



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 39

Perfil do Caulim

CONSULTOR

José Osael Gonçalves de Farias

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto de 2009

SUMÁRIO

1. SUMARIO EXECUTIVO	4
2. APRESENTAÇÃO.....	5
3. A INDÚSTRIA DE CAULIM NO BRASIL: SUAS CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE	6
3.1. LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA DE CAULIM.....	6
3.2. RECURSOS E RESERVAS DE MINÉRIO DE CAULIM.....	7
3.3. ESTRUTURA EMPRESARIAL DA INDÚSTRIA DE CAULIM.....	11
3.4. PARQUE PRODUTIVO	12
3.5. RECURSOS HUMANOS DA MINERAÇÃO DE CAULIM.....	17
3.6. ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA INDÚSTRIA DE CAULIM	19
3.7. ASPECTOS AMBIENTAIS.....	21
3.8. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CAULIM E DO SEU VALOR.....	23
3.9. EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO PREÇO DE MERCADO.....	25
3.10. INVESTIMENTOS NA INDÚSTRIA DE CAULIM	26
4. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CAULIM.....	28
4.1. O CAULIM	28
4.2. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS	29
4.3. INDÚSTRIAS CONSUMIDORAS DE CAULIM.....	29
5. INDÚSTRIA DE CAULIM NO MUNDO: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS.....	33
5.1. RESERVAS MUNDIAIS.....	33
5.2. OFERTA E DEMANDA DE CAULIM NO MUNDO	33
6. CONSUMO DE CAULIM BRASILEIRO: ATUAL E PROJETADO.....	38
7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESERVAS DE CAULIM.....	40
8. NECESSIDADES ADICIONAIS DE RESERVAS DE CAULIM	44
9. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS.....	45
10.1. LEGAL	46
10.2. TRIBUTÁRIO	47
10.3. ACESSO A FINANCIAMENTOS E INCENTIVOS	48
11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	50
11.1. CONCLUSÕES.....	50
12. RECOMENDAÇÕES	52
13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	53
14. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

3.1.a	Distribuição e Porte da Mineração de Caulim no Brasil	6
3.2.a	Evolução das Reservas Brasileiras de Caulim	9
3.2.b	Brasil: Distribuição das Reservas de Caulim	11
3.3.a	Brasil: As Dez Maiores Empresas Produtoras de Caulim	11
3.4.a	Principais Minas e Plantas de Beneficiamento de Caulim	14
3.7.a	Perfil das Principais Produtoras de Caulim do Brasil	22
3.10.a	Preços Unitários dos Serviços de Pesquisa Geológica do Caulim	27
5.2.a	Demanda Mundial de Caulim - 2007	34
6.a	Projeção do Consumo Aparente de Caulim - 2010/2030	38
7.a	Capacidade Instalada de Produção de Caulim no Brasil - 2007	40
7.b	Evolução das Exportações de Caulim – 2010/2030	42
7.c	Projeção da Produção de Caulim no Brasil – 2010/2030	42
7.d	Caulim: Cenários de Investimentos – 2010/2030	43
8.a	Projeções: Aumento de Produção e Exaustão de Reservas	44
9.a	Caulim: Projeção da Demanda de Mão de Obra – 2010/2030	45

ÍNDICE DE FIGURAS

3.2.a	Evolução das Reservas Brasileiras de Caulim – 1971/2005	10
3.4.a	Diagrama Simplificado de Beneficiamento de Caulim	15
3.4.b	Evolução da Produtividade da Indústria de Caulim	16
3.4.c	Coefficiente de Ocupação da Mão de Obra	16
3.4.d	Custos Relativos da Indústria de Caulim	17
3.5.a	Evolução da Utilização da Mão de Obra	18
3.5.b	Quadro de Pessoal das Principais Produtoras de Caulim – 2006	18
3.5.c	Indústria de Caulim: Distribuição de Pessoal por Nível Educacional	19
3.8.a	Evolução da Produção Brasileira de Caulim - 2006/2009	24
3.8.b	Evolução das Receitas da Indústria de Caulim - 2006/2009	24
3.9.a	Série Histórica dos Preços FOB de Caulim	26
5.2.a	Evolução das Produções Mundial e Brasileiras – 1996/2008	33
5.2.b	Evolução da Demanda Mundial de Caulim - 2010/2030	34
5.2.c	Competidores Globais de Caulim para Revestimento	35
5.2.d	Oferta Mundial de Caulim para Revestimento - 2007	36
5.2.e	Consumo Global de Minerais de Enchimento – 2004	36
5.2.f	Consumo Global de Minerais de Cobertura- 2004	37
5.2.g	Consumo de Bens Minerais na Indústria de Papel – 2004	37
6.a	Evolução do Consumo Aparente de Caulim – 1973/2005	38
6.b	Projeção do Consumo Aparente de Caulim – 2010/2030	39
6.c	Projeção do Consumo de Caulim no Brasil – 2010/2030	39
10.2.a	Caulim - Evolução da arrecadação da CFEM	48

1. SUMARIO EXECUTIVO

O caulim, também conhecido como “*China Clay*”, é formado essencialmente pelo mineral caulinita ($Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$), e destaca-se como um dos mais importantes minerais industriais e, provavelmente, um dos seis minerais mais abundantes do topo da crosta terrestre. O termo é utilizado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita como seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento.

Recursos e reservas de caulim são abundantes em todo o mundo, cabendo salientar a inexistência de dados consolidados das reservas mundiais. No Brasil, as reservas são da ordem de 5,0 bilhões de toneladas e concentram-se em sua quase totalidade (93%) nos depósitos sedimentares dos três maiores distritos caulíniferos do país: Rio Capim, no Estado do Pará; Jari, no Estado do Amapá; e no Estado do Amazonas, no município de Manaus. Neste último distrito se concentram 68% das reservas conhecidas no país, embora não tenha ainda quaisquer atividades de lavra.

Nas regiões Sul, Sudeste, Leste, Nordeste e Centro-Oeste, a maioria dos depósitos de caulim conhecidos é do tipo primário, derivados de alterações hidrotermais e intempéricas de pegmatitos (regiões Nordeste e Leste) e granitos.

A indústria de caulim brasileira caracteriza-se por ser fortemente concentrada. Apenas dois grupos empresariais – Cia. Vale do Rio Doce-Vale e Imerys Rio Capim Caulim- - IRCC - controlam cerca de 92,5% do caulim produzido no país. Enquanto a Vale responde por 51,6%, através de suas controladas CADAM S/A (29,3%) e Pará Pigmentos S/A – PPSA (22,3%), a Imerys detém a fatia de 40,9% da produção. Em conjunto, destinam entre 80 e 90% da produção para a indústria de papel na Europa, Ásia e América do Norte, colocando o restante no mercado doméstico.

As demais regiões do país produzem caulim para outras finalidades, notadamente para cerâmicas branca e vermelha, cimento, borracha, plástico, tintas, refratários e, também, em menor proporção, para enchimento (*filler*) e cobertura (*coating*) na indústria de papel.

Em relação à questão ambiental e de gestão, as três maiores produtoras têm certificação ambiental ISO 14001/2004 e ISO 9001/2000, enquanto os demais produtores, todos de pequeno porte, carecem de certificação ambiental, embora estejam sujeitos às leis e regulamentos dos estados e municípios onde operam.

A produção nacional é declinante no período 2006-2009, variando de 3,7 milhões de toneladas em 2006 para 2,9 milhões de toneladas em 2009, segundo as expectativas pouco otimistas da indústria. Essa queda de cerca de 800 mil toneladas na produção de caulim beneficiado destinado à exportação é o reflexo na indústria da crise econômica e financeira mundial de 2008.

O consumo aparente de caulim brasileiro projetado para o período 2010-2030, partindo-se de um patamar de consumo de 480 mil toneladas e considerando os três cenários contemplados pelo Projeto Estal, quais sejam: Frágil, Vigoroso e Inovador, deverá situar-se, em 2007, respectivamente, em 540.000, 610.000 e 680.000 toneladas/ano. Para esses níveis de consumo não haverá necessidade de ampliação do parque produtor, uma vez que, Vale e Imerys concentram na Região Norte uma capacidade ociosa superior a 600 mil toneladas.

No período 2010-2030, o crescimento da indústria brasileira de caulim dependerá essencialmente da conquista de fatias sempre maiores do mercado internacional, que deverá continuar a ser o principal foco de atenção das grandes do caulim.

Estima-se um crescimento de 1,2% a.a. no consumo mundial de caulim, partindo-se de um patamar de 23,2 milhões de toneladas em 2010 para 29,4 milhões de toneladas em 2030, com ampliação de 6,0 milhões de toneladas. Neste contexto, para o Cenário Frágil, com previsão de 10%

de crescimento, ou 600 mil toneladas em 2030, praticamente não haverá necessidade de adicionar capacidade de produção às atuais plantas brasileiras.

Para o Cenário Vigoroso prevê-se 30% de crescimento, quando cerca de US\$360 milhões deverão ser investidos em capacidade adicional, para um aumento de produção de 1,2 milhões de toneladas até 2030. Já para o Cenário Inovador, o crescimento previsto é da ordem de 50%, levando a uma necessidade de acréscimo de 2,5 milhões de toneladas, demandando investimentos da ordem de US\$1,25 bilhão. Nestes dois últimos cenários, os aumentos já consideram a capacidade ociosa existente.

Com relação aos recursos humanos, considerando de partida 1.800 empregados no setor, os cenários de ampliação do mercado e dos sistemas de produção representarão aumento de mão de obra, respectivamente, para os cenários: Frágil, 348 novos empregos; Vigoroso, 698; e, Inovador, 1.507. Estima-se, quanto ao nível de escolaridade, que, do conjunto, sejam: 7,5% de nível superior, 12%, nível médio; e, 81%, em níveis mais baixos.

Em qualquer dos cenários haverá necessidade de intensos programas de treinamento da mão de obra a ser incorporada aos projetos de expansão, principalmente porque estes certamente serão desenvolvidos na Região Norte, onde a carência é maior. Empresas, governos e entidades regionais precisarão se integrar para promover programas e projetos para tal fim.

Fator relevante para que os futuros projetos de ampliação das atuais minas e abertura de novas ocorram na Amazônia, além das excepcionais reservas de minério de alta qualidade, são os incentivos que podem ser obtidos junto aos órgãos de desenvolvimento, tais como: Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA, Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM, Banco da Amazônia S/A, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES e agências estaduais.

2. APRESENTAÇÃO

O presente relatório analisa a evolução, a situação atual e as perspectivas do segmento de mineração da cadeia produtiva do caulim no Brasil e a sua inserção no contexto mundial, com o objetivo de subsidiar, no tocante a este bem mineral, a elaboração do Plano Duodecenal (2010-2030) de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, a cargo do Ministério de Minas e Energia - MME, através de sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, com o apoio do Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD (Banco Mundial).

O segmento da mineração de caulim é caracterizado e analisado sob múltiplos aspectos, levando-se em consideração, notadamente, usos, consumo, produção e demanda futura, reservas minerais, projeção das necessidades de investimentos e de recursos humanos, tecnologia, capacitação gerencial e empresarial, gargalos legais, acesso a financiamento, aspectos ambientais e logísticos de escoamento. A partir dessa caracterização e dessa análise são tiradas conclusões e feitas recomendações de forma a lastrear as proposições do Plano Duodecenal relativamente a esse segmento da cadeia produtiva do setor mineral.

Para fins de caracterização e de análise, a mineração de caulim é aqui entendida como o conjunto de atividades que vão desde a prospecção e a exploração mineral, com a descoberta, qualificação, quantificação e desenvolvimento de recursos e reservas, até a lavra e o beneficiamento do caulim, objetivando a produção de produtos de caulim adequados às exigências do mercado consumidor, tanto interno quanto externo, com destaque para os produtos destinados à indústria de papel, responsável pelo consumo de 10,2 milhões de toneladas em 2007, equivalentes a 46% do caulim consumido no mundo.

Ainda faz parte do segmento de mineração, a comercialização de caulins brutos, comercializados com pouco beneficiamento, destinados principalmente para uso na indústria de cerâmica, majoritariamente a branca.

Fato relevante na mineração de caulim foi a descoberta de depósitos sedimentares de caulim na Amazônia, no Estado do Amapá, onde se encontra a jazida do Morro do Felipe, colocada em produção em 1976 pela empresa CADAM S/A. Posteriormente, na região do Rio Capim, no Estado do Pará, em 1996, duas novas minas iniciaram produção em jazidas inseridas no que veio a se denominar um novo “Kaolin Belt”, concorrente com o homônimo da Geórgia, nos EUA, porém com reservas geológicas e características físicas e técnicas (de aplicação) superiores aos da Geórgia, maior produtor mundial. Dentro deste contexto amazônico, torna-se mais relevante ainda a importância dos depósitos sedimentares pelo fato de na região de Manaus, no Estado do Amazonas, terem sido descobertos e dimensionados depósitos de caulim com cerca de 3,4 bilhões de toneladas de reservas geológicas, equivalentes a cerca de 68% do total das reservas brasileiras. Não há, até o momento, atividades de mineração no contexto destes depósitos.

3. A INDÚSTRIA DE CAULIM NO BRASIL: SUAS CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE

3.1. LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA DE CAULIM

Em 2007, segundo a publicação “Universo da Mineração Brasileira”, editada pela Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral – DIDEM, do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, foram levantadas 33 minas de caulim no Brasil. Destas, três (9% do total das minas) são de grande porte, com produção anual superior a 1,0 milhão de toneladas, sendo duas delas localizadas no Município de Ipixuna, no Estado do Pará e a terceira em Vitória do Jari, no Estado do Amapá.

Duas minas (6%) são de médio porte, com produção anual entre 100 mil e um milhão de toneladas por ano, sendo uma localizada no Município de Aurora do Pará, no Estado do Pará e a outra em Pantano Grande, no Rio Grande do Sul. As 28 demais minas (85%) são de pequeno porte, com produção anual entre 10 mil e 100 mil toneladas e estão distribuídas pelos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Espírito Santo. A **Tabela 3.1.a.**, apresentada a seguir, mostra a distribuição e a classificação do porte das referidas minerações.

Tabela 3.1.a.
DISTRIBUIÇÃO E PORTE DA MINERAÇÃO DE CAULIM NO BRASIL

ESTADOS	Nº DE MINAS	PORTE DA PRODUÇÃO ANUAL		
		GRANDE (G)	MÉDIO (M)	PEQUENO (P)
		Acima de 1 milhão tpa *	Entre 100 mil e 1 milhão tpa	Entre 10 mil e 100 mil tpa
AMAPÁ	1	1		
BAHIA	2	0	0	2
AMAPÁ	1	0	0	1
BAHIA	3	0	0	3
PARÁ	3	2	1	9
PARANÁ	4	0	0	4
RIO GRANDE DO SUL	4	0	1	3
SANTA CATARINA	9	0	0	9
SÃO PAULO	6	0	0	6
TOTAL	33	3	2	28

* tpa - toneladas por ano.

FONTE: DNPM/DIDEM – UNIVERSO DA MINERAÇÃO BRASILEIRA/2007

Como pode ser observado, apenas nove estados possuem produção industrial de caulim.

As três minas de grande porte produzem caulim de alta qualidade, majoritariamente destinado ao mercado internacional, para aplicação na indústria de papel, onde é utilizado especialmente como *coating* que é o material utilizado no revestimento de papel de alta qualidade para escrita e impressão.

Dessas, a primeira mina a entrar em operação foi a da empresa CADAM S/A, localizada no morro do Felipe, no município de Vitória do Jari, na divisa dos Estados do Amapá e Pará. A usina de beneficiamento e o porto privado estão na margem esquerda do Rio Jari, em Munguba, no Estado do Pará.

As duas outras minas, operadas pelas empresas Pará Pigmentos S/A - PPSA e Imerys Rio Capim Caulim S/A – IRCC, estão situadas na bacia do Rio Capim, no município de Ipixuna do Pará, no Estado do Pará. A PPSA beneficia o caulim próximo à mina, enviando-o por mineroduto para Barcarena, onde se localizam: a usina de secagem, instalação de embalagem e o terminal portuário privativo. Já a IRCC faz um pré-beneficiamento na mina e envia o produto via por mineroduto até Barcarena, onde finaliza o beneficiamento e embarca o caulim em terminal privativo.

As demais empresas, exceto as duas de porte médio, uma das quais opera na região do Rio Capim, são de pequeno porte. Todas têm plantas de beneficiamento integradas e destinam seus produtos, brutos e ou beneficiados, ao mercado da região em que estão inseridas.

3.2. RECURSOS E RESERVAS DE MINÉRIO DE CAULIM

3.2.1. Características dos Depósitos de Caulim

Sob o ponto de vista da geologia, conforme *A. B. Luz e F. A. F. Lins* em “Rochas & Minerais Industriais”¹, os depósitos de caulim são classificados em duas categorias conforme suas origens: **primários** e **secundários**.

Os **depósitos primários** são classificados em **intemperizados**, **hidrotermais** e **solfataras**. Os primeiros ocorrem em regiões de climas tropicais, quentes e úmidos, onde as condições físico-químicas são propícias às alterações dos feldspatos e ou outros aluminossilicatos presentes em rochas graníticas e metamórficas. Como exemplo, temos os depósitos de caulim no entorno da cidade de São Paulo (Mogi das Cruzes) e na Região Nordeste (Equador-RN).

Os caulins do tipo **hidrotermal** têm sua origem a partir de fluidos quentes em circulação no interior da crosta. Os granitos são as rochas geradoras mais comuns, como, por exemplo, os depósitos da Nova Zelândia (Maungaparerua), China (Suzhou e Shanghai). Os depósitos de caulins do tipo **solfataras**, resultam da ação de emanções vulcânicas ácidas, formadas de vapores de água ricos em enxofre. São deste tipo os depósitos que ocorrem nas imediações de Roma, Itália.

Os depósitos **secundários** de caulim são formados pela deposição de caulim na forma de sedimentos em ambientes lacustres, lagunares ou deltaicos. Estes sedimentos são normalmente resultantes da desagregação e alteração de rochas preexistentes nas áreas fornecedoras. Este tipo de depósito é responsável por mais de 93% das reservas de caulim conhecidas no Brasil e as principais jazidas estão localizadas na Região Norte, nos Estados do Pará, Amapá e Amazonas. Pelo nível de seletividade do processo gerador (sedimentação), estes depósitos apresentam granulometrias mais finas dos argilominerais, com altas concentrações de caulim, porém com possibilidades de apresentarem maiores concentrações de óxidos de ferro e titânio, que afetam a cor branca original.

¹ Publicado pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, do Ministério de Ciência e Tecnologia, 2005.

Depósitos deste tipo são encontrados também na Geórgia (EUA), ao longo do chamado *Kaolin Belt*, oeste da Alemanha e Guadalajara (Espanha).

No artigo “*O Novo Kaolin Belt*”², o Geólogo Dr. Iran F. Machado, estabelecendo comparações dos depósitos de caulim da Amazônia com o *Kaolin Belt* da Geórgia, nos Estados Unidos da América, definiu este novo *Kaolin Belt* como uma sequência de sedimentos de idade do Terciário Inferior (ou Cretáceo Superior?), dentro da sub-bacia Cametá, do *Graben* de Marajó. Este *graben* forma um arco que se estende desde Paragominas a leste até a foz do Rio Tocantins, infletindo daí para noroeste, norte e nordeste, fazendo o contorno aproximado da Ilha de Marajó. Ele é subdividido em duas sub-bacias que se denominam Limoeiro e Cametá, sendo esta a mais importante, onde, na bacia de drenagem do Rio Capim, na extremidade leste, estão localizadas as minas das empresas Imerys Rio Capim Caulim e Pará Pigmentos S/A e a jazida da Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, empresa ligada ao Ministério de Minas e Energia - MME.

Em razão da potencialidade deste novo *Kaolin Belt*, é possível prever no futuro amplas ampliações das reservas e recursos na região, com possibilidades da expansão da produção das referidas minas e da implantação de novos projetos de mineração.

O caulim *sedimentar* tem acima de 60% do mineral caulinita e, normalmente, após o beneficiamento, resulta um produto de especificações adequadas à indústria do papel.

3.2. Reservas de Caulim e sua Evolução

As reservas brasileiras de caulim têm evoluído satisfatoriamente ao longo das últimas décadas, atendendo com folga as necessidades de produção das minas para os mercados interno e exportador. Esta situação gera uma posição confortável para o país junto ao mercado internacional, possibilitando que as empresas desenvolvam estratégias de ampliação de suas presenças neste mercado. A **Tabela 3.2.a** e **Figura 3.2.a** mostram esta evolução.

O Sumário Mineral 2008, atualizado com base nos dados de 2007, editado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, informa que as reservas brasileiras de caulim (Medidas + Indicadas) são de 7,3 bilhões de toneladas. Se considerarmos os dados de 2005 da **Tabela 3.2.a**, com reservas (Medidas + Indicadas) de 4,4 bilhões de toneladas, verificamos que entre 2005 e 2007 houve um acréscimo de cerca 66%, indicando um ajuste dos dados de reservas do DNPM, retomando em parte os dados informados em 2003 e 2004, que praticamente duplicaram as reservas totais informadas em 2002.

Estas reservas e recursos estão distribuídos assimetricamente pelas diferentes regiões do país, concentrando-se majoritariamente em três estados da Região Norte, respectivamente, Amapá, Amazonas e Pará, onde estão os maiores depósitos conhecidos e onde se concentram as maiores atividades de mineração, todas voltadas principalmente para o mercado internacional. Nesta região são gerados os produtos de melhor qualidade, como tal considerados entre os melhores do mundo. A **Tabela 3.2.b** apresenta a distribuição destas reservas pelos diversos estados.

Analisando os dados da **Tabela 3.2.b**, nota-se que o Estado do Amazonas concentra 68% das reservas e recursos conhecidos de caulim no Brasil. Eles estão localizados predominantemente no Município de Manaus. Em ordem de grandeza das reservas vêm a seguir os estados do Pará com 17% e o Amapá com 8%. Desta forma a Região Norte concentra 93% das reservas brasileiras conhecidas. Apesar do porte das reservas, não há atividade de mineração de grande porte de caulim no Estado do Amazonas. Estas atividades estão concentradas nos Estados do Pará e do Amapá.

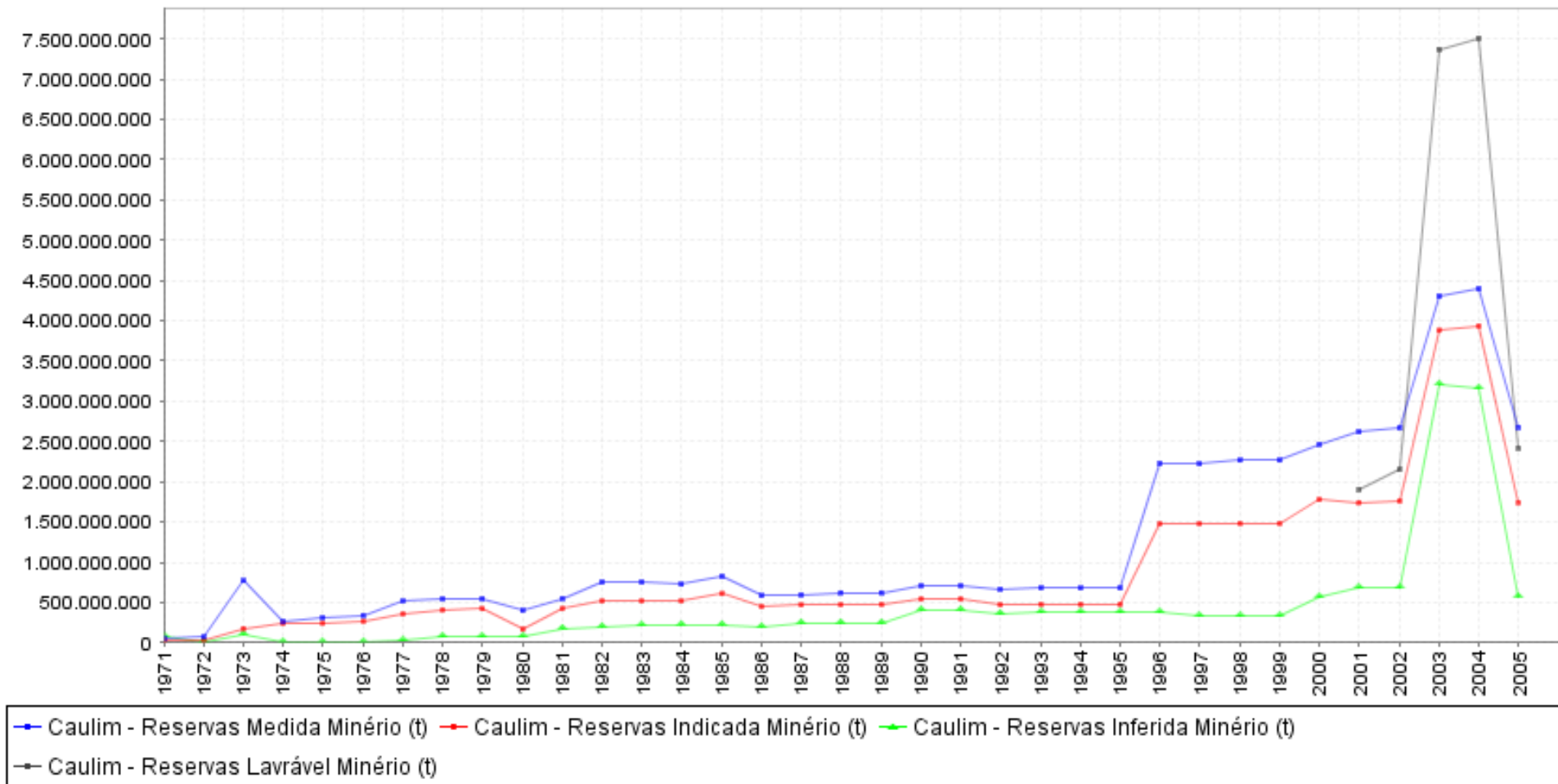
² Artigo publicado na revista Brasil Mineral nº 261, de maio de 2007,

Tabela 3.2.a.
EVOLUÇÃO DAS RESERVAS BRASILEIRAS DE CAULIM – 1971/2005
(Em toneladas)

Ano	Reservas Medidas	Reservas Indicadas	Reservas Inferidas	Reservas Totais	Reservas Lavráveis
1971	59.179.000	19.588.000	70.088.000	148.855.000	
1972	69.553.642	21.295.639	17.597.517	108.446.798	
1973	767.295.313	181.970.803	106.913.311	1.056.179.427	
1974	263.859.007	238.164.716	3.874.335	505.898.058	
1975	310.873.623	244.662.854	4.131.837	559.668.314	
1976	342.230.535	268.439.579	6.471.668	617.141.782	
1977	514.140.000	358.287.000	23.207.000	895.634.000	
1978	545.916.000	414.562.000	74.663.000	1.035.141.000	
1979	547.659.639	417.444.476	71.458.943	1.036.563.058	
1980	398.997.814	161.086.154	74.076.257	634.160.225	
1981	553.397.626	422.115.201	181.930.931	1.157.443.758	
1982	752.957.964	516.330.817	202.154.672	1.471.443.453	
1983	751.223.834	516.253.912	215.726.196	1.483.203.942	
1984	721.690.282	516.188.421	228.919.460	1.466.798.163	
1985	825.219.100	603.097.012	228.209.915	1.656.526.027	
1986	580.085.822	449.111.486	201.314.269	1.230.511.577	
1987	597.606.301	466.749.850	248.138.858	1.312.495.009	
1988	625.601.090	471.412.573	248.807.722	1.345.821.385	
1989	626.218.363	478.016.189	250.595.576	1.354.830.128	
1990	708.296.856	541.787.947	408.481.294	1.658.566.097	
1991	706.743.527	540.515.175	409.140.041	1.656.398.743	
1992	668.116.431	469.536.822	362.751.783	1.500.405.036	
1993	679.881.444	479.987.795	372.107.043	1.531.976.282	
1994	676.487.946	479.854.406	371.964.649	1.528.307.001	
1995	676.518.539	479.651.386	371.964.649	1.528.134.574	
1996	2.229.116.796	1.478.100.598	374.858.964	4.082.076.358	
1997	2.220.873.796	1.479.493.369	328.985.136	4.029.352.301	
1998	2.263.062.878	1.485.204.967	324.134.557	4.072.402.402	
1					
2					
2					21
2					75
2					02
2					50
2					35

Fonte: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

Figura 3.2.a
EVOLUÇÃO DAS RESERVAS BRASILEIRAS DE CAULIM – 1971/2005



FONTES: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; Anuário Mineral Brasileiro.

Tabela 3.2.b.
BRASIL: DISTRIBUIÇÃO DAS RESERVAS DE CAULIM

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	RESERVAS (Em toneladas)					
	MEDIDAS	INDICADAS	INFERIDAS	TOTAIS	LAVRÁVEIS	
1. Amazonas	1.924.282.431	1.218.157.624	263.406.700	3.405.846.755	68,3%	1.924.282.431
2. Pará	304.867.267	312.101.899	217.473.178	834.442.344	16,7%	303.656.683
3. Amapá	272.187.823	130.124.000	0	402.311.823	8,1%	12.755.155
4. Sta. Catarina	62.327.870	8.562.387	5.858.867	76.749.124	1,5%	63.258.116
5. Goiás	8.513.520	11.048.871	41.838.500	61.400.891	1,2%	8.083.021
6. Paraná	22.872.487	11.560.302	19.602.496	54.035.285	1,1%	24.202.953
7. São Paulo	31.629.817	16.227	6.118.736	37.764.780	0,8%	24.799.445
8. Rio Grande do Sul	22.850.316	17.335.287	8.902.642	49.088.245	1,0%	21.922.671
9. Outros*	26.581.385	36.570.738	5.268.742	68.420.865	1,4%	36.096.690
BRASIL	2.676.112.916	1.745.477.335	568.469.861	4.990.060.112	100,0%	2.419.057.165

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro - 2006.

***Outros": Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte.

3.3. ESTRUTURA EMPRESARIAL DA INDÚSTRIA DE CAULIM

A indústria de caulim no Brasil é bastante concentrada quando se considera as dimensões dos parques industriais de produção instalados, capacidade tecnológica, capacidade de investir em inovações tecnológicas e nas ampliações da capacidade de produção. No ano de 2006, apenas três empresas foram responsáveis por 92,5% do caulim produzido no país. Estas empresas são a Imerys Rio Capim Caulim S/A – IRCC, Cadam S/A e Pará Pigmentos S/A – PPSA. Esta concentração torna-se mais acentuada, quando se observa que duas delas, a CADAM e a PPSA, são controladas pela Cia. Vale do Rio Doce - Vale e são responsáveis por 51,6% da produção nacional. A IRCC é responsável por 40,9%. A **Tabela 3.3.a** mostra a lista das dez maiores empresas produtoras de caulim.

Tabela 3.3.a
BRASIL: AS DEZ MAIORES EMPRESAS PRODUTORAS DE CAULIM

EMPRESA	LOCALIZAÇÃO DA CONCESSÃO DE LAVRA	PARTICIPAÇÃO NA PRODUÇÃO BRASILEIRA
Imerys Rio Capim Caulim - IRCC	Pará	40,87%
Caulim da Amazônia S.A. - CADAM	Amapá	29,34%
Pará Pigmentos S.A. - PPSA	Pará	22,33%
Empresa de Mineração Horii Ltda.	São Paulo	2,84%
Empresa de Caulim Ltda.	Minas Gerais	0,74%
Colorminas - Colorífico e Mineração S.A.	Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	0,74%
CBE - Companhia Brasileira de Equipam	Pará e Maranhão	0,57%
Olivério A. Ribeiro & Cia. Ltda.	Rio Grande do Sul	0,44%
Caolim Azzi Ltda.	Minas Gerais	0,38%
Terra Mater Part. e Empreendimentos Ltd	Paraná e Santa Catarina	0,35%

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – 2006.

A Imerys é também uma das principais produtoras de caulim em São Paulo, juntamente com a Empresa de Mineração Horii e a Sociedade Caulinita Ltda. Em Minas Gerais, além das duas empresas relacionadas na **Tabela 3.3.a.**, destaca-se também a Irmãos Guilhermino Ltda.

A CADAM e a PPSA fazem parte da área de negócio de caulim da Vale. A primeira opera mina a céu aberto em de Vitória do Jari, no Estado do Amapá, e o beneficiamento em Munguba,

Estado do Pará, onde tem porto próprio. O seu capital votante é controlado em 100% pela Vale, que detêm 61% no total do capital da empresa, sendo os outros 39% controlados pelo Banco do Brasil S/A (22%) e pelo BNDES (17%). Na PPSA, a Vale e a Mistubishi Corporation controlam, respectivamente, 85,6% e 14,4% do capital votante, detendo a primeira 86,2% do capital total. A empresa opera uma mina a céu aberto e uma planta de beneficiamento em Ipixuna do Pará, Estado do Pará, e em Barcarena, também neste estado, dispõe de instalações de secagem do produto e terminal portuário. O transporte do caulim da mina no Rio Capim para Barcarena é feito por um mineroduto de 180 quilômetros de extensão.

A IRCC, tal como a PPSA, opera no Estado do Pará, com uma mina e uma instalação de pré-beneficiamento na região do Rio Capim, município de Ipixuna do Pará, e uma planta de beneficiamento e um terminal privativo em Barcarena. O caulim, em forma líquida, tal como na PPSA, é transportado por um mineroduto de 158 quilômetros da mina para a planta de beneficiamento. A IRCC é uma empresa controlada da Imerys Pigmentos para Papéis, que, por sua vez, faz parte do grupo multinacional Imerys, com sede na França e com operações em 47 países, distribuídas em todos os continentes. Ela é líder mundial na produção e comercialização de minerais industriais. A planta de Barcarena, hoje com capacidade de produção de 1.600.000 toneladas/ano, é a maior planta de beneficiamento de caulim do mundo.

Estas três empresas produzem caulins beneficiados de vários tipos, todos destinados prioritariamente ao mercado externo, para fornecimento das indústrias de papel, que os utiliza na produção de jornais, revistas, catálogos e livros.

As demais empresas ofertam ao mercado produtos de caulim bruto e beneficiado, para consumo nas regiões em que operam. As produtoras da região sudeste, especialmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, destinam a maior parte da produção para a indústria de cerâmica branca.

3.4. PARQUE PRODUTIVO

Em que pese o parque produtivo de caulim ser constituído por 33 empresas produtoras, em praticamente igual número de minas, a quase totalidade da produção provém de apenas três minas. São minas de grande porte pertencentes a três diferentes concessionárias e estão localizadas na Região Norte, sendo duas no Estado do Pará e uma no do Amapá. Esta última, a Mina do Felipe, está localizada no Município de Vitória do Jari, no Amapá e a planta de beneficiamento e o porto de embarque estão em Munguba, no Pará.

Estas empresas produzem em torno de 93% da oferta nacional de caulim beneficiado, sendo que os produtores de cinco estados: Amapá, Pará, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, respondem por mais de 99% da oferta nacional. Os Estados da Bahia, Paraíba e Paraná também aparecem como produtores de caulins beneficiados no Brasil. A **Tabela 3.4.a**, apresentada a seguir, mostra a capacidade das principais empresas e unidades de mineração e beneficiamento.

Conforme já salientado, a Imerys, com a desativação da planta de produção de caulim tipo cobertura em Devon, Inglaterra, transferiu a produção para o complexo de produção do Pará, onde construiu e opera, em Barcarena a maior usina de beneficiamento de caulim do mundo, com capacidade de produção de 1,6 milhões de toneladas por ano. As minas e, principalmente, as duas usinas da PPSA e CADAM, controladas da Vale, juntas, têm capacidade de produção de 1,57 milhões de toneladas por ano. As demais empresas estão em nível muito abaixo de capacidade instalada.

Todas as empresas têm sistemas integrados de produção das minas e respectivas usinas de beneficiamento. Contudo, como demonstrado na **Tabela 3.4.a**, esta integração, no caso das três grandes produtoras, é feita através de minerodutos. A integração, nestes casos, inclui também as

instalações portuárias para escoamento das produções. Este é um quadro que, não raro, prevalece nas operações menores do sul e sudeste, especialmente nas indústrias de cerâmica branca que se abastecem de minas próprias, menos exigentes do que a indústria do papel quanto às especificações técnicas do insumo caulim.

As minas de grande porte da Região Norte, todas com lavra a céu aberto, executam as operações de lavra no sistema de bancadas, especificadas segundo as características de cada uma, dependendo da topografia, espessura da cobertura e da camada de caulim. Os procedimentos de lavra operam na seguinte sequência: desmatamento, se for o caso; decapeamento e deposição protegida do solo vegetal; desmonte do estéril e deposição em local planejado para posterior remanejamento para a cava e recomposição parcial do perfil do terreno e; desmonte do minério, geralmente com a utilização de moto-scraper e ou escavadeiras, tratores de esteira, motoniveladoras e caminhões basculantes.

O processo de beneficiamento geralmente tem início próximo da mina, em uma estação de pré-beneficiamento, para onde o minério é transportado por caminhões. Destas o minério pré-beneficiado passa para a usina de beneficiamento propriamente dita.

O caulim normalmente ocorre associado a impurezas, e para atender às especificações do mercado, necessita de beneficiamento, que pode ocorrer por via seca e via úmida. O primeiro, mais simples, destina-se a caulins que apresentem alvura e granulometria adequadas ao mercado a que se destinam. O processo por via úmida envolve as etapas de dispersão, fracionamento em hidrociclone ou centrífuga, separação magnética, floculação seletiva, alvejamento químico, filtração e secagem, conforme indicado no esquema simplificado da **Figura 3.4.a**.

Atividades de mineração subterrânea são raras e ocorrem somente nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, em minas de origem primária, onde o caulim é um co-produto, associado a feldspatos, micas etc. Adotam processos rudimentares e oferecem alto risco à segurança dos trabalhadores. Não há exemplos descritos em maior detalhe na literatura.

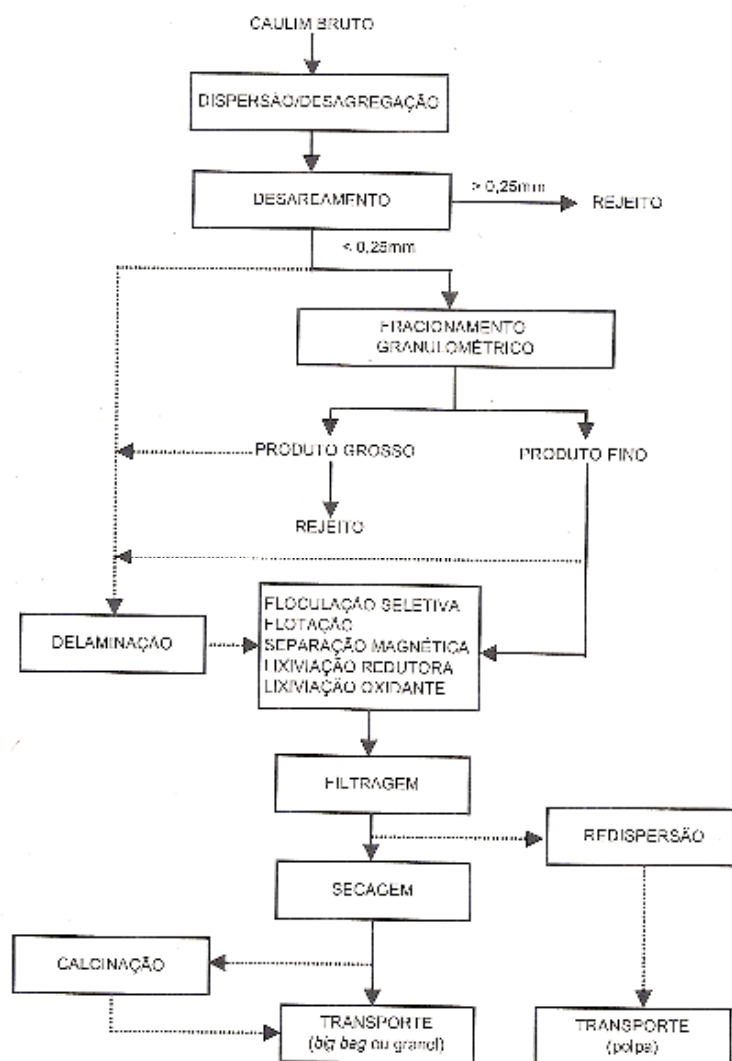
Em minas de minérios primários, como por exemplo, a mina da Empresa de Mineração Horii Ltda., de Mogi das Cruzes, Estado de São Paulo, são comuns as operações com mineração a céu aberto com sistema de desmonte hidráulico. O material desmontado é coletado por dragagem e encaminhado para a planta de beneficiamento onde sofre separação centrífuga, decantação, prensagem e secagem. Esta mina produz principalmente caulim e areia.

Tabela 3.4.a
PRINCIPAIS MINAS E PLANTAS DE BENEFICIAMENTO DE CAULIM

	EMPRESAS				
	Imerys Rio Capim Caulim S/A - IRCC	Pará Pigmentos S/A - PPSA	CADAM S/A	Mineradora de Caulim Monte Pascoal Ltda.	Caolim Azzi Ltda.
Localização da Mina	Rio Capim, Ipixuna do Pará-PA	Capim I, Ipixuna do Pará-PA	Morro do Felipe-AP	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Tipo de Mina	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto
Capacidade de Lavra de Minério Bruto (t)	3.800.000	-	-	60.000	45.000
Produção de Minério Bruto - 2007 (t)	2.550.000	2.085.000	1.200.000	42.000	-
Localização da Planta de Beneficiamento	Rio Capim, Ipixuna do Pará-PA	Barcarena-PA	Munguba-PA	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Capacidade Nominal de Beneficiamento (t)	1.600.000	672.000	800.000	20.000	-
Produção de Caulim Beneficiado - 2007 (t)	940.900	639.000	714.000	14.400	-

Fonte: Revista Brasil Mineral, Revista Minérios e Minerais. sites da empresas

Figura 3.4.a
DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE BENEFICIAMENTO DO CAULIM



Fontes: Rochas & Minerais Industriais, CETEM, 2005.

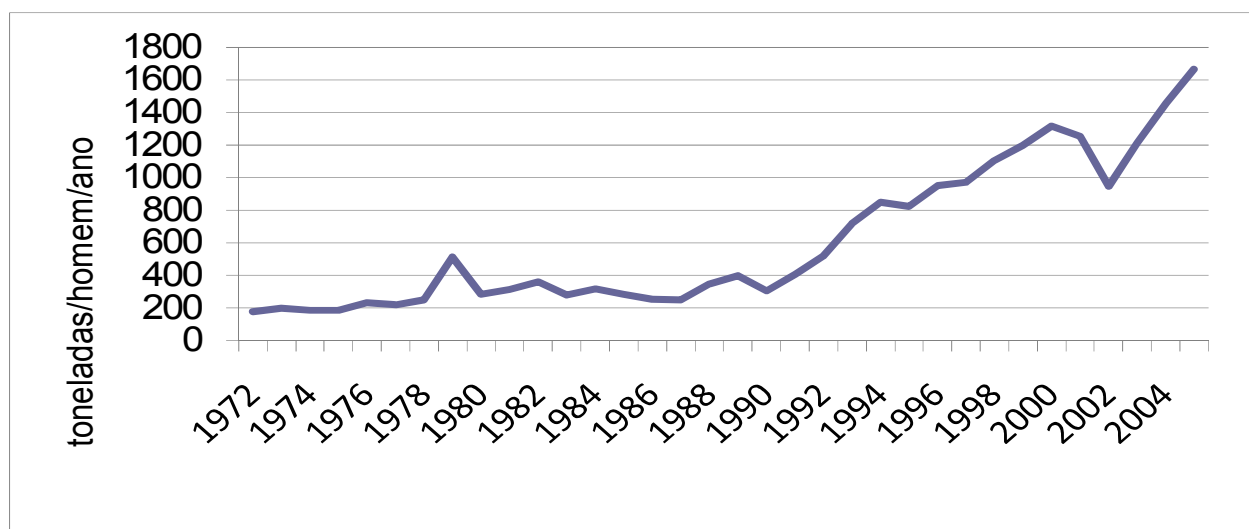
A produtividade na indústria tem apresentado melhorias sucessivas, conforme pode ser observado no gráfico da **Figura 3.4.b.** apresentado a seguir.

Tomando como base a série histórica dos registros, nota-se a rápida evolução alcançada pelo setor a partir de 1992, quando a indústria de caulim da Amazônia passou a receber pesados investimentos em programas de ampliação da produção e da capacidade tecnológica da CADAM e na implantação das minas da PPSA e da IRCC, que deram partida em 1996. Desde então, as duas minas têm ampliado, juntamente com a CADAM, a capacidade de produção e o leque de produtos oferecidos ao mercado.

Observando o referido gráfico, vemos que de cerca de 500 t/H/a em 1992, o índice de produtividade elevou-se para 1650 t/H/a (toneladas/homem/ano) em 2005, um crescimento de mais de três vezes em quatorze anos. Se considerarmos apenas as três grandes agrupadas: IRCC, CADAM e PPSA, este índice atingiu a média ponderada de 2.520 t/H/a em 2005.

A redução de custos e aumento da produtividade é preocupação estratégica para o setor, especialmente para as três grandes que têm no mercado global seu foco de atuação, em razão da competição com os produtores de caulim norte-americanos e com os produtores de calcário para pigmentos de carbonatos de cálcio moídos (*Ground Calcium Carbonate – GCC*) e precipitados (*Precipitated Calcium Carbonate - PCC*).

Figura 3.4.b
EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA INDÚSTRIA DO CAULIM

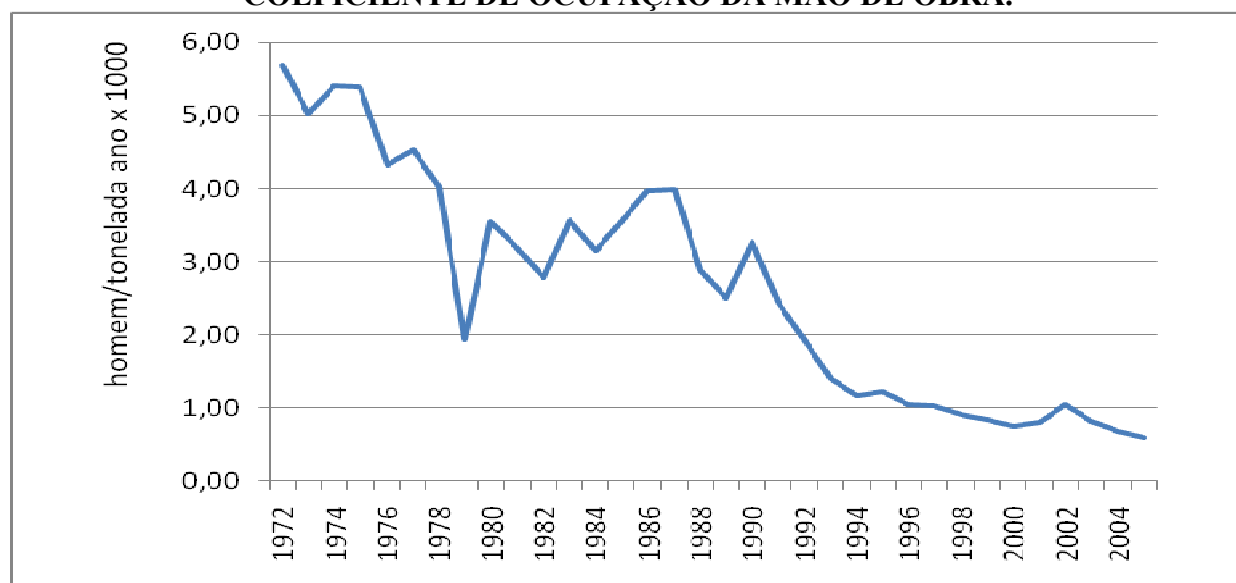


FONTES: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; Anuário Mineral Brasileiro.

Como pode ser observado na **Figura 3.4.c.**, o índice de coeficiente de ocupação de mão de obra na indústria do caulim por mil toneladas de produto, no caminho inverso do aumento da produtividade, em decorrência desta, vem caindo sistematicamente desde o início dos registros do DNPM em 1972, o que se acentuou a partir de 1990. Este índice variou de 5,70 H/t/a em 1972, para 0,60 H/t/a em 2005, o que representa 9,25 vezes a otimização da mão de obra empregada. O gráfico referido mostra uma tendência de estabilização do índice entre 0,5 e 06 a partir do ano 2000. Se considerarmos as três grandes produtoras, o índice ponderado, em 2006, fica em torno de 0,24 H/t/a.

Os custos maiores na produção de caulim concentram-se nos combustíveis, cerca de 26%, vindo a seguir os produtos químicos 25%. Os custos de pessoal são responsáveis por 9% do total. A **Figura 3.4.d** mostra os custos relativos entre os principais itens que impactam a produção, conforme dados coletados para o ano base de 2007, de fontes diversas.

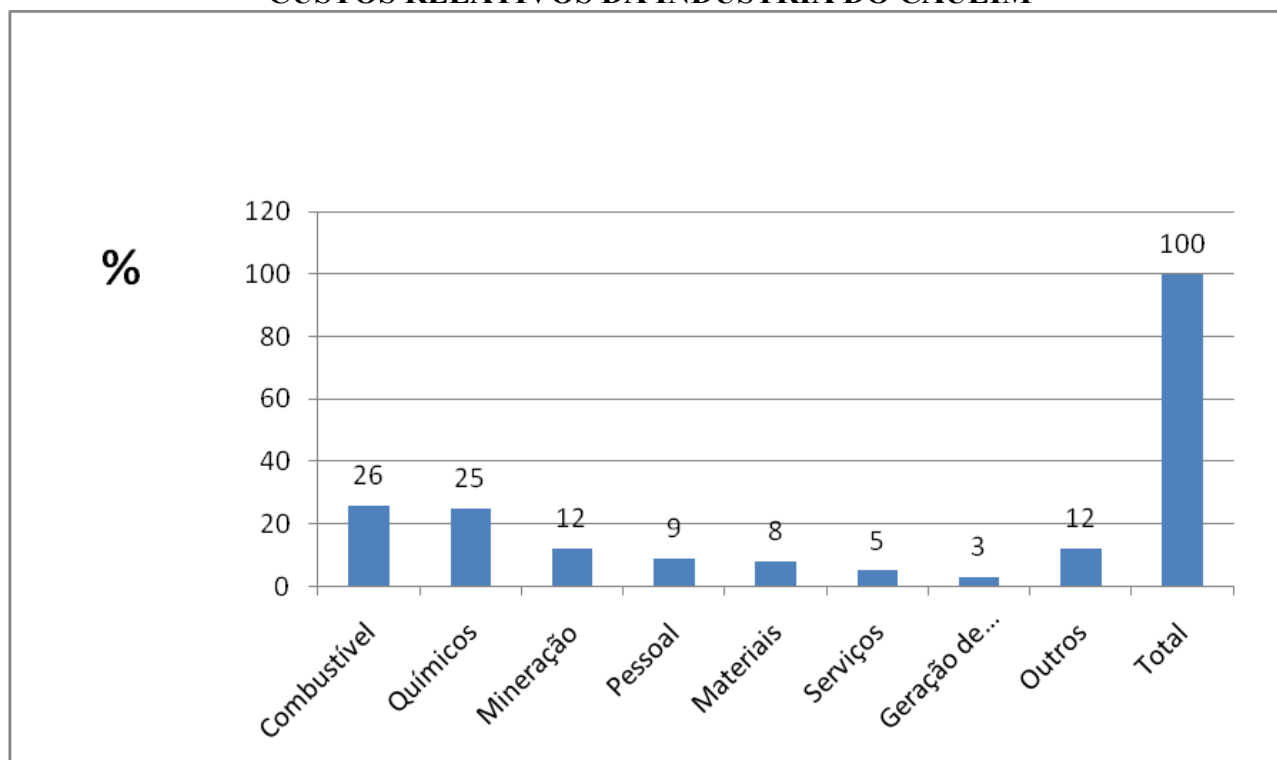
Figura 3.4.c
COEFICIENTE DE OCUPAÇÃO DA MÃO DE OBRA.



FONTES: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; Anuário Mineral Brasileiro.

Figura 3.4.d

CUSTOS RELATIVOS DA INDÚSTRIA DO CAULIM



FONTES: EMPRESAS; 2007.

O consumo de água nas plantas de beneficiamento é minimizado pelos circuitos de recirculação introduzidos nos processos geral das plantas. Toda água descartada é previamente tratada para evitar possíveis danos ambientais às drenagens das áreas de influências das plantas. Nas minas, especialmente nas de grande porte, o planejamento da lavra prevê a contenção de eventuais vertedouros ou de águas pluviais, para evitar que materiais das cavas atinjam a drenagem local.

Nas minas com desmonte hidráulico, toda a água utilizada no processo é contida em bacias de decantação para a deposição dos sólidos em suspensão e reutilizadas. Das operações de lavra e beneficiamento, resultam outros produtos de colocação no mercado, especialmente areias de aplicação na construção civil, quando as operações se situam nas proximidades dos centros urbanos, como é o caso da Empresa de Mineração Horii Ltda., em Mogi das Cruzes, Estado de São Paulo.

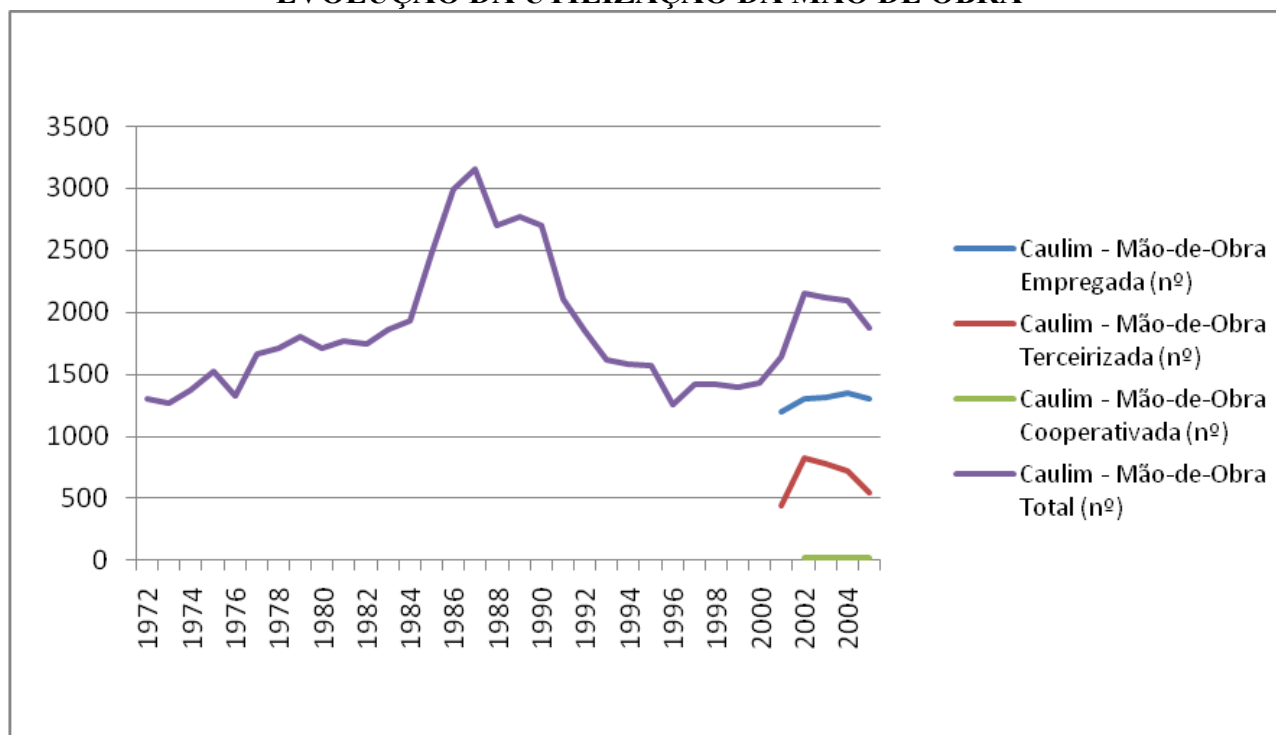
Todas as minas em operação trabalham sob intensa fiscalização dos órgãos fiscalizadores da gestão mineral, no caso o DNPM e da gestão ambiental, podendo sofrer fiscalizações tanto do órgão Federal IBAMA, como dos órgãos estaduais e municipais, tendo que se adequar permanentemente às normas por eles editadas, de maneira que têm que ter operações padronizadas adequadas às referidas normatizações.

3.5. RECURSOS HUMANOS DA MINERAÇÃO DE CAULIM

O contingente de pessoas diretamente vinculadas à indústria do caulim, como pode ser observado na **Figura 3.5.a**, tem variado de 1.300 empregados em 1972, quando tiveram início os registros até 3.160 em 1987, caindo seguidamente até 1.253 em 1996, coincidentemente com o ano em que entraram em operação as duas minas de Ipixuna, Estado do -Pará, no médio Rio Capim, quando voltou a aumentar, em 2002, atingindo 2.152 empregados, caindo a seguir para 1.879 em 2005. O aumento a partir de 2000 está relacionado ao aumento da capacidade de produção da indústria em face do crescimento do mercado interno e da agressiva política de vendas no mercado internacional das três grandes produtoras da Região Norte – IRCC, CADAM e PPSA.

Figura 3.5.a

EVOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DA MÃO DE OBRA

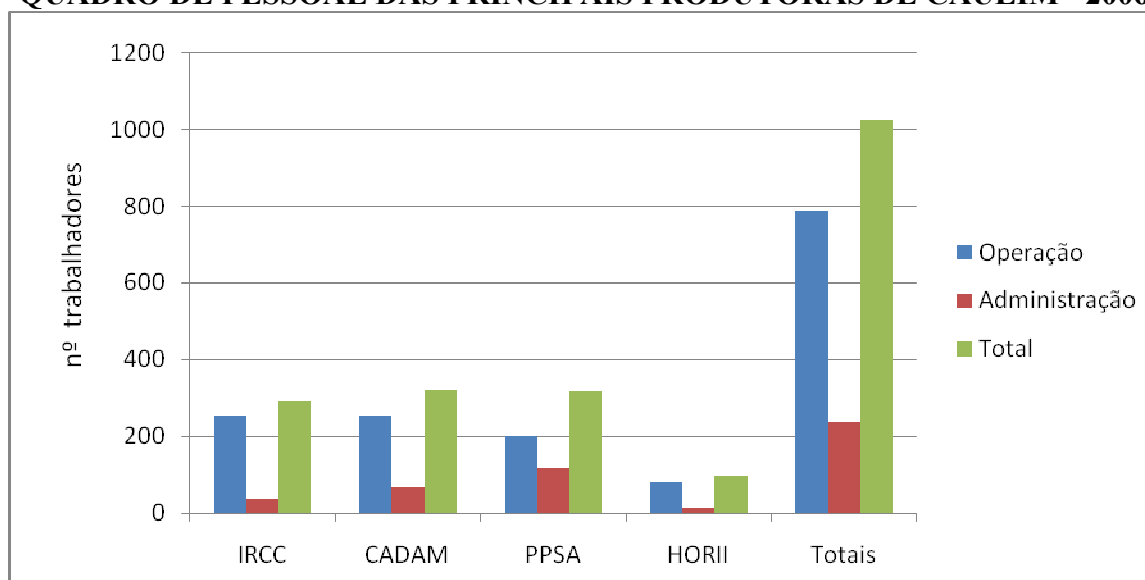


Fonte: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

Se tomarmos como base as principais empresas produtoras com dados disponíveis de pessoal, conforme apresentado na **Figura 3.5.b**, podemos admitir que, em média, cerca de 77% trabalha na área fim (operacional) e 23% na área meio (administração).

Figura 3.5.b

QUADRO DE PESSOAL DAS PRINCIPAIS PRODUTORAS DE CAULIM - 2006



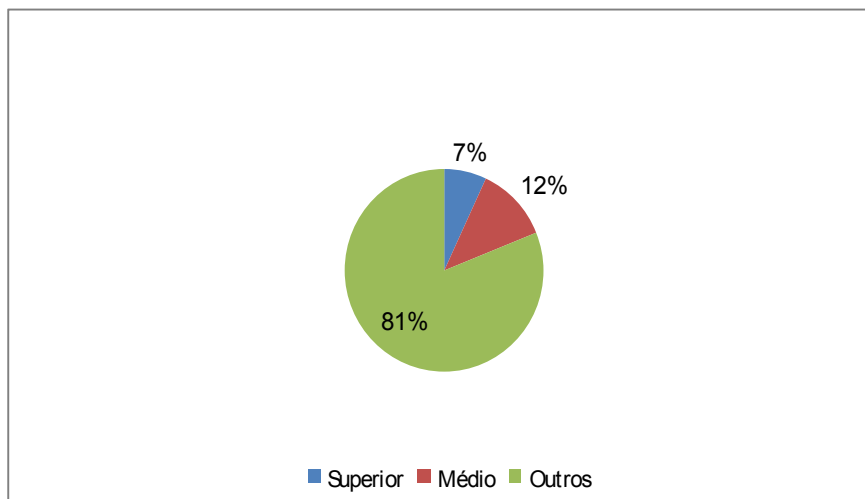
FONTE: BRASIL MINERAL Nº263, JUNHO/2007.

Comparando as figuras **3.5.a** e **3.5.b**, verificamos que as principais produtoras empregavam 1.026 pessoas em 2006, contra um total de empregados (empregos diretos) do setor, inclusive destas, de 1.308 em 2005, o que demonstra o peso destas na indústria, empregando o equivalente a aproximadamente 78% do pessoal efetivo.

Considerando que, como empresas industriais, devem ter um corpo técnico especializado, de nível superior, legalmente habilitados para atuarem nos diversos segmentos, bem como equipes

qualificadas de técnicos de nível médio, responsáveis diretos pelas operações dos processos, ambos tanto das áreas de produção, quanto das áreas meio, admite-se, no geral, que uma média de 7% dos empregados são de nível superior e 12% de nível médio. Esse fato é ilustrado **Figura 3.5.c** a seguir apresentada.

Figura 3.5.c
INDÚSTRIA DO CAULIM: DISTRIBUIÇÃO DO PESSOAL POR NÍVEL EDUCACIONAL



3.6. Aspectos Tecnológicos da Indústria de Caulim

Tanto na lavra quanto no beneficiamento, a indústria brasileira do caulim teve significativos avanços tecnológicos com a entrada no setor tanto da Vale - abertura da mina da PPSA (1996) e incorporação da CADAM no processo de aquisição da CAEMI (2001) -, quanto da Imerys – abertura da mina da IRCC (1996). Esses três projetos de grande escala industrial pelo volume de material movimentado em suas minas (mais de 10 milhões tpa de minério bruto e estéril) e pelo volume de minério tratado em suas usinas (4,0 milhões de t/ano de minério alimentado) contemplam o que de mais moderno existe em processos e equipamentos para lavra a céu aberto e para beneficiamento, impondo, assim, um novo padrão de referência à mineração do caulim no país.

A incorporação das mais modernas tecnologias de lavra e beneficiamento de caulim por aquelas empresas tende a se propagar, mesmo que parcialmente, para as empresas de médio e pequeno porte.

Mesmo a CADAM, a mais antiga mineradora de caulim de grande porte do país, sob a gestão da Vale, vem modernizando suas unidades produtivas, de forma não só a aumentar a produção, como também otimizar o sistema de beneficiamento para melhorar ainda mais a qualidade e quantidade de produtos.

O processo de beneficiamento via úmida em seu esquema geral já foi apresentado através da **Figura 3.4.a**, no **Cap. 3.4**. Contudo, em razão das especificidades dos minérios das diferentes minas, as empresas adaptaram esse modelo para o melhor aproveitamento dos diferentes tipos dentro de cada mina. Outro fator importante que demanda investimentos continuados é a necessidade de redução de custos nos processos de lavra e beneficiamento para maximizar a rentabilidade do negócio. A Vale, por exemplo, investiu em pesquisas tecnológicas em 2006, cerca de US\$1,1 milhão nas suas subsidiárias de caulim.

Tanto a Vale quanto a Imerys dispõe de laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P&D), bem como de condições de procurar no mercado internacional tecnologias disponíveis. A Vale dispõe de um bem equipado centro de P&D tecnológico em Sta. Luzia, Estado de Minas Gerais,

que desenvolveu a maior parte das pesquisas básicas e aplicadas que deram origem ao projeto de implantação da PPSA.

O Brasil dispõe de centros de P&D de excelência para suporte às empresas produtoras de caulim. Entre estes podemos citar: Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN, Instituto Nacional de Tecnologia - INT, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - POLI/USP, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP. O CETEM, por exemplo, tem boa atuação em projetos de caulim, inclusive em apoio aos projetos da Vale e da Empresa de Mineração Monte Pascoal SA, da Bahia.

Há no mercado, uma forte demanda por desenvolvimento tecnológico de aperfeiçoamento dos atuais produtos de caulim e criação de novos, em razão da forte concorrência dos pigmentos de carbonatos de cálcio (GCC e PCC)³ especialmente na indústria de papel, maior consumidor mundial de caulim e para a qual os caulins produzidos na Região Norte são considerados os melhores do mercado global.

Para apoio aos projetos P&D, as empresas produtoras podem contar com o aporte de financiamentos favorecidos, ou mesmo até a fundo perdido, da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, ou das organizações de amparo às pesquisas dos estados e do CNPq – Conselho Nacional de Pesquisas, órgão do MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia, que financia programas de pesquisas nos laboratórios dos institutos de pesquisas das universidades ou não, inclusive o CETEM.

Os principais geradores de recursos para programas de P&D são os fundos setoriais, um dos quais o Fundo Setorial de Mineração.

Tanto as empresas PPSA e CADAM, do Grupo Vale, quanto a Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) vem investindo em tecnologias de mineração e beneficiamento, visando uma maior recuperação na lavra e beneficiamento dos diferentes tipos de caulim no horizonte mineralizado, no geral atingindo, em média, de 10 a 12m de espessura, aumentando a produção do minério bruto e reduzindo a quantidade de estéril da mina, sem aumento dos investimentos de mineração, ao mesmo tempo em que aumentam a produção de caulim beneficiado. Estes procedimentos reduziram os custos ao mesmo tempo em que aumentaram a vida útil das respectivas minas.

O desenvolvimento tecnológico trazido pela Vale e pela Imerys para o segmento de mineração, associado *in loco* com a transformação mineral por vias não convencionais, mudou e redirecionou a indústria do caulim no Brasil, em particular, e impactou a mundial, no geral.

Graças ao maior grau de abertura e interação da economia brasileira com o exterior, o segmento da mineração do caulim não sofre quaisquer restrições para acessar e adquirir tecnologias necessárias à modernização de suas unidades, comprar equipamentos e serviços de qualquer natureza, seja para lavra, seja para o beneficiamento, ou ainda adquirir outros fatores de produção, tanto interna quanto externamente. A indústria de bens de capital brasileira é hoje competitiva e está perfeita e globalmente integrada, atuando de forma bastante competitiva vis-à-vis a indústria do exterior.

Como já frisado, a área de P&D da mineração do caulim conta com centros de pesquisa de excelência no país para o aproveitamento de seus recursos, podendo ainda buscar alternativas no exterior, notadamente, naqueles países tradicionalmente produtores.

³ Calcário para pigmentos de carbonatos de cálcio (*Ground Calcium Carbonate – GCC*) e precipitados (*Precipitated Calcium Carbonate -PCC*).

3.7. ASPECTOS AMBIENTAIS

Em meados da década de 1970 surgiram no Brasil as primeiras exigências legais de controle de poluição. Desde então as minas passaram a dispor de licenças ambientais com obrigações específicas; planos para recuperar as áreas degradadas, estudos de impacto ambiental, diagnósticos, e uma série de outros estudos foram realizados. Pela nova legislação, dirigentes estão sujeitos a sanções penais em caso de descumprimento da lei.

Em comparação com Canadá e Austrália, países que lideram tendências ambientais na mineração, as principais empresas brasileiras ainda lançam mão de poucas iniciativas voluntárias, mas, em contrapartida, enfrentam demandas administrativas pouco comuns nesses países, como obrigatoriedades de compensação ambiental por danos causados por novos projetos ou mesmo como condição para a continuidade do funcionamento de empreendimentos existentes.

Em relação à indústria do caulim o quadro geral oferece assimetrias quanto às dimensões e quanto ao tamanho e mercados a que se destinam os produtos. As grandes empresas, localizadas na região norte - IRCC, CADAM e PPSA -, em razão de destinarem mais de 80% da produção ao mercado internacional, especialmente Europa, EUA e Japão, por exigências do mercado consumidor, adotam processos de produção sustentáveis do ponto de vista ambiental e se submetem às normas internacionais de preservação ambiental (ISO 12001).

As empresas de pequeno a médio porte que operam nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, embora sem as obrigações internacionais das exportadoras estão sujeitas às legislações e fiscalizações ambientais de órgãos federais e das unidades estaduais e municipais onde se localizam, pois todas estão obrigadas, para operar, a ter as respectivas licenças de operação emitidas por estes órgãos. Assim, todas as empresas adotam sistemas de proteção ao ambiente, especialmente medidas preventivas de proteção à rede de drenagens locais, para evitar contaminações que, certamente, se denunciadas às autoridades competentes, levará à paralisação das atividades, além das multas e obras a serem então determinadas.

Os rejeitos de mineração e resíduos de beneficiamento das indústrias de caulim, por manusearem produtos argilosos, arenosos e sílticos não podem subestimar o impacto de qualquer contaminação destes produtos nos sistemas de drenagem, pois estes, em suspensão, podem ser carreados a grandes distâncias e pelo turvamento que causam nas águas, são facilmente detectados pelos vizinhos e pelas autoridades. Assim, as empresas descuidadas, ou já sofreram penalizações, ou sofrerão mais cedo ou mais tarde.

Além dos órgãos ambientais dos poderes públicos, o esclarecimento da sociedade, organizações não governamentais (ONG) têm atuado de forma ativa na fiscalização de atividades poluidoras. Tem tido relevante papel, os ministérios públicos federais e estaduais, que, com determinação, têm levado, inclusive, ao fechamento de minas, especialmente às de minerais industriais de uso direto na construção civil, localizadas nas cercanias ou interior dos perímetros dos grandes centros urbanos.

A **Tabela 3.7.a.** mostra o nível de aperfeiçoamento das principais empresas produtoras, especialmente as três grandes já referidas.

Tabela 3.7.a.
PERFIL DAS PRINCIPAIS PRODUTORAS DE CAULIM DO BRASIL

EMPRESA	Imerys Rio Capim Caulim Ltda - IRCC	Pará Pigmentos S/A - PPSA	CADAM S/A	Mineradora de Caulim Monte Pascoal Ltda.	Caolim Azzi Ltda.
DISCRIMINAÇÃO					
Controle	99,76% francês; 0,24% bras.	Vale 82%, Mitsubishi 13,8% e IFC 4%	Vale 61%, B.Brasil 22% e BNDES 17%	-	100% bras.
Localização	Rio Capim, Ipixuna do Pará-PA	Capim I, Ipixuna do Pará-PA	Morro do Felipe-AP	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Tipo de Mina	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto
Planta Beneficiamento	Barcarena-PA	Barcarena-PA	Munguba-PA	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Certificações	ISO 9001/2001; ISO 14001/2004	ISO 9001/2000, 14001/2004, OHSAS 18001/1999, SIG ¹	ISO 9001/2000, 14001/2004, OHSAS 18001/1999, SIG ¹	ISO 9001	-
Produtos	"Coating & Filler"	Century, Century S, Paraprint, Paraplate e Paralux	Amazon SB, Amazon Premium e Amazon Plus	Coat 90, Coat 87 e Extrafino	Caulim Branco e Cerâmico
Destino dos Produtos	Exportação	90% Exportação e 10% Mercado Interno	90% Exportação e 10% Mercado Interno	Mercado Interno	Mercado Interno

Fontes: Revista Minérios & Minerales nº308, 15/08/2008; Relatórios da Cia. Vale do Rio Doce – Vale; Sumário Mineral 2008.

As empresas que operam minas em depósitos sedimentares como a IRCC, CADAM, PPSA e MONTE PASCOAL, no processo de decapeamento do estéril existente sobre a camada de minério, separam em locais e condições distintos, o solo vegetal removido e o estéril inorgânico, para ambos, após o esgotamento, retornarem ao local para recuperação parcial da paisagem.

O consumo energético nas minas é centrado no uso de diesel, que movimenta os equipamentos de desmonte, estocagem, construção de barragens, e transportes. Na medida em que o processo migra para a área de beneficiamento, prevalece a utilização de energia elétrica no acionamento dos principais equipamentos. A maximização do uso destas energias é objetivo das empresas, pois, como visto na **Figura 3.4.d**, o item “**Combustíveis**” é responsável por 26% dos custos de produção, chegando a 29% se adicionarmos os custos de geração de energia. Estes itens somados superam, conforme visto, os custos de consumo de produtos químicos (25%), mineração 12% e pessoal 9%, entre outros.

Em relação às emissões de CO₂, a crescente preocupação mundial com o efeito estufa faz com que seja cada vez mais importante, para qualquer segmento produtivo, o conhecimento sobre as emissões de gases de efeito estufa (CO₂, metano, etc.), bem como a implementação de iniciativas para mitigar essas emissões. Infelizmente, não há disponíveis estudos completos sobre o inventário dessas emissões para o setor de mineração como um todo, e menos informações ainda para as atividades relacionadas com a mineração e o beneficiamento do caulim no Brasil, apesar de que foi estimado que o setor de transformação de não-metálicos responde por cerca de 14% da emissão brasileira total de CO₂ decorrente da queima de combustíveis, segundo o Anuário Estatístico 2008 – Setor de Transformação de Não Metálicos⁴.

Na mineração propriamente dita, as emissões são principalmente devidas ao funcionamento dos equipamentos de extração e movimentação do minério, movidos a óleo diesel. No beneficiamento primário (britagem) as emissões correspondem ao consumo de energia elétrica por parte desses equipamentos. No beneficiamento do caulim, as emissões correspondem principalmente ao consumo de eletricidade por parte dos equipamentos (motores) usados para o beneficiamento e secagem do minério (vide **Figura 3.4.a**).

⁴ Publicado pela Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM/ Ministério das Minas e Energia – MME.

Quanto ao consumo de água, não há dados específicos para a área de mineração, inclusive no que concerne às operações dos minerodutos da PPSA, IRCC e da CADAM, quando se sabe que o caulim pré-beneficiado na mina e transportado em forma de polpa para as usinas de beneficiamento. No caso da CADAM, no livro “Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil”, editado pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM em 2001, é informado que o consumo de água na planta equivale a 10.800 m³/h, ou 2,75 m³/t de caulim bruto alimentado na usina. Toda esta água é recirculada no processo e o excedente, após o tratamento adequado, é lançado na drenagem local.

No caso da PPSA, o minério é beneficiado próximo à mina, no Rio Capim, e o caulim beneficiado é transportado até o porto de Barcarena, onde, a empresa dispõe de instalações de secagem e porto de embarque.

Nas minas operadas com desmonte hidráulico, como no caso da empresa Horii, os procedimentos são semelhantes, e o excedente de água, após tratada, é lançado na drenagem local.

Em relação aos resíduos minerais, nas usinas de beneficiamento de minérios oriundos de depósitos sedimentares, especialmente em relação às três grandes da Região Norte, os resíduos são depositados em bacias especialmente preparadas para tal fim. Nas minas com processo de lavra hidráulico, como a da Horii em Mogi das Cruzes, Estado de São Paulo, é feita a separação granulométrica desde as bacias de decantação junto à mina e na usina de beneficiamento, produzindo concomitantemente ao caulim areias para consumo da construção civil. O material estéril, sem uso comercial, é estocado em locais apropriados e poderão retornar à área da cava após o esgotamento das frentes de lavra.

Conforme constatado, programas de gestão e controle ambiental, programas de qualidade das águas de processo e efluentes, programas de controle de emissões atmosféricas, programas de preservação e conservação ambiental de áreas circunvizinhas à mina, programas de áreas degradadas e mineradas, programa de gestão de resíduos industriais (que não os rejeitos de lavra e beneficiamento) e programa de redução de consumo de água e energia, bem como de combustíveis, dentre outros, já estão implantados ou em implantação nas grandes minas de caulim brasileiras.

Contudo, na literatura disponível, não foram localizados dados efetivos de controle de poluição das empresas produtoras de caulim. Estes dados, ao que tudo indica, são do controle interno das empresas, que, em geral, não os tem publicado como seria de se esperar, inclusive disponibilizando-os em seus sítios da internet, o que, infelizmente, não está acontecendo. O que se nota, são matérias de promoção de conservação ambiental voltadas para a divulgação das políticas ambientais das empresas junto às comunidade vizinhas às minas e às plantas de beneficiamento das grandes produtoras.

Conforme já ressaltado sobre a questão ambiental, o trabalho de integração das empresas com as comunidades dos municípios (em geral, de baixo índice de desenvolvimento humano) onde operam as minas e as plantas de beneficiamento, seja contribuindo para melhorias da infraestrutura urbana (saneamento, por exemplo), seja na área educacional e de saúde, ou ainda na contratação de serviços, independentemente do fato de ser a principal empregadora na região. Os exemplos da IRCC, CADAM e PPSA, entre outras, mostram claramente uma nova e avançada visão empresarial da questão ambiental, no seu aspecto socioeconômico.

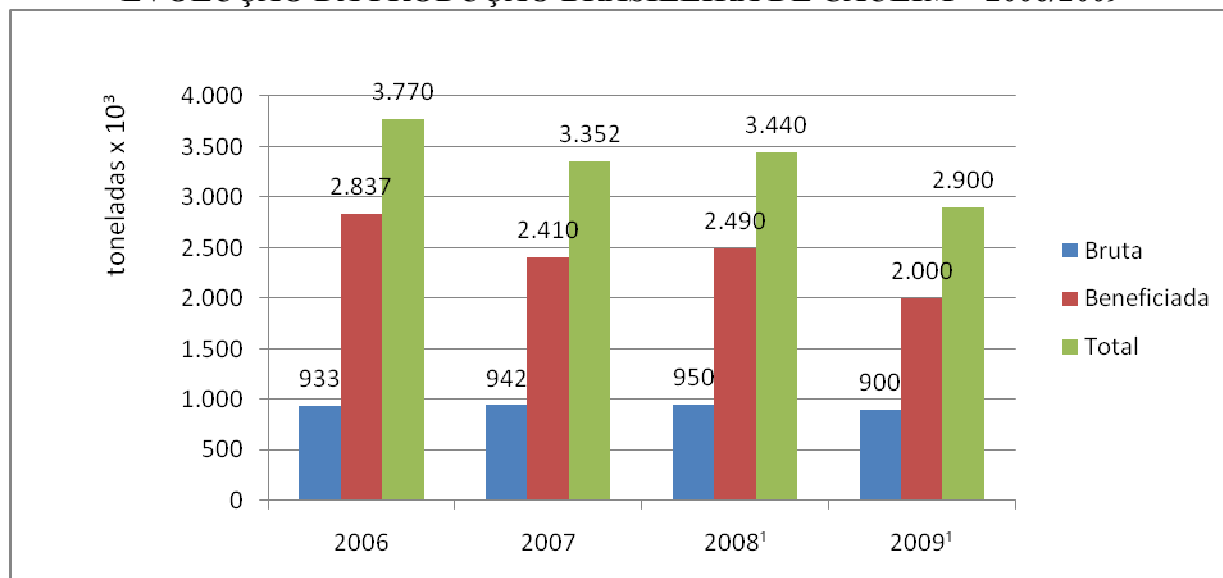
3.8. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CAULIM E DO SEU VALOR

Desde meados da década de 90, a produção brasileira de caulim destina-se em mais de 90% ao mercado externo, amparada nas três grandes minas da Região Norte, controladas pela Vale (CADAM, PPSA) e Imerys (IRCC). Assim, a crise desencadeada na economia global a partir de setembro de 2008, que afetou fortemente a demanda na Europa, EUA e Japão, está produzindo

reflexos fortes nos desempenhos destas empresas, cujos resultados efetivos deverão se tornar públicos brevemente. A **Figura 3.8.a** mostra esta tendência.

Ainda não se tem indícios da forte retração dos mercados internacionais sobre as opções das empresas exportadoras de caulim, mas, como o mercado interno, embora com leve recessão ao final de 2008 e início de 2009, sofreu impacto menor, uma das alternativas poderá ser a destinação de parte da produção para ele, o que poderá impactar fortemente os produtores da Região Sudeste.

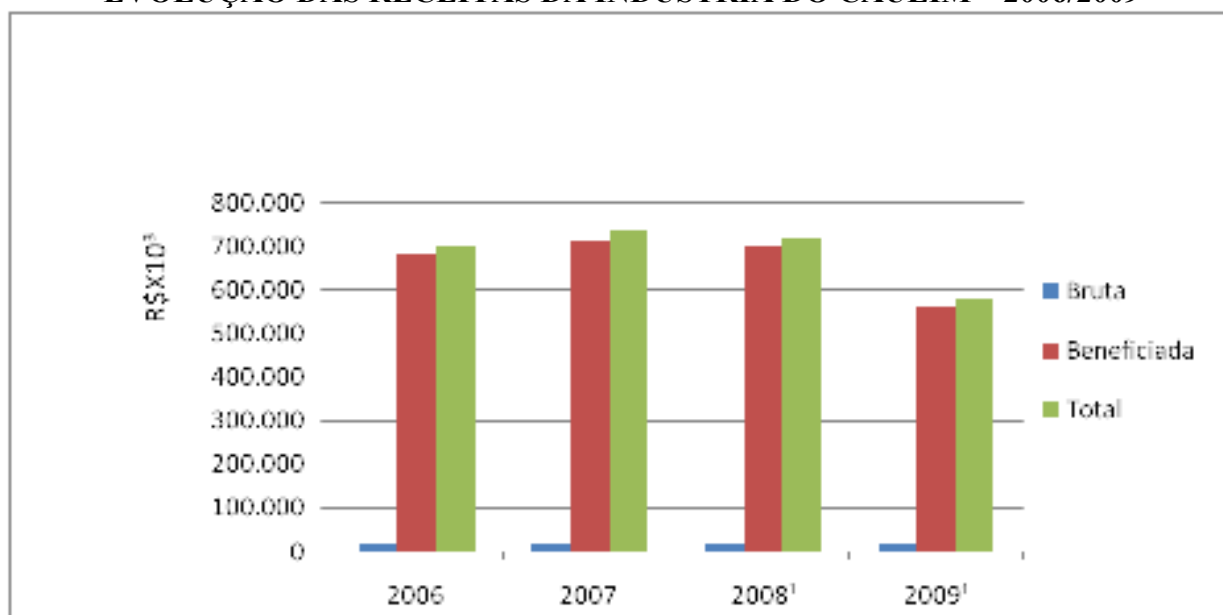
Figura 3.8.a
EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CAULIM – 2006/2009



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, United States Geological Survey – USGS. ¹ – Valor estimado.

Com relações às receitas equivalentes às produções estimadas, foi adotado que os preços médios não sofreram variações significativas e que, portanto, os resultados financeiros deverão apresentar queda de receitas em 2008 e 2009 equivalentes à da produção. A **Figura 3.8.b**, apresentada a seguir, mostra o que é esperado.

Figura 3.8.b
EVOLUÇÃO DAS RECEITAS DA INDÚSTRIA DO CAULIM – 2006/2009



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, United States Geological Survey – USGS. ¹ – Valor estimado.

Corroborando as projeções apresentadas, a Vale, em seu informe anual à *United States Securities and Exchange Commission* - SEC, órgão fiscalizador do mercado de ações dos EUA, relatou que em 2008, através da CADAM e da PPSA, colocou no mercado 1,129 milhões de toneladas, cerca de 17% menos que em 2007 (1,354 milhões de toneladas).

Ainda não são conhecidas as projeções específicas para o mercado global de caulim, mas, com o fim próximo da recessão na economia dos países industrializados, é de se esperar que a partir de 2010 se estabilize e volte a crescer. A volta do crescimento deverá constituir-se em importante oportunidade de crescimento da participação das empresas brasileiras em razão das vantagens competitivas (produtores de baixos custos operacionais, qualidade dos minérios da Região Norte, qualidade dos produtos, plantas modernas e versáteis, e possibilidades tecnológicas na formulação de produtos mais diferenciados e melhores) em relação aos líderes do mercado, os produtores americanos da Geórgia e Carolina do Sul.

Os minérios comercializados na forma de minério bruto, ou com beneficiamento singelo junto às minas, produzidos e comercializados principalmente nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, são prioritariamente destinados à indústria de cerâmicas brancas e similares. O comportamento para o período indicado, como mostrado nas **Figuras 3.8.a e b.**, é semelhante ao caulim beneficiado, devendo responder de forma equivalente às oscilações do mercado. Contudo, as políticas públicas de construção civil, particularmente de moradias, colocadas em ação pelo Governo Federal, deverão ter reflexos altamente positivos neste segmento.

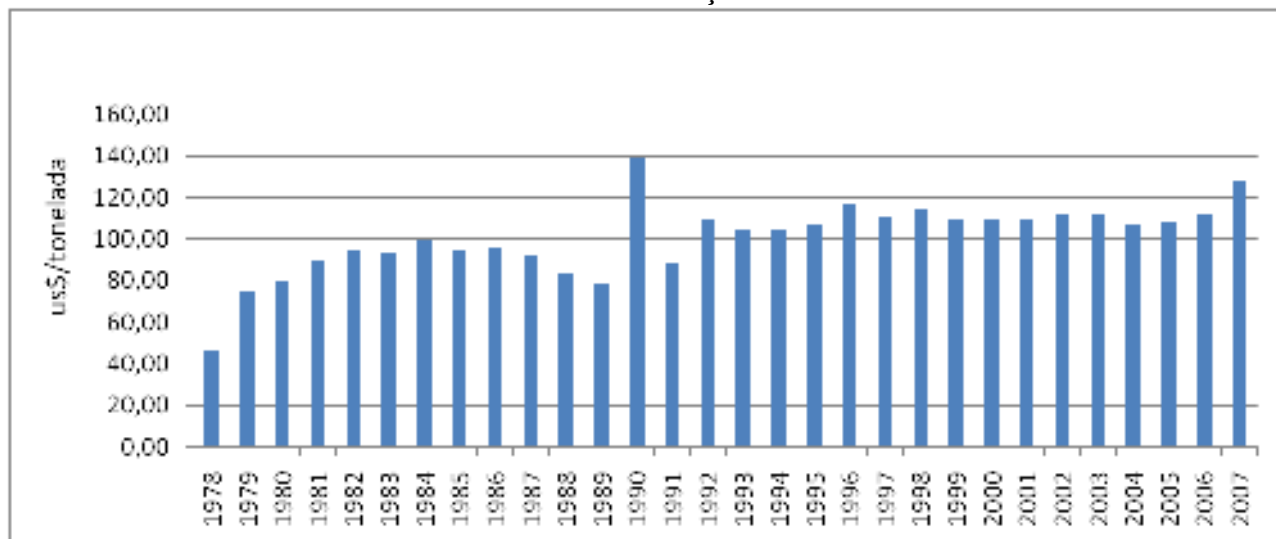
3.9. EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO PREÇO DE MERCADO

O preço do produto caulim, conforme dados coletado junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, é dado pela média das informações das empresas e informado em dólar americano.

Tomando como base as informações da **Figura 3.9.a.**, observa-se que, dos registros de 1972 a 2007, há duas fases de comportamentos dos preços: uma de 1978 a 1989, onde, partindo de US\$45,82/t em 1978, os preços sobem até US\$100,00/t em 1984, caindo até US\$78,89/t em 1989; vem a seguir um pico de US\$139,00/t em 1990, a segunda se inicia em 1991 com US\$88,04/t, a partir do qual os preços oscilam acima dos US\$100,00/t até 2004, quando aparece uma nítida tendência de alta, que culmina com US\$128,39/t em 2007, que, malgrado a crise econômica de 2008/2009, deverá manter-se em 2010.

A Vale informa em seu comunicado à SEC/EUA que para as duas empresas que controla no Brasil (PPSA e CADAM) o preço médio de vendas de caulim no triênio 2006-2008 foi de US\$184,91/t, 44% acima do preço médio indicado na **Figura 3.9.a.** Esta diferença, ao que tudo indica, deve estar relacionada à qualidade do mix de produtos de caulim oferecidos ao mercado pela empresa.

Figura 3.9.a
SÉRIE HISTÓRICA DOS PREÇOS FOB DE CAULIM



Fonte: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; Sumário Mineral – edições anuais diversas do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.

A tendência de elevação dos preços do caulim a partir de 2005, principalmente com relação ao mercado de exportação para as indústrias de papel, deverá ter limitações. Na medida em que preços mais elevados favoreçam o incremento de sua substituição pelos pigmentos de carbonatos de cálcio moídos (*Ground Calcium Carbonate – GCC*) e precipitados (*Precipitated Calcium Carbonate – PCC*). Apesar dos preços ascendentes até 2007, a utilização dos carbonatos está estabilizada desde 2003.

3.10. INVESTIMENTOS NA INDÚSTRIA DE CAULIM

Para a execução de trabalhos de pesquisa de caulim em projetos de exploração geológica da procura, dimensionamento e avaliação de novos jazimentos, uma vez localizadas as áreas com indícios diretos e ou evidências indiretas, estabelece-se um plano de pesquisa organizado de forma semelhante aos de outras substâncias minerais, adequando-as às peculiaridades técnicas do caulim.

Detectada a presença de minério durante os primeiros reconhecimentos de campo, um programa básico de exploração e pesquisa técnica e tecnológica tem que ser formulado para definir a extensão, profundidade, espessura, teores, características físicas, paragenese mineral etc. do jazimento à medida dos avanços dos trabalhos. Em resumo, os trabalhos a serem executados numa primeira fase de avaliação e os valores unitários, são apresentados na **Tabela 3.10.a**.

3.10.1. Pesquisa Geológica

Como exemplo, tendo como referência os valores da **Tabela 3.10.a**, se tomada por base de pesquisa os seguintes elementos e parâmetros:

- uma suposta área “*Greenfield*” de 1.000 há;
- ambiente sedimentar, com expectativa de conter camada mineralizada em posição aproximadamente horizontal em 20% desta área;
- camada de minério posicionada, em média, entre 20m e 28m da superfície do terreno; e
- programa completo de duração 24 meses,

deveriam ser investidos em torno de R\$6,7 milhões, dos quais cerca de R\$3,8 milhões seriam gastos apenas em sondagem rotativa, considerada uma malha de 50x50 metros, com furos de 30m de profundidade, em média, ou 57% do total, o que mostra o peso do custo deste serviço no custo total das pesquisas.

Esse programa contaria em tempo integral com um geólogo e um técnico de mineração, apoiados, no campo, em dois veículos do tipo camionete picape e infraestrutura de apoio de escritório na cidade ou vila mais próxima, se houver. Caso contrário, os custos serão aumentados para a aquisição destes meios junto ao depósito.

Com base nas premissas assumidas para este depósito, ou seja, 200 hectares de área mineralizada, respectivamente, em média, 8 metros de espessura de minério e 20 metros de espessura da cobertura e adotando-se para ambos, minério e cobertura, densidade média de 2,65 t/m³, chegou-se a reserva geológica (Medida + Indicada + Inferida) de 42,4 milhões de toneladas de caulim e 106 milhões de toneladas de cobertura estéril.

Desta forma, se pode deduzir, respectivamente, o valor aproximado em reais para cada tonelada de minério adicionada e a razão estéril/minério, apresentados a seguir:

- R\$0,16/t encontrada;
- 5:1 a razão estéril/minério

No caso de pesquisas no entorno de minas em operação, os custos de infraestrutura, pessoal, equipamentos, topografia, e, até, análises e testes, podem ser bastante minimizados, levando-se em conta a infraestrutura que a própria mina poderá oferecer.

3.10.1. Custo de Investimentos

Com relação a investimentos no aumento da capacidade de produção (*Brownfield*), tomando como base o valor de investimento de US\$272,00/t informado no trabalho “*Mineração no Brasil: Previsão de Demanda e Necessidade de Investimentos*”, editado pelo DNPM 2001, adotou-se para este valor uma atualização de cerca de 25% para preços em 2009, o que dá o valor estimado de US\$350,00/tonelada de produto beneficiado. Para novas plantas (*Greenfield*) o custo estimado é da ordem de US\$500,00/t.

Tabela 3.10.a
PREÇOS UNITÁRIOS DOS SERVIÇOS DE PESQUISA GEOLÓGICA DE CAULIM

SERVIÇOS	UNIDADE DE MEDIDA	VALOR UNITÁRIO (R\$/ UNID)	Observação
Infraestrutura de apoio	1	100.000,00	A depender da região
Geologia	01 Geólogo/ mês	15.000,00	
Topografia	km	2.000,00	
Trincheiras	m	100,00	
Sondagem	m	300,00	
Análises químicas	amostra	100,00	
Análises Físicas	amostra	100,00	
Testes de Caracterização	amostra	5.000,00	
Testes de Beneficiamento	amostra	50.000,00	Medida em toneladas
Relatório Final	1	100.000,00	
Pick Up	1	8.500,00	Leasing ou aluguel por mês
Eventuais	-	100.000,00	Imprevistos

Fontes: Entrevista com geólogos de exploração seniores; Laboratório Nomos – Rio de Janeiro.

Talvez em razão da crise econômica mundial de 2008, não há investimentos previstos, a partir de 2010 para ampliação nas minas e plantas de beneficiamento em operação.

A Imerys acaba de ampliar sua usina de beneficiamento para 1,6 milhões de toneladas/ano, a maior em operação no mundo. A Vale não apresentou planos de ampliações maiores de produção no curto prazo e quanto às empresas menores, de médio e pequeno porte, não há informações a respeito.

4. USOS E DESTINAÇÃO DOS PRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CAULIM

4.1. O CAULIM

O termo caulim⁵ ou “china clay” deriva da palavra chinesa Kauling (colina alta) e se refere a uma colina de Jauchau Fu, ao norte da China, onde o material é obtido desde a antiguidade. É formado essencialmente pelo mineral caulinita, apresentando em geral cor branca ou quase branca, devida ao baixo teor de ferro. É um dos mais importantes minerais industriais e provavelmente um dos seis minerais mais abundantes do topo da crosta terrestre. O termo é utilizado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita como seu principal constituinte, quanto para o produto resultante do seu beneficiamento.

A primeira utilização industrial do caulim foi na fabricação de artigos cerâmicos e de porcelana. Somente a partir da década de 1920 é que teve início a aplicação do caulim na indústria de papel, sendo precedida pelo uso na indústria da borracha. Posteriormente, o caulim passou a ser utilizado em plásticos, pesticidas, rações, produtos alimentícios e farmacêuticos, fertilizantes e outros, tendo atualmente uma variedade muito grande de aplicações industriais.

Entende-se por caulim o minério formado por um grupo de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita. Também podem ocorrer os minerais do grupo da caulinita, a saber: diquita, nacrita, folerita, anauxita, colirita e tuesita. Além disso, o caulim sempre contém outras substâncias sobre a forma de impurezas, desde traços até a faixa de 40 – 50% em volume, consistindo, de modo geral, de areia, quartzo, palhetas de mica, grãos de feldspato, óxidos de ferro e titânio, etc. A fórmula química dos minerais do grupo da caulinita é $Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$, onde *m* varia de 1 a 3 e *n* de 2 a 4.

Embora o mineral caulinita ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) seja o principal constituinte do caulim, outros elementos além do alumínio, silício, hidrogênio e oxigênio acham-se geralmente presentes.

Entre as propriedades físicas do caulim, conforme o “Balanço Mineral Brasileiro 200”, destacam-se:

- **Desfloculação** – é o ponto no qual o caulim (na forma de uma barbotina) mais se aproxima de sua viscosidade mínima;
- **Tixotropia** - é o fenômeno de transformação sol-gel isoterma reversível, ou seja, quanto mais afastada de sua viscosidade mínima está o caulim (na forma de barbotina), maior é a tendência de aumentar sua viscosidade com o tempo, podendo em certos usos, atingir a forma de gel; no entanto, pela agitação volta ao estado físico inicial;
- **Viscosidade** – é o tempo, em segundos, para escoar volumes de 200 e 250 cm³ de barbotina em viscosímetro de Mariotte;
- **Granulometria** – é mais grosseira que as dos demais tipos de argila (menos que 0,2 microns);
- **Cristalinidade** – apresenta lamelas hexagonais bem cristalizadas;
- **Densidade real** – 2,6 g/cm³ ;
- **Ponto de fusão** – de 1.650°C a 1.775°C;

⁵ Para maiores detalhes sobre este tema, sugere-se a leitura de capítulo específico do Balanço Mineral Brasileiro-2001

- **Resistência mecânica** – baixa em relação às outras argilas;
- **Plasticidade** – menos plástico que as demais argilas;
- **Morfologia** – apresenta partículas lamelares euédricas;
- **pH** – depende do poder de troca do íons e das condições de formação do caulim; é medido com potenciômetro e oscila entre 4,3 e 7;
- **Alvura** – é a propriedade de medida da refletância do caulim, através de aparelhos como o ZE (Zeiss Elrepho), o Photovolt e o GE/Reflectometer;
- **Módulo de ruptura** – medido em atmosferas a 80% de umidade relativa; e
- **Abrasão** – propriedade medida em termos de perda de peso em miligramas.

O caulim tem muitas aplicações industriais e novos usos estão constantemente sendo pesquisados e desenvolvidos. É um mineral industrial de características especiais, porque é quimicamente inerte dentro de uma ampla faixa de pH; tem cor branca; apresenta ótimo poder de cobertura quando usado como pigmento ou como extensor em aplicações de cobertura e carga; é macio e pouco abrasivo; possui baixas condutividades de calor e eletricidade; e seu custo é mais baixo que a maioria dos materiais concorrentes.

Atualmente, as principais aplicações são como agente de enchimento (*filler*) no preparo de papel; como agente de cobertura (*coating*) para papel **couché** e na composição das pastas cerâmicas. Em menor escala, o caulim é usado na fabricação de materiais refratários, plásticos, borrachas, tintas, adesivos, cimentos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentares e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, dentífrícios, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos, além de cargas e enchimentos para diversas finalidades.

4.2. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

O pesquisador e especialista em caulim, Murray (1986), considera que o amplo campo de aplicação industrial do caulim deve-se às suas características tecnológicas, quais sejam:

- Único mineral industrial quimicamente inerte em um grande intervalo de pH;
- Branco ou quase branco;
- Capacidade de cobertura quando usado como pigmento e como reforçador para aplicações como carga;
- Fácil dispersão;
- Compatibilidade com praticamente todos os adesivos (proteína, caseína), devido à sua insolubilidade e inércia química;
- Baixa condutividade térmica e elétrica;
- Maciez e pouca abrasividade;
- Competitividade em preço com materiais alternativos.

Em decorrência dessas características, o caulim é uma importante matéria prima para inúmeras indústrias, conforme apresentado abaixo.

4.3. INDÚSTRIAS CONSUMIDORAS DE CAULIM

4.3.1. Papel

Pelas propriedades tais como: cor branca, opacidade, área superficial grande e baixa abrasividade, nesta indústria ele pode ser utilizado tanto como carga, na produção de papéis comuns, quanto nas camadas utilizadas para revestir (*coating*) os papéis. Como carga, o caulim é utilizado para reduzir a quantidade de polpa de celulose, além de propiciar melhorias nas características de impressão do papel e sua impermeabilidade. Como cobertura, ele é utilizado para

conferir melhor qualidade de impressão para diversos tipos de papéis. Para esta aplicação, uma característica é a viscosidade, pois as máquinas de revestimento trabalham a velocidades acima de 1000 m/min. e é fundamental que a polpa de cobertura flua com facilidade pelo papel, evitando rasgos e alturas desiguais nos revestimentos. Face às especificidades das indústrias, os maiores produtores mundiais de caulim oferecem, no mínimo, 20 diferentes variedades de caulim.

Segundo a CADAM, a PPSA e a consultora Roskill, o consumo mundial de caulim em 2007 foi de 22 milhões de toneladas, das quais 10,1 milhões de toneladas consumidas como cargas na indústria de papel, onde 7,2 milhões de toneladas (33%) em cobertura e 2,7 milhões de toneladas (12%) como enchimento.

As proporções nas cargas para as diferentes aplicações nas indústrias de papel têm variado conforme faixas apresentadas a seguir:

- Revistas e Jornais 0-12%
- Oriundo de Pasta Mecânica, não revestido 0-35%
- Oriundo de Pasta Mecânica, revestido 30-50%
- Oriundo de Pasta Química, não revestido 15-30%
- Oriundo de Pasta Química, revestido 25-50%

Fonte: Hanson (1996) in Rochas e Minerais Industriais/CETEM 2005.

4.3.2. Cerâmica branca

O caulim confere cor branca à massa cerâmica e é suporte fundamental de óxido de alumínio (Al_2O_3), o qual, durante a fase de vitrificação da peça, regula a reação de equilíbrio, que se processa a temperaturas acima de 1000 °C. Desta forma o caulim se torna o esqueleto da estrutura do produto cerâmico, dando-lhe resistência e conferindo-lhe impermeabilidade (in Rochas e Minerais Industriais/CETEM 2005).

Segundo a Roskill (2006), em 2005 o consumo mundial de caulim em cerâmica foi de 4,6 milhões de toneladas, equivalentes a 21% do consumo do ano. O mercado de cerâmicas é o segundo maior consumidor global de caulim, vindo logo após a indústria do papel. O caulim entra na composição da carga das peças de cerâmica branca variando de 20% em porcelanas elétricas, 25% em louças diversas (sanitários, etc.), 20-60% em porcelanas, dependendo do fim a que se destinam (nomes comerciais: *Porcelain, Bone China, Stoneware*).

Na produção de azulejos, a aplicação de caulim é feita nos esmaltes, onde participa em média de 7% da composição.

4.3.3. Fibra de vidro

O consumo de caulim nesta indústria vem crescendo muito nos últimos 15 anos, principalmente em virtude das restrições ao uso de asbestos. Ele tem função de fornecer sílica e alumina necessárias na formulação da fibra. Para este uso, deve ter baixos teores de ferro e de titânio (in Rochas e Minerais Industriais/CETEM 2005).

As fibras de vidro dividem-se quanto à finalidade em: fibras para isolamento, fibra óptica e fibra para reforço, também conhecida como fibra de vidro de filamento contínuo ou fibra de vidro de isolamento elétrico.

O caulim é apenas utilizado na manufatura de fibra de vidro de filamento contínuo, onde participa entre 26% e 28% da carga.

4.3.4. Plástico

Dos mais de 500 tipos de plásticos existentes, o caulim é utilizado como carga mineral principalmente em nylon, poliolefinas, poliuretano, PVC, polietileno insaturado e poliéster termoplástico. A função do caulim é prover um acabamento liso, ocultar fibras, reduzir a contração e a fratura durante a moldagem, proteger da corrosão química e dar estabilidade dimensional.

Segundo a Roskill (2006), o consumo mundial de caulim na indústria de plásticos em 2005 foi de 500 mil toneladas, estando previsto aumento de demanda de 4,6% ao ano até 2010, principalmente na Ásia e América Latina.

4.3.5. Tintas

Caulins do tipo Standard e Premium são utilizados para melhorar as seguintes propriedades das tintas: estabilidade da suspensão, viscosidade, nivelamento ou acabamento, maciez e resistência após a secagem, além de resistência às intempéries.

O consumo mundial de caulim na indústria de tintas em 2007 foi de 1,2 milhões de toneladas, equivalentes a 5,5% do consumo total, colocando-se como o quarto setor industrial que mais consome produtos de caulim.

Os principais tipos de caulim consumidos na indústria de tintas são os seguintes (*in Rochas e Minerais Industriais/CETEM 2005*):

- Standard/Premium: tintas látex interior e exterior, eletroforéticas e primer para madeiras;
- Delaminado: Primer anti-manchas, esmaltes e tintas interiores e exteriores de casas;
- Calcinado: Primer, tintas látex alquílicas para interior e exterior e tintas acrílicas para exterior;
- Estrutural: para tintas interiores;
- Tratado Superficialmente: tintas marinhas, esmalte sintético e esmalte poliuretano.

4.3.6. Borracha

O caulim é a principal carga não negra (50%) na fabricação da borracha. Destas cerca de 80% são do tipo “*Air-Float*”, sendo também utilizados caulins calcinados, delaminados e *Standard/Premium*. Ele confere aumento da resistência mecânica, da abrasão e da rigidez. Além do caulim, outros produtos de carga são o carbonato de cálcio (PCC), óxido de zinco, silicatos de cálcio, sílicas, argilas e carbonato de magnésio.

O consumo de caulim na indústria da borracha em 2005, segundo a Roskill (2006), foi de 950 mil toneladas, estando previsto crescimento de 1% ao ano até 2010, quando deverá situar-se em torno de 1 milhão de toneladas.

4.3.7. Catalisadores para craqueamento de petróleo

O caulim é usado como suporte dos catalisadores de craqueamento de petróleo e gás. Sua finalidade é conferir resistência física do produto ao atrito e densidade. Utiliza-se nesta aplicação material com alto teor de caulinita com granulometria 92% inferior a 2 μ m.

O consumo mundial de caulim pela indústria de catalisadores foi da ordem de 500 mil toneladas em 2005 (*Roskill 2006*). A demanda futura está intimamente relacionada com a demanda de produtos de petróleo, especialmente derivados livres de chumbo.

O maior consumidor é os EUA com 180 mil toneladas em 2005, abaixo do consumo médio de 200 mil toneladas por ano entre 1993 e 2003. Além dos EUA, os maiores consumidores são a Ásia e a Europa.

4.3.8. Concreto de alto desempenho – CAD

O caulim, para esta aplicação, é utilizado na forma de metacaulinita, obtida a partir de calcinação do caulim entre 560°C e 980°C. A metacaulinita é utilizada com outros aditivos minerais na elaboração do CAD e confere alta resistência, aumento de fluidez e reduz a quantidade de água do processo. A metacaulinita é utilizada também em sistemas à base de cimento Portland.

O consumo mundial de caulim pela indústria cimenteira foi de 775 mil toneladas em 2005, com previsão de crescimento de 1% ao ano até 2010, quando o consumo terá atingido 825 mil toneladas (*Roskill 2006*).

4.3.9. Refratários

Material ou produto refratário são aqueles materiais naturais ou manufaturados, em geral não metálicos, que podem suportar, sem se deformar ou fundir, a temperaturas elevadas em condições específicas de emprego. O caulim utilizado na fabricação de refratários pode ser do tipo residual ou sedimentar, desde que tenha baixos teores de impurezas (Fe, álcalis, Ca, Mg e outros fundentes de sílica) e resistência compatível com o uso, durante a moldagem e após a queima (*in Rochas e Minerais Industriais/CETEM 2005*).

Os refratários sílico-argilosos são utilizados no revestimento de fornos, caldeiras, dutos e chaminés, em razão da ótima compatibilidade das características mecânicas, químicas e térmicas destes materiais com as solicitações destes tipos de serviços.

O consumo mundial de caulim para produção de refratários em 2007 foi de 2,2 milhões de toneladas, equivalentes a 10% do consumo total de caulim naquele ano.

O consumo de caulim para refratários está estabilizado nos chamados países desenvolvidos em função de sua substituição por materiais de maior grau de refratariedade. O aumento da demanda deverá ocorrer nos países em desenvolvimento (*Roskill 2006*).

Como materiais alternativos, o caulim tem como concorrentes o carbonato de cálcio, talco e o gesso.

Quanto ao carbonato de cálcio, na década de 1980 o caulim respondia por 87% do mercado mundial de pigmentos utilizados na fabricação de papel, com consumo anual de 9 milhões de toneladas. O carbonato de cálcio natural moído (GCC) e o precipitado (PCC) respondiam por apenas 13%, equivalentes a 1,4 milhões de toneladas. Em 2000, o carbonato de cálcio (GCC + PCC) já representava consumo de 52%, equivalente a 14 milhões de toneladas, enquanto o caulim caía para 44%, ou 12 milhões de toneladas. Em 2007, a indústria de papel consumiu 29 milhões de toneladas de carbonato de cálcio (GCC+PCC) e 10,2 milhões de toneladas de caulim.

Face à essa concorrência, a indústria de caulim investe fortemente no desenvolvimento de novos produtos que ofereçam, além dos preços, vantagens industriais competitivas ao carbonato de cálcio.

5. INDÚSTRIA DE CAULIM NO MUNDO: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

5.1. RESERVAS MUNDIAIS

As reservas mundiais de caulim, bem como das demais argilas de uso industrial, são abundantes em todos os continentes, porém não existem fontes estatísticas de referência quanto às quantidades, conforme informa o *Mineral Commodity Summaries / United States Geological Survey – USGS*, de Janeiro de 2009. Destacam-se pelo tamanho e qualidade do caulim os depósitos de caulim secundário (sedimentar) encontrados nos Estados Unidos e no Brasil e de caulim primário localizados no sudoeste da Inglaterra. Estes tipos de caulim, pela excelência da qualidade, têm suas aplicações direcionadas para os usos mais nobres, especialmente como enchimento e cobertura na indústria de papel.

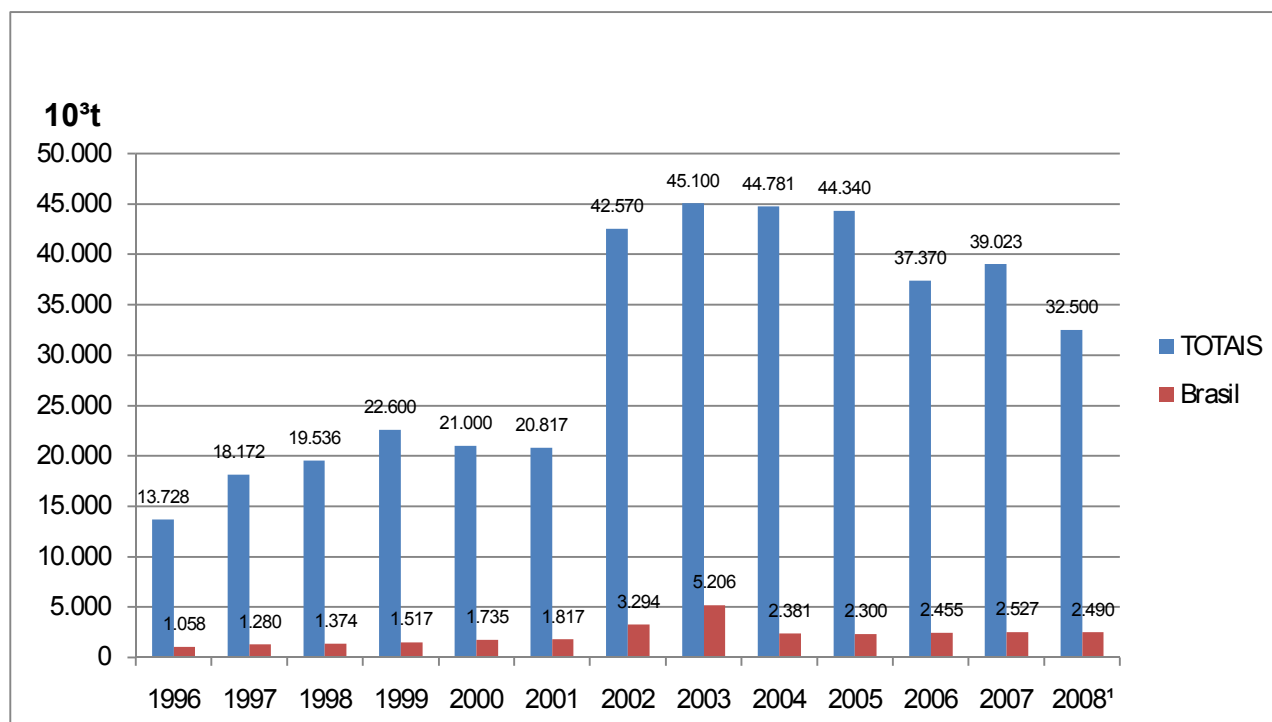
Conforme já visto na **Tabela 3.2.a** do **Capítulo 3**, as reservas brasileiras de caulim totalizavam em 2005 cerca de 5,0 bilhões de toneladas, concentradas em mais de 90% na Região Norte do país, em depósitos do tipo sedimentar.

5.2. OFERTA E DEMANDA DE CAULIM NO MUNDO

A produção mundial de caulim atingiu 45,1 milhões de toneladas em 2003, caindo para 32,5 milhões de toneladas em 2008, conforme previsão do *Mineral Commodity Summaries/USGS*, janeiro 2009. A produção brasileira atingiu seu pico em 2003 com a marca de 5,2 milhões de toneladas e entre 2004 e 2008, se manteve entre 2,3 e 2,5 milhões de toneladas. A **Figura 5.2.a** mostra a evolução das produções mundial e brasileira desde 1996.

Observa-se um descompasso acentuado na evolução da produção mundial de 1996 a 2001, provavelmente pelas dificuldades de registros nos países produtores.

Figura 5.2.a
EVOLUÇÃO DAS PRODUÇÕES MUNDIAL E BRASILEIRA DE CAULIM – 1996/2008



Fonte: DNPM/Sumário Mineral em suas diversas edições; *USGS/Mineral Commodity Summaries*, Janeiro de 2009.

¹ – Estimado.

A queda da produção mundial deverá mostrar-se bastante severa ainda em 2009, em razão da crise econômica mundial que eclodiu a partir de setembro de 2008. Ainda não estão disponíveis dados mais realistas da produção prevista para 2009. Contudo, há previsões de que nos próximos dois anos a economia mundial deverá retomar o pleno desenvolvimento e a mineração de caulim deverá seguir no mesmo caminho, especialmente no setor de produção de papel. Este, por exemplo, no mercado global consumiu 10,1 milhões de toneladas (46%) de caulim beneficiado comercializado em 2008, para uma demanda total comercializada de 22,0 milhões de toneladas. A **Tabela 5.2.a.** apresenta a distribuição da comercialização pelos principais setores consumidores.

Tabela 5.2.a
DEMANDA MUNDIAL DE CAULIM - 2007

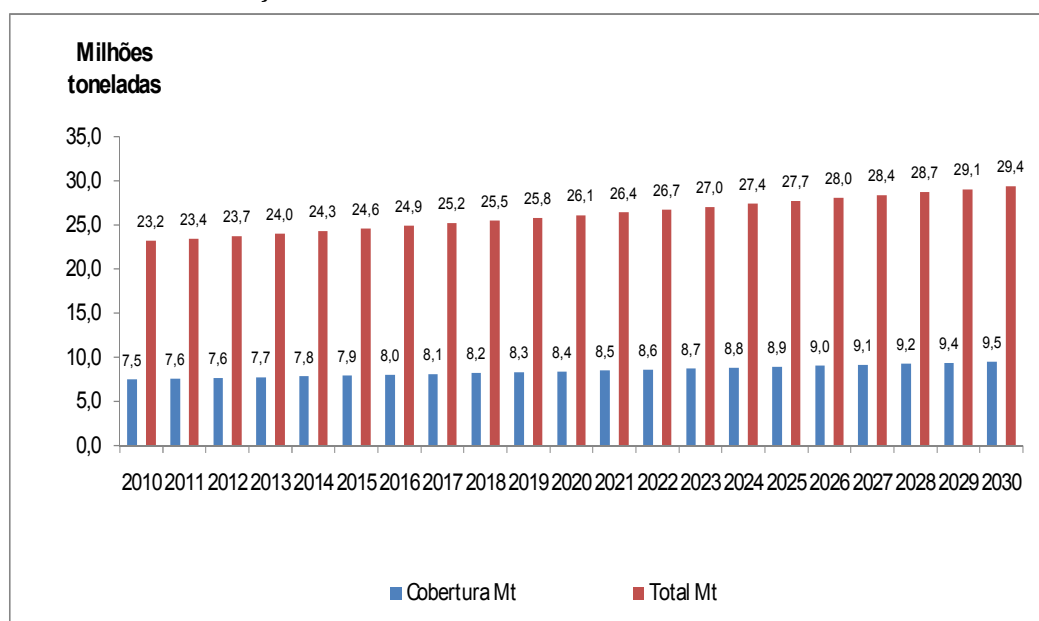
Setor	(Mt)	Participação em %
Papel	10,1	45,9
Cerâmicas	4,6	20,9
Refratários	2,2	10
Tintas	1,2	5,5
Outros	3,9	17,7
Total	22,00	100,0

FONTES: ROSKILL, Imerys, CADAM, PPSA, outros produtores.

O mercado é liderado pelo setor de papel, tanto na utilização como enchimento, como em cobertura e de certa forma ele continuará sendo o principal sinalizador do comportamento da demanda futura, particularmente o produto destinado à cobertura. Assim, dos 10,1 milhões de toneladas comercializados para a indústria do papel em 2007, 7,2 milhões de toneladas destinaram-se à cobertura, ou 71% do total.

A **Figura 5.2.b**, apresentada a seguir, mostra a evolução estimada da demanda global de caulim beneficiado para o período 2010-2030.

Figura 5.2.b
EVOLUÇÃO DA DEMANDA MUNDIAL DE CAULIM – 2010/2030



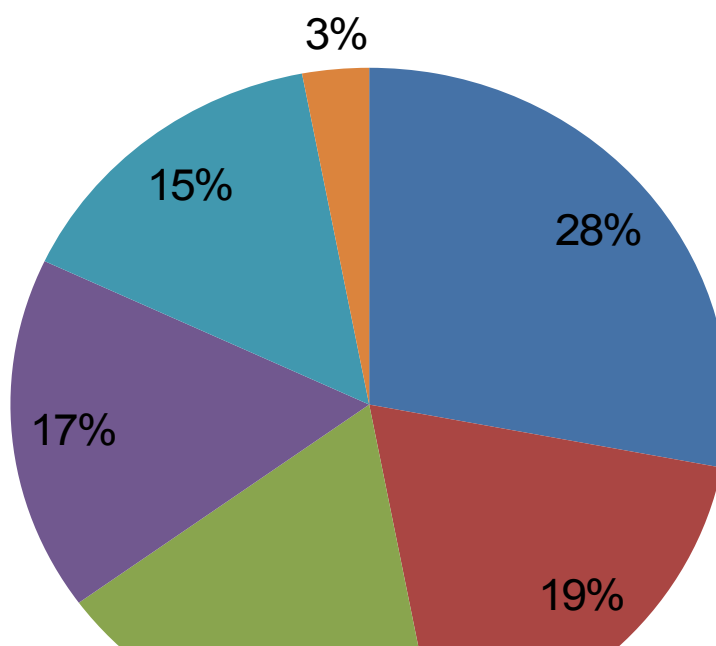
Fontes: Indústrias, Roskill.

Os dados desta figura foram obtidos a partir de estudos da indústria do papel em relação à demanda de caulim global para cobertura, assumindo a estabilização da intensidade do uso, que, partindo do consumo de 7,2 milhões de toneladas em 2007, projetou crescimento à taxa de 1,2% a.a. de 2008 a 2013. A crise econômica, certamente introduziu quedas em 2008 e 2009 e deverá ser superada a partir de 2010, quando a demanda será retomada e os níveis projetados retomados. Foi assumido que, de igual forma, o mercado global de caulim deverá crescer a taxas semelhantes ao produto destinado à cobertura de papel. Assim, para 2010 previu-se uma demanda de 7,6 milhões de toneladas de caulim de cobertura e 23,3 milhões de toneladas de demanda global de caulim e, em 2030, respectivamente, 9,5 milhões de toneladas e 29,4 milhões de toneladas.

Caso se confirmem as estimativas globais de demanda, há um espaço importante para o crescimento das exportações brasileiras, que em 2007 atingiram 2,36 milhões de toneladas de caulins beneficiados e, portanto, para as empresas brasileiras exportadoras, no momento concentradas na Vale e na Imerys, estes dados mostram que haverá uma forte expansão futura das atuais minas e usinas de beneficiamento, e, também, espaço para a abertura de novas minas e novas empresas. Neste caso, o distrito caulínífero do Estado do Amazonas, a médio e longo prazos tem grandes possibilidades de entrar em produção.

Atualmente, as empresas brasileiras exportadoras de caulim apresentam em relação aos seus principais competidores internacionais os seguintes perfis de produção, conforme mostrado na **Figura 5.2.c**.

Figura 5.2.c
COMPETIDORES GLOBAIS DE CAULIM PARA REVESTIMENTO

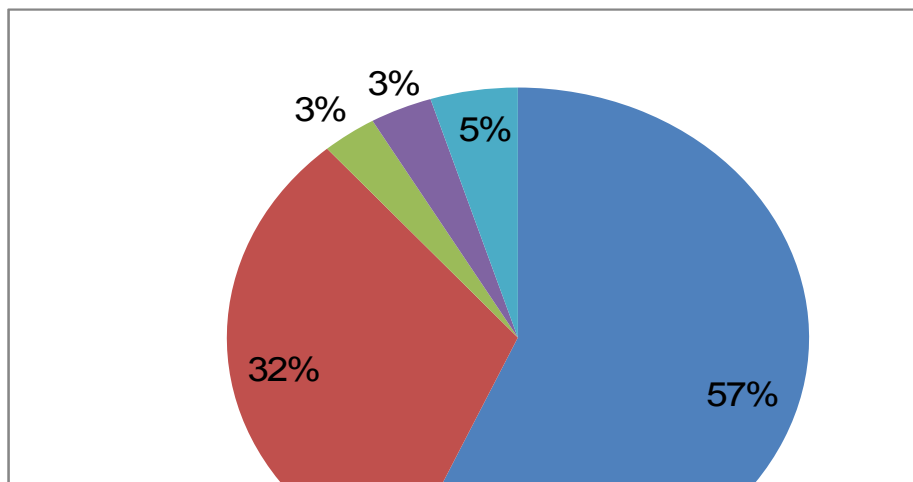


Fonte: Roskill 2006

Considerando a Vale (PPSA e CADAM) individualmente, ela já é a segunda maior ofertante em caulim para revestimento no mercado global, o que reflete a estratégia agressiva da empresa no setor, visto que entrou no segmento, no Brasil, somente em 1996, com a entrada em operação da PPSA, e em 2001, via aquisição da CAEMI, assumiu o controle da CADAM. A primeira colocada no *ranking* é a francesa Imerys, seguindo-se a ambas as empresas tradicionais dos Estados Unidos - Thiele, Huber e BASF (ex-Engelhard). A Vale, pela evolução até aqui, mostra disposição para aumentar significativamente sua participação neste mercado.

Nesse mesmo mercado, a oferta mundial de caulim para revestimento mostra o Brasil ocupando a segunda posição, logo após os Estados Unidos e bem à frente dos demais competidores. Também neste caso percebe-se que há uma forte tendência do Brasil aproximar-se e ultrapassar os Estados Unidos, considerando a magnitude das reservas amazônicas, qualidade e as oportunidades que estas oferecem para investimentos em novos projetos, além da ampliação dos atuais. A **Figura 5.2.d** mostra a distribuição da oferta mundial por país em 2007.

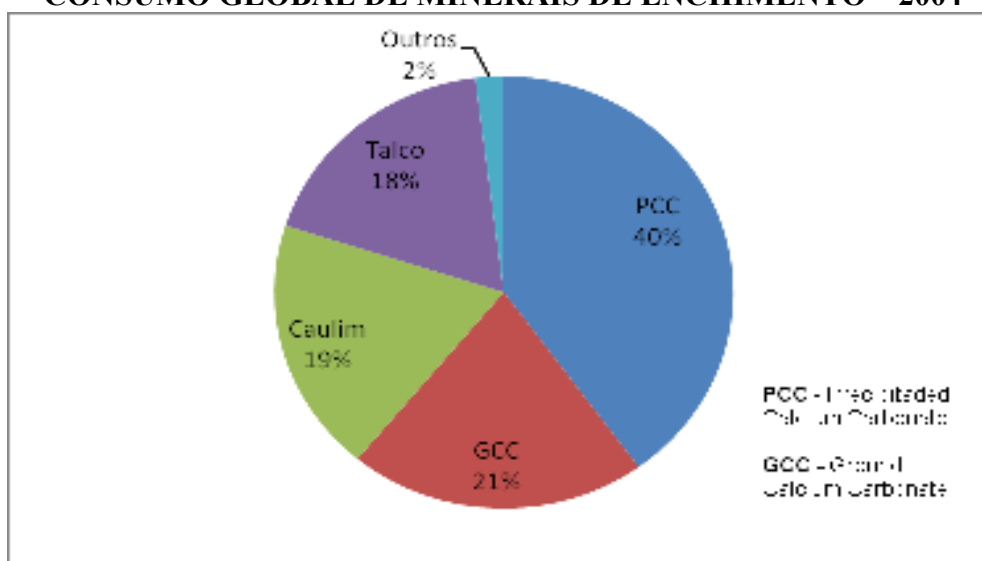
Figura 5.2.d
OFERTA MUNDIAL DE CAULIM PARA REVESTIMENTO - 2007



Fonte: USGS – United States Geological Survey

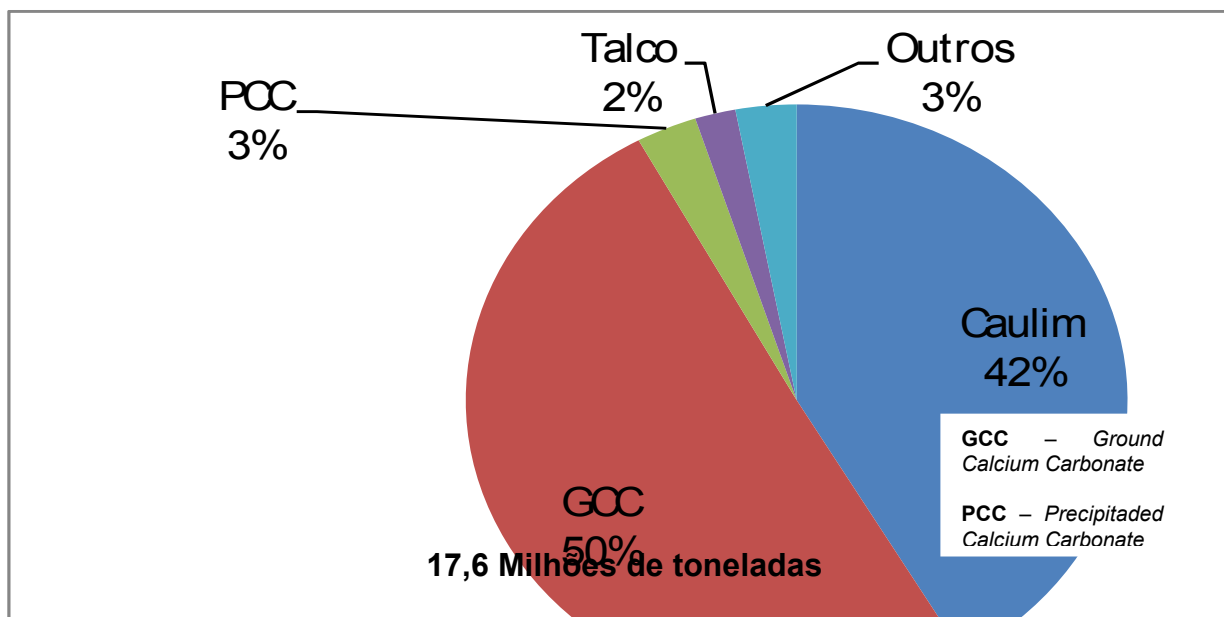
A maior ameaça ao mercado global de caulim, especialmente para a indústria de papel, vem do carbonato de cálcio, tanto em sua forma natural moída (GCC – Ground Calcium Carbonate), quanto em sua forma de precipitados (PCC – Precipitated Calcium Carbonate), que eram praticamente desconhecidos da indústria na década 1970-1980. A partir da década de 80 teve seu uso incentivado, ocupando faixas do mercado de caulim até 2003, quando, a partir daí, mostra sinais de estabilização, pois a substituição do caulim é limitada pelas qualidades físicas deste, indispensáveis para o bom desempenho das máquinas, tanto para enchimento, quanto para cobertura de papel. Outro competidor que vem ganhando espaço do caulim é o talco, como se pode observar nas **Figuras 5.2.e, f e g**, apresentadas em sequência a seguir.

Figura 5.2.e
CONSUMO GLOBAL DE MINERAIS DE ENCHIMENTO – 2004



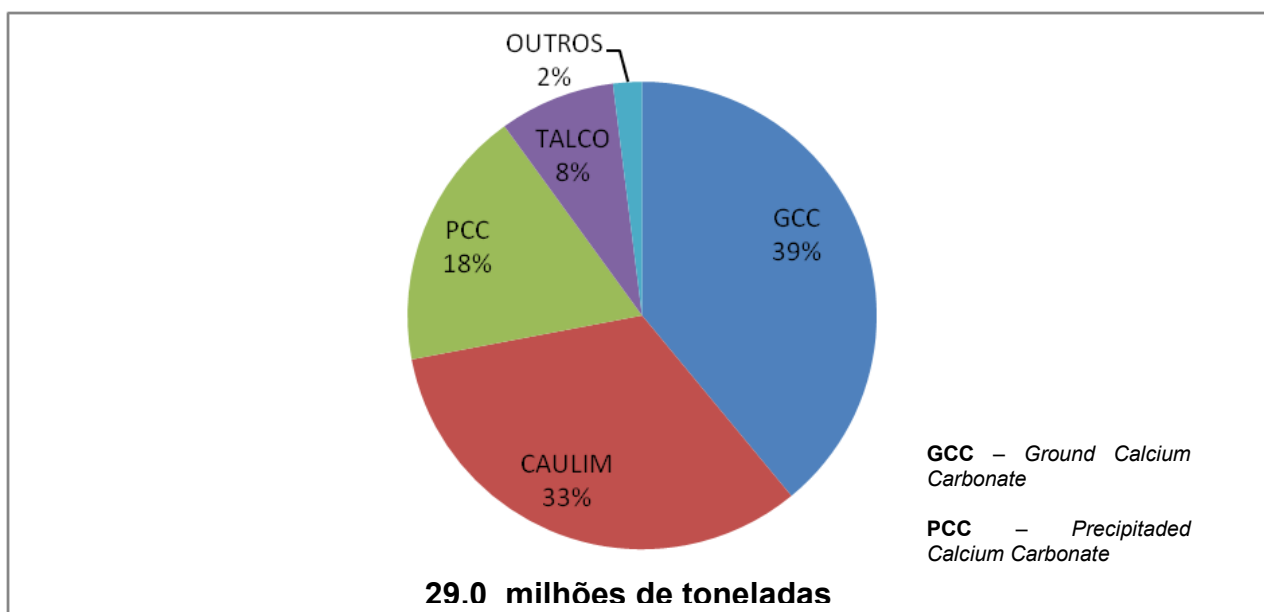
FONTE: Tappi - Technical Association of the Pulp And Paper Industry – COATING CONFERENCE, USA, 2005

Figura 5.2.f
CONSUMO GLOBAL DE MINERAIS DE COBERTURA - 2004



FONTE: Tappi - Technical Association of The Pulp And Paper Industry – COATING CONFERENCE, USA, 2005

Figura 5.2.g
CONSUMO DE BENS MINERAIS NA INDÚSTRIA DE PAPEL – 2004



FONTE: Tappi - Technical Association of The Pulp And Paper Industry – COATING CONFERENCE, USA, 2005

Fica evidente na **Figura 5.2.g** a participação significativa do carbonato de cálcio na indústria do papel, onde, em 2004, as frações somadas de PCC e GCC perfaziam 57% dos bens minerais aplicados, enquanto o caulim atingia 33%, e o talco já aparecia com 8%.

6. CONSUMO DE CAULIM BRASILEIRO: ATUAL E PROJETADO

O consumo brasileiro de caulim (baseado no conceito de consumo aparente) evoluiu de forma bastante irregular ao longo das últimas décadas, conforme pode ser observado no gráfico da **Figura 6.a**. Esse comportamento “sobe-e-desce” pode ser explicado em parte pela baixa qualidade e confiabilidade das estatísticas oficiais, em que pese a depuração e o tratamento procedidos. De toda maneira, essa irregularidade está fortemente influenciada também pelo desempenho sofrível da economia doméstica nos últimos anos, que impactou os diversos segmentos industriais. No período 1971-2005, o crescimento médio anual foi de apenas 3%, saindo de 123.286 toneladas em 1972 para 335.892 toneladas em 2005, mostrando pico de consumo de 503.774 toneladas de caulim em 1994.

A projeção do consumo interno de caulim foi elaborada a partir dos dados da série histórica colhida no *Banco de Dados Mineraldata* do CETEM. A **Figura 6.b** apresenta a evolução estimada do consumo aparente brasileiro, baseada nas variáveis estabelecidas em função das projeções do PIB brasileiro para o período 2010-2030, conforme definido pelo Projeto ESTAL. Foram assumidos 3 cenários macroeconômicos. São eles:

- **Cenário Frágil** - PIB crescendo a uma taxa correspondente a 75% do crescimento médio histórico,
- **Cenário Vigoroso** - PIB crescendo a uma taxa correspondente a 100% da taxa de crescimento médio histórico, e
- **Cenário Inovador** - PIB crescendo a uma taxa equivalente a 125% do crescimento médio histórico.

Figura 6.a
EVOLUÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM – 1973/2005

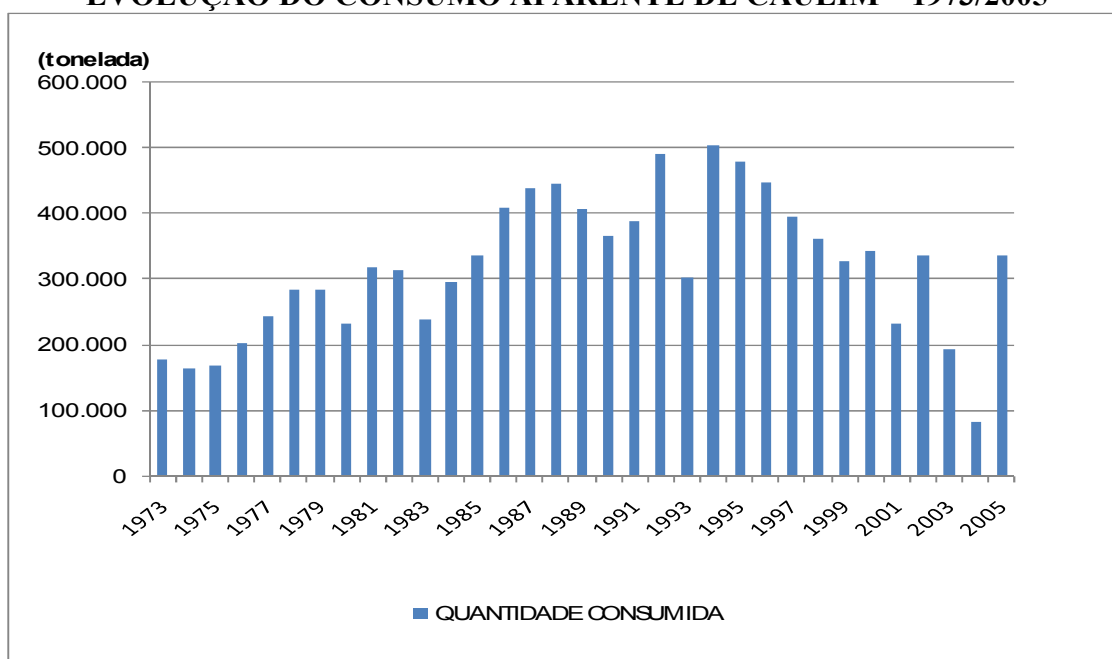
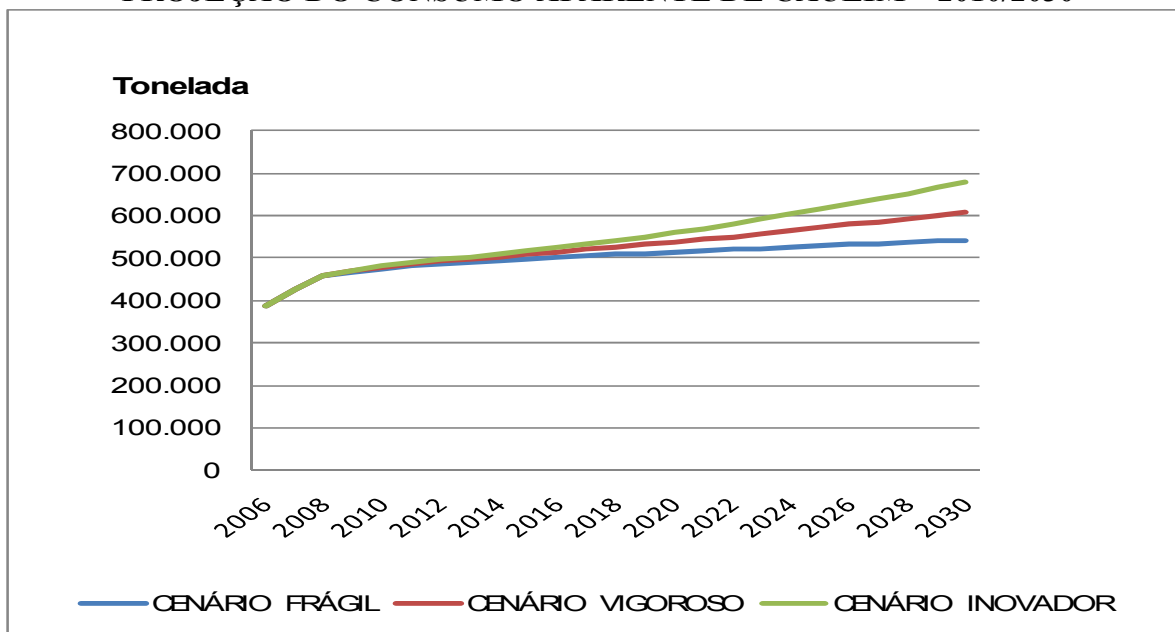


Figura 6.b
PROJEÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM – 2010/2030



Para uma visualização direta dos valores obtidos nas projeções, é apresentada a seguir a **Tabela 6.a**, com os números dos períodos de cinco anos a partir de 2010 até 2030.

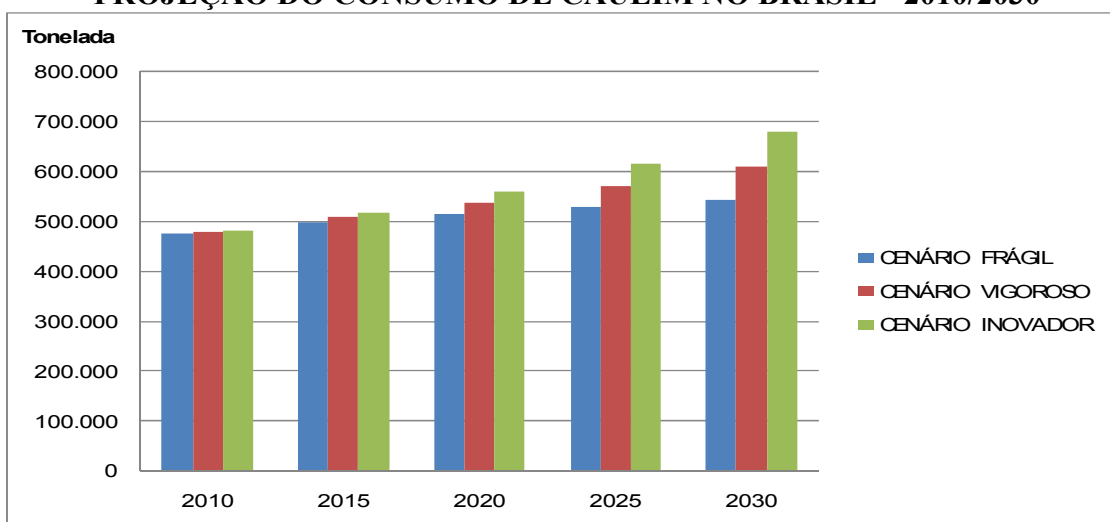
Tabela 6.b
PROJEÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM – 2010/2030

Ano	CONSUMO APARENTE (t)		
	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2010	476.000	479.000	481.000
2015	498.000	508.000	517.000
2020	515.000	538.000	559.000
2025	529.000	572.000	615.000
2030	543.000	609.000	679.000

Fonte: Tabela resultante da modelagem econométrica (vide Anexo)

A **Figura 6.c** permite uma comparação visual do consumo para os três cenários e a evolução dele no período 2010/2030.

Figura 6.c
PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CAULIM NO BRASIL - 2010/2030



7. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESERVAS DE CAULIM

A capacidade instalada de produção de caulim beneficiado no país é de cerca de **3,1 milhões de toneladas/ano**, conforme pode ser observado na **Tabela 7.a**.

Tabela 7.a
CAPACIDADE INSTALADA DE PRODUÇÃO DE CAULIM NO BRASIL - 2007.

EMPRESAS	IRCC	PPSA	CADAM	Mineradora de Caulim Monte Pascoal	Caolim Azzi Ltda.
Localização	Rio Capim, Ipixuna do Pará-PA	Capim I, Ipixuna do Pará-PA	Morro do Felipe-AP	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Tipo de Mina	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto	Céu Aberto
Capacidade de produção de minério (t)	3.800.000	-	-	60.000	45.000
Produção minério 2007 (t)	2.550.000	2.085.000	1.200.000	42.000	-
Localização da Planta Beneficiamento	Barcarena-PA	Barcarena-PA	Munguba-PA	Prado-BA	Mar de Espanha-MG
Capacidade Nom. Beneficiamento (t)	1.600.000	672.000	800.000	20.000	-
Produção Beneficiada 2007 (t)	940.900	639.000	714.000	14.400	-

Fonte: sites e folders das empresas.

As capacidades instaladas das empresas citadas representam mais de 98% da capacidade instalada no país, portanto são consideradas a base para qualquer análise de situação e projeções futuras, especialmente as três grandes da Região Norte: Imerys, CADAM e PPSA.

Observando os cenários brasileiros projetados na **Tabela 6.a** cotejados com os dados da **Tabela 7.a**, imediatamente acima, chega-se à conclusão de que a capacidade instalada no país é mais do que suficiente para atender as demandas do mercado interno, no período 2010-2030, qualquer que seja o cenário adotado (Frágil, Vigoroso ou Inovador). Por exemplo, no Cenário Inovador a previsão para 2030 é de se ter um consumo interno de 679.000 toneladas, o que corresponde, já hoje, a apenas 22% da capacidade instalada, o que, de *per si*, não exigiria novos investimentos de ampliação do atual parque produtivo.

No cenário brasileiro para 2010-2030, o que vai determinar a ampliação, significativa ou não, do parque produtor de caulim beneficiado, será o mercado externo, na medida do maior ou menor êxito das empresas brasileiras exportadoras aumentarem suas fatias nele. E, neste caso, o destaque estará para os projetos estratégicos das empresas da região norte, tanto as já instaladas, como outras que venham se instalar na região. E tudo indica que assim deverá ocorrer, pois, a Imerys, em 2007, já dispunha de uma capacidade nominal instalada de usina de beneficiamento (em Barcarena-PA) de 1,6 milhões de toneladas/ano, quando produziu 940 mil toneladas, o que sinaliza que, dentro da visão global estratégica, a empresa se prepara para manter e ampliar sua presença no mercado a partir das operações na Amazônia.

Em 2007, o consumo mundial de caulim de preenchimento, foi 2,7 milhões de toneladas, sendo que destes 0,3 milhões de toneladas, representando produtos de alta qualidade, foram adquiridos no mercado internacional para consumo na Europa, supridos 50% pelos Estados Unidos e 50% pelo Brasil. A presença significativa do país mostra o nível de qualidade e confiabilidade neste mercado.

Com relação aos projetos futuros de expansão da indústria, atendido o mercado interno atual e futuro (2030), o foco terá que se concentrar no mercado internacional, para o qual adotar-se-á a hipótese de manutenção das atuais posições relativas e de crescimento da participação brasileira neste mercado.

Considerando que os aumentos de produção estarão necessariamente ligados à ampliação da participação do Brasil no mercado mundial, e, portanto, em conseguir absorver pelo menos em parte os aumentos de demanda projetados, foram estabelecidos três cenários neste sentido, tomando por base as projeções já desenvolvidas no **Cap. 5**:

- **Cenário 10 - a indústria brasileira conquista 10% do aumento da demanda do mercado externo projetado ocorrer até 2030, participação esta correspondente a 600.000 toneladas.** Praticamente não haverá necessidade de novos investimentos no parque produtivo, pois há uma capacidade ociosa de 600.000 t/ano (capacidade atual 3.100.000 t/ano, menos exportações em níveis atuais de 2.300.000 t/ano, menos cerca de 10% destinados ao consumo interno até 2030);
- **Cenário 30 - a indústria brasileira conquista 30% do aumento de demanda do mercado externo projetado ocorrer até 2030, participação esta correspondente a 1.800.000 toneladas.** Considerando-se que a capacidade ociosa da indústria é de 600.000 t/ano, tornar-se-á necessário tão somente um aumento de 1.200.000 t/ano na capacidade da indústria até o final do período; e
- **Cenário 50 - a indústria brasileira conquista 50% do aumento de demanda do mercado externo projetado ocorrer até 2030, participação esta correspondente a 3.100.000 toneladas.** Considerando-se que a capacidade ociosa da indústria é de 600.000 t/ano, tornar-se-á necessário um aumento de 2.500.000 t/ano na capacidade da indústria até o final do período, sendo que destas, 1.300.000 t/ano em projetos *Greenfield* (novas unidades de produção).

Também como hipótese de trabalho, considerou-se que para o **Cenário 30** não haveria a necessidade de abertura de novas minas e usinas de beneficiamento, apenas a ampliação das existentes em 1.200.000 t/ano e que para o **Cenário 50** haveria necessidade de investimentos em novas minas e unidades de beneficiamento para produção de 1.300.000 t/ano.

A **Tabela 7.b** apresenta a evolução das exportações para os três cenários propostos, partindo-se sempre da premissa, para 2009, de 2,3 milhões de toneladas de exportação.

Tabela 7.b
EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE CAULIM – 2010/2030
(Em milhares de toneladas)

Ano	Produção de partida para exportação (t)	Cenário 10 Incremento de 30.000 t/ano	Total do Cenário 10 (t)	Cenário 30 Incremento de 80.000 t/ano	Total do Cenário 30 (t)	Cenário 50 Incrementos 170.000 t/ano	Total do Cenário 50 (t)
2010	2.300.000	0	2.300.000	0	2.300.000	0	2.300.000
2011	2.300.000	30.000	2.330.000	80.000	2.380.000	0	2.300.000
2012	2.300.000	60.000	2.360.000	160.000	2.460.000	0	2.300.000
2013	2.300.000	90.000	2.390.000	240.000	2.540.000	0	2.300.000
2014	2.300.000	120.000	2.420.000	320.000	2.620.000	0	2.300.000
2015	2.300.000	150.000	2.450.000	400.000	2.700.000	0	2.300.000
2016	2.300.000	180.000	2.480.000	480.000	2.780.000	170.000	2.470.000
2017	2.300.000	210.000	2.510.000	560.000	2.860.000	340.000	2.640.000
2018	2.300.000	240.000	2.540.000	640.000	2.940.000	510.000	2.810.000
2019	2.300.000	270.000	2.570.000	720.000	3.020.000	680.000	2.980.000
2020	2.300.000	300.000	2.600.000	800.000	3.100.000	850.000	3.150.000
2021	2.300.000	330.000	2.630.000	880.000	3.180.000	1.020.000	3.320.000
2022	2.300.000	360.000	2.660.000	960.000	3.260.000	1.190.000	3.490.000
2023	2.300.000	390.000	2.690.000	1.040.000	3.340.000	1.360.000	3.660.000
2024	2.300.000	420.000	2.720.000	1.120.000	3.420.000	1.530.000	3.830.000
2025	2.300.000	450.000	2.750.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000
2026	2.300.000	480.000	2.780.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000
2027	2.300.000	510.000	2.810.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000
2028	2.300.000	540.000	2.840.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000
2029	2.300.000	570.000	2.870.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000
2030	2.300.000	600.000	2.900.000	1.200.000	3.500.000	1.700.000	4.000.000

Fonte: Diversas; Elaboração do Autor.

A produção futura de caulim para o período considerado, dentro dos três cenários propostos, é apresentada a seguir na **Tabela 7.c**.

Tabela 7.c
PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE CAULIM NO BRASIL - 2010/2030

Períodos	Cenário 10 Incremento de 30.000 t/ano	%	Cenário 30 Incremento de 80.000 t/ano	%	Cenário 50 Incremento de 170.000 t/ano	%
2010	2.500.000		2.500.000		2.500.000	
2010-2015	2.650.000	6,0	2.900.000	16,0	2.500.000	
2015-2020	2.800.000	12,0	3.300.000	32,0	3.350.000	34,0
2020-2025	2.950.000	18,0	3.700.000	48,0	4.200.000	68,0
2025-2030	3.100.000	24,0	3.700.000	48,0	5.050.000	100,0

FONTES ELABORAÇÃO DO AUTOR

O Cenário 10, com aumento de produção, foi estabelecido em função das vantagens competitivas do Brasil no mercado global e apenas procura otimizar o total da capacidade nominal de produção.

Os cenários 30 e 50, embora avaliados de forma independente em relação ao nível de produção atual (2,5 milhões de toneladas/ano), na prática, vão ser implantados como complemento do Cenário 10 e, se adotado o Cenário 50, os três deverão se desenvolver de forma integrada, de maneira que a produção anual ao final de 2030 esteja em torno de 5 milhões de toneladas.

Cabe salientar que as decisões baseadas nesses cenários terão reflexos na capacidade de emprego, como será mostrado no **Cap. 9**.

No caso de aumento da produção brasileira para atender o mercado mundial, foram considerados os valores médios de investimentos requeridos pelo aumento da atual capacidade instalada e pela abertura de novas minas e plantas, conforme estabelecido no **Capítulo 3.10**:

- em média, US\$350,00 por tonelada de produto adicionada à capacidade atual;
- em média, US\$500,00 por tonelada de produto adicionada para novas unidades de produção.

Desta forma, o montante de investimentos será:

- US\$ 420 milhões para ampliação das atuais plantas; e
- US\$ 650 milhões para a abertura de novas unidades de produção.

A projeção destes investimentos no período 2010-2030 e os incrementos da produção para exportação são apresentados na **Tabela 7.b**.

Tabela 7.d
CAULIM: CENÁRIOS DE INVESTIMENTOS NO PERÍODO 2010-2030.

ANO	INVESTIMENTOS (em US\$1000)			
	Cenário 10	Cenário 30	Cenário 50 ²	Total
2010¹	0	30.000	0	30.000
2015	0	180.000	50.000	230.000
2020	0	180.000	200.000	380.000
2025	0	60.000	200.000	260.000
2030	0	0	200.000	200.000
Total	0	450.000	650.000	1.100.000

Nota: 1 - somente investimentos no ano; 2. Somente os valores de investimentos em novas minas e plantas de beneficiamento.

Com relação aos investimentos indicados pelas premissas adotadas, levando-se em consideração os cenários propostos, pode-se admitir que;

- **Cenário 10** - não haverá necessidade de investimentos em ampliação das atuais plantas, nem de abertura de novas minas, apenas aumento de produção com a capacidade já instalada;
- **Cenário 30** - investimentos em ampliação da produção no período de 2010 a 2025;
- **Cenário 50** - os investimentos previstos, em princípio, deverão se estender de 2015 até 2030., ocorrendo concomitantemente com o cenário de normalidade de 2015 a 2025, período que deverá consumir 90% dos investimentos previstos.

8. NECESSIDADES ADICIAONAIIS DE RESERVAS DE CAULIM

As reservas mundiais de caulim são consideradas abundantes em todos os continentes e suficientes para suportar os aumentos de demanda dentro do período analisado.

As reservas brasileiras de caulim montam a 5,0 bilhões de toneladas, suficientes para fazer frente a desafios de manter o atendimento da demanda interna e ampliar a fatia no mercado internacional.

A Vale, no seu comunicado à SEC (órgão fiscalizador da bolsa americana), com relação ao balanço de suas atividades em 2008, informou que ambas as empresas controladas por ela, a CADAM e a PPSA, dispõe, no momento, de reservas que lhe garantem as operações até 2030. Pode-se supor que a Vale considera os níveis atuais de suas reservas suficientes para atender seus programas de produção, provavelmente incluindo aumentos, sem necessidade do aporte de novas reservas. Há informações não confirmadas de que a empresa dispõe de alvos em condições de fornecer reservas adicionais às suas operações no Pará.

Com relação à Imerys, embora a empresa não disponibilize dados de suas reservas e de seus planos de ampliação futuros, o fato de estar operando num distrito caulínico de alto potencial de reservas e já ter implementado ampliação de sua capacidade para cerca de 50% da capacidade nominal instalada no país (para caulins beneficiados), revelam que suas atuais reservas lhe dão as garantias necessárias para tal.

A Mineradora Monte Pascoal Ltda., localizada em Prado, Bahia, também operando mina de minério sedimentar, informa que tem reservas suficientes para até 200 anos de produção, pelo que se pode depreender que as reservas são suficientes para sustentar seus planos de expansão, embora nada se tenha obtido a respeito.

Adotando-se simples cálculos aritméticos, pode-se inferir, para cada cenário, a quantidade adicional de produto para o período especificado, tomando-se como base os cronogramas de início dos investimentos para cada cenário e os períodos restantes até 2030. Cabe salientar que os quantitativos em toneladas dos cenários se somam. Assim, em números bastante aproximados, os aumentos de produção seriam os apresentados na **Tabela 8.a**, mostrada a seguir.

Tabela 8.a
PROJEÇÕES: AUMENTO DE PRODUÇÃO E EXAUSTÃO DE RESERVAS
(mil toneladas)

Cenários	Período Considerado (t)	Aumento da Produção (t)	Reservas Adicionais (t)
I	2010-2030	6.000	15.000
II	2015-2030	7.500	18.750
III	2015-2030	17.500	43.750
Total		31.000	77.500

FONTE: AUTOR.

Na tabela, além dos adicionais de produção de concentrados, é apresentada também uma estimativa teórica de reservas adicionais de minério para atender estas demandas, levando em consideração uma recuperação média de 40% do minério bruto lavrado.

Depreende-se que para o Cenário I o aumento de produção, no período, seria de 6 milhões de toneladas, com um consumo adicional de reservas de 15,0 milhões de toneladas de minério. Para o Cenário II os acréscimos seriam de, respectivamente 7,0 milhões de toneladas e 18,75 milhões de

toneladas. Finalmente, no caso do Cenário III, aos números anteriores se acrescentariam, respectivamente, 17,5 milhões de toneladas de produtos e 43,75 milhões de toneladas de minério.

Pelos dados apresentados, para um Cenário III, dificilmente as atuais minas, mesmo as da Região Norte, teriam condições de ampliações suficientes para atender o aumento da demanda, o que sugere a abertura de novas minas, tanto nos distritos caulíníferos do Rio Capim e do Amapá-Pará, quanto no de Manaus-AM, portador de reservas gigantescas e caulim.

9. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS

Para avaliação das necessidades adicionais de mão de obra empregada nas empresas em consequência dos cenários de aumento de produção estabelecidos no **Cap. 7**, e em relação à composição desta mão de obra, vamos utilizar as premissas de estabelecidas no **Cap.3.5, Figura 3.5.c**, ou seja, em média, a composição do quadro de empregados no setor deverá obedecer a proporcionalidade com relação ao nível de escolaridade de:

- 7% de nível superior, incluindo neste percentual: especialistas em tecnologia específica de engenharia e gestão;
- 12% de técnicos de nível médio; e
- 81% outros.

Para estabelecer os quantitativos de mão de obra a serem teoricamente acrescidos ao quadro de empregados no setor, será utilizada como base a avaliação da produtividade deste setor conforme visto no **Cap.3.4**.

- Produtividade admitida: 1.700 t/H/ano (toneladas/Homem/ano).
- 1.800 está sendo considerado o número base de empregados na indústria a partir de 2010.

Desta forma, as projeções de necessidades de mão de obra empregada nas empresas produtoras, considerando os três cenários estabelecidos no **Cap. 7**, são as apresentadas a seguir na **Tabela 9.a**.

Tabela 9.a
CAULIM: PROJEÇÃO DA DEMANDA DE MÃO DE OBRA – 2010/2030

Período	Cenário I				Cenário II				Cenário III			
	Superior	Médio	Outros	Total	Superior	Médio	Outros	Total	Superior	Médio	Outros	Todos
2010 ¹	135	216	1458	1809	135	216	1458	1809	135	216	1458	1809
2010-2015	141	227	1529	1897	152	244	1648	2044	135	216	1458	1809
2015-2020	148	237	1600	1985	170	272	1838	2280	172	276	1863	2311
2020-2025	154	247	1671	2072	187	300	2020	2507	210	336	2268	2814
2025-2030	156	258	1743	2157	187	300	2020	2507	247	396	2673	3316

FONTES: MINERALDATA/CETEM; BRASIL MINERAL N^os 261 E 263; MINÉRIOS & MINERALES N^os 283 E 298; SITES DA

PPSA, CADAM, IRCC.

NOTA: 1 - NÚMERO DE EMPREGADOS ESTIMADO AO FINAL DE 2009.

Analisando os dados acima, verifica-se que para o Cenário I, haverá geração de 348 novos empregos, em 2030, aumento de 19%, 698 para o Cenário II, representando aumento de 39%; e, 1507 novos postos de trabalho para o Cenário III, com um crescimento de 83%.

Os cenários do emprego de mão de obra para a indústria do caulim é de crescimento, mesmo no cenário mais pessimista, isto em razão da qualidade, quantidade e modernidade tecnológica das grandes empresas da Região Norte, que as coloca como competidoras fortes no mercado global.

Dentro destes cenários, com maior ou menor intensidade, haverá necessidade de programas de treinamento de pessoal, tanto para operadores, quanto para o pessoal de nível médio e superior, pois, progressivamente, a sofisticação dos processos será inevitável para as empresas exportadoras. Assim entidades como SEBRAE, SENAI, SENAC, escolas técnicas, consultoria de treinamento no trabalho, centros de treinamentos, programas agressivos de estágios etc., deverão ser incentivados e implementados, especialmente se considerarmos que tais expansões deverão se processar na região amazônica, ainda carente de recursos humanos especializados em técnicas de mineração, beneficiamento e gestão.

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

A indústria do caulim no Brasil, como as demais indústrias de substâncias minerais industriais, é regida por um arcabouço legal, tributário e de incentivos financeiros e fiscais estruturado há bastante tempo, porém carece de uma ampla modernização à luz do estágio de desenvolvimento da atividade mineral no país. Esse arcabouço é apresentado sumariamente a seguir.

10.1. LEGAL

O arcabouço legal geral que rege as atividades de mineração no Brasil, é estabelecido na Constituição Federal do Brasil, de 1988, através dos Artigos nºs.5, 20 a 26, 48, 49, 91, 155, 153, 174, 176, 177, 225 e 231. Destes, é fundamental o Artigo 20 e seu item IX, que estabelecem, dentre outros preceitos, que são bens da União os recursos minerais, inclusive os do subsolo.

Decorrente da Constituição Federal, a lei básica que rege a atividade de mineração, é o Código de Mineração, editado pelo Decreto-Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 e o Regulamento do Código de Mineração, Decreto Nº 62.934, de 2 de julho de 1968. Para a lavra de águas minerais e potáveis de mesa, as atividades são reguladas pelo Código de Águas Minerais, editado pelo Decreto-Lei Nº 7.841, de 8 de agosto de 1945.

Decorrentes das determinações constitucionais, ainda de uma maneira geral, a mineração é regida a um conjunto de regulamentações nos três níveis de governos constitucionais: federal, estaduais e municipais.

Ainda decorrentes dos referidos códigos e legislações correlatas, existem decretos-lei, decretos, resoluções, instruções etc. que podem ser acessadas nos portais do Ministério de Minas e Energia e do Departamento Nacional de Produção Mineral.

Em nível federal, os órgãos designados para estabelecer as diretrizes e regulamentações, assim como atuar na concessão, fiscalização, arrecadação para o cumprimento da legislação mineral e ambiental, tendo em vista o aproveitamento econômico dos bens minerais, são os seguintes:

- Ministério de Minas e Energia – MME: responsável por formular e coordenar as políticas dos setores mineral, elétrico e de petróleo e gás;
- Ministério do Meio Ambiente – MMA: responsável por formular e coordenar as políticas ambientais, assim como acompanhar e superintender sua execução;
- Secretaria de Geologia, Mineração e transformação Mineral – SGM/MME: responsável pela formulação e implementação das políticas do setor mineral;

- Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM: responsável pelo planejamento e fomento do aproveitamento dos recursos minerais, preservação e estudo do patrimônio paleontológico, cabendo-lhe, também, superintender as pesquisas biológicas e minerais, bem como conceder, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, de acordo com o Código de Mineração;
- Serviço Geológico do Brasil – SGB/Cia. De Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM: responsável por gerar e difundir conhecimento geológico e hidrológico básico do país, além de dispor informações e conhecimentos sobre o meio físico para a gestão territorial;
- Agência Nacional de Águas – ANA: responsável pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos e para implementar o gerenciamento destes recursos no país. Como tal é responsável pela outorga de água superficial e subterrânea de uso industrial, inclusive as utilizadas pela mineração;
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA: órgão interministerial, com representação dos setores da sociedade organizada, é responsável por formular as políticas nacionais de meio ambiente, cujas resoluções têm poder normativo, com força de lei, desde que o poder legislativo não tenha aprovado legislação específica para o mesmo assunto;
- Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH: estruturado como o CONAMA, é o responsável por formular as políticas de recursos hídricos do país; promover a articulação do planejamento de recursos hídrico; estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso do recursos hídricos e para a cobrança pelo seu uso;
- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; responsável, em nível federal, pelo licenciamento e fiscalização ambiental;

Com relação à regulamentação de qualquer atividade que possa gerar possíveis impactos ambientais, na qual a mineração se inscreve, a lei básica que regula a questão é a Lei Nº 6.938/81 (Lei da Política Nacional de Meio Ambiente). Esta lei, no Art. 10, regula as concessões de licenciamentos ambientais e atribui aos órgãos estaduais a competência primária para o licenciamento ambiental, ou ao IBAMA, nos casos de impactos em nível regional ou nacional.

Ainda com relação ao licenciamento ambiental, a mineração, inclusive a de cobre, está sujeita à Lei de Crime Ambiental, Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto Nº 3.179/1999, que definiu multas e penalidades para as atividades consideradas ilegais e implementou outros instrumentos legais, como o TAC (Termo de Ajuste de Conduta), instrumento que está sendo largamente utilizado para ajustamento na conduta de negócios e sobre a gestão dos recursos naturais que possam ser impactados pelas operações das empresas. O Decreto Nº 97.632, de 10 de abril de 1989, estabelece as instruções sobre o EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental) para os projetos de mineração.

10.2. TRIBUTÁRIO

A atividade de mineração é impactada diretamente pela CFEM – Contribuição Financeira pela Exploração de Recursos Minerais. A CFEM legalmente não é considerada como um imposto, mas trata-se de uma compensação pela utilização econômica dos recursos minerais, propriedade da União, e, como tal, foi instituída para compensar os municípios e estados onde se situa e à União, através dos seus órgãos administrativos. Assim, os recursos arrecadados da CFEM destinam-se 65% ao município onde ocorre o fato gerador, 23% ao estado onde está o município e 12% para a união (DNPM, IBAMA E MCT). Ela foi instituída pela Constituição Federal, Art. 20, §10 e, de acordo com a Lei Nº 8.876/94, Art. 3º, inciso IX, foi atribuída ao DNPM a responsabilidade da gestão, regulamentação, arrecadação e fiscalização da CFEM.

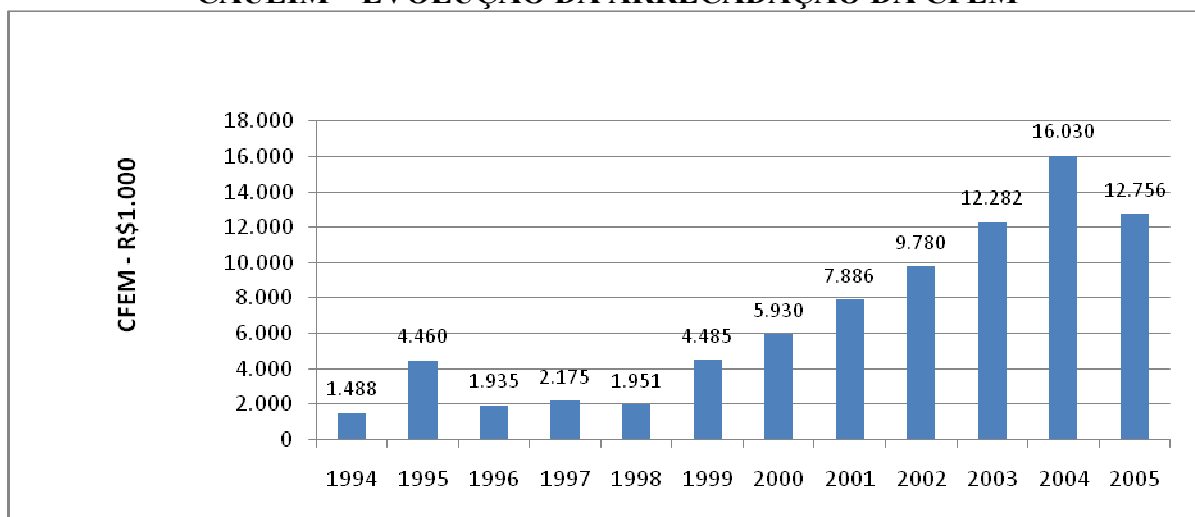
O fato gerador da Compensação Financeira é a saída, por venda, do produto mineral das áreas da jazida, mina, salina ou outros depósitos minerais. E, ainda, a utilização, a transformação

industrial do produto mineral ou mesmo o seu consumo por parte do minerador. Ela é calculada sobre o valor do faturamento líquido, obtido por ocasião da venda do produto mineral, entendido por faturamento líquido o valor da venda do produto mineral, deduzindo-se os tributos – ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias), PIS (Programa de Integração Social), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), que incidem na comercialização, como também as despesas com transporte e seguro.

A alíquota da CFEM para o caulim é de 2% do faturamento líquido menos as deduções previstas em lei.

A arrecadação da CFEM na mineração do caulim, no período 1994-2005, é apresentada na **Figura 10.2.a**. Os dados constantes do Banco de Dados MINERALDATA, do CETEM, relativas ao período 1991-1993, foram desconsiderados em razão da alta discrepância com a série do final do período, para a qual não foi encontrada uma explicação plausível.

Figura 10.2.a
CAULIM – EVOLUÇÃO DA ARRECADAÇÃO DA CFEM



Fonte: Banco de Dados Mineraldata do CETEM

A **Figura 10.2.a** apresenta um pico de arrecadação em 1995, bem como uma estabilidade nos três anos seguintes em torno de R\$ 2,0 milhões de reais, para iniciar um período de crescimento acentuado a partir daí, chegando a R\$16,0 milhões em 2004, com queda em 2005. Este forte crescimento ao final do período deve refletir principalmente os programas de aumento de produção das três grandes empresas da Região Norte: IRCC, CADAM e PPSA.

Não há tributos específicos para a mineração no Brasil. Assim, além da CFEM, as empresas de mineração estão sujeitas aos tributos federais, estaduais e municipais incidentes sobre qualquer atividade industrial e comercial como, por exemplo, IR (Imposto de Renda), ICMS (imposto de Circulação de Mercadorias), COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), PIS (Programa de Integração Social), CSSL (Contribuição Social sobre O Lucro Líquido).

10.3. ACESSO A FINANCIAMENTOS E INCENTIVOS

Na mineração do caulim, as grandes empresas, dedicadas principalmente ao mercado externo, como é o caso da Vale (PPSA e CADAM) e da Imerys (IRCC), dispõe de fontes internacionais de financiamento de seus projetos, seja através de bancos de investimentos (Banco Mundial, Corporação Financeira Internacional - IFC, Eximbank e outros), bancos comerciais e mercados de ações, seja na formação de associações estratégicas, como é o caso da Vale, que tem a Mitsubishi Corporation como sócia na PPSA.

No país, o Sistema BNDES desponta como o maior banco de investimento com linhas de crédito para o setor mineral, inclusive, inclusive participando com o Banco do Brasil S/A na composição acionária da CADAM. Participa ainda de projetos da Vale em Carajás, em decorrência dos contratos de risco celebrados na década de 80.

O mercado de ações, embora apresente bom potencial, ainda é pouco utilizado no Brasil, salvo como no caso da Vale, que tem importante participação na Bolsa de Valores de São Paulo – Bovespa, na de New York e na de Madri.

Em nível estadual, várias estados dispõem de empresas de desenvolvimento industrial, que apoiam os projetos minerais, como é o caso da Agência de Fomento do Estado do Rio de Janeiro – INVESTRIO. Outros estados têm empresas diretamente envolvidas com o desenvolvimento mineral em seus territórios, como é o caso da Cia. Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, no Estado da Bahia, da Minérios do Paraná S/A – MINEROPAR, no Estado do Paraná, e da Cia. Riograndense de Mineração - CRM, no Estado do Rio Grande do Sul. Há ainda o caso do Estado do Rio de Janeiro que atua no setor mineral através do Departamento de Recursos Minerais – DRM, órgão da administração direta estadual.

Em relação ao desenvolvimento de estudos e projetos, o país já conta com o suporte de importantes organizações, especialmente estatais, para financiamentos de pequena monta. Em nível federal, a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, atua no apoio aos projetos de desenvolvimento tecnológico, inclusive na área mineral, com financiamentos bastante facilitados. Entre as atribuições, está a gestão dos recursos dos Fundos Setoriais do governo federal, um dos quais é o Fundo de Mineração, que tem apoiado projeto de P&D das empresas e dos institutos de pesquisas das universidades ou independentes, como o CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, do MCT. A FINEP dispõe de linhas de financiamentos a fundo perdido, reembolsáveis e outra forma a negociar.

Além daquelas instituições, o Banco da Amazônia S.A – BASA, o Banco do Nordeste S/A – BNB e as agências e banco estaduais de desenvolvimento também estão disponíveis para negociações de financiamentos, inclusive, algumas delas, com incentivos financeiros.

Com relação aos incentivos fiscais, os projetos da Amazônia gozam dos privilégios concedidos pela SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia e no Nordeste, da SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, que inclui também o norte do Estado de Minas Gerais.

11. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

11.1. CONCLUSÕES

O caulim é um bem mineral abundante no mundo. O minério ocorre em dois tipos básicos de depósitos: primários, derivados de rochas preexistentes por alterações hidrotermais e ou intempéricas, e secundários, de origem sedimentar, resultante da deposição em ambientes lacustres, lagunares ou deltaicos. Estes geralmente constituem os maiores depósitos e oferecem produtos de melhor qualidade.

As reservas brasileiras somam 5,0 bilhões de toneladas, sendo que 93% localiza-se na Amazônia, em três distritos caulíniferos localizados nos Estados do Amazonas, município de Manaus, com 68% destas reservas, em Ipixuna do Pará, no Estado do Pará, com 17%, e no Estado do Amapá, com 8%. Todos sedimentares. Os restantes 7% distribuem-se pelas demais regiões, com destaque para as do Sudeste, Sul e Leste.

Três empresas com operações na Região Norte: CADAM S/A, nos Estados do Amapá e Pará, Pará Pigmentos S/A – PPSA e Imerys Rio Capim Caulim - IRCC, no Estado do Pará, as duas primeiras controladas da Vale, e a terceira pelo grupo francês Imerys, são responsáveis por cerca de 96% do caulim produzido no país. Destinam cerca de 90% de suas produções ao mercado externo.

As três produtoras controlam unidades de produção tecnologicamente modernas e de alta eficiência, compatível com as melhores tecnologias disponíveis no mundo. Têm competência técnica, financeira e de gestão para atuar no mercado internacional.

Na questão ambiental, todas as principais minas têm controles implantados para evitar danos maiores ao meio ambiente em que operam especialmente as minas das regiões Sul, Sudeste e Leste. As três grandes da Região Norte têm certificação ambiental ISO 14001, além da ISO 9001 e OHSAS 18000. Todas de edições mais recentes.

Os preços do caulim, em média, fecharam o ano de 2007 a US\$128,00 por tonelada. A Vale informa ter negociado os caulins produzidos no triênio 2006-2008 a US\$184,91 por tonelada, base FOB. A diferença talvez se explique pela alta qualidade dos produtos da empresa.

Os investimentos na ampliação da produção de caulim no país estarão dependentes do mercado externo, em razão da crise econômica mundial de 2008, cujos reflexos serão melhor dimensionados a partir do final de 2009. O mercado interno pode ser atendido com folga pelo atual parque produtor.

Dos 22 milhões de toneladas de caulim beneficiado produzidas em 2007, no Mundo, foram destinados: 46% para a indústria de papel, 21% para cerâmicas, 10% para refratários, 5% para tintas e 18% para outras finalidades. No Brasil, as minas da Região Norte produzem caulim principalmente para a indústria de papel, para cobertura e enchimento. Nas demais regiões, a produção dominante é de caulim bruto e destina-se à indústria de cerâmica branca, 51%; cimento, 21%; pisos e azulejos, 18%; e os restantes, 10%.

As projeções do consumo brasileiro de caulim beneficiado para 2030, ano final do período do Plano Duodecenal 2010-2030, para os cenários contemplados – Frágil, Vigoroso e Inovador -, partindo em 2010 com consumo no patamar de 476 mil toneladas no Cenário, 479 mil toneladas, no Vigoroso e 481 mil no Inovador, prevêem que o consumo naquele ano atingirá, respectivamente, 543 mil, 609 mil e 679 mil toneladas. Todas estas perspectivas, em 2030, estariam abaixo ou muito próximas da atual capacidade ociosa das três maiores empresas da indústria, da ordem de 600.000 t/ano.

O aumento da produção futura do Brasil, de 2010 a 2030, dependerá do sucesso das empresas exportadoras conquistarem continuamente novas fatias no mercado internacional de

caulim beneficiado. O mercado internacional deverá crescer em 6,2 milhões de toneladas no período, havendo aí espaço para aumentar a participação, hoje em torno de 2,3 milhões de toneladas/ano. O Brasil já é o segundo maior exportador mundial, logo após os Estados Unidos com cerca de 3,0 milhões de toneladas.

Entre 2010-2030, em um cenário otimista – Cenário 50 -, o Brasil terá que conquistar cerca de 50% do aumento de demanda de caulim no mundo, estimada atingir 6,2 milhões de toneladas em 2030. O aumento de capacidade se fará necessário, demandando investimentos superiores US\$1,1 bilhões, com a abertura de novas minas e expansão das existentes, principalmente, no Norte, para se implantar uma capacidade total adicional da ordem de 2,0 milhões de toneladas/ano.

Para o Cenário 30, quando o Brasil terá que conquistar 30% do aumento da demanda, implicando aumento da capacidade instalada em 1,2 milhões de toneladas/ano, os investimentos ascenderão a cerca de US\$450 milhões. Finalmente, para o Cenário 10, com conquista de apenas 10% (600 mil toneladas), não haveria necessidade de alocação de recursos expressivos, já que se utilizaria a capacidade ociosa instalada (algo como 600 mil t/ano), com baixos investimentos adicionais e pequeno aumento do número de empregados.

O Cenário 50 (conquista de 50%) certamente exigirá a ampliação das reservas lavráveis das minas em operação na Região Amazônica e a abertura de novas minas tanto no distrito caulínico da região do Rio Capim, quanto no do Amapá. Dentro deste cenário, as oportunidades da implantação de novas minas no distrito caulínífero do Amazonas, município de Manaus, são bastante promissoras e estratégicas para o país, pois, até o presente, trata-se da maior concentração de reservas de caulins de alta qualidade no Brasil, com 68% das reservas conhecidas.

Além das excepcionais reservas de caulim e da qualidade do produto por ela gerado, a indústria conta com incentivos fiscais concedidos pela SUDAM, e, no caso do distrito caulínífero do município de Manaus, acrescente-se os incentivos via SUFRAMA.

A partir de 2007, o Brasil colocou-se como o segundo maior fornecedor de caulim para cobertura de papel no mercado global, com 32%, vindo logo depois dos EUA, com 57%. Abaixo do Brasil vêm a Alemanha, com 3%, a Inglaterra, com 3% e outros, com 5%. O crescimento da participação brasileira resulta da redução da participação da Inglaterra, da Alemanha e dos americanos. A tendência de médio e longo prazos é de o Brasil ultrapassar os Estados Unidos como maior fornecedor de caulim para papel no mundo.

Com relação à mão de obra empregada, os diversos cenários são bastante positivos. Partindo de um contingente estimado de 1.800 empregados, o Cenário 10 prevê aumento de 348 vagas, equivalentes a 19% de aumento. O Cenário 30 prevê a abertura de 698 novas vagas, com aumento de 39% do contingente de mão de obra. No Cenário 50 - o mais otimista - são previstas mais 1.507 vagas, aumentando em 83% o contingente. É admitido como premissa, que a mão de obra existente em 2010 e a projetada até 2030 deverão constituir-se de 7,5% de nível superior, 12% de nível médio e o restante com níveis menores de educação formal. Este crescimento vai exigir das empresas e dos governos, intensos programas de preparação e treinamento de mão de obra para todas as áreas de atividades, inclusive aquelas a serem ocupadas por técnicos de nível médio e superior, especialmente porque os novos projetos, como já referido, deverão ser desenvolvidos na Região Amazônica, carente de mão de obra treinada.

12. RECOMENDAÇÕES

À luz da análise feita da indústria de caulim no Brasil é recomendável:

- Estabelecer políticas de incentivo a novos investidores em grandes projetos de caulim, especialmente na Amazônia, ampliando o número de competidores nos mercados interno e externo, hoje controlado por duas empresas: Vale e Imerys;
- Estabelecer políticas de incentivo à implantação de projetos de mineração e beneficiamento no distrito caulínico de Manaus;
- Estabelecer políticas de incentivos à pesquisa tecnológica para o desenvolvimento de produtos de caulim de maior valor agregado e maior nível de competitividade nos mercados globais das indústrias de papel, especialmente para fazer frente ao processo de substituição do caulim pelo carbonato de cálcio.

13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. A Evolução do Setor Mineral no Brasil e no Mundo – Uma Visão Geral; e Caulim Para Revestimento de Papéis e Cartão (1995), de Gomes, Mauro T. de O.; Fernandes, Paulo C. S; e Valença, Antônio C. de V. www.bndes.gov.br.

Carvalho, E. A. Almeida, S. L. M., 1997. Caulim e carbonato de cálcio: competição na indústria de papel. Série Estudos e Documentos, nº 41, Rio de Janeiro, CETEM.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2009. Ferramenta de pesquisa e banco de dados Mineral Data, do Ministério de Ciência e Tecnologia. Disponível em http://w3.cetem.gov.br:8080/mineraldata/app/*, acessado em diferentes datas.

Companhia Vale do Rio Doce - Vale, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.vale.com>. Acessados os diversos relatórios da SEC, relatórios anuais da empresas e outras informações institucionais.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.cprm.gov.br>, acessado em diferentes datas.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2000. Tributação da Mineração no Brasil. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/>.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Site institucional. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/>. Acessadas as edições do Anuário Mineral Brasileiro.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Site institucional. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/>. Acessadas as edições do Sumário Mineral Brasileiro.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2007. Informações preliminares do Anuário Mineral Brasileiro 2007. Fornecido diretamente pelo DNPM.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2008. Informações preliminares do Anuário Mineral Brasileiro 2008. Fornecido diretamente pelo DNPM.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Site institucional. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/>. Acessadas as edições do Informe Mineral.

DNPM, 2009. Pesquisa de Processos no Módulo Administrativos. Disponível em <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>.

Fernandes, Francisco R. C. et all ; Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral; CETEM – Centro de Tecnologia Mineral e CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil; 2007.

Haarla, Eero; Trends In Pappermaking; Industrial Minerals, March 2003

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção de População. Site institucional. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.

Imerys Rio Capim Caulim S/a (Imerys), 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.imerys.com.br> .

Kaolin *in* Mining Annual Review, 2004.

Kaolins Paper Chase, *in* Kaolin, August 2008. Filler and Coating Pigments for Papermakers, Mineral In Paper, August 2004.

Luz, Adão B. e Lins, Fernando A. F.; Rochas & Minerais Industriais; CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2005.

MDIC – Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, julho/2009; DEPLA – Estatísticas de Comércio Exterior e SECEX – Secretaria de Comércio Exterior. <http://www.desenvolvimento.gov.br>

MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Site institucional. Disponível em <http://www.mme.gov.br/site/menu/> . Acessadas as edições da Prévía da Indústria Mineral.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Site institucional. Disponível em <http://www.mme.gov.br/site/menu/> . Acessadas as edições do Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Site institucional. Disponível em <http://www.mme.gov.br/site/menu/> . Acessado o trabalho Mineração no Brasil: Previsão de Demanda e Investimentos (1997-2010).

PORMIN – Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral, 2009. www.pormin.gov.br

Revista Brasil Mineral. Edições diversas.

Revista Minérios & *Minerales*. 200 Maiores Minas Brasileira, Edições nº 308, agosto 2008.

Revista Minérios & *Minerales* 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.minerios.com.br/>. Acessados artigos sobre caulim e outras informações técnicas.

Roskill, The Economics of Kaolin, 12th Edition, 2006

USGS - U.S. Geological Survey, 2009. Site institucional. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs> . Acessadas as edições do Mineral Commodity Summaries de 1995 - 2009.

USGS - United States Geological Survey, 2009. Site institucional. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs> . Acessadas as edições do Mineral Yearbook.

14. ANEXOS

ANEXO

MODELO ECONOMETRICO DE PROJEÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM NO BRASIL

• O MODELO

A base de dados foi regredida a partir de modelo de séries temporais – Consumo Aparente de Caulim e Produto Interno Bruto (PIB) -, objetivando realizar as previsões da demanda de caulim nos cenários futuros estabelecidos pelo Projeto Estal. Da base de dados original constante da **Tabela 1** construiu-se a **Tabela 2** apresentada a seguir.

O modelo utilizado foi o seguinte: Consumo Aparente do Caulim como variável dependente, e o PIB e o Consumo Aparente de Caulim defasado em um período como variáveis explicativas, além da constante. Ressalva-se que as variáveis foram transformadas em logaritmo natural (Ln), conforme destacado a seguir:

$$\text{Ln(CAU)} = 5.37116943219 + 0.101990026834 * \text{Ln(PIB)} + 0.472093902041 * \text{Ln(CAU(-1))}$$

A **Tabela 3** sintetiza os resultados da modelagem econométrica para os três cenários adotados. Os dados de PIB utilizados na modelagem estão apresentados na **Tabela 4**.

Tabela 1

BASE DE DADOS ORIGINAL		
ANO	CONSUMO APARENTE DOMÉSTICO DE CAULIM (t)	PIB (R\$ milhões)
1972	123.286	58.752,50
1973	176.456	84.086,40
1974	164.798	110.390,51
1975	169.232	129.890,83
1976	201.319	153.958,62
1977	243.411	177.246,91
1978	283.484	201.204,01
1979	284.810	223.476,50
1980	232.360	237.772,06
1981	318.342	258.553,47
1982	313.058	271.251,68
1983	238.722	189.459,23
1984	295.169	189.743,70
1985	335.693	211.092,10
1986	408.790	257.811,78
1987	437.671	282.356,86
1988	445.566	305.706,64
1989	406.879	415.915,80
1990	366.481	469.317,52
1991	387.314	405.679,23
1992	491.618	387.294,94
1993	302.564	429.685,27
1994	503.774	543.086,59
1995	478.814	770.350,32
1996	447.019	840.268,45
1997	396.339	871.274,35
1998	360.784	843.984,96
1999	327.790	586.776,70
2000	342.065	644.983,87
2001	231.585	553.770,52
2002	337.185	504.358,90
2003	192.862	553.602,76
2004	82.759	663.782,69
2005	335.892	882.439,07

Fonte: Banco de Dados MINERALDATA do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM e IBGE.

TABELA 2

BASE DE DADOS ORIGINAL EM LOGARITMO NEPERIANO			AJUSTAMENTO DO MODELO			
ANO	CONSUMO APARENTE DOMÉSTICO DE CAULIM	PIB (R\$ milhões)	ANO	ln	AJUST.	CONSUMO APARENTE DOMÉSTICO DE CAULIM (t)
1972	11,72	10,98	1972			123.286
1973	12,08	11,34	1973	12,02	166.163	176.456
1974	12,01	11,61	1974	12,24	207.614	164.798
1975	12,04	11,77	1975	12,23	204.255	169.232
1976	12,21	11,94	1976	12,26	211.477	201.319
1977	12,40	12,09	1977	12,37	235.819	243.411
1978	12,55	12,21	1978	12,49	264.774	283.484
1979	12,56	12,32	1979	12,58	290.684	284.810
1980	12,36	12,38	1980	12,59	293.611	232.360
1981	12,67	12,46	1981	12,49	266.366	318.342
1982	12,65	12,51	1982	12,66	316.444	313.058
1983	12,38	12,15	1983	12,61	300.237	238.722
1984	12,60	12,15	1984	12,47	260.199	295.169
1985	12,72	12,26	1985	12,59	294.901	335.693
1986	12,92	12,46	1986	12,69	323.439	408.790
1987	12,99	12,55	1987	12,80	362.939	437.671
1988	13,01	12,63	1988	12,85	379.936	445.566
1989	12,92	12,94	1989	12,89	398.205	406.879
1990	12,81	13,06	1990	12,86	385.164	366.481
1991	12,87	12,91	1991	12,79	358.037	387.314
1992	13,11	12,87	1992	12,81	366.578	491.618
1993	12,62	12,97	1993	12,95	421.125	302.564
1994	13,13	13,21	1994	12,72	335.246	503.774
1995	13,08	13,55	1995	13,03	458.048	478.814
1996	13,01	13,64	1996	13,02	450.653	447.019
1997	12,89	13,68	1997	12,99	436.500	396.339
1998	12,80	13,65	1998	12,92	408.014	360.784
1999	12,70	13,28	1999	12,83	371.416	327.790
2000	12,74	13,38	2000	12,79	357.148	342.065
2001	12,35	13,22	2001	12,79	358.563	231.585
2002	12,73	13,13	2002	12,57	288.450	337.185
2003	12,17	13,22	2003	12,78	355.837	192.862
2004	11,32	13,41	2004	12,51	270.768	82.759
2005	12,72	13,69	2005	12,10	179.237	335.892

Tabela 3
PROJEÇÕES DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM

MODELO ECONOMETRICO DO CONSUMO APARENTE DE CAULIM (Em tonelada)			
ANO	CENÁRIO FRÁGIL	CENÁRIO VIGOROSO	CENÁRIO INOVADOR
EFETIVO			
1973	176.456	176.456	176.456
1974	164.798	164.798	164.798
1975	169.232	169.232	169.232
1976	201.319	201.319	201.319
1977	243.411	243.411	243.411
1978	283.484	283.484	283.484
1979	284.810	284.810	284.810
1980	232.360	232.360	232.360
1981	318.342	318.342	318.342
1982	313.058	313.058	313.058
1983	238.722	238.722	238.722
1984	295.169	295.169	295.169
1985	335.693	335.693	335.693
1986	408.790	408.790	408.790
1987	437.671	437.671	437.671
1988	445.566	445.566	445.566
1989	406.879	406.879	406.879
1990	366.481	366.481	366.481
1991	387.314	387.314	387.314
1992	491.618	491.618	491.618
1993	302.564	302.564	302.564
1994	503.774	503.774	503.774
1995	478.814	478.814	478.814
1996	447.019	447.019	447.019
1997	396.339	396.339	396.339
1998	360.784	360.784	360.784
1999	327.790	327.790	327.790
2000	342.065	342.065	342.065
2001	231.585	231.585	231.585
2002	337.185	337.185	337.185
2003	192.862	192.862	192.862
2004	82.759	82.759	82.759
2005	335.892	335.892	335.892
PROJETADO			
2006	385.626	385.626	385.626
2007	425.209	425.209	425.209
2008	456.850	456.850	456.850
2009	468.205	469.531	470.627
2010	475.920	478.658	480.928
2011	481.667	485.871	489.365
2012	486.367	492.073	496.829
2013	490.518	497.757	503.807
2014	494.387	503.188	510.561
2015	498.118	508.506	517.234
2016	501.609	514.090	524.809
2017	504.981	519.848	532.931
2018	508.300	525.729	541.414
2019	511.600	531.710	550.158
2020	514.900	537.775	559.111
2021	517.902	544.235	569.216
2022	520.750	550.947	580.045
2023	523.524	557.835	591.372
2024	526.265	564.859	603.078
2025	528.994	571.998	615.100
2026	531.724	579.242	627.408
2027	534.461	586.585	639.987
2028	537.208	594.025	652.832
2029	539.967	601.562	665.941
2030	542.740	609.195	679.318

Tabela 4
PROJEÇÕES DO PIB
(Valores em milhões)

PIB			
1988	R\$ 305.706,64	R\$ 305.706,64	R\$ 305.706,64
1989	R\$ 415.915,80	R\$ 415.915,80	R\$ 415.915,80
1990	R\$ 469.317,52	R\$ 469.317,52	R\$ 469.317,52
1991	R\$ 405.679,23	R\$ 405.679,23	R\$ 405.679,23
1992	R\$ 387.294,94	R\$ 387.294,94	R\$ 387.294,94
1993	R\$ 429.685,27	R\$ 429.685,27	R\$ 429.685,27
1994	R\$ 543.086,59	R\$ 543.086,59	R\$ 543.086,59
1995	R\$ 770.350,32	R\$ 770.350,32	R\$ 770.350,32
1996	R\$ 840.268,45	R\$ 840.268,45	R\$ 840.268,45
1997	R\$ 871.274,35	R\$ 871.274,35	R\$ 871.274,35
1998	R\$ 843.984,96	R\$ 843.984,96	R\$ 843.984,96
1999	R\$ 586.776,70	R\$ 586.776,70	R\$ 586.776,70
2000	R\$ 644.983,87	R\$ 644.983,87	R\$ 644.983,87
2001	R\$ 553.770,52	R\$ 553.770,52	R\$ 553.770,52
2002	R\$ 504.358,90	R\$ 504.358,90	R\$ 504.358,90
2003	R\$ 553.602,76	R\$ 553.602,76	R\$ 553.602,76
2004	R\$ 663.782,69	R\$ 663.782,69	R\$ 663.782,69
2005	R\$ 882.439,07	R\$ 882.439,07	R\$ 882.439,07
2006	R\$ 1.088.911,00	R\$ 1.088.911,00	R\$ 1.088.911,00
2007	R\$ 1.333.818,45	R\$ 1.333.818,45	R\$ 1.333.818,45
2008	R\$ 1.573.320,94	R\$ 1.573.320,94	R\$ 1.573.320,94
2009	R\$ 1.409.558,00	R\$ 1.442.658,04	R\$ 1.470.534,84
2010	R\$ 1.449.025,62	R\$ 1.500.364,36	R\$ 1.544.061,58
2011	R\$ 1.489.598,34	R\$ 1.560.378,93	R\$ 1.621.264,66
2012	R\$ 1.531.307,09	R\$ 1.622.794,09	R\$ 1.702.327,90
2013	R\$ 1.574.183,69	R\$ 1.687.705,85	R\$ 1.787.444,29
2014	R\$ 1.618.260,83	R\$ 1.755.214,09	R\$ 1.876.816,50
2015	R\$ 1.663.572,14	R\$ 1.825.422,65	R\$ 1.970.657,33
2016	R\$ 1.705.161,44	R\$ 1.907.566,67	R\$ 2.098.750,06
2017	R\$ 1.747.790,48	R\$ 1.993.407,17	R\$ 2.235.168,81
2018	R\$ 1.791.485,24	R\$ 2.083.110,49	R\$ 2.380.454,78
2019	R\$ 1.836.272,37	R\$ 2.176.850,46	R\$ 2.535.184,34
2020	R\$ 1.882.179,18	R\$ 2.274.808,73	R\$ 2.699.971,33
2021	R\$ 1.919.822,76	R\$ 2.388.549,17	R\$ 2.915.969,03
2022	R\$ 1.958.219,22	R\$ 2.507.976,63	R\$ 3.149.246,55
2023	R\$ 1.997.383,60	R\$ 2.633.375,46	R\$ 3.401.186,28
2024	R\$ 2.037.331,27	R\$ 2.765.044,23	R\$ 3.673.281,18
2025	R\$ 2.078.077,90	R\$ 2.903.296,45	R\$ 3.967.143,68
2026	R\$ 2.119.639,46	R\$ 3.048.461,27	R\$ 4.284.515,17
2027	R\$ 2.162.032,25	R\$ 3.200.884,33	R\$ 4.627.276,38
2028	R\$ 2.205.272,89	R\$ 3.360.928,55	R\$ 4.997.458,49
2029	R\$ 2.249.378,35	R\$ 3.528.974,98	R\$ 5.397.255,17
2030	R\$ 2.294.365,92	R\$ 3.705.423,72	R\$ 5.829.035,59

• ANÁLISE DAS ESTATÍSTICAS DO MODELO

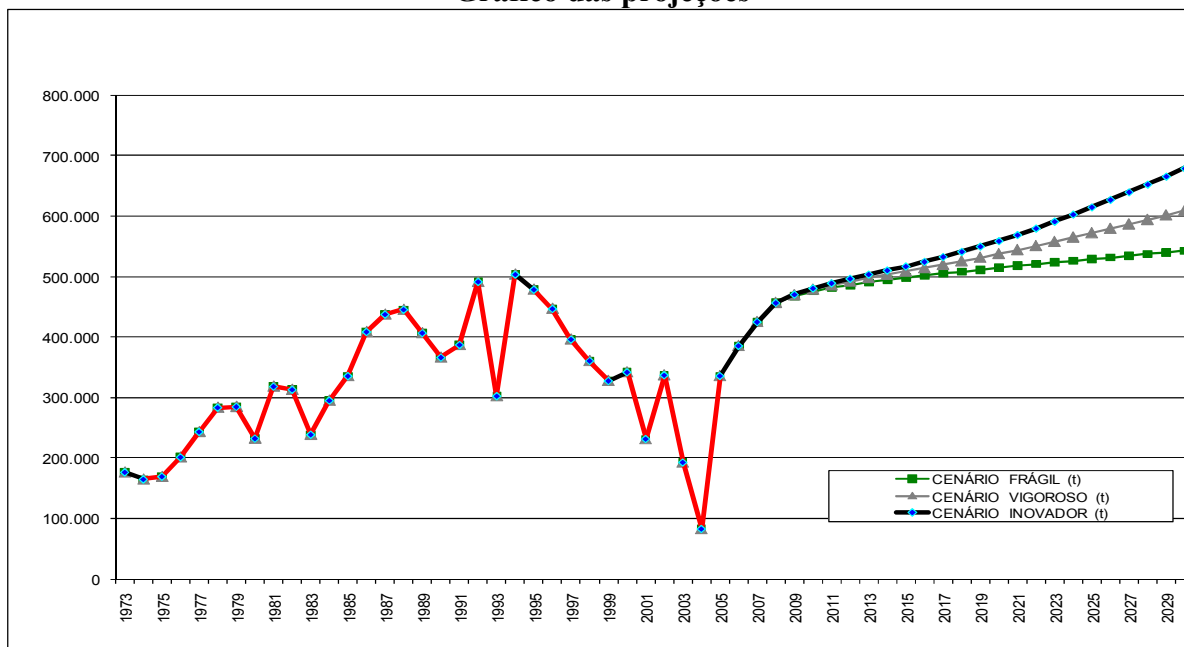
Através do teste Jarque-Bera, observamos que o modelo não apresenta problema de normalidade dos resíduos. Já o teste White demonstrou a não existência de Heterocedasticidade. De acordo com a estatística Durbin-Watson (2,19) o modelo também não apresenta problema de auto-correlação residual. O coeficiente de determinação foi de 0,65 e as variáveis foram todas significativas ao nível de 10% de significância. Além disso, o modelo é validado pelo teste F.

Dependent Variable: CAU
Method: Least Squares
Date: 08/27/09 Time: 15:19
Sample (adjusted): 1973 2002
Included observations: 30 after adjustments

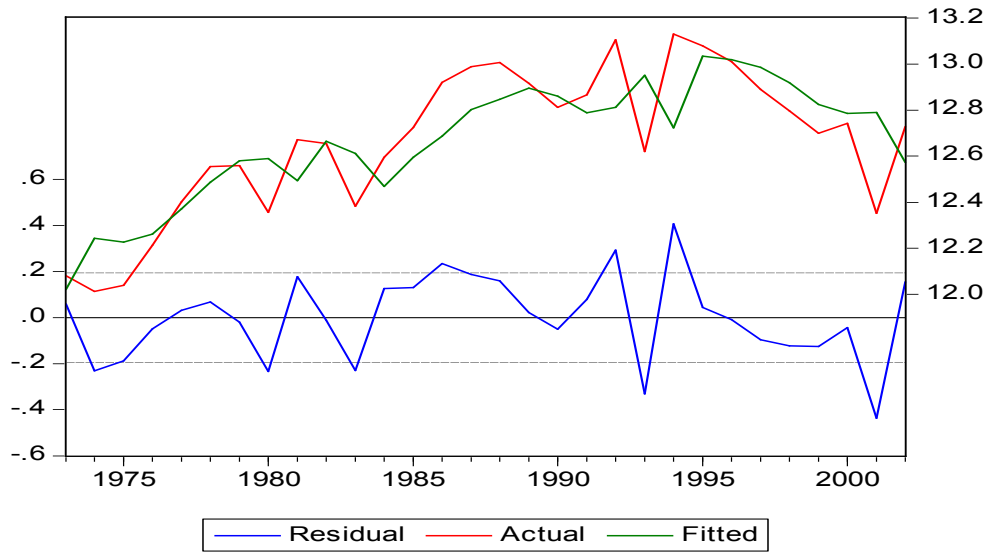
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.442253	1.352862	3.283596	0.0028
CAU(-1)	0.528634	0.167726	3.151766	0.0039
PIB	0.121846	0.095765	1.272347	0.2141

R-squared	0.652795	Mean dependent var	12.66375
Adjusted R-squared	0.627076	S.D. dependent var	0.317949
S.E. of regression	0.194164	Akaike info criterion	-0.345591
Sum squared resid	1.017888	Schwarz criterion	-0.205471
Log likelihood	8.183862	Hannan-Quinn criter.	-0.300765
F-statistic	25.38189	Durbin-Watson stat	2.199132
Prob(F-statistic)	0.000001		

Gráfico das projeções



Resíduo



Normalidade

