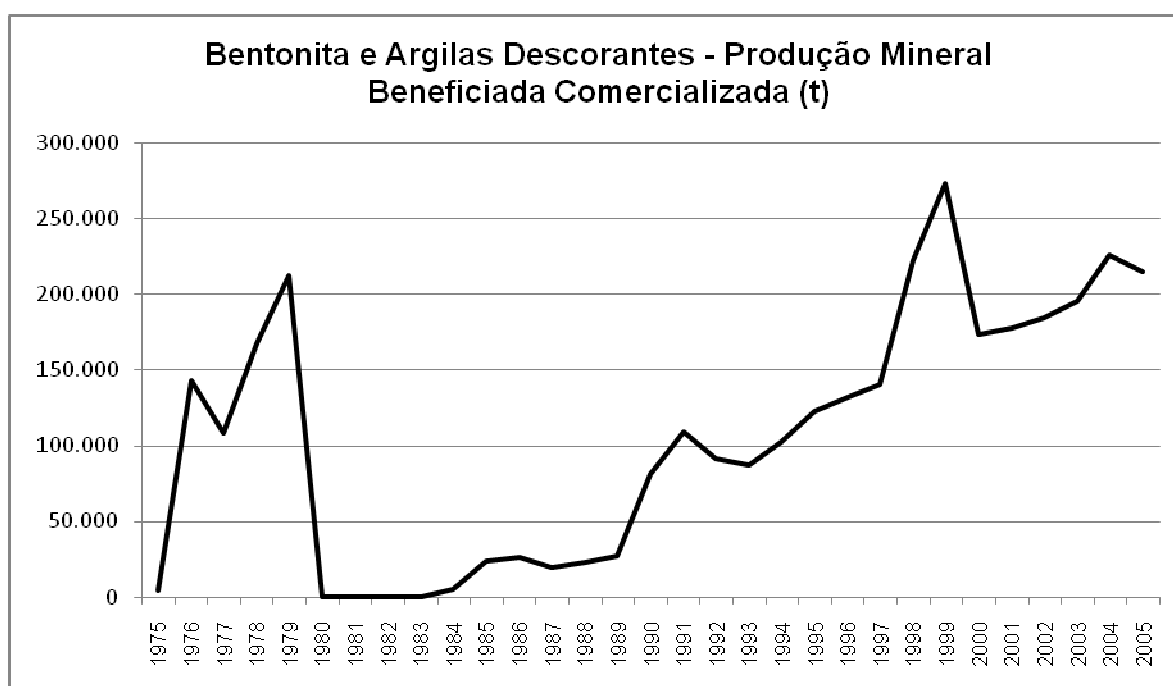
**Figura 21: Bentonita - Produção Mineral Bruta Comercializada (US\$) no período de 1971 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

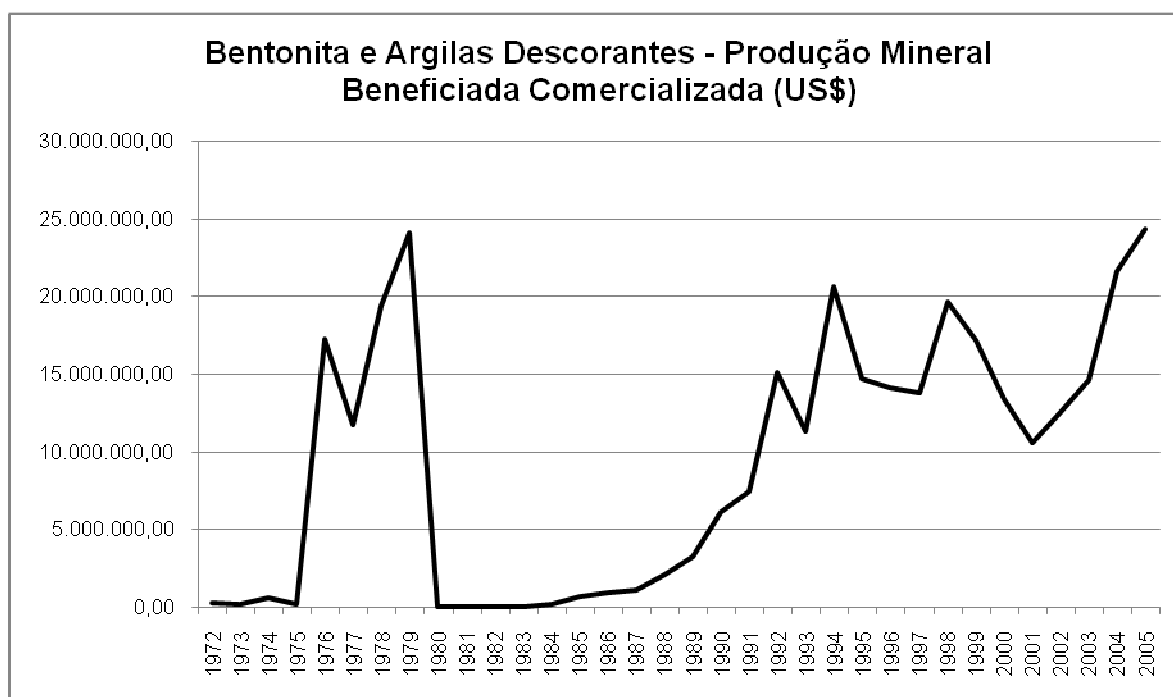
Os dados da produção mineral beneficiada e comercializada de bentonita no período de 1971 a 2005, conforme pode ser visualizado nas Figura 22 e 23 são bastantes irregulares, melhorando a sua distribuição a partir de 1991.

**Figura 22: Bentonita - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (t) no período de 1975 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

**Figura 23: Bentonita - Produção Mineral Beneficiada Comercializada (US\$) no período de 1972 a 2005**



Fonte: MineralData, 2008.

## 8. NECESSIDADES ADICIONAIS DE RESERVAS DE BENTONITA

O aumento do consumo de bentonita e as poucas reservas conhecidas e de má qualidade não conseguem alimentar o mercado, forçando assim grande um aumento de produtos importados, principalmente da Argentina. A exaustão das principais minas do estado da Paraíba vem evidenciando a necessidade de pesquisa mineral para descoberta de novas jazidas para abastecer este mercado interno, que cada vez possui mais empresas siderúrgicas e empresas de perfuração de poços. Foi construída uma tabela que demonstra uma razão do consumo e produção pela necessidade de novas reservas lavráveis. Estipulando um crescimento constante de 2% no aumento da reservas, em funções de novas tecnologias e de pesquisa mineral, conforme pode ser observado na Tabela 30.

**Tabela 30: Necessidades de reservas adicionais de bentonita 2005 a 2030**

Ano	Produção	Consumo	Reservas
2005	214.543	217.011	89.559.407
2006	217.553	222.248	91.350.595
2007	232.708	245.381	93.177.607
2008	237.362	275.596	95.041.159
2009	242.109	290.478	96.941.982
2010	246.952	301.164	98.880.822
2011	251.891	309.326	100.858.438
2012	256.928	316.015	102.875.607
2013	262.067	321.865	104.933.119
2014	267.308	327.254	107.031.782
2015	272.655	332.405	109.172.417
2016	278.108	337.699	111.355.866

<b>2017</b>	283.670	343.115	113.582.983
<b>2018</b>	289.343	348.639	115.854.643
<b>2019</b>	295.130	354.264	118.171.736
<b>2020</b>	301.033	359.987	120.535.170
<b>2021</b>	307.053	366.081	122.945.874
<b>2022</b>	313.194	372.438	125.404.791
<b>2023</b>	319.458	379.000	127.912.887
<b>2024</b>	325.847	385.732	130.471.145
<b>2025</b>	332.364	392.615	133.080.568
<b>2026</b>	339.012	399.639	135.742.179
<b>2027</b>	345.792	406.799	138.457.023
<b>2028</b>	352.708	414.093	141.226.163
<b>2029</b>	359.762	421.522	144.050.686
<b>2030</b>	366.957	429.086	146.931.700

**Figura 24: Bentonita - Produção X Consumo de 2005 a 2030.**



Verifica-se na Figura 24, que o consumo passará a ser superior a produção, caso não ocorra mais investimento nas áreas citadas anteriormente de maneira a aumentar substancialmente as reservas futuras.

## **9. RECURSOS HUMANOS DA MINERAÇÃO BENTONITA E SUA PROJEÇÃO**

O MineralData indica que a mineração de bentonita possuía, em 2000, um total de 261 trabalhadores, estimando um crescimento no quadro de trabalhadores da ordem de 2,5% a partir de 2000, cenário frágil, pode-se dizer que em 2030 haverá no mínimo um aumento de 100% no número de trabalhadores legalizados, vide Tabela 31.

**Tabela 31: Trabalhadores na mineração de bentonita projetados a partir de 2005**

DATA	TOTAL DE TRABALHADORES
1975	35
1980	18
1985	66
1990	150
1995	233
2000	261
2005	295
2010	334
2015	378
2020	428
2025	484
2030	547

Esses dados agregados são subestimados em função da informalidade e das características da estrutura empresarial da cadeia produtiva da indústria de bentonita. Nesta indústria o elo mineral é incipientemente desenvolvido, predominando minas cativas gerenciadas pelos próprios produtores, que comercializam excedentes de produção.

Considerando um índice de informalidade entre 30% a 50% sobre o número de empreendimentos registrados no DNPM e a média de postos de trabalho aqui indicada, pode-se estimar que a mineração de bentonita conta com aproximadamente 300 a 340 funcionários em 2005 e 600 a 680 funcionários em 2030.

Nessas minerações, números de referência de mão-de-obra empregada variam de dois funcionários (minas cativas e pequenas) a seis funcionários, com as seguintes especializações: um operador de escavadeira, um operador de pá carregadeira (nível básico), dois motoristas de caminhão (nível básico) para transporte interno da matéria-prima, um tratorista (nível básico) para secagem da argila (opcional) e um gerente administrativo (nível médio). Nas minas de maior porte e mais estruturadas pode contar com engenheiro (civil ou de minas) ou geólogo.

Uma grande parcela dessas minerações é deficiente com relação à sua condução técnica e gerencial. Faltam profissionais qualificados para a condução das operações da mina e caracterização.

## **10. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS**

O setor de mineração de minerais industriais enfrenta diversos desafios para manutenção e aprimoramento competitivo de seu parque industrial.

A elevada carga tributária é um dos mais importantes fatores do "custo Brasil" que afeta a competitividade dos minerais industriais, como é o caso da bentonita brasileira. Há um consenso sobre a necessidade na redução do valor dos impostos e diminuição do número deles através da reforma tributária. Não há concordância, porém, sobre quais impostos deverão ser eliminados/reduzidos e quem vai pagar menos ou mais impostos.

Com relação à reforma tributária deve-se tomar o cuidado de não reduzir a receita, pois, no Brasil, a única forma de distribuição de renda é por meio de gastos públicos e transferências. A redução do Imposto de Rendas das empresas acima veio acompanhada de mudanças visando não reduzir a receita.



Uma proposta tributária adequada à atividade de mineração deve considerar o porte dos investimentos com retorno de longo prazo e as dificuldades com as quais tal atividade convive, sob todos os aspectos (rigidez locacional, riscos das pesquisas geológicas e longo prazo de maturação dos investimentos), de modo que a tributação não seja fator impeditivo para competitividade internacional, seja pelo excesso de carga tributária, sejam pelo excesso de subsídios, e leve também em conta os benefícios gerados pela atividade mineral no contexto global da economia

Com relação ao marco legal da mineração, atualmente em face de revisão, deve-se considerar que a mineração de bentonita não deve sofrer aumento da alíquota, em face de sua competitividade frente aos produtores internacionais.

Levando em consideração a geodiversidade e potencial geológico do território brasileiro, uma ação fundamental é o incentivo a campanhas prospectivas visando à identificação de novos depósitos com condicionantes geológicos que permitam lavra a custos inferiores aos atuais, bem como de novas reservas de melhor qualidade.

As empresas de mineração, na sua grande maioria, estão descapitalizadas e não têm informações sobre como obter tecnologia e muito menos o seu financiamento. O Governo Federal, através de vários órgãos, possui vários programas que apóiam ações de inovação tecnológica, que propiciam a esses mineradores acesso à inovação. Uma das ações a serem incrementadas seria a difusão de informações junto ao setor sobre linhas de crédito e financiamento disponibilizadas pelos bancos estatais e agências de fomento.

Considerando a necessidade da continuidade da importação de bentonita, apoiar estudos no sentido de avaliar a ampliação do intercâmbio comercial com países da América Latina, caso, por exemplo, da Argentina, aproveitando-se os diferenciais competitivos relativos à dotação mineral e a complementaridade das cadeias produtivas relacionadas à bentonita.

## 11. CONCLUSÕES

As reservas mundiais de bentonita, calculadas pelo USGS em 2008, atingem o montante de 1.360 milhões de toneladas. Devido à abundância de reservas mundiais de bentonita, a sua estimativa não vem sendo publicada. Os EUA possuem mais de 50% deste total e é o principal produtor mundial de bentonita sódica. Países da Ex-União Soviética possuem cerca de 17% e a América do Sul detêm menos de 2%. Outros países se destacam na produção de Bentonita: Argentina, México, Grécia, Alemanha, Itália, Turquia, Índia, Japão e Marrocos. As principais jazidas de bentonita em operação no Brasil estão localizadas no município de Boa Vista, estado da Paraíba. Existem outros depósitos de bentonita, no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, com aproveitamento econômico. Com efeito, foi inaugurado neste município, no distrito de Pedroso, em 2007, o empreendimento mineral da Companhia Brasileira de Bentonita-CBB, de propriedade da Geosol, empresa especializada em sondagens e perfuração de poços artesianos. A jazida foi arrendada da Companhia Bahiana de Mineração –CBPM - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. A CBB possui uma capacidade instalada de 60 mil t/ano de bentonita ativada.

Em 2007, a produção mundial de bentonita foi da ordem de 15.700.000 t, sendo os Estados Unidos o maior produtor com 5.070.000 t, representando cerca de 32% do total da produção mundial, seguido por China 20% e Grécia 7%. Durante o período de 1997 a 2007, a produção aumentou nos Estados Unidos, na antiga União Soviética e na China, porém decresceu na União Européia. Entre outros países importantes incluem-se: Turquia, Grécia, Rússia e Índia. A produção chinesa cresceu mais de 11% no por ano, de 2001 a 2007. As empresas Norte Americanas são as maiores produtoras, representando cerca de um terço do total da produção mundial, em 2007. Na Europa e Estados Unidos a produção de bentonita é dominada por um pequeno número de grupos empresariais, muitos dos quais estão integrados em atividades a jusante. A AMCOL International

Corporation, dos Estados Unidos, é o maior produtor mundial de bentonita, com uma capacidade de mais de 2 Mt por ano. Na Europa, a S & B Industrial Minerals da Grécia e Sud-Chemie da Alemanha são os principais produtores, cada um com uma capacidade de mais de 1 Mt por ano. A AMCOL e Sud-Chemie estão alargando a sua base global. A Sud-Chemie possui base de produção no Brasil e no restante dos BRICs.

Em 2007, a produção oficial de bentonita bruta no Brasil atingiu 329.647 t. Este montante representa menos 21% em relação a 2006. A Paraíba produziu 88,5% de toda a bentonita bruta brasileira. São Paulo vem em seguida, com 7,3%, a Bahia em terceiro lugar com 3,9% e, por último, o Paraná, com apenas 0,2%. Oficialmente, quatorze empresas atuam neste segmento no país.

Os principais mercados consumidores para bentonita são: América do Norte (7,5 Mt), Ásia (5,6 Mt) e Europa (5 Mt), embora haja variações significativas no padrão de consumo dentro de cada uma destas regiões. Atualmente, as maiores taxas de crescimento no consumo são encontradas na Ásia, principalmente a China, e na América do Sul, onde a demanda é marcada pelo aumento da produção na siderurgia, conseqüentemente aumentando a pelletização de minério de ferro e dos mercados fundição. Estas variações dependem, em parte, do tipo de ocorrência local, e também sobre o grau de industrialização. Nas economias emergentes, as aplicações nas indústrias siderúrgica e metalúrgica são um dos principais motores da demanda, enquanto que nas economias maduras as aplicações residenciais, tais como pet litter, predominam.

Os preços da bentonita variam em função da qualidade do produto bruto, da pureza, da função ou aplicação, e do tipo do beneficiamento a que foi submetida à bentonita.

No mundo, atualmente, o mercado para *pet litter* é o maior de consumidor final de argilas bentonitas e aliadas com a sepiolita, consumindo 4,5 Mt, em 2007. O mercado está fortemente concentrado na Europa (1,7 Mt) e América do Norte (2,5 Mt). Sendo este um mercado maduro, é pouco provável que cresça em mais de 1% por ano até 2012, quando a previsão é chegar 4,7 Mt.

O mercado de fundição ultrapassará o de *pet litter*, em 2012, devido ao aumento da demanda de bentonita na pelletização de minério de ferro. Este fato deve-se ao grande crescimento do consumo chinês, que ainda continua aumentando, em 2009. A tendência é que, em 2012, ocorra um adicional de 45,3 Mt por ano, resultante do aumento da capacidade de pelletização de minério de ferro já programada para o futuro recente. A maior parte deste aumento será na Austrália, Brasil, China, Índia, Rússia e Suécia.

A procura de bentonita para lamas de perfuração tende a aumentar cerca de 2% por ano até 2012, quando ele irá chegar a ter 2 Mt, em relação a 2007, quando foi de 1,8 Mt. O consumo está intimamente ligada à atividade de perfuração, que, por sua vez, está ligada ao petróleo/gás e aos seus preços. O aumento nos custos em exploração irá incentivar uma maior utilização de bentonita e outros minerais em fluidos de perfuração. O consumo e a produção de bentonita estão centralizadas nos Estados Unidos, onde o consumo atingiu cerca de 1 Mt, em 2007. Devido à concorrência de fluidos de perfuração alternativos, espera-se uma redução na demanda de bentonita para lamas de perfuração, no longo prazo, devendo apresentar um crescimento modesto de 2% ao ano.

Fora estas utilizações principais, elevadas taxas de crescimento são esperados em outros mercados especializados. A indústria de óleos comestíveis, e em particular as do óleo de palma, apresentou um aumento médio de 8,2% ao ano, no período 1997 a 2006, atingindo a produção recorde de 37,3 Mt em 2006. Uma grande quantidade de óleos comestíveis é vendida em bruto, especialmente na Ásia, e existe um potencial significativo para o aumento da utilização no branqueamento nesta região.

Atualmente, a capacidade brasileira de produção de pelotas é de cerca de 56,0 Mt/ano. Com os projetos previstos esta capacidade atingirá 70 Mt/ano, em 2013. Este aumento implicará no aumento da demanda de bentonita que deverá ser atendida pelo mercado interno, em menor

proporção, e em grande parte pela importação, devido principalmente, a baixa qualidade da bentonita nacional que tem alto teor de sílica.

A bentonita sendo um mineral com amplo campo de atuação, chegando a exercer 140 usos na indústria, tende a aumentar nos países em desenvolvimento, principalmente nos BRIC's. Porém o Brasil precisa aumentar a pesquisa mineral deste bem a fim de conseguir melhor qualidade e maior quantidade de reservas. Caso não ocorra isso, o mercado será dominado por importações oriundas da Argentina e dos Estados Unidos.

Considerando o crescimento do PIB brasileiros, nos próximos 20 anos, em torno de 5% a.a., cenário de crescimento vigoroso, as projeções indicam os seguintes resultados para o consumo de bentonita no Brasil:

- 2010: 301.000 t
- 2015: 332.000 t
- 2020: 360.000 t
- 2030: 430.000 t

A projeção da produção brasileira de bentonita, utilizando uma média de crescimento do PIB estimado em 2,0% a.a. é a seguinte:

- 2010: 246.952 t
- 2015: 272.655 t
- 2020: 301.033 t
- 2025: 332.364 t
- 2030: 366.957 t

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, L.V. ; VIANA, Josiane Dantas ; FARIAS, Kássie Vieira ; BARBOSA, Maria Ingrid R ; FERREIRA, Heber Carlos . **Estudo comparativo entre variedades de argilas bentônicas de Boa Vista, Paraíba**. Matéria (UFRJ), Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 30-40, 2006.
- ARSHAK, E. K. MOORE, G.M. LYONS, J. HARRIS & S. CLIFFORD. **Sensor Review**. V. 24, n.r 2181–pag 198 (2004).
- BRAZ, E. **Análise da adequação do mercado produtor de barita e de bentonita para perfuração de poços de petróleo**. In.: XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Volume 2. BALTAR, C.A.M.; OLIVEIRA, J.C.S.; BARBOSA, J.P. (Editores). Recife, p. 10-17, 2002.
- BRINDLEY, G.W., Structural Mineralogy of Clays. **Clays and Clays Technology Bulletin**. V.169. N. 53 (1955).
- CIMINELLI, Renato R. Recursos Minerais Industriais. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (Org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. 1 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasil, 2004, v. 1.
- DARLEY, H. C. GRAY. G. R. (1988). **Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids**, Fifth Edition, 634p, Gulf Publishing Company, Houston-USA, p. 1-37.
- DNPM (2006) – **Anuário Mineral Brasileiro**. Disponível no site: [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br); visitado em: 08/05/2008. DNPM, 2009. <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>
- EISENHOUR, D., REISCH, F. (2006). Bentonite. In: **Industrial Minerals & Rocks**, Ed. Jessica Elzea Kogel, Nikhil C. Trivedi, James M. Barker and Stanley T. Krukowski, p. 357-368, 2006.
- ELZEA, J & MURRAY, H. H. (1995). Bentonite, In: **Industrial Mineral and Rocks**, AIME, p. 223-246.
- HARBEN, P., KUSZVZART, M. (1996). Clays: Bentonite and Hectorite. In: **Industrial Minerals – A Global Geology**, Industrial Minerals Information Ltd., Metal Bulletin PLC, London, p. 128-138.
- INDUSTRIAL MINERALS. <http://www.indmin.com/Article/2187961/Industrial-Minerals-May-2009-Prices.html>. Acessado em 18/05/2009
- LUMMUS, J.L. & AZAR, J.J., **Drilling Fluids Optimization a Practical Field Approach**, Penn-Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.
- LUZ, A. B. ; OLIVEIRA, C. H. 2008. Bentonita. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F. 2008. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2008, p.239-254.
- LUZ, A. B., MAGALHÃES, C. A. M. & MACHADO, A. O. D. (2001a). **Relatório de viagem aos EUA preparado para o Projeto CTPetro-UFPE/CETEM**, RV-10/01-CETEM.
- LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A; LINS, F. F.(2001b) **Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil** . 2R. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, 2001. v. 1. 384 p.
- MINERALDATA, 2008. Disponível no site: [http://w3.cetem.gov.br:8080/mineraldata/app/\\*](http://w3.cetem.gov.br:8080/mineraldata/app/*) acessado em 12/07/2009.

- PAIVA, L. B.; MORALES, A. R.; DÍAZ, F. R. V. An overview on organophilic clays: properties, routes of preparation and applications. **Applied Clay Science**, 2007.
- REIS, E (2001)- **Levantamento da Situação e das Carências Tecnológicas dos Minerais Industriais Brasileiros** – Com enfoque na mineração de: Argila para cerâmica, barita, Bentonita, Caulim para carga, talco/Agalmatolito e Vermiculita. – MCT – CGEE– 2001. <http://www.cgee.org.br/>. Acessado em 12/06/2009.
- REZENDE, M. M, SILVA, L. R., CANO, T. M. (2007). **Bentonita**. Sumário Mineral DNPM.
- ROSKILL, 2009. <http://www.roskill.com/reports/bentonite>, acessado em 25/05/2009.
- ROSS, C.S. & SHANNON, E.V., Minerals of Bentonite and Related Clays and Their Physical Properties, **Journal of American Ceramic Society**. 9, 77 (1926).
- SILVA, A., & FERREIRA, H. 2008 Sep 6. 3. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos [Online]** 3:2. Disponível: <http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article/view/77/91>
- SUMÁRIO MINERAL 2000 a 2008. Brasília: DNPM, 2000 a 2008.
- USGS (2007). Clays. U. S. **Mineral Commodity Summaries**, January 2007, p. 46-47.

### 13. ANEXOS

#### ANEXO I

#### PRINCIPAIS PRODUTORES DE BENTONITA

<b>Produção de Bentonita no Mundo (t)</b>					
<b>País</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Armênia	642	561	732	720	1129
Azerbaijão	19900	55 000	53 700	40 600	50 500
Bósnia	16967	24 353	24 882	24 645	32 338
Bulgária	145500	224 900	181 200	134 500	99 000
Croácia	13568	15674	17 391	16410	19 578
Chipre	144 859	155717	172 366	150 620	154655
Republica Checa	199000	224 000	216000	267 000	335 000
Dinamarca	16303	18352	18515	19 211	20 093
Geórgia	9747	1804	7876	4487	–
Alemanha	478796	404 549	352374	363 998	384 709
Grécia	1156642	1 030 556	1 124795	1 100000	1 100000
Hungria	87 200	9300	4900	6635	54 231
Itália	474475	437 659	445 573	469 654	599 735
Macedônia	6013	16 373	14 958	20 353	22 509
Polônia	31 648	66 143	86331	97 900	105 943
Romênia	17637	18 161	18190	21 165	14713
Rússia	500 000	500 000	500 000	456 000	460000
Eslováquia	98 000	98 000	97 000	136 000	149000
Espanha	103174	156760	163 290	154 746	156875
Turquia	831 146	643 153	582 735	400000	400 000
Ucrânia	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Argélia	28 064	32 200	29 029	27110	32 600
Egito	...	...	6320	6 300	6 300
Marrocos	71 544	40 000	64 000	21 100	137100
Guatemala	6438	81 688	135451	20 034	259 799
México	464 056	564 015	425 630	435 273	613 895
Nicarágua	6 300	6 300	6 300	6 000	6 000
EUA	3 770 000	4 060 000	4710000	4 940 000	5 070 000
Argentina	146 845	163028	247101	256 165	250 260
Brasil	392 422	432 224	459 679	419214	329 647
Chile	748	101	–	–	533
Colômbia	8 500	8 500	8 500	8 500	8 500
Peru	15290	10510	14663	14 590	21 451
Burma - Myanmar	856	800	800	800	800
China	2 200 000	2 250 000	2 300 000	3 200 000	3 200 000
Índia	200 000	410000	590 000	610000	630 000
Indonésia	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Iran	186422	176 425	261888	186 323	180 000
Japão	425 945	455 282	421 629	425 000	425 000
Coréia do Sul	40 095	99 173	85 177	61 137	56 429
Paquistão	9432	6316	15 671	20 088	33177
Filipinas	3722	3556	2 000	1000	1148
Tailândia	1100	1350	32 500	1200	650
Austrália	144 755	264 038	227 433	125600	107200
<b>Produção Mundial de Bentonita</b>	<b>12.700.000</b>	<b>13.300.000</b>	<b>14.400.000</b>	<b>14.800.000</b>	<b>15.700.000</b>

Fonte: BGS, 2009

## ANEXO II

### Relação de usos industriais de argilas bentoníticas

1. Absorvente higiênico para animais domésticos	71. Fabricação de azulejos
2. Ação antide-rmatosa na indústria cosmética	72. Fabricação de filtros
3. Aditivo anti-sedimentante para tintas	73. Fertilizantes de solos
4. Aditivo para concreto	74. Filtrante de óleos
5. Aglomerante na preparação da areia de moldagem	75. Filtrante de sucos
6. Aditivos funcionais (tixotrópicos) para tintas	76. Filtrante de vinhos
7. Adsorvente de água	77. Fluidos de perfuração de poços de petróleo base água
8. Adsorvente de óleo	78. Fluidos de perfuração de poços de petróleo base óleo
9. Agente catalítico de craqueamento	79. Formador de escória na indústria de abrasivos
10. Agente ligante	80. Fundição
11. Agente plastificante em cerâmica branca	81. Gelificação em cosméticos
12. Agente desidratante	82. Geocompostos
13. Agente plastificante em cerâmica elétrica	83. Geossintéticos
14. Agente plastificante em cerâmica técnica	84. Graxas
15. Agente suspensor de fertilizantes	85. Impermeabilizante de aterros sanitários
16. Agente suspensor de inseticidas	86. Impermeabilizante de bacias
17. Agente tixotrópico nas perfurações dos poços de petróleo	87. Impermeabilizante de barragens
18. Agentes descorantes	88. Impermeabilizante de canais
19. Agentes estabilizantes de suspensões	89. Impermeabilizante de metrôs
20. Aglomerante em sistemas de areia verde	90. Impermeabilizante de solos
21. Aglomerante na preparação de machos de areia a óleo	91. Indústria alimentícia animal (componente inerte para rações)
22. Aglomerantes	92. Indústria de cosméticos
23. Amaciantes em sabão	93. Indústria de materiais refratários
24. Anticépticos	94. Indústria farmacêutica
25. Argamassas	95. Indústrias de inseticidas
26. Argilas pilarizadas para utilização em catalizadores	96. Liners de impermeabilizações com geomembranas
27. Auxiliar de extrusão	97. Liners em camadas superficiais de proteção
28. Auxiliar no plantio de pequenas sementes	98. Liners para proteções de geo-membranas
29. Bactericida	99. Liners para proteções superficiais em canais e talvegues
30. Barro industrial (ex. curtumes)	100. Liners secundários para tanques de armazenamentos
31. Beneficiamento de minerais	101. Lixo orgânico
32. Bentonita para investigações geotécnicas e ambientais	102. Louças sanitárias
33. Bentonita para material de selamento	103. Lubrificantes
34. Bentonita para uso enológico barreal	104. Mascaras de beleza
35. Cargas inorgânicas para borrachas	105. Massas cerâmicas
36. Cerâmica branca	106. Massas para eletrodos de eletroencefalograma
37. Ceras industriais	107. Moldes para fundição
38. Clarificação de águas	108. Obtenção de argilas organofílicas

**Relação de usos industriais de argilas bentoníticas (continuação)**

39. Clarificação de cervejas	109. Obtenção de nanocompósitos polímero/argila
40. Clarificação de cidras	110. Óleos comestíveis
41. Clarificação de vinagre	111. Papéis
42. Clarificante de caldo de cana de açúcar	112. Papel de cópia sem carbono
43. Clarificante de sucos	113. Pasta para restaurar dentes
44. Clarificante proteico do vinho	114. Pelotização de finos de minérios de ferro
45. Cobertura de papel	115. Pelotização de minérios de ferro
46. Componentes orgânicos de tintas	116. Peneiras moleculares
47. Componentes orgânicos de vernizes	117. Perfuração de poços artesianos (estabilizador de solos)
48. Confeção de materiais de alto valor agregado	118. Pet litter (absorvente de dejetos de animais domésticos)
49. Construção civil	119. Pigmentos inertes para borracha
50. Construção de landfarming	120. Pisos
51. Controle de potch	121. Porcelana elétrica
52. Cremes de beleza	122. Porcelanas
53. Descoloração de papel reciclado	123. Produtos cerâmicos
54. Descoramento de gorduras comestíveis	124. Produtos de ação secativa na indústria cosmética
55. Descoramento de óleos animais	125. Produtos de toalete
56. Descoramento de óleos minerais	126. Produtos para limpeza doméstica
57. Descoramento de óleos vegetais	127. Purificação de óleos isolantes para transformadores
58. Desproteinizante	128. Purificação de óleos isolantes para turbinas elétricas
59. Detergentes	129. Reciclagem de óleos lubrificantes usados em motores à explosão
60. Diluentes para inseticidas	130. Refratários plásticos
61. Elemento filtrante para indústria vinícola	131. Resíduos alimentícios
62. Elemento ligante	132. Sabões
63. Elementos filtrantes	133. Sabonetes
64. Eliminação de resíduos radioativos	134. Suportes catalíticos
65. Engobes e fritas	135. Tintas
66. Esmaltes	136. Tixotrópico de fluidos de perfuração de poços de d'água
67. Estabilizador de arco em abrasivos	137. Tratamento de detritos
68. Estabilizantes	138. Unguentos
69. Estaqueamento de solo	139. Vernizes (espessantes)
70. Extração de minerais	140. Vidrados cerâmicos

Fonte: Silva, A., & Ferreira, H. 2008



**ANEXO III**

**Base de dados utilizada na projeção do consumo**

Base Original de dados			
	BENTONITA (TON)	PIB US\$	BENTONITA TON (-1)
1982	146014	R\$ 271,251.68	
1983	128155	R\$ 189,459.23	146014
1984	172190	R\$ 189,743.70	128155
1985	185671	R\$ 211,092.10	172190
1986	186615	R\$ 257,811.78	185671
1987	189728	R\$ 282,356.86	186615
1988	138175	R\$ 305,706.64	189728
1989	167594	R\$ 415,915.80	138175
1990	211140	R\$ 469,317.52	167594
1991	151303	R\$ 405,679.23	211140
1992	144843	R\$ 387,294.94	151303
1993	151654	R\$ 429,685.27	144843
1994	185378	R\$ 543,086.59	151654
1995	208258	R\$ 770,350.32	185378
1996	240338	R\$ 840,268.45	208258
1997	276489	R\$ 871,274.35	240338
1998	272047	R\$ 843,984.96	276489
1999	314343	R\$ 586,776.70	272047
2000	357156	R\$ 644,983.87	314343
2001	251730	R\$ 553,770.52	357156
2002	278685	R\$ 504,358.90	251730
2003	196528	R\$ 553,602.76	278685
2004	226456	R\$ 663,782.69	196528
2005	217011	R\$ 882,439.07	226456
2006	222248	R\$ 1,088,911.00	217011
2007	245381	R\$ 1,333,818.45	222248

**Modelo:**

A base de dados foi regredida a partir de séries temporais, objetivando realizar as previsões da demanda de bentonita nos cenários futuros. Utilizou-se para tanto o modelo de defasagem da variável dependente dada a autocorrelação dos resíduos, além da variável PIB para estimar o modelo de regressão. Ressalva-se que as variáveis foram transformadas em logaritmo natural (Ln), conforme destacado a seguir:

$$\text{Ln}(\text{BEN}) = 3.215402256 + 0.1568180381 * \text{Ln}(\text{PIB}) + 0.5699740764 * \text{Ln}(\text{BEN}(-1))$$

onde: C = CONSTANTE DO MODELO  
 PIB = PRODUTO INTERNO BRUTO  
 BEN = Bentonita (t)  
 (-1) = defasagem de 1 período

**Análise das estatísticas do modelo:**

Através do teste Jarque-Bera, observamos que o modelo não apresenta problema de normalidade dos resíduos. Já o teste White, demonstrou a não existência de Heterocedasticidade. De acordo com a estatística Durbin-Watson (2,13) o modelo também não apresenta problema de autocorrelação residual. O coeficiente de determinação foi de 0,61 e as variáveis foram todas significativas ao nível de 5% de significância.

Dependent Variable: BEN

Method: Least Squares

Date: 08/13/09 Time: 00:45

Sample (adjusted): 1983 2007

Included observations: 25 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.215402	1.515051	2.122307	0.0453
PIB	0.156818	0.074184	2.113906	0.0461
BEN(-1)	0.569974	0.148108	3.848358	0.0009
R-squared	0.646237	Mean dependent var		12.23447
Adjusted R-squared	0.614077	S.D. dependent var		0.263205
S.E. of regression	0.163510	Akaike info criterion		-0.671719
Sum squared resid	0.588181	Schwarz criterion		-0.525454
Log likelihood	11.39649	F-statistic		20.09429
Durbin-Watson stat	2.132524	Prob(F-statistic)		0.000011

<b>Modelos</b>			
<b>1984</b>	172190	172190	172190
<b>1985</b>	185671	185671	185671
<b>1986</b>	186615	186615	186615
<b>1987</b>	189728	189728	189728
<b>1988</b>	138175	138175	138175
<b>1989</b>	167594	167594	167594
<b>1990</b>	211140	211140	211140
<b>1991</b>	151303	151303	151303
<b>1992</b>	144843	144843	144843
<b>1993</b>	151654	151654	151654
<b>1994</b>	185378	185378	185378
<b>1995</b>	208258	208258	208258
<b>1996</b>	240338	240338	240338
<b>1997</b>	276489	276489	276489
<b>1998</b>	272047	272047	272047
<b>1999</b>	314343	314343	314343
<b>2000</b>	357156	357156	357156
<b>2001</b>	251730	251730	251730
<b>2002</b>	278685	278685	278685
<b>2003</b>	196528	196528	196528
<b>2004</b>	226456	226456	226456
<b>2005</b>	217011	217011	217011
<b>2006</b>	222248	222248	222248
<b>2007</b>	245381	245381	245381
<b>2008</b>	275596.0826	275596.0826	275596.0826
<b>2009</b>	289422.5872	290477.981	291351.1093
<b>2010</b>	298903.1228	301163.724	303040.577
<b>2011</b>	305766.3593	309325.958	312292.2058
<b>2012</b>	311092.7963	316014.5016	320131.2533
<b>2013</b>	315533.6198	321864.8663	327180.7988
<b>2014</b>	319473.5859	327254.3588	333812.4068
<b>2015</b>	323137.5762	332404.6959	340245.5629
<b>2016</b>	326506.5953	337699.4301	347381.3219
<b>2017</b>	329716.8169	343115.185	355003.8934
<b>2018</b>	332847.0354	348639.039	362990.2615
<b>2019</b>	335942.7945	354264.1271	371270.884
<b>2020</b>	339030.433	359987.0996	379807.2248
<b>2021</b>	341862.9646	366080.5739	389432.0039
<b>2022</b>	344556.3382	372438.4518	399823.0257
<b>2023</b>	347177.43	379000.2918	410797.2833
<b>2024</b>	349764.7734	385732.0085	422252.0509
<b>2025</b>	352340.5742	392614.7758	434131.3016
<b>2026</b>	354917.6466	399638.6209	446406.3392
<b>2027</b>	357503.4077	406798.7199	459064.5522
<b>2028</b>	360102.1741	414093.2511	472102.8595
<b>2029</b>	362716.4825	421522.152	485523.8835
<b>2030</b>	365347.8479	429086.3986	499333.7139