



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 RT 38 PERFIL DO CALCÁRIO

CONSULTOR

José Otávio da Silva

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto de 2009

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
1. SUMÁRIO EXECUTIVO	6
2. INTRODUÇÃO	7
3. A INDÚSTRIA DE CALCÁRIO	8
3.1. PRODUÇÃO DE CALCÁRIO NO BRASIL	8
3.2. VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL DO CALCÁRIO	9
3.3. COMÉRCIO EXTERIOR.....	10
3.4. RESERVAS	10
3.5. PARQUE DE MINERAÇÃO	12
3.6. PRINCIPAIS EMPRESAS PRODUTORAS	13
4. ASPECTOS TECNOLÓGICOS	14
4.1. LAVRA	14
4.2. PROCESSAMENTO	14
4.3. PRODUÇÃO DE CARBONATO DE CÁLCIO PRECIPITADO – PCC	15
4.4. PRODUÇÃO DE CARBONATO DE CÁLCIO MOÍDO – GCC.....	16
4.5. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS	16
5. USOS	16
5.1. USO DO CALCÁRIO NA INDÚSTRIA DE CIMENTO.....	16
5.2. USO DO CALCÁRIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
5.3. USO DO CALCÁRIO PARA CAL VIRGEM	17
5.4. USO DO CALCÁRIO NA INDÚSTRIA DE PAPEL.....	17
5.5. USO DO CALCÁRIO NA INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS	18
5.6. USO DO CALCÁRIO NA INDÚSTRIA DE TINTAS	18
5.7. USO DO CALCÁRIO NA AGRICULTURA.....	19
5.8. OUTROS USOS DO CALCÁRIO	20
6. ASPECTOS AMBIENTAIS	22
6.1. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	22
6.2. CONSUMO ENERGÉTICO	22
6.3. EMISSÃO DE CO2	22
6.4. UTILIZAÇÃO DE ÁGUA.....	23
6.5. GERAÇÃO DE RESÍDUOS MINERAIS	24
6.6. CAVERNAS	24
7. ASPECTOS ECONÔMICOS	24
7.1. PREÇO DE MERCADO POR TIPO DE PRODUTO	24
7.2. NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO NA INDÚSTRIA	25
7.3. PADRÃO ORGANIZACIONAL DAS EMPRESAS DO SEGMENTO	27
7.4. ARRECADAÇÃO	27
7.5. INVESTIMENTOS	28
7.6. INCENTIVOS.....	29
7.7. FONTES DE FINANCIAMENTO.....	29
8. RECURSOS HUMANOS	30
8.1. MÃO DE OBRA.....	30

8.2. COEFICIENTES DE OCUPAÇÃO	32
9. ARCABOUÇO LEGAL	32
9.1. ESTRUTURA DA REGULAMENTAÇÃO	32
9.2. LICENCIAMENTO E LEIS AMBIENTAIS	33
10. CENÁRIO INTERNACIONAL	33
10.1. PRODUÇÃO E DEMANDA	33
10.2. RESERVAS	35
11. PROJEÇÕES ATÉ 2030	36
11.1. CENÁRIOS	36
11.2. PRODUÇÃO E DEMANDA	37
11.3. MÃO DE OBRA	39
11.4. INVESTIMENTOS	40
12. CONCLUSÕES	41
13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	44
14. SIGLAS E ABREVIATURAS	48
15. ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produção Nacional de Calcário (2002 a 2008)	9
Tabela 2 - Valor da produção total de Calcário, de 2002 a 2007	10
Tabela 3 – Reservas lavráveis de Calcário nos estados brasileiros em 2006	11
Tabela 4 - Reservas de Calcário no Brasil em 2005	12
Tabela 5 - Número de minas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005	12
Tabela 6 - Principais empresas produtoras de Calcário no Brasil, em 2005	13
Tabela 7 - Valores médios de comercialização do calcário no Brasil (US\$/t)	25
Tabela 8 - Preço médio do Calcário Agrícola em alguns estados (R\$/t)	25
Tabela 9 - O Calcário em relação à produção nacional de minerais não metálicos, em 2005	26
Tabela 10 - Investimentos nas Minas	28
Tabela 11 - Investimentos nas Usinas	29
Tabela 12 - Coeficiente de ocupação de mão de obra nas atividades relacionadas à produção e beneficiamento do Calcário	32
Tabela 13 - Produção Mundial de Rochas Calcárias, em 2007 (ou ano mais recente disponível para cada país)	34
Tabela 14 - Dados históricos para anos selecionados, para cálculo das projeções de demanda e produção de calcário	38
Tabela 15 - Projeção da demanda por Calcário até 2030 (mil toneladas)	38
Tabela 16 - Projeção da demanda por mão de obra total (Minas e Usinas), até 2030	39
Tabela 17 - Projeção da demanda por mão de obra nas Minas e nas Usinas, em 2030	39
Tabela 18 - Projeção dos investimentos necessários nas Minas e nas Usinas, em 2030 (R\$ milhões)	40
Tabela 19 – Projeções para o PIB, de 2008 a 2030, para cada cenário macroeconômico (milhões US\$)	54
Tabela 20 – Projeções para a produção de cimento, de 2008 a 2030, para cada cenário de crescimento futuro (mil toneladas)	54
Tabela 21 – Projeções para o indicador agrícola (IA), de 2008 a 2030, para cada cenário de crescimento futuro (mil hectares plantados)	55
Tabela 22 – Projeções para a produção de Calcário, de 2008 a 2030, para cada cenário considerado (mil toneladas)	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Produção nacional de Calcário, de 2002 a 2008.	9
Figura 2 - Valor da produção total de Calcário, de 2002 a 2007.	10
Figura 3 – Principais estados com reservas lavráveis de Calcário, em 2006.....	11
Figura 4 – Número de minas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005.....	13
Figura 5 – Diagrama do circuito básico de moagem e classificação de Calcário.....	15
Figura 6 – Número de usinas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005.	26
Figura 7 - CFEM Arrecadada de 1994 a 2005.	28
Figura 8 - Número de empregos gerados na mineração e beneficiamento do Calcário no Brasil.	30
Figura 9 - Distribuição dos empregos gerados na mineração e beneficiamento do Calcário no Brasil, por tipo de mão de obra.....	31
Figura 10 - Distribuição da qualificação da mão de obra nas minas e nas usinas de Calcário no Brasil.	31
Figura 11 – Participação relativa dos países na produção mundial de Rochas Calcárias, em 2007 (ou ano mais recente disponível para cada país).	35

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O calcário apresenta uma grande variedade de usos, desde matéria prima para a construção civil, matéria prima para a fabricação de cal e cimento, corretivos de solos ácidos, ingredientes na indústria de papel, plásticos, química, siderúrgica, de vidro; refratários e outras. Ainda assim, o calcário representa um produto relativamente barato, exceto em suas formas beneficiadas mais sofisticadas, de valor agregado elevado. Os preços médios de comercialização têm sido de apenas R\$5,39 por tonelada (produção bruta), a R\$11,31 por tonelada (produção beneficiada), o que implica que os custos de logística, comercialização e outros, são especialmente importantes em relação ao calcário.

O baixo preço do calcário resulta numa estreita relação entre a demanda e a produção, levando a um baixíssimo nível de estoques na indústria. Por outro lado, dada a relação entre os baixos preços do calcário e o custo do frete, há pouco intercâmbio da produção, em nível internacional, exceto para os produtos beneficiados de maior valor agregado, que representam ínfima participação na produção total (menos de 1%), apesar de apresentar preços bem mais elevados (média de US\$53,43 e US\$115,45 por tonelada, para o calcário exportado e importado, respectivamente).

A produção de calcário bruto e beneficiado se dá em quase todos os estados brasileiros, e tem crescido quase 22% nos últimos cinco anos, atingindo um total estimado de 107 milhões de toneladas, em 2008, e um valor de mais de US\$1,35 bilhão, em 2007. A maior parte da produção se dá na forma de calcário beneficiado (aproximadamente 82%). Apesar de sua importância na economia, nos segmentos industrial e agrícola, o calcário responde por apenas aproximadamente 1,9% de toda a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) arrecadada no Brasil.

As reservas lavráveis de calcário no Brasil estão relativamente amplamente distribuídas pelos estados brasileiros, e, como em muitos países do mundo, representam centenas de anos de produção, nos níveis atuais.

As grandes, médias e pequenas empresas que se dedicam à mineração ou beneficiamento do calcário compõem uma indústria com muitos participantes, mas cuja produção está concentrada nas maiores empresas (as dez maiores empresas representam mais de um terço da produção), especialmente em relação ao beneficiamento. A mineração se dá preponderantemente a céu aberto.

As empresas atuantes na indústria de mineração e beneficiamento do calcário têm, em geral, uma estrutura relativamente fechada (poucas são incorporadas como sociedades anônimas), e poucas detêm certificações relativas à qualidade e ao meio ambiente (ISO 9001 e ISO 14.001).

Os principais produtos do calcário, com maior valor agregado, têm sido o GCC (*ground calcium carbonate*) e o PCC (*precipitated calcium carbonate*), utilizados amplamente na indústria de papel, tintas, química, e outras, cada vez com exigência de produtos mais finos e de maior qualidade. Apesar de que o parque produtivo tem investido relativamente pouco em inovações tecnológicas, os fornecedores têm conseguido atender à demanda do mercado com as instalações atuais, mesmo se em muitos casos elas não são modernas ou muito eficientes.

Os investimentos nas minas e usinas de beneficiamento de calcário no Brasil têm sido tímidos (pouco mais de R\$1 por tonelada, em 2005), e as previsões de novos investimentos para o triênio 2006-2008 são pouco melhores (estimadas em menos de R\$2 por tonelada por ano).

Esta realidade, aliada à pouca disseminação da prática de calagem dos solos brasileiros, que são especialmente carentes de correção de seu pH, geralmente ácido, levou à criação de diversos planos governamentais para estimular o uso do calcário agrícola no Brasil, sem que, no entanto, o baixo consumo de calcário agrícola fosse significativamente alterado. Mesmo assim, há diversas

fontes de incentivos e financiamentos oficiais, com o propósito de beneficiar a produção e o consumo de calcário no Brasil, e especialmente o calcário agrícola.

Um dos fatores que evidência a importância desta indústria para o Brasil, é sua geração de empregos na economia, aproximadamente 12 mil em 2005, mas preponderantemente de mão de obra não muito qualificada (menos de 90% é de nível superior).

Em relação às perspectivas para o futuro, foram feitas projeções, com base nos dados disponíveis, e através da metodologia descrita neste estudo, para a produção/demanda, para os investimentos necessários, e para a mão de obra empregada na indústria, até o ano de 2030, como base de informações para subsidiar as políticas nacionais e as estratégias empresariais dos seus participantes, em relação a esta indústria. Entre as conclusões mais marcantes dessas projeções, estão:

- Expressivo aumento na demanda e produção do calcário no Brasil, até o ano de 2030, para entre 158 (Cenário Frágil) e 236 (Cenário Inovador) milhões de toneladas, portanto um incremento de 50% a 125% acima da produção recente;
- Total de investimentos nas minas e nas usinas, estimados como necessários para manter a produção nos níveis projetados, nos últimos três anos até o horizonte de projeção (2028 a 2030), entre R\$553 milhões (Cenário Frágil) e R\$807 milhões (Cenário Inovador);
- Aumento da mão de obra empregada, dos quase doze mil empregados, atualmente, para algo entre 22 mil (Cenário Frágil) a 33 mil (Cenário Inovador) trabalhadores, com pouco mais da metade ocupada nas minas;
- Como somente pouco mais de 12% dessa mão de obra é de nível superior, e como não é prevista uma mudança nas exigências em relação à proporção de mão de obra mais qualificada, até 2030, imagina-se que o mercado não terá dificuldade em disponibilizar essa mão de obra.

2. INTRODUÇÃO

O principal constituinte mineralógico do calcário é a calcita (carbonato de cálcio – CaCO_3), podendo conter menores quantidades de carbonato de magnésio, sílica, argila e outros minerais. O calcário é encontrado extensivamente em todos os continentes, e é extraído de pedreiras, de depósitos que variam em idade, desde o Pré-Cambriano até o Holoceno (Sampaio e Almeida, 2009). Esses depósitos são geralmente formados pelas conchas e pelos esqueletos de microrganismos aquáticos, comprimidos sob pressão para formar as rochas sedimentares que chamamos calcário. O calcário representa aproximadamente 15% de todas as rochas sedimentares. Há também os depósitos de calcário precipitado diretamente de águas com elevados teores de sais minerais. As reservas de calcário, ou rochas carbonatadas, são praticamente intermináveis, porém a sua ocorrência com elevada pureza corresponde a menos de 10% das reservas de carbonatos lavradas em todo mundo (Freas, Hayden e Pyor, 2006).

O calcário apresenta uma grande variedade de usos, desde matéria prima para a construção civil, material para agregados, matéria prima para a fabricação de cal (□ão, ou óxido de cálcio), fonte de ligante hidráulico (cal) na fabricação de cimento, e até como rochas ornamentais. As rochas carbonatadas e seus produtos também são usados como corretivos de solos ácidos; refratários; carga; abrasivos; matéria-prima para as indústrias de papel, plásticos, química, siderúrgica, de vidro; dentre outros (Sampaio e Almeida, 2005).

Os principais usos dos produtos contendo carbonato de cálcio são:

- produção de cimento;
- materiais de construção civil;
- correção de solos ácidos;
- aditivos em diversos processos químicos;
- carga em diversos processos industriais;
- produção de alimentos;
- purificação do ar e tratamento de esgotos;
- refino do açúcar e outras aplicações em alimentos e produtos de higiene;
- fabricação de vidros, aço, papéis, plásticos, tintas, cerâmica e muitos outros.

As rochas carbonatadas mais comercializadas, em todo mundo, são o calcário e o dolomito. Os dolomitos são rochas sedimentares compostas, basicamente, pelo mineral dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), mas o calcário apresenta valor econômico muito maior.

3. A INDÚSTRIA DE CALCÁRIO

3.1. Produção de Calcário no Brasil

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro de 2006 (AMB 2006), a produção de calcário bruto (não beneficiado) se dá em quase todos os estados brasileiros. Os maiores produtores foram Minas Gerais, com 22,3% de participação na produção nacional; Distrito Federal, com 20,4%; Sergipe, com 13,4%; e Ceará, com 11,0%. Juntos, esses estados perfazem dois terços da produção brasileira, que em 2005 atingiu cerca de 21.9 milhões de toneladas, incluindo a produção de calcita e conchas calcárias.

A produção de calcário beneficiado também se dá em praticamente todos os estados brasileiros. A produção beneficiada está concentrada em três estados: Minas Gerais, com 34,6% de participação na produção nacional; São Paulo com 13,6%; e Paraná com 12,6%. Juntos, esses estados perfazem mais de 60% da produção brasileira, que em 2005 atingiu cerca de 66.3 milhões de toneladas, incluindo a produção de calcita e conchas calcárias (DNPM, 2006).

A produção recente de calcário no Brasil é relatada segundo os dados disponíveis no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), cujos dados abrangem o período até 2005 (CETEM, 2009).

Outras fontes de informações também fornecem dados sobre a produção de calcário no Brasil. As Nações Unidas, através de seu banco de dados “Industrial Commodity Statistics Database” (“UNdata”), informa que a produção de calcário (bruto) do Brasil, em 2006, foi de 22.68 milhões de toneladas (UN, 2008).

Recentemente, dados prévios do Anuário Mineral Brasileiro de 2007 e 2008 foram fornecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) do Ministério de Minas e Energia, indicando os dados referentes aos anos de 2006 e 2007.

O Ministério de Minas e Energia, através de sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), também tem publicado informativos com dados preliminares da produção mineral, a cada ano. Esses informativos contêm dados preliminares, menos precisos e sem uma discriminação por tipo de produção, mas fornecem uma indicação da produção total de calcário no Brasil para anos mais recentes, sendo que o valor informado para o ano de 2008 (105 milhões de toneladas) foi utilizado para compor as informações apresentadas neste resumo.

Dessa forma, a produção total de calcário nos últimos sete anos (de 2002 a 2008), reunindo os dados das fontes de informações mais recentes, pode ser vista na

Tabela 1 e na

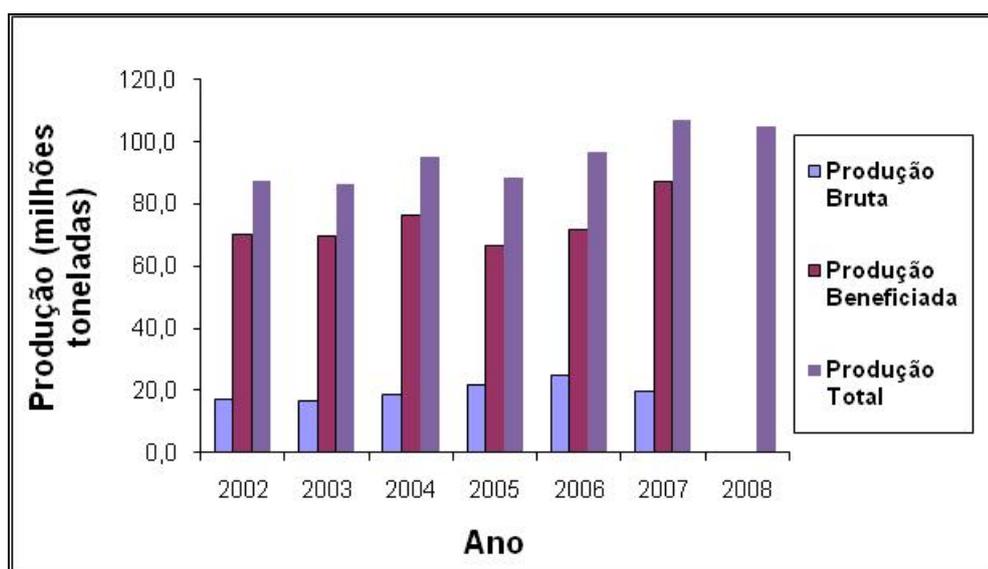
Figura 1.

Tabela 1 - Produção Nacional de Calcário (2002 a 2008)

Discriminação		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção (1.000 t)	Bruta	16.938	16.722	18.799	21.933	24.906	19.653	
	Beneficiada	70.373	69.415	76.122	66.312	71.555	87.370	
	Total	87.311	86.137	94.921	88.245	96.460	107.023	105.000

Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do MME e MCT (2006 a 2009)

Figura 1 - Produção nacional de Calcário, de 2002 a 2008.



Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do MME e MCT (2006 a 2009)

3.2. Valor da Produção Mineral do Calcário

O valor da produção recente de calcário no Brasil é relatado segundo o CETEM, cujos dados abrangem o período até 2005 (CETEM, 2009).

As Nações Unidas, através do “UNdata”, informa que o valor da produção de calcário do Brasil, em 2006, foi de US\$242,14 milhões (UN, 2008).

Recentemente, dados prévios do Anuário Mineral Brasileiro de 2007 e 2008 foram fornecidos pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) do Ministério de Minas e Energia, indicando os dados referentes aos anos de 2006 e 2007.

Dessa forma, em relação ao valor da produção mineral comercializada no Brasil, a

Tabela 2 e a

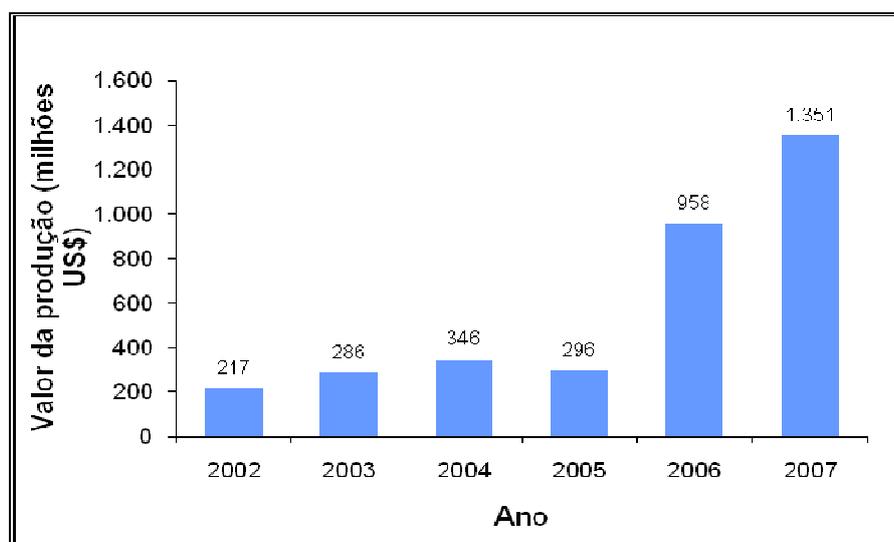
Figura 2 apresentam esses valores para os últimos seis anos, de 2002 a 2007, em dólares norte-americanos. A taxa de câmbio utilizada para converter os valores da produção em moeda nacional para dólares, em 2005, foi de aproximadamente R\$2,93/US\$. Devido ao aumento dos preços cotados em moeda norte-americana, o valor total da produção brasileira de calcário teve um forte aumento nos últimos anos.

Tabela 2 - Valor da produção total de Calcário, de 2002 a 2007

Discriminação		2002	2003	2004	2005	2006	2007
Valor (1.000 US\$)	Bruta	25.453	26.120	32.305	40.310	152.427	205.523
	Beneficiada	191.727	260.214	313.932	256.100	805.556	1.145.776
	Total	217.180	286.334	346.236	296.409	957.983	1.351.299

Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do MME e MCT (2006 a 2009)

Figura 2 - Valor da produção total de Calcário, de 2002 a 2007.



Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do MME e MCT (2006 a 2009)

3.3. Comércio Exterior

O valor das exportações de calcário do Brasil tem sido relativamente baixo, atingindo aproximadamente 25% do valor comercializado nacionalmente em 2005, e menos ainda em anos anteriores. Esse montante (aproximadamente 74,3 milhões de dólares) corresponde a uma fatia muito pequena da quantidade total de calcário comercializada (aproximadamente 1,3% do total, ou 1,4 milhões de toneladas), mas de preço muito superior à média (US\$53/ton contra menos de US\$4/ton, respectivamente), pois somente os produtos de calcário mais nobre justificam a logística e os custos envolvidos no comércio exterior.

Da mesma forma, o valor das importações de calcário pelo Brasil foi ainda menor, alcançando menos de 15% do valor comercializado nacionalmente em 2005, e menos ainda em anos anteriores. Esse montante (aproximadamente 43,7 milhões de dólares) também corresponde a uma fatia muito pequena da quantidade total de calcário comercializada (menos de 0,4% do total, ou 379 mil toneladas), mas de preço ainda mais elevado (US\$115/ton) do que o das exportações brasileiras de calcário (CETEM, 2009).

3.4. Reservas

As maiores reservas lavráveis se encontram em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná. Juntos, esses estados detêm aproximadamente metade das reservas brasileiras. A participação dos estados com maiores reservas lavráveis pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 – Principais estados com reservas lavráveis de Calcário, em 2006.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Segundo o AMB 2006, as reservas lavráveis de calcário no Brasil chegam a 43,7 bilhões de toneladas (incluindo as reservas de calcita, calcita ótica e conchas calcárias), relativamente amplamente distribuídas pelos estados brasileiros, sendo que onze estados têm mais de um milhão de toneladas dessas reservas. As reservas lavráveis de cada estado brasileiro, e sua participação no total, pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3 – Reservas lavráveis de Calcário nos estados brasileiros em 2006

Estado	Reservas (milhões de toneladas)	Participação
Minas Gerais	9.824	22,5%
Mato Grosso do Sul	7.522	17,2%
Paraná	4.681	10,7%
Mato Grosso	3.542	8,1%
São Paulo	3.116	7,1%
Goiás	2.159	4,9%
Bahia	2.095	4,8%
Ceará	2.021	4,6%
Rio de Janeiro	2.019	4,6%
Rio Grande do Norte	1.930	4,4%
Paraíba	1.403	3,2%
Espírito Santo	756	1,7%
Sergipe	655	1,5%
Pará	554	1,3%
Pernambuco	343	0,8%
Maranhão	299	0,7%
Rio Grande do Sul	279	0,6%
Piauí	136	0,3%
Distrito Federal	118	0,3%
Tocantins	104	0,2%
Amazonas	64	0,1%
Alagoas	52	0,1%
Santa Catarina	34	0,1%

TOTAL	43.706	100,0%
-------	--------	--------

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Segundo o CETEM, as reservas lavráveis de calcário no Brasil têm se mantido relativamente estáveis desde 2002, quando somavam 39,8 bilhões de toneladas.

A distribuição das reservas de calcário, nas diferentes categorias de reservas, está apresentada na

Tabela 4.

Tabela 4 - Reservas de Calcário no Brasil em 2005

Reservas (milhões de toneladas)	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
	49.411	29.960	26.266	43.705

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Dados os valores de reservas estimadas, a atual produção brasileira de calcário estaria assegurada por mais de quatrocentos anos. Na prática, os valores de reservas estimadas incluem quantidades que não serão extraídas por muitos anos. Por outro lado, esses valores provavelmente não incluem quantidades de calcário em áreas onde uma produção não seja provável num horizonte de planejamento típico de atividades econômicas (algo como até cinquenta anos). Nesse caso, atualmente não se justificam esforços exploratórios detalhados (pesquisa geológica), necessários para uma estimativa de reservas lavráveis, mesmo que observações geológicas menos rigorosas sugiram a existência de volumes significativos de reservas. Ainda que modestos, em relação aos investimentos necessários para a pesquisa geológica de outros bens minerais, os investimentos em atividades de pesquisa mineral de calcário só se justificam em áreas onde haja perspectiva de que novas reservas possam ser aproveitadas em um futuro próximo.

3.5. Parque de Mineração

Segundo o DNPM, as minas brasileiras são classificadas pela produção bruta (*run-of-mine*), em toneladas anuais, dentro de três classificações: Grandes (com produção bruta anual maior que um milhão de toneladas), Médias (com produção bruta anual entre cem mil e um milhão de toneladas), e Pequenas (com produção bruta anual entre cem mil e dez mil toneladas). Minas com produção bruta menor que dez mil toneladas não são consideradas.

Segundo levantamento do DNPM constante do Universo da Mineração Brasileira (Neves e da Silva, 2007), as minas de calcário classificadas como Grandes, Médias e Pequenas representaram 20,2%, 13,0% e 8,9%, respectivamente, do total de todas as minas brasileiras em cada uma dessas classificações, em 2005. A

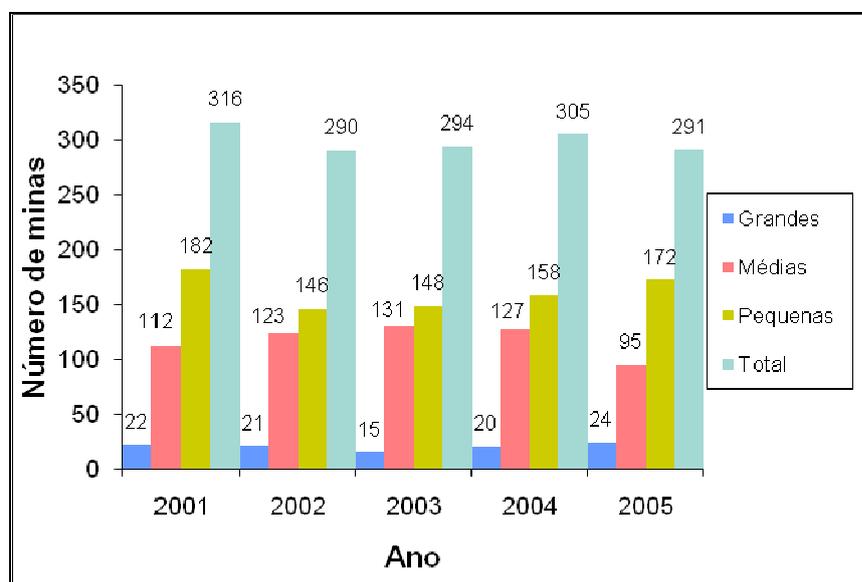
Tabela 5 mostra o número de minas em cada classificação, que produziam calcário no Brasil, em 2005, segundo esse levantamento. Já a Figura 4 apresenta a evolução do número de minas de calcário em cada classificação, nos últimos anos, de acordo com o AMB 2006.

Tabela 5 – Número de minas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005

Classificação da Mina	Grande	Média	Pequena
Número de Minas	24	82	166

Fonte: Universo da Mineração Brasileira (Neves e da Silva, 2007)

Figura 4 – Número de minas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

3.6. Principais Empresas Produtoras

Conforme levantamento realizado pelo DNPM, constante do Universo da Mineração Brasileira (Neves e da Silva, 2007), há 74 empresas (com diferente razão social), que operam minas classificadas como sendo Grandes ou Médias. A

Tabela 6 mostra as principais empresas mineradoras de calcário no Brasil, em 2005, os estados onde elas operavam minas, e sua participação no total do valor comercializado.

Tabela 6 – Principais empresas produtoras de Calcário no Brasil, em 2005

Empresa	Estados onde opera	Participação
Cimento Rio Branco SA	PR, RJ, RS, SC, SP	7,6%
CBE – Companhia Brasileira de Equipamento	CE, ES, MA, PA, PE, RN,	5,7%
CIPLAN Cimento Planalto SA	DF	5,3%
Companhia Cimento Portland Itaú	GO, MG, MS, RJ, SP	3,7%
Companhia Siderúrgica Nacional	MG	2,9%
Holcim (Brasil) SA	MG, PR, RJ	2,5%
Mineração Belocal Ltda.	MG	2,2%
Dagoberto Barcellos SA	RS	2,1%
Companhia Mineradora Geral	SP	2,0%
Britacal Ind. & Com. De Brita e Calcário Brasília Ltda.	GO, MG	1,7%

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

4. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

4.1. Lavra

A maior parte das minas de calcário, em todo o mundo, são lavradas a céu aberto, principalmente por motivos de custos mais reduzidos. Elas são comumente chamadas de pedreiras, apesar de que, por razões técnicas, ambientais ou de escala de produção, algumas utilizam a lavra subterrânea. Dentre todas as minas de calcário no Brasil, cujas informações são mantidas pelo DNPM, apenas uma (de porte médio) tem operações que não são exclusivamente a céu aberto, sendo classificada como uma mina mista, ou seja, com operações subterrâneas e a céu aberto. Todas as demais operam exclusivamente a céu aberto.

As principais etapas da lavra de calcário a céu aberto incluem: remoção do capeamento, perfuração, desmonte por explosivos, e transporte até a usina de processamento. A remoção do capeamento é o elemento-chave no custo da lavra a céu aberto. Para cada operação ou situação, há uma razão estéril/minério economicamente viável. A escala de produção é responsável pela viabilidade econômica de várias minas, especialmente tendo em vista os produtos serem de valor agregado relativamente baixo. A seleção dos equipamentos varia com a particularidade de cada operação, capacidade de produção, tamanho e forma do depósito, distância de transporte, estimativa da vida útil da mina, localização em relação aos centros urbanos e fatores sócio-econômicos (Sampaio e Almeida, 2009).

Os circuitos de britagem apresentam peculiaridades em função, principalmente, das características de baixa abrasividade e resistência baixa à britagem e moagem, dos calcários brasileiros. A britagem é executada em circuitos multiestagiados que incluem combinações de britadores de mandíbulas ou giratórios em grandes operações, além de britadores cônicos secundários e terciários. Britadores de impacto são largamente empregados, pois apresentam uma combinação favorável de relações de redução e capacidades muito altas. Circuitos configurados com britadores de impacto apresentam assim alta capacidade e menor número de estágios, se comparados a outros tipos de britadores (Delboni Jr, 2008).

Os depósitos de calcário podem ocorrer em grandes extensões e apresentar espessura de centenas de metros, portanto as minas de calcário podem ser operações de grande porte, e de longa vida útil. Muitas minas produzem diversos produtos, e o minério produzido que não atende às especificações para certos usos, ainda pode ser aproveitado para outros fins, usado como agregados para a construção civil, por exemplo. A tendência mundial continua sendo a abertura de minas cada vez maiores (Bliss, 2008).

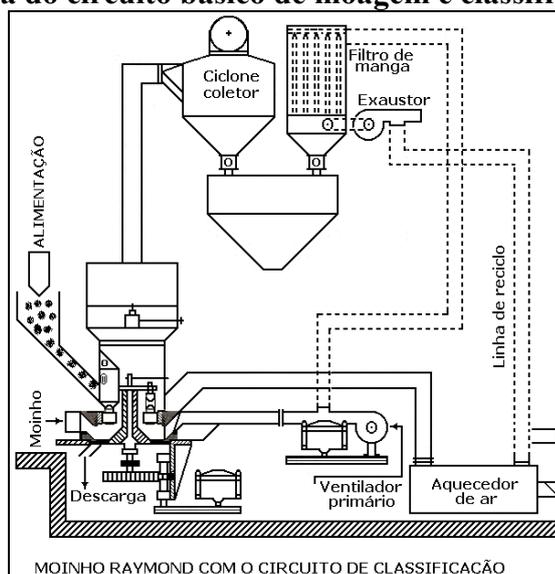
4.2. Processamento

O tratamento das rochas carbonatadas, especialmente o calcário, depende do uso e especificações do produto final. A lavra seletiva, a catação manual, a britagem em estágio unitário e o peneiramento são os métodos usuais para obtenção de produtos, cuja utilização final não requer rígidos controles de especificações. Este é o caso, especialmente, para o calcário agrícola.

A cominuição do calcário pode ser feita via seca, segundo as etapas de britagem, classificação, moagem em moinho de rolos tipo Raymond ou em moinhos tubulares com bolas, com cuidados especiais para evitar a contaminação por ferro. Para moagem mais fina, são utilizados moinhos micronizadores ou de bolas, com os mesmos cuidados em relação à contaminação por

ferro. Uma descrição do tipo de equipamento utilizado para moagem do calcário pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 – Diagrama do circuito básico de moagem e classificação de Calcário.



Fonte: Sampaio e Almeida, 2009

A obtenção de produtos para aplicações consideradas nobres necessita de um circuito complexo de beneficiamento. Isto acontece quando se busca produtos para as indústrias de: papel, plásticos, tintas, borrachas, entre outras. Nestes casos, exige-se a prática da moagem, com mínima contaminação por ferro. Assim, empregam-se moinhos tipo Raymond e, nos casos mais críticos, utilizam-se moinhos autôgeno e/ou de bolas, com revestimentos e meio moedor especiais. A contaminação por ferro responde, diretamente, pela queda na alvura dos produtos de rochas carbonatadas, bem como pela diminuição de seu valor agregado.

A flotação, a separação magnética, entre outros, são processos usados para a concentração de calcário ou remoção de impurezas. Desse modo, são obtidos produtos de carbonato de cálcio, por meios físicos de purificação ou beneficiamento, com elevados índices de pureza. Tais procedimentos são usados nas etapas de concentração e não de purificação, razão pela qual há, em alguns casos, dificuldades no processo de purificação. O emprego de métodos químicos seria a solução, desde que a prática fosse levada a efeito em meio alcalino. Isso não é comum, pois a maioria dos compostos de ferro é solúvel apenas em meio ácido, sendo, portanto, de difícil aplicação para o caso do calcário. Neste dilema, imputa-se ao especialista o uso cada vez mais racional da criatividade e imaginação para solucionar as questões caso a caso (Sampaio e Almeida, 2009).

4.3. Produção de Carbonato de Cálcio Precipitado – PCC

A demanda por produtos cada vez mais puros levou à produção do carbonato sintético conhecido como carbonato de cálcio precipitado – PCC (*precipitated calcium carbonate*). O PCC é geralmente obtido através da calcinação do calcário, formando cal (□ão) e dióxido de carbono. Nessa calcinação há uma redução de 44% na massa original do CaCO_3 , em decorrência da liberação do CO_2 . Quando se utilizam calcários magnesianos, essa perda pode atingir 48%. Nos dois casos, a perda é conhecida como perda ao fogo (PF). A reação de calcinação é reversível, ou seja, a cal é um produto instável, que, ao reagir com água, reação exotérmica, resulta na cal hidratada (Ca(OH)_2), um produto mais estável, objeto da etapa seguinte. Finalmente, a cal hidratada, ao reagir com dióxido de carbono, resulta no PCC, carbonato de cálcio puro, precipitado (Sampaio e Almeida, 2009).

4.4. Produção de Carbonato de Cálcio Moído – GCC

O carbonato de cálcio natural moído, com granulometria ultrafina (<10 µm), é conhecido como GCC (*ground calcium carbonate*). Ele é usado em diversas aplicações nas indústrias de papel, plásticos, tintas, entre outras. Há duas faixas granulométricas do GCC que são importantes para a indústria de papel: uma grossa (<45 µm) e uma ultrafina (<10 µm). Na faixa grossa, a moagem é geralmente realizada em moinhos de rolos (método a seco), em circuitos fechados e com sistemas de classificação. Na faixa ultrafina, a moagem geralmente é realizada em moinhos de rolos. Ainda assim, há necessidade de vários estágios de classificação para obter a granulometria desejada, o que resulta na elevação da carga circulante da moagem, diminuindo a capacidade nominal do sistema como um todo. O método de moagem a úmido, com moinhos de bolas, é mais eficiente para obter granulometrias finas. Esse método é mais complexo, porém pode ser empregado numa variedade de matérias-primas que, em muitos casos, prepara a alimentação da flotação. Na moagem ultrafina e a úmido, eventualmente há necessidade do uso de dispersantes químicos, que garantem a fluidez da polpa, melhorando a eficiência da moagem, mas deve ser avaliado o efeito no produto final (Sampaio e Almeida, 2009).

4.5. Tendências Tecnológicas

As tendências tecnológicas no processamento do calcário para fins industriais têm focado a otimização dos processos, especialmente a caracterização das rochas utilizadas, e a moagem e classificação do produto. Os principais avanços ocorreram nos projetos dos circuitos, nos equipamentos de moagem, e na classificação ultrafina do material moído. Houve um rápido avanço na área de informática, e os equipamentos analíticos passaram a oferecer maior precisão e baixo custo na medição do tamanho de partículas, reologia, alvura e outras propriedades físicas. Ainda assim, há muitos produtores de GCC que usam os mesmos equipamentos de 10 ou 20 anos atrás, por serem fornecedores para mercados tradicionais, sem exigência de inovação. Quando buscam novos equipamentos, a opção recai, freqüentemente, nos equipamentos de custos mais baixos e, muitas vezes, de segunda mão. Isso explica a ausência de novos tipos de produtos de calcário, e a escassez de investimentos. Além disso, os avanços tendem a não considerar as exigências futuras, como o consumo energético, demonstrando uma falta de inovação no setor.

Por outro lado, os mercados de papel, tinta, plásticos e borracha têm exigido produtos cada vez mais finos. Como o consumo de energia aumenta significativamente para a moagem e classificação em granulometrias ultrafinas, os grandes produtores de GCC passaram a investir em novos processos de moagem e classificação. Os sistemas de classificação passaram a ter circuitos mais avançados, com mais estágios de classificação, e equipamentos de classificação com melhor desempenho. Os equipamentos de moagem passaram a ter novas geometrias, para melhorar a diferença de pressão nos equipamentos de classificação. Isso reduziu, de forma expressiva, o consumo de energia, em relação a sistemas convencionais de classificação (Sampaio e Almeida, 2009).

5. USOS

5.1. Uso do Calcário na Indústria de Cimento

O cimento é feito a partir de uma mistura de calcário com argilas, numa proporção de 4:1 ou mais, que posteriormente é moída e calcinada em fornos rotativos horizontais, que atingem altas temperaturas (1.450 °C). O resultado é a produção do clínquer, um produto intermediário, ao qual são adicionadas pequenas quantidades de gipsita, calcário e outros materiais, dependendo do tipo de cimento a ser produzido. O clínquer e os aditivos são então moídos até obter um pó fino, que é o cimento (Souza, 2006).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), no ano de 2007, o Brasil produziu cerca de 46,59 milhões de toneladas de cimento (SNIC, 2008). Para cada tonelada de cimento produzida, são necessárias 1,4 toneladas de calcário (Sampaio e Almeida, 2009). Dessa forma, a quantidade de calcário utilizada na fabricação de cimento, em 2007, pode ser estimada como tendo sido aproximadamente 65 milhões de toneladas.

Desta forma, a produção de cimento representa a maior parte da demanda pelo calcário produzido no Brasil, assim como no mundo. Dada essa participação expressiva e constante ao longo dos últimos anos, de mais de 60% do calcário produzido, é provável que o cimento continue sendo o maior consumidor do calcário produzido, pelo menos até o ano de 2030, horizonte para a projeção da demanda futura do calcário, realizada neste estudo.

5.2. Uso do Calcário na Construção Civil

No mundo, grande parte do consumo de calcário é, na verdade, voltado para a construção civil, usado como matéria prima utilizada diretamente na construção, ou como rochas utilizadas na construção de estradas e outras obras. Este tipo de uso representa um grande volume do calcário produzido, mas é frequentemente incluído nas estatísticas de rochas moídas, na categoria de materiais usados na construção civil. O calcário usado como agregado (brita e rochas de outras dimensões) chega a representar a maior parte das rochas usadas como agregados na construção civil (69%), nos EUA, e em outros países, dificultando a análise de estatísticas exclusivamente relativas ao calcário destinado aos seus demais usos (USGS, 2009).

No Brasil, a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC), estima que de todos os tipos de rochas utilizadas na produção de pedra britada para a construção civil, o calcário responde por 10% (ANEPAC, 2009).

5.3. Uso do Calcário para Cal Virgem

Há dois tipos de cales: a cal virgem, ou cal viva, e a cal hidratada. A cal virgem é o produto da calcinação de rochas carbonatadas (calcário) a temperaturas próximas à da fusão (900 a 1.000 °C). A cal hidratada é obtida a partir da cal virgem, através da adição de água, gerando hidróxido de cálcio e outros compostos. Nesse processo, uma tonelada de cal virgem resulta em 1,3 toneladas de cal hidratada (MME, 2009). Como a cal hidratada é produto da cal virgem, para efeitos de cálculo da quantidade de calcário demandada para a produção de cal, somente a quantidade de cal virgem é considerada.

Teoricamente, para cada tonelada de cal virgem, são necessárias 1,7 a 1,8 toneladas de calcário a ser calcinado, porém na prática, as indústrias produtoras de cal virgem observam uma relação de aproximadamente duas toneladas de calcário para cada tonelada de cal virgem produzida (Sampaio e Almeida, 2009). Como, em 2007, a produção de cal virgem no Brasil foi de 7,4 milhões de toneladas (ABPC, 2008), a quantidade de calcário utilizada na fabricação de cal, em 2007, pode ser estimada como tendo sido aproximadamente 14,8 milhões de toneladas, ou seja, pouco mais de 14% da produção de calcário no Brasil.

5.4. Uso do Calcário na Indústria de Papel

Há uma tendência, entre os fabricantes de papel, para o maior uso de produtos carbonatados, como o GCC e o PCC. O uso do carbonato de cálcio na indústria papelreira cresce, sistematicamente, desde o seu ingresso no mercado, como substituto do caulim e do óxido de titânio, nas aplicações como carga e cobertura (Luz, 1998). O PCC é utilizado, em maior escala, como carga na produção de papel, numa granulometria que varia de 0,5 a 4 µm, com a maior parte das partículas entre 1-2 µm. Em geral, as unidades produtoras de PCC estão localizadas nas próprias

fábricas de papel, assim é possível eliminar a etapa de secagem do carbonato, e utilizar o CO₂ disponível na própria fábrica, insumo necessário à produção do PCC. As vantagens do PCC em relação ao GCC estão ligadas ao índice de alvura bastante elevado e à ausência de impurezas, como quartzo, ferro, entre outras (Carvalho e Almeida, 1997).

Em 2007 a indústria de papel consumiu mais de 14,4 milhões de toneladas de GCC e 5,5 milhões de toneladas de PCC em todo o mundo. Adicionalmente, o GCC tem conseguido ampliar sua fatia de mercado na indústria de papel, à custa da redução do uso do caulim (Roskill, 2008). No Brasil, o DNPM estima o consumo de calcário da indústria de papel em 0,01% da produção nacional, o que indicaria um consumo dessa indústria de algo como 10.000 toneladas em 2008. Outras fontes estimam o uso do GCC (e, portanto, do calcário) na indústria de papel como sendo um percentual muito maior (até 80%) da demanda total de PCC (SEGEMAR, 2009).

5.5. Uso do Calcário na Indústria de Plásticos

Na indústria de plásticos, o GCC ou PCC são adicionados à composição dos plásticos para melhorar suas propriedades físicas e as características de processabilidade. Outras vantagens do uso do GCC na indústria de plásticos são:

- i. proporciona dureza, propriedades de tensão, textura e brilho superficial aos compostos de PVC;
- ii. controla a viscosidade e o coeficiente da expansão térmica do plástico na moldagem das placas;
- iii. confere resistência ao polímero e reduz o custo do produto acabado;
- iv. permite que o poliéster, com 40% de GCC, seja usado com sucesso na indústria automobilística, de forma competitiva com o aço e o alumínio.

O GCC ultrafino (<1,5 µm) também é usado na produção de plásticos que são empregados na produção de fraldas, filmes, móveis, materiais de construção, produtos automotivos, sacolas de lixo, tubos, baldes de lixo, embalagens de alimentos, papéis, garrafas sintéticas, e outros. Sua adição, na faixa de 15 a 30% em peso, permite aumentar o rendimento, porque sua condutividade térmica é cinco vezes mais do que a do polietileno ou polipropileno (Sampaio e Almeida, 2009).

Em 2007, na indústria de plásticos, o consumo de calcário foi de 14,4 milhões de toneladas de GCC e de 3,5 milhões de toneladas de PCC, em todo o mundo (Roskill, 2008). Esses produtos são usados na produção de resinas e PVC, este com maior parcela do consumo.

5.6. Uso do Calcário na Indústria de Tintas

As tintas são dispersões de pós, identificados como pigmentos ou cargas, em substâncias macromoleculares viscosas, chamadas de materiais filmógenos. Líquidos voláteis, solventes ou diluentes permitem regular a viscosidade do conjunto, facilitando a fabricação e aplicação. A tinta baseia-se em três componentes principais: resinas, solventes e pigmentos. As resinas (tais como termoplásticos e *thermosets*) representam cerca de 50% do volume da tinta. O solvente representa cerca de 25% da composição, e auxilia a formação dos constituintes de filmes dispersos. O solvente se evapora e não faz parte do filme seco de tinta. Os produtos minerais, ou seja, os pigmentos e a carga, representam o restante (25%) da composição, e conferem propriedades de espaçamento, opacidade, alvura e durabilidade, além da redução de custos.

Os minerais têm uma participação importante na composição das tintas como carga e extensor. A indústria de tintas exige uma granulometria muito fina do produto mineral, pois há necessidade de formar camadas muito finas sobre a superfície pintada. Na indústria de tinta, os produtos minerais são mais utilizados quando se considera a ação do vento, da chuva, e dos agentes corrosivos. Assim, os minerais que atendem à demanda para pigmentos, cargas e extensores na

produção de tintas representam de 15% a mais de 30% da demanda por GCC. Em termos de demanda mundial, a indústria de tintas é a terceira maior consumidora de GCC (Roskill, 2008).

As tintas automotivas constituem uma área muito especializada e importante, em termos globais de volume e valor. As tintas automotivas consomem pigmentos, TiO₂, carga e extensores. Também são empregados carbonato de cálcio, barita, talco, caulim, bentonita, montmorilonita, wollastonita e muscovita. Os carbonatos de cálcio são utilizados como espaçadores e redutores da quantidade de TiO₂ necessária à pintura, e dão propriedades mecânicas aos vidros. O carbonato de cálcio disponível no mercado para tintas de automóveis apresenta duas granulometrias. A primeira, entre 3 e 10 µm, destina-se (10%) à produção dos leitos de base da tinta. O material ultrafino, com granulometria entre 1,0 e 0,7 µm, destina-se (2 a 3%) à cobertura de clareamento, permitindo a aplicação da tinta sobre a superfície em forma de finos leitos, além de exibir um brilho mais intenso que o GCC mais grosso (Sampaio e Almeida, 2009).

5.7. Uso do Calcário na Agricultura

A qualidade do calcário agrícola depende, principalmente, do teor, do tipo de elementos que diminuem a acidez e do tempo que leva para fazer efeito no solo. Esta qualidade depende da quantidade, que é medida por um índice conhecido como “Poder Relativo de Neutralização Total” – PRNT, que é obtido através do PN (Poder de Neutralização) multiplicado pela RE (Reatividade dada pela granulometria do calcário). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece quatro faixas de PRNT para efeito de classificação e comercialização de calcário: Faixa A: com PRNT entre 45,0 e 60,0%; Faixa B: com PRNT entre 60,1 e 75,0%; Faixa C: com PRNT entre 75,1 e 90,0%; Faixa D: com PRNT maior que 90,0%. Assim, para se corrigir a acidez do solo, deve-se usar tanto menos calcário quanto maior for o seu PRNT (DNPM, 2009a).

O calcário moído e seus produtos, cal virgem e cal hidratada, escória, dentre outros, são aplicados no solo para corrigir a acidez e promover o crescimento das plantas. Recomenda-se a aplicação dos corretivos de solo alguns meses antes do plantio. Assim, a acidez do solo pode ser corrigida antes, permitindo o acesso, pelas plantas, aos nutrientes existentes nos solos. O cálcio, ao reagir com hidrogênio em excesso, diminui a concentração dos íons hidrogênio, elevando o pH do solo.

Os solos brasileiros, assim como os demais solos tropicais são, na sua maior parte, ácidos, característica que favorece o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas, afetando negativamente a lavoura e dificultando o aproveitamento, pelas plantas, dos elementos nutritivos existentes. O calcário é o principal produto utilizado para corrigir a acidez do solo. Em linhas gerais age reduzindo a quantidade dos elementos nocivos, aumentando o nível de Cálcio e Magnésio, tornando assim o solo mais aerado, permitindo maior circulação de água e melhor desenvolvimento das raízes e, em consequência, proporcionando o aumento da atividade dos microorganismos fazendo com que a adubação renda mais.

A maior parte do calcário usado para fins agrícolas no Brasil fundamenta-se na aplicação direta do produto no solo. Os corretivos de solos são utilizados na correção da acidez do solo, para chegar a valores de pH entre 6 e 7, faixa considerada ótima para o cultivo de muitas plantas. O calcário, principalmente o dolomítico, proporciona dois nutrientes importantes para os solos, cálcio e magnésio, como também elementos-traço contidos na rocha calcária. O calcário também neutraliza a acidez gerada pelos fertilizantes nitrogenados, tais como nitrato, amônio e sulfatos, aumentando o cultivo e o conteúdo orgânico do solo.

As especificações do calcário agrícola consistem no controle da sua concentração de CaCO₃ (ou de CaO na cal) e da distribuição granulométrica. Para calcários puros, constatam-se maiores concentrações na faixa granulométrica entre 250 e 140 µm e, ainda, maior desempenho do calcário na correção do solo (Sampaio e Almeida, 2009).

Embora a legislação brasileira apresente quatro faixas de variação de PRNT para calcários agrícolas, de 45% a mais de 90%, o mercado não aceita produtos com PRNT menor do que 67%. Quanto maior o PRNT, menor o tempo de reação no solo, permitindo que seja aplicado com menos antecedência (Nahass e Severino, 2003). A taxa de aplicação do calcário no solo, ou seja, a calagem, varia de 6 a 7 toneladas por hectare, na abertura de novas áreas agrícolas, e de uma a três toneladas por hectare a cada dois a cinco anos, já que os benefícios da calagem se prolongam por alguns anos (BNDES, 1997).

Estudos realizados pelo setor produtor constataram que setor agrícola teria capacidade de absorver anualmente cerca de 70 milhões de toneladas, para uma capacidade instalada total de moagem no país na ordem de 50 milhões de toneladas/ano, entretanto, o setor consumidor utilizou em 2007 apenas aproximadamente 40% dessa capacidade instalada. Dessa forma, o calcário utilizado para fins agrícolas representa pouco mais de 21% do total do calcário produzido no Brasil (DNPM, 2009a).

Segundo o SINDICALC (Sindicato da Indústria de Calcário do Rio Grande do Sul), em 2007 a produção de calcário agrícola no Brasil foi de 22,75 milhões de toneladas, principalmente concentrada na região Sudeste. O consumo de calcário agrícola, no entanto, não tem sequer acompanhado a evolução do consumo dos fertilizantes agrícolas, os quais somente são plenamente potencializados quando o solo recebe calagem adequada, o que não ocorre, em geral, na agricultura brasileira. Isto sugere que o consumo de calcário agrícola está muito abaixo do ideal, e, caso o setor desenvolva uma maior consciência da importância e dos benefícios da calagem, o consumo de calcário agrícola poderá crescer significativamente, no futuro.

5.8. Outros usos do Calcário

5.8.1. Uso do Calcário na Alimentação de Animais

O calcário calcítico puro e moído é muito usado como fonte de cálcio no suplemento alimentar de animais e aves. Outras fontes de cálcio incluem conchas calcárias e mármore britados. Em ambos os casos, não há uma demanda tão significativa, a exemplo do que acontece com o calcário.

O consumo de carbonato de cálcio é sazonal, mesmo assim, há uma taxa média de CaCO_3 na alimentação de animais, ligada ao tipo de animal em questão. Por exemplo, para o gado de corte, demanda-se de 1,1% a 1,2% em peso de CaCO_3 , na composição do bolo alimentar, e, para o frango de corte, essa demanda cresce para 3% de CaCO_3 . A granulometria do carbonato de cálcio deve estar com 95% abaixo de 150 μm e 80% abaixo de 74 μm , baixo teor de sílica e elevadas restrições em relação aos elementos arsênio e flúor (Sampaio e Almeida, 2009).

5.8.2. Uso do Calcário como Rochas Ornamentais ou Decorativas

As rochas carbonatadas, calcário, dolomito e, sobretudo, mármore, são usadas como rochas ornamentais ou decorativas. Calcário e dolomito são usualmente cinza, todavia são encontrados nas cores: branca, amarela, bronzeada ou preta. A rocha dolomito é composta predominantemente do mineral dolomita. Nas rochas ornamentais, certas impurezas podem comprometer o uso do produto como rocha decorativa. As impurezas mais comuns, que provocam escurecimento da rocha, incluem: ferro nas formas de carbonato, óxidos e sulfetos; sílex; sílica; argila; grafita; e matéria orgânica. A cristalinidade, a espessura da estratificação, a facilidade de polimento e a presença de fósseis fazem do calcário e do dolomito rochas decorativas muito atrativas (Sampaio e Almeida, 2009).

5.8.3. Uso do Calcário na Indústria de Vidros

A dolomita e/ou aragonita ocupam o terceiro lugar como insumo básico na fabricação do vidro, depois da areia de quartzo e da barrilha (Na_2CO_3). Esses produtos podem ser usados como fonte de cal na composição soda-cal-sílica, dependendo do tipo de vidro a ser fabricado. A cal atua

como material fundente sobre a areia de quartzo, aumentando a insolubilidade e a resistência, além de reduzir a fragilidade do vidro.

A denominação vidro plano refere-se ao vidro fabricado em folhas planas ou chapas que, posteriormente, podem ser usadas para outros fins, como o vidro automotivo. Na fabricação desses produtos, a dolomita é usada, principalmente, em decorrência de o óxido de magnésio atuar como estabilizador para melhorar a resistência do vidro contra ataques por gases e umidade, tanto de origem química como natural. A dolomita também atua na redução da temperatura de fusão, que aumenta a trabalhabilidade, como também inibe as reações entre o estanho e o vidro no banho de estanho fundido para obtenção de vidros planos.

A dolomita pura nunca é usada de forma isolada, isto é, sem calcário, na fabricação de vidro. O ideal é um calcário dolomítico com uma razão CaO/MgO de 3:2. A dolomita com essa composição facilita balancear a mistura dolomita/calcário. Dentre os principais insumos da mistura para fabricação de vidro plano, o calcário representa, tipicamente, 4% do total (Sampaio e Almeida, 2009).

5.8.4. Uso do Calcário na Indústria Cerâmica

A aplicação do calcário, calcítico ou dolomítico, na composição das massas cerâmicas, fornece ao produto final uma redução nas expansões térmica e por umidade. O CaCO_3 reage com a sílica livre amorfa resultante da queima dos componentes da mistura e forma uma fase cristalina cálcica.

5.8.5. Uso do Calcário na Indústria Metalúrgica

O óxido de cálcio reage prontamente com impurezas, como aquelas que contêm enxofre, e as reações desse tipo são importantes nos processos pirometalúrgicos de altas temperaturas, nos quais o CaCO_3 reage com as impurezas ácidas nos fornos de ferro gusa. O uso do calcário na indústria do aço objetiva escorificar as impurezas da carga, e diminuir a temperatura de fusão da carga e a viscosidade da escória, facilitando o seu escoamento.

O calcário calcítico utilizado na siderurgia tem a dupla função: fundente e fluxante. Esses calcários devem conter, no mínimo, 49% de CaO; entre 2% e 4% de MgO, e entre 2% e 5% de SiO_2 . A granulometria deve ser entre 20 e 49 μm , e a perda ao fogo deve ser em torno de 40% (Sampaio e Almeida, 2009).

5.8.6. Uso do Calcário no Tratamento da Água

Por dureza da água entende-se a característica conferida à água pela presença de sais de metais alcalinos e alcalino-terrosos (cloro, cálcio, magnésio, sódio, potássio e outros) e alguns metais, porém em menores concentrações. A maneira mais prática para identificar a dureza da água consiste na ausência da espuma, quando se usa o sabão nas operações de lavagens.

No transporte da água para o abastecimento, é comum, em decorrência do equilíbrio químico desfavorável, a formação de incrustações nas tubulações, com mais intensidade, quando se trata de água quente. As incrustações decorrem da existência dos compostos químicos que tornam a água dura. Tais fatos são mais evidentes nos radiadores de automóveis, hidrômetros, caldeiras, entre outros.

Os compostos responsáveis pela dureza da água também respondem pelo custo elevado da água utilizada nas indústrias de bebidas, tintas, têxtil, operações de lavagem, consumo doméstico, entre outros. Nestes casos, é necessária a remoção dos compostos que provocam a dureza da água. A cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ é um dos reagentes mais usados para remoção dos íons cálcio e magnésio da água, através de reações que precipitam os compostos de cálcio e magnésio, impedindo sua disponibilidade na água e sua deposição como incrustações (Sampaio e Almeida, 2009).

6. ASPECTOS AMBIENTAIS

6.1. Impactos Ambientais

A extração mineral não é considerada uma atividade de impacto ambiental permanente. Apesar disso, nos últimos 30 anos, empresas que desempenham esta atividade estão mais conscientes da responsabilidade de preservação de nossas florestas e recursos hídricos. Geólogos modernos de exploração usam estes conceitos no dia-a-dia em decorrência de treinamento e crescente preocupação pessoal (Reis, Bicho e Melo, 2008).

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 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; seus dirigentes estão sujeitos a sanções penais em caso de descumprimento da lei; estudos de impacto ambiental, diagnósticos, e uma série de outros estudos foram realizados.

Apesar dos avanços no planejamento de novas minas e na gestão ambiental dos empreendimentos em funcionamento, ainda há um longo caminho a percorrer no tratamento das questões socioambientais associadas ao fechamento de minas. O quadro legal e o aparato administrativo foram montados para equacionar os problemas ambientais decorrentes da abertura e do funcionamento de minas e demais atividades, mas muito pouco foi feito para tratar do descomissionamento de minas, ou seja, a desativação ambientalmente segura e socialmente responsável de minas e instalações conexas, o que demanda um planejamento concatenado com o planejamento do projeto, em paralelo a uma cuidadosa planificação econômico-financeira, elementos ainda virtualmente ausentes no setor mineral brasileiro (Sánchez, 2008).

6.2. Consumo Energético

Nas minas, os principais equipamentos são movidos por motores a diesel, e nas usinas de beneficiamento, os equipamentos, principalmente os moinhos e demais equipamentos, são movidos por motores elétricos. A demanda por energia aumenta, partindo das áreas de mineração, seguindo em direção às áreas de beneficiamento. Assim, enquanto operações de desmonte de rocha com explosivos consomem cerca de 0,1 kWh/t, em britadores o índice eleva-se para magnitudes de 1 kWh/t, atingindo valores da ordem de 10 kWh/t em circuitos de moagem, e até 100 kWh/t em etapas de pulverização, moagem fina, ou micronização (Delboni Jr., 2008).

A principal fonte de avanços em relação à eficiência energética tem sido eventuais trocas de equipamentos ou dos motores dos equipamentos existentes, por versões mais eficientes. Outra fonte de ganhos de eficiência energética, apesar de timidamente adotada até o presente, mas que tem o potencial de reduzir substancialmente o consumo energético da etapa de moagem, altamente demandadora de energia elétrica, são os novos sistemas de cominuição disponíveis no mercado. Entre estes, se destacam os moinhos de rolos de alta pressão (HPGR – *High Pressure Grinding Rolls*), os britadores de eixos dentados (*Sizers*), e os britadores de impacto com eixo vertical (VSI – *vertical shaft impactors*) (Delboni Jr., 2008).

6.3. Emissão 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 calcário no Brasil, apesar de que se estima que o setor de transformação de não-metálicos responde por cerca de 14% da emissão brasileira total de CO₂ decorrente da queima de combustíveis (MME, 2008).

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 calcário, as emissões correspondem principalmente ao consumo de eletricidade por parte dos equipamentos (motores) usados para a cominuição do minério.

Na produção de PCC, há uma emissão de grande quantidade de CO₂ na etapa de calcinação do calcário, gerando CaO. Essas emissões são compensadas pela etapa de precipitação, quando a cal hidratada é exposta ao mesmo CO₂ emitido anteriormente, para produzir o PCC (precipitado). Há de se lembrar que as reações envolvidas são reversíveis, portanto são emissoras e absorvedoras de CO₂, em diferentes etapas. Por exemplo, na calcinação para a produção intermediária de cal virgem, a emissão de CO₂ pode corresponder a aproximadamente 44% do peso do calcário processado, ou seja 770 kg CO₂ por tonelada de cal produzida. Já na etapa de produção intermediária de cal hidratada (Ca(OH)₂), o processo não gera emissões líquidas de CO₂. Finalmente, as emissões iniciais do processo de calcinação são teoricamente totalmente recuperadas na etapa de precipitação (Sampaio, 2009). Naturalmente, há as emissões correspondentes ao consumo de energia utilizada no processo, que não são insignificantes, sendo aproximadamente de 361 kg CO₂ por tonelada de calcário processado na calcinação, somente referentes ao consumo de combustíveis para a calcinação, além de outras demandas energéticas (MME, 2008).

As emissões de CO₂ relacionadas ao uso do calcário na produção de cimento e de cal são significativas e bem conhecidas, e são abordadas especificamente nos estudos sobre esses produtos.

6.4. Utilização de Água

Na mineração e no beneficiamento do calcário não há significativo uso direto de água de processo, portanto a demanda sobre os recursos hídricos é pouca, mas a preocupação se dá especialmente em relação à possível degradação desses recursos na região da área de lavra, por conta da grande movimentação de minério e estéril. Esse risco é relativo a possíveis efeitos sobre a qualidade da água dos recursos hídricos, devido ao assoreamento ou à suspensão de sólidos.

Outro risco se refere aos aquíferos, comuns em áreas onde ocorrem depósitos de calcário, por estarem sujeitos à gradual dissolução pelas águas que se infiltram em suas camadas, abrindo fendas e caminhos para a circulação da água subterrânea. Nesses casos, a operação de lavra, ou de outras atividades levadas a cabo nas proximidades, pode implicar na contaminação mais fácil e rápida dos aquíferos, e maiores cuidados e exigências técnicas se aplicam a essas operações (Bliss, 2008).

Não há, na literatura, estudos sobre o consumo direto de água nas operações de lavra e beneficiamento do calcário. O consumo de água, e, portanto, a demanda e os efeitos sobre os recursos hídricos, podem ser estimados em relação ao consumo médio das pessoas envolvidas nessas etapas, mais o consumo e o descarte envolvido nas operações de manutenção, administrativas e outras.

Na produção de PCC, há uma demanda por água, baseada na necessidade da hidratação da cal produzida como produto intermediário. Esta quantidade de água pode ser significativa, pois

representa aproximadamente 18% da massa do calcário processado. A demanda por esta água está sujeita aos critérios de outorga, definidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), segundo a Lei 9.984 de 17 de junho de 2000, pois a outorga de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida na Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1998. O processamento desta água e o possível descarte de excedentes fazem parte do processo produtivo licenciado, e das respectivas exigências impostas, quando o licenciamento é concedido.

6.5. Geração de Resíduos Minerais

A remoção do capeamento superficial, ou seja, dos estéreis da mineração, gera resíduos provenientes da exploração mineral. O indicador dessa atividade é medido em toneladas de estéril por tonelada de ROM (*run of mine*). Há atualmente inúmeras iniciativas de aproveitamento de rejeitos de mineração, como finos de pedreiras, e outros, que devem se multiplicar, tanto por razões econômicas (retorno sobre investimentos em valorização) quanto por razões ambientais (minimização de resíduos). É um campo promissor de pesquisa que pode ser associado aos estudos sobre ecologia industrial, ou seja, o estudo dos fluxos de matéria e energia em processos industriais, e de como tais fluxos podem se integrar, aumentando a ecoeficiência de um conjunto de indústrias de uma região.

Algumas das tendências que poderão permitir o melhor aproveitamento dos resíduos minerais das atividades de mineração do calcário são: a formação de recursos humanos; e a formação de redes de cooperação entre universidades, centros de pesquisa, órgãos fiscalizadores, e outros. Estas tendências favorecem a produção ambientalmente adequada, especialmente quando levada a cabo com integração entre setores que podem se complementar em relação à utilização dos rejeitos de um, no outro.

Por ser um produto com valor relativamente baixo, a lavra de calcário não ocorre com elevados índices de remoção ou produção de estéril, apesar de que não há um valor específico da razão estéril/minério, que surge como regra na indústria, ou que imediatamente inviabiliza a lavra.

6.6. Cavernas

Os depósitos de calcário podem ocorrer de forma a permitir a formação de grandes cavernas, quando a água dissolve volumes significativos de rocha. Nesse caso, algumas dessas cavernas chegam a representar um patrimônio espeleológico importante, que deve ser preservado. O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) tem publicado diversas resoluções sobre a proteção que deve ser dada ao patrimônio espeleológico, como a Resolução N° 347, de 10 de setembro de 2004. Apesar de permitir uma reavaliação do grau de relevância das cavernas (“cavidade natural subterrânea”), o Decreto 6.640, de 7 de novembro de 2008, mantém uma rígida proteção às cavernas em geral, e nos casos de ocorrência dessas formações, a lavra do calcário certamente não poderá ser realizada, ou pelo menos deverá apresentar um plano que resguarde sua integridade, para obter o devido licenciamento.

7. ASPECTOS ECONÔMICOS

7.1. Preço de Mercado por Tipo de Produto

O preço do calcário varia principalmente de acordo com a função ou aplicação, e com o beneficiamento. Para o calcário agrícola, o preço varia principalmente em função da qualidade do produto bruto, definida pelo PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), e segundo o custo do frete.

De acordo com o banco de dados Mineral Data do CETEM, os valores médios de comercialização do calcário no Brasil são apresentados na

Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios de comercialização do calcário no Brasil (US\$/t)

Ano	Produção mineral bruta	Produção mineral beneficiada	Exportações	Importações
2005	1,84	3,86	53,43	115,45
2004	1,72	4,12	47,69	88,08
2003	1,56	3,75	49,23	60,72

Fonte: Mineral Data (CETEM, 2009)

Segundo o Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo (Sindical), os preços do calcário agrícola comercializado em alguns estados do Brasil, nos últimos anos, são apresentados na

Tabela 8.

Tabela 8 – Preço médio do Calcário Agrícola em alguns estados (R\$/t)

Estado	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BA	35,00					
ES	40,00(*)		40,00(*)			
GO	20,00		22,00	25,00	25,00 a 28,00	
MA	32,00			40,00		
MG	19,40		18,90	16,00	23,00	
MS	21,50		18,00	19,00	27,00	
MT	24,50		22,14	22,00	19,00 a 20,00	
PE	26,00		30,00(*)	29,00		
PI	25,00					
PR	12,50		13,00	12,30	14,00	
RN	14,00					
RS	24,00		30,00	28,00	26,00 a 27,00	
SC	15,50			18,00		
SP	23,08	23,14	23,33	22,74	25,43	29,85
TO	35,00		40,00	30,00		

(*) ensacado. Fonte: ABRACAL (ABRACAL, 2009)

Os dados do Undata (*Industrial Commodity Statistics Database*), banco de dados mantido pela Divisão de Estatística das Nações Unidas, que apresenta informações sobre o valor e a quantidade da produção mundial de calcário e de outros produtos minerais, indica que nos últimos anos (2005, 2006 e 2007) o valor médio da tonelada de calcário produzida foi de US\$8,04 por tonelada (UM, 2008).

7.2. Nível de Concentração na Indústria

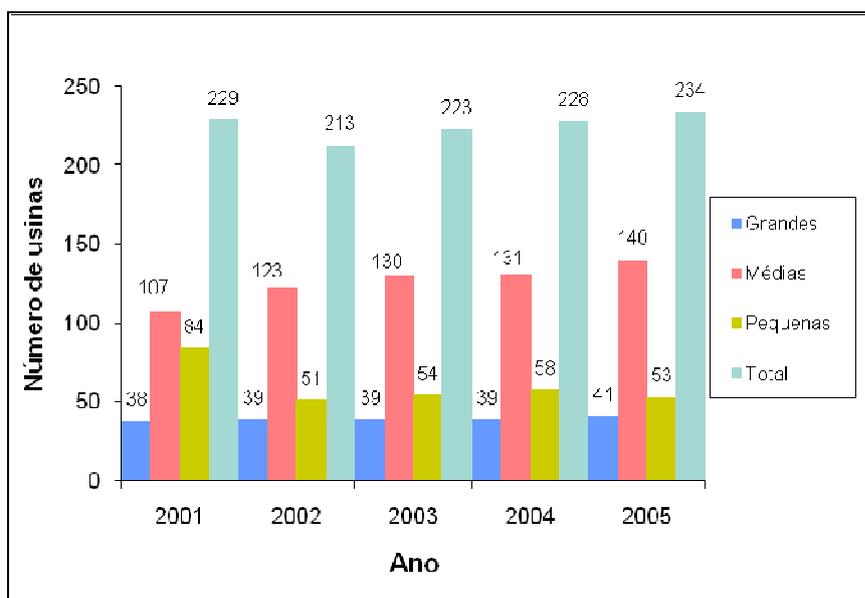
A produção de calcário está relativamente concentrada nas maiores empresas produtoras, das quais as dez maiores foram relacionadas na

Tabela 6, acima. O valor da produção dessas empresas representa mais de um terço (35,8%) do valor total da produção de calcário no Brasil.

Em relação às usinas de beneficiamento de calcário no Brasil, diferentemente da situação do parque de mineração, onde há um grande número de pequenas e médias empresas de mineração atuantes no mercado, a produção de calcário beneficiado se dá com uma distribuição relativamente concentrada em grandes e médias empresas beneficiadoras, classificadas de acordo com os mesmos critérios de volumes processados do que as minas. A

Figura 6 apresenta a evolução do número de usinas de calcário em cada classificação, nos últimos anos, de acordo com o AMB 2006.

Figura 6 – Número de usinas brasileiras de Calcário, em cada classificação, em 2005.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Em relação à produção total de minerais não metálicos no Brasil, apesar do calcário ser um item importante dessa produção, a produção de calcário não beneficiado representa aproximadamente 5% do volume total da produção bruta de minerais não metálicos no Brasil. Em relação à produção de minerais não metálicos beneficiados, a produção de calcário representa aproximadamente 33%. A

Tabela 9 apresenta a importância relativa do calcário na produção brasileira de minerais não metálicos.

Tabela 9 – O Calcário em relação à produção nacional de minerais não metálicos, em 2005

	Participação na produção bruta	Participação na produção beneficiada	Participação na produção total
Sobre o volume da produção	5,47%	33,49%	14,73%
Sobre o valor da produção	3,96%	12,08%	9,45%

Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Dentre as empresas atuantes na produção de calcário no Brasil, a preponderância é de empresas de capital nacional.

7.3. Padrão Organizacional das Empresas do Segmento

Pelo menos entre as maiores empresas produtoras de calcário, bruto ou beneficiado, parece haver uma certa conscientização em relação ao valor das certificações dos sistemas de gestão da qualidade e do meio ambiente. Dentre as dez maiores empresas do segmento, cinco têm certificação ISO 9001 (sistema de gestão da qualidade), e duas têm certificação ISO 14001 (sistema de gestão ambiental).

Dentre as 74 empresas operadoras de minas classificadas como Grandes ou Médias, apenas onze têm certificação ISO 9001, e apenas três têm certificação ISO 14001, o que demonstra que a preocupação com a certificação dos sistemas de gestão da qualidade e do meio ambiente não é muito grande, apesar de muitas dessas empresas serem de grande porte financeiro.

Em relação à natureza jurídica das empresas operadoras de minas classificadas como Grandes ou Médias, apenas 17 estão constituídas como SA (sociedade anônima); as demais são constituídas como Ltda. (sociedade limitada).

Devido ao fato que os dados compilados sobre as empresas que atuam nesse segmento se referem a minas oficialmente contabilizadas, a informalidade fiscal é baixa, ou seja, praticamente todas as empresas atuantes, constantes dos levantamentos oficiais, são formalizadas.

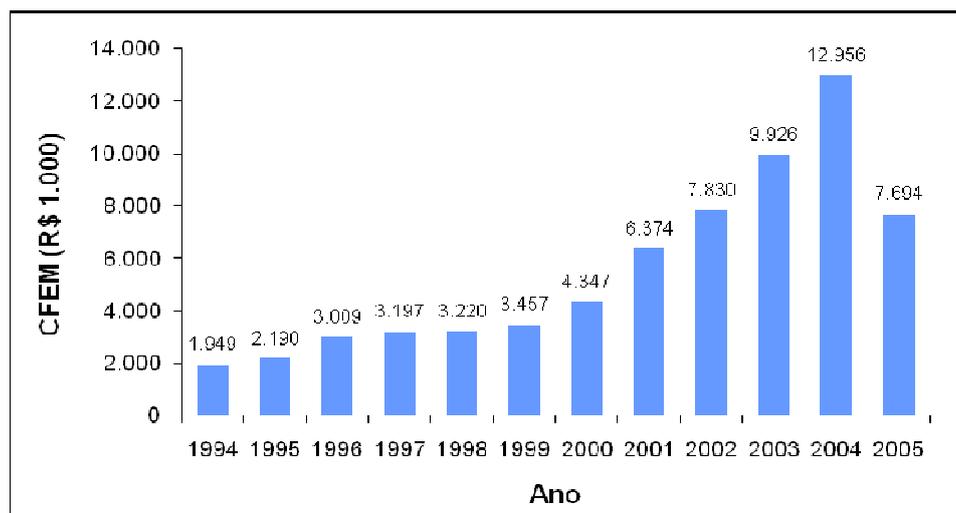
7.4. Arrecadação

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), estabelecida pela Constituição de 1988, é devida aos estados (23%), aos Municípios (65%) e aos órgãos da administração da União (DNPM, IBAMA e MCT – 12%), como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios. Compete ao DNPM baixar normas e exercer fiscalização sobre a arrecadação da CFEM (Lei Nº 8.876/94, art. 3º - inciso IX). A CFEM é devida por quem exerce atividade de mineração em decorrência da exploração ou extração de recursos minerais. O fato gerador da CFEM é a saída por venda do produto mineral das áreas da jazida, ou a utilização do produto mineral por parte do minerador. A CFEM é calculada sobre o valor do faturamento líquido, ou seja, excluídos os tributos (ICMS, PIS, COFINS) que incidem na comercialização, e as despesas com transporte e seguro. Quando não ocorre a venda, porque o produto mineral é consumido, transformado ou utilizado pelo próprio minerador, então o valor para efeito do cálculo da CFEM é a soma das despesas diretas e indiretas ocorridas até o momento da utilização do produto mineral.

As alíquotas aplicadas sobre o faturamento líquido, para obtenção do valor da CFEM devido, variam de acordo com a substância mineral, de 0,2% a 3%, sendo que o calcário goza da menor alíquota (0,2%). A evolução da arrecadação da CFEM de 1994 a 2005 pode ser vista na

Figura 7. A participação da CFEM arrecadada sobre o calcário representa 1,9% do total da CFEM arrecadada em 2005 (DNPM, 2006).

Figura 7 - CFEM Arrecadada de 1994 a 2005.



Fonte: Mineral Data (CETEM, 2009)

7.5. Investimentos

Os investimentos realizados nas minas e usinas de beneficiamento de calcário no Brasil, em 2005, no total de R\$104,29 milhões, foram aproximadamente igualmente distribuídos entre as minas e as usinas de beneficiamento (52% e 48%, respectivamente). O mesmo se aplica aos investimentos previstos para o triênio 2006 a 2008, no total de R\$573,73 milhões, que seriam distribuídos aproximadamente igualmente entre as minas e as usinas (49% e 51%, respectivamente).

Nas minas, a maior parte (quase metade) dos investimentos realizados e previstos está alocada à categoria “Outros”, sendo que apenas 6% dos investimentos previstos estão alocados à categoria “Geologia e pesquisa mineral”. A distribuição dos investimentos nas minas pode ser vista na Tabela 10.

Tabela 10 - Investimentos nas Minas

	Geologia e Pesquisa	Infra-Estrutura	Inovações Tecnológicas	Aquisição e Reforma de Equip.	Outros	Total
Realizados em 2005 (R\$1.000)	5.875	2.041	483	23.680	21.362	53.440
Previstos 2006-2008 (R\$1.000)	15.997	22.084	5.820	97.978	135.296	277.175

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

Nas usinas, a maior parte (mais da metade) dos investimentos realizados está alocada à aquisição e reforma de equipamentos. Em relação aos investimentos previstos, a maior parte está alocada a inovações tecnológicas (39%) e infra-estrutura (34%). A distribuição dos investimentos nas usinas pode ser vista na Tabela 11.

Tabela 11 - Investimentos nas Usinas

	Infra-Estrutura	Inovações Tecnológicas	Aquisição e Reforma de Equip.	Meio Ambiente	Outros	Total
Realizados em 2005 (R\$1.000)	12.355	3.974	26.855	2.671	4.995	50.850
Previstos 2006-2008 (R\$1.000)	99.440	114.912	57.452	10.941	13.813	296.559

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

7.6. Incentivos

Os principais incentivos econômico-financeiros relativos ao calcário têm sido os programas do governo, dirigidos ao estímulo do uso e aplicação do calcário agrícola no campo, com o objetivo de melhorar a produtividade agrícola, reduzir o esgotamento dos solos das novas regiões encampadas pela agricultura brasileira, e alavancar os benefícios comprovados da calagem no rendimento e desempenho dos fertilizantes utilizados em diversas culturas. Essa foi a origem do plano denominado “Operação Tatu”, na década de 1960, no Rio Grande do Sul; do PROCAL (Programa Nacional de Calcário Agrícola), da década de 1970; do PLANACAL (Plano Nacional de Calcário Agrícola), elaborado em 1998; do PRONAC (Programa Nacional de Calagem), que sequer chegou a ser implementado; do PROSOLO (Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos de Solo), que chegou a aplicar mais de R\$500 milhões em incentivos ao uso do calcário agrícola, de 1998 a 2000; do PROPASTO (Programa nacional de Recuperação de Pastagens Degradadas), de 2001; e mais recentemente, do novo Plano Nacional de Calcário Agrícola – Contribuição à Qualidade e à Produtividade, proposto pela ABRACAL; além de diversos planos em nível estadual (IBRAM, 2008).

Os problemas verificados no mercado de calcário agrícola foram principalmente relacionados aos seguintes fatores:

- i. Altos preços dos produtos e do custo do frete;
- ii. Inadequação das condições de crédito para aquisição de comercialização do calcário agrícola;
- iii. Falta de conhecimento por parte dos agricultores, sobre a importância e os benefícios do uso dos corretivos de solos (calagem).

Através dos anos, o objetivo de ampliar o uso do calcário agrícola não parece ter sido uma iniciativa exitosa, dado o fato que apesar desses esforços, a relação entre o consumo total de calcário agrícola e o consumo total de fertilizantes vem sofrendo queda de 3:1 em 1973, para 2:1 em 1980, 1,4:1 em 1985, e 0,9:1 em 2007 (com base no consumo de 22,75 e 24,61 milhões de toneladas, respectivamente, de calcário agrícola e fertilizantes agrícolas, em 2007), o que sugere que o uso dos fertilizantes não vem sendo plenamente potencializado (Nahass e Severino, 2003; AGROLINK, 2009).

7.7. Fontes de Financiamento

O Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral, do MME (PORMIN, 2009) apresenta, de forma sucinta, as linhas de créditos dos principais bancos de fomento do Brasil, disponíveis para as atividades mineiras no Brasil, inclusive aquelas referentes às atividades ligadas à extração do calcário. O site do PORMIN destaca que alguns desses bancos não possuem linhas de crédito específicas para a mineração, mas que uma adequação às necessidades do setor é possível, e que, devido aos efeitos da recente crise internacional, algumas informações podem estar desatualizadas. As informações oferecidas sobre as principais fontes de financiamento são:

- Agência de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco – AD/Diper, <http://www.addiper.pe.gov.br/>
- Banco da Amazônia S/A- BASA, <http://www.basa.com.br/>

- Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais – BDMG, <http://www.bdmg.mg.gov.br/>
- Banco do Nordeste, <http://www.bnb.gov.br/>
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, <http://www.bndes.gov.br/>
- Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe – CODISE, <http://www.codise.se.gov.br/>
- CT-Mineral – Fundo Setorial Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, webmaster@mct.gov.br
- Agência de Fomento de Goiás S/A, <http://www.fomento.goias.gov.br/index.php?funmineral>
- Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, <http://www.funcap.ce.gov.br/>
- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, <http://www.capes.gov.br/>
- Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, <http://www.facepe.br>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL, <http://www.fapeal.br>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, <http://www.fapemig.br>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, <http://www.fapesp.br>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí – FAPEPI, <http://www.fapepi.pop-pi.rnp.br/>
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, <http://www.fapergs.tche.br>
- Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa – FADESP, <http://www.fadesp.org.br/>
- Fundação de Apoio à Pesquisa de Goiás – FUNAPE, <http://www.funape.ufg.br/>
- Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ, <http://www.fapesq.rpp.br/>
- Fundação de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – FUNCITEC, <http://www.funcitec.rct-sc.br/>
- Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP, <http://www.fundep.ufmg.br/>

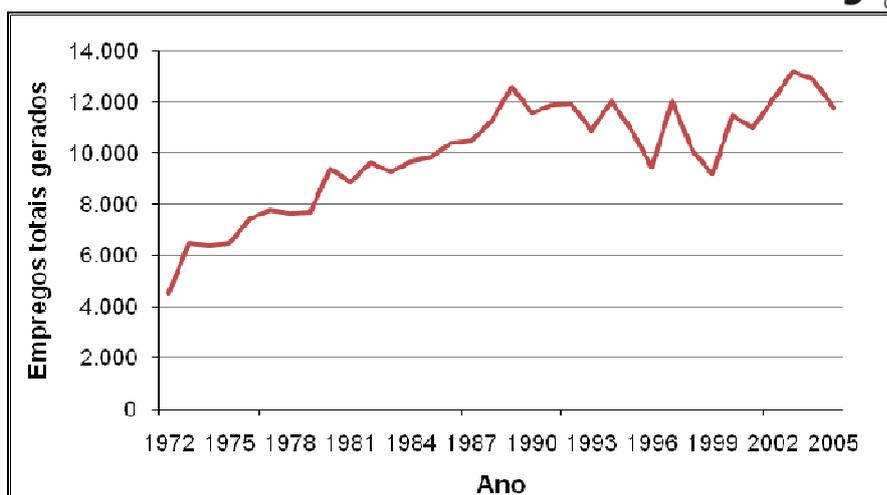
8. RECURSOS HUMANOS

8.1. Mão de Obra

As atividades relacionadas à produção e beneficiamento do calcário no Brasil têm gerado um nível crescente de empregos, com maior oscilação nos últimos anos, como pode ser visto na

Figura 8.

Figura 8 - Número de empregos gerados na mineração e beneficiamento do Calcário no Brasil.

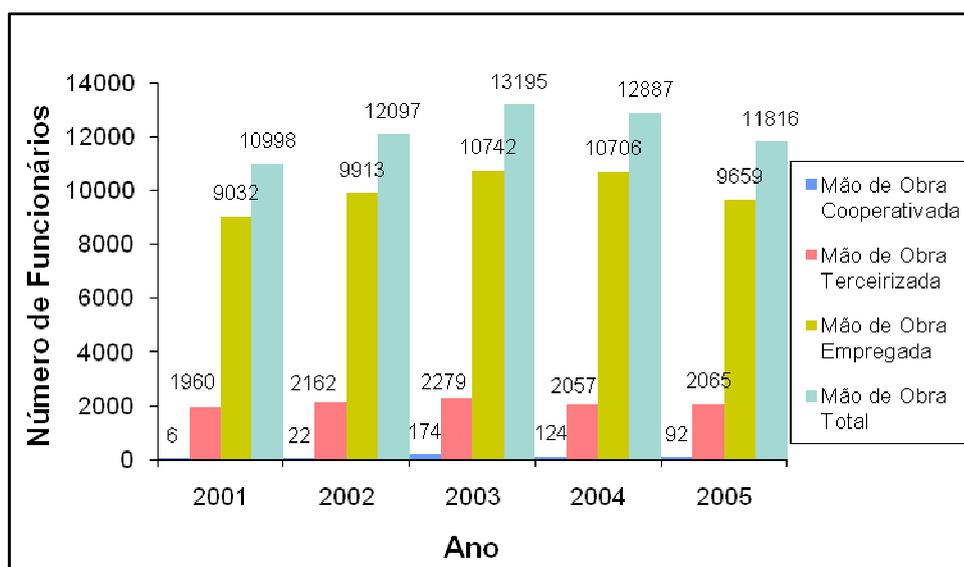


Fonte: Mineral Data (CETEM, 2009)

A distribuição da mão de obra empregada nas atividades relacionadas à produção e beneficiamento do calcário no Brasil pode ser vista na

Figura 9, que mostra que a maior parte é constituída de empregos diretos, com participação secundária de mão de obra terceirizada, e pouquíssimos empregos em cooperativas.

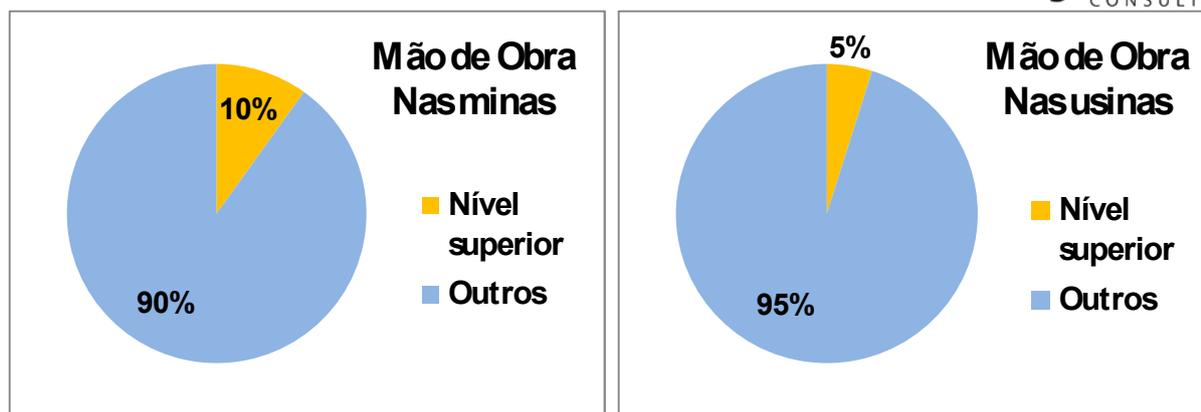
Figura 9 - Distribuição dos empregos gerados na mineração e beneficiamento do Calcário no Brasil, por tipo de mão de obra.



Fonte: Mineral Data (CETEM, 2009)

Quanto à qualificação da mão de obra empregada nas atividades relacionadas à produção e beneficiamento do calcário no Brasil, sua distribuição pode ser vista na Figura 10, que mostra que nas minas, aproximadamente 10% da mão de obra utilizada é de nível superior, e nas usinas essa proporção é de aproximadamente 5%.

Figura 10 - Distribuição da qualificação da mão de obra nas minas e nas usinas de Calcário no Brasil.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006 (DNPM 2006)

8.2. Coeficientes de Ocupação

A ocupação da mão de obra nas atividades relacionadas à produção e beneficiamento do calcário no Brasil tem se mantido relativamente estável nos últimos cinco anos, sendo de aproximadamente 0,14 empregos por mil toneladas de produção anual total (Tabela 12).

Tabela 12 – Coeficiente de ocupação de mão de obra nas atividades relacionadas à produção e beneficiamento do Calcário

Empregos por mil toneladas de produção total anual	2001	2002	2003	2004	2005
	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14

Fonte: Elaboração própria, sobre os dados do Mineral Data (CETEM, 2009)

9. ARCABOUÇO LEGAL

9.1. Estrutura da Regulamentação

O Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral, do MME (PORMIN, 2009) apresenta, de forma simplificada e resumida, os principais instrumentos legais que orientam a atividade mineral no País, inclusive aqueles referentes às atividades ligadas à extração do calcário.

No Brasil, a mineração, de um modo geral, está submetida a um conjunto de regulamentações, onde os três níveis de poder estatal possuem atribuições com relação à mineração e ao meio ambiente. Em nível federal, os órgãos que têm a responsabilidade de definir as diretrizes e regulamentações, bem como atuar na concessão, fiscalização e cumprimento da legislação mineral e ambiental para o aproveitamento dos recursos minerais são os seguintes:

- Ministério de Minas e Energia – MME: responsável por formular e coordenar as políticas dos setores mineral, elétrico e de petróleo/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 por formular e coordenar a 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 geológicas e minerais, bem como conceder, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, de acordo o Código de Mineração;

- Serviço Geológico do Brasil – CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais): responsável por gerar e difundir conhecimento geológico e hidrológico básico, além de disponibilizar informações e conhecimento sobre o meio físico para a gestão territorial;
- Agência Nacional de Águas – ANA: Responsável pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, sua principal competência é a de implementar o gerenciamento dos recursos hídricos no país. Responsável também pela outorga de água superficial e subterrânea, inclusive aquelas que são utilizadas na mineração;
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA: responsável por formular as políticas ambientais, cujas Resoluções têm poder normativo, com força de lei, desde que, o Poder Legislativo não tenha aprovada legislação específica;
- Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH: responsável por formular as políticas de recursos hídricos; promover a articulação do planejamento de recursos hídricos; estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso dos 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;
- Centro de Estudos de Cavernas – CECAV (IBAMA): responsável pelo patrimônio espeleológico.

O principal arcabouço legal referente à mineração em geral é dado pela Constituição Federal do Brasil, de 1988. Em seguida, o Código de Mineração do Brasil (Decreto-Lei N° 227, de 27/02/1967), estabelece o conjunto de leis que rege a ordenação legal da atividade. Finalmente, há os decretos-lei, outros decretos, e as portarias, nos três níveis do governo, que também constituem o regulamento dessa atividade. No Anexo I, há uma relação mais completa desses instrumentos, que podem ser vistos e acompanhados pelo site do MME.

9.2. Licenciamento e Leis 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; seus dirigentes estão sujeitos a sanções penais em caso de descumprimento da lei; estudos de impacto ambiental, diagnósticos, e uma série de outros estudos foram realizados.

Qualquer nova atividade que possa gerar possíveis impactos ambientais, o que no caso da mineração é certo, está sujeita ao licenciamento ambiental, estipulado pelo Artigo 10 da Lei nº 6.938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), que atribui ao órgão estadual ambiental a competência primária para o licenciamento ambiental, ou ao IBAMA, no caso de impactos em nível regional ou nacional.

A lei de Crimes Ambientais, Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. A Lei 9.605-98, regulamentada pelo Decreto 3179/1999, que define multas, penalidades, e implementa outros instrumentos legais, como o TAC (Termo de Ajustamento de Conduta), passou a fazer parte de qualquer consideração na tomada de decisões sobre novos empreendimentos, sobre a conduta dos negócios, e sobre a gestão dos recursos naturais que possam ser impactados pelas operações da empresa.

10. CENÁRIO INTERNACIONAL

10.1. Produção e Demanda

O consumo mundial de calcário é muito semelhante à produção mundial, pois em geral não ocorre armazenamento deste bem mineral.

Quanto à produção mundial, há uma falta de informações confiáveis sobre a produção de calcário no mundo, em parte devida à falta de estatísticas fornecidas pelos respectivos países, e em parte devida à dificuldade de caracterização da produção de calcário, diferenciada da produção de outras rochas comumente consideradas como calcário, e vice-versa. Informações a respeito do calcário não são fornecidas por nenhuma das principais entidades que publicam informações sobre a produção mineral mundial, como o USGS (United States Geological Survey), o British Geological Survey, etc. Também existe uma inconsistência nos critérios de informação dos dados apresentados entre diferentes países, que dificulta uma comparação dos dados sobre o calcário, no mundo como um todo.

Ainda assim, a partir dos dados do “UNdata”, além de informações de diversas outras fontes, foi ensaiado um cálculo, neste estudo, da provável produção mundial de calcário, considerando os dados mais atuais disponíveis nessas fontes de dados, geralmente abrangendo o período de 2002 a 2007. Dessa forma, a produção anual de calcário nos últimos anos foi estimada em aproximadamente 780 milhões de toneladas, excluindo-se a produção da China (provavelmente um dos três maiores produtores mundiais), para o qual não há dados nacionais fornecidos, assim como excluindo-se a quantidade de calcário produzido nos EUA, mas que provavelmente deveria ser classificada como rochas minerais destinadas à construção (agregados para construção).

A produção mundial aproximada de rochas calcárias (uma definição um tanto mais abrangente do que a do calcário em si), para os maiores países produtores para os quais informações relativamente confiáveis estão disponíveis, para o ano de 2007 (ou o ano mais recente disponível), está relacionada na

Tabela 13. Infelizmente, o Undata relaciona apenas a produção bruta de rochas calcárias, e suas informações não apresentam uma boa comparabilidade, pois grande parte da produção em diversos países, incluindo o Brasil, é de produto beneficiado. O Undata deve disponibilizar informações mais atualizadas em breve, segundo contato da Divisão de Estatística das Nações Unidas.

Tabela 13 – Produção Mundial de Rochas Calcárias, em 2007 (ou ano mais recente disponível para cada país)

País	Produção recente (mil toneladas)
China	N/A
EUA	331.549
Índia	129.800
Irã	55.900
Arábia Saudita	36.450
Ucrânia	28.249
Paquistão	23.642
Brasil	22.679
Reino Unido	20.096
Alemanha	18.129
Espanha	15.225
Polônia	12.730
Cazaquistão	11.006
Tailândia	8.354
Canadá	7.638
Rep. Checa	5.975
México	5.950
Eslováquia	5.420
Bulgária	5.232
Romênia	4.928

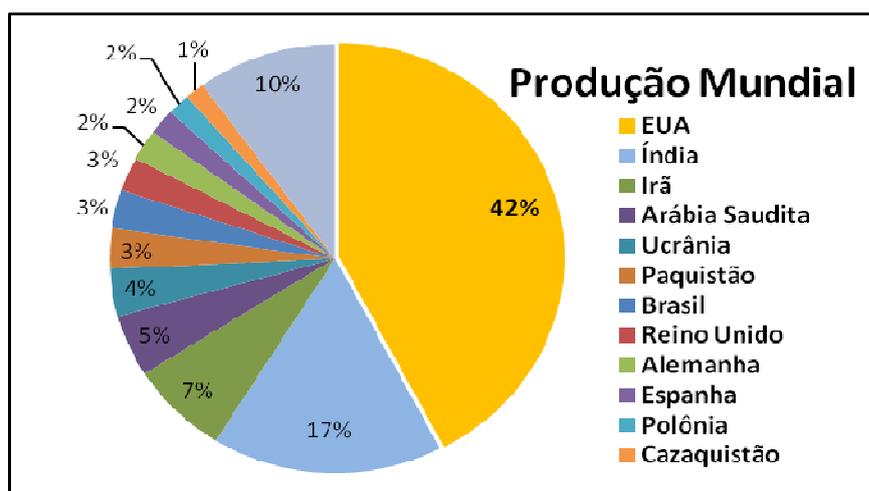
Noruega	4.782
Suécia	3.554
Omã	3.020
Finlândia	3.002
Rússia	2.988
Croácia	2.370
Portugal	2.305
Hungria	1.748
Lituânia	1.672
Azerbaijão	1.425
Argentina	1.070
Outros países	6.836
Total	783.735

Fonte: Elaboração própria, com base nas informações do “Undata” (*Industrial Commodity Statistics Database*) (UN, 2008); Freas, Hayden e Pyor, 2006; Mineral Commodity Summaries (USGS, 2009); GIC, 2009; e outras

A relativa participação dos diferentes países na produção mundial pode ser vista na

Figura 11.

Figura 11 – Participação relativa dos países na produção mundial de Rochas Calcárias, em 2007 (ou ano mais recente disponível para cada país).



Fonte: Elaboração própria

10.2. Reservas

A produção mundial de calcário não é acompanhada pelo USGS, mas sim a de cal e de outros subprodutos. Ainda assim, o USGS sugere que as reservas mundiais, provadas e inferidas, de calcário e dolomita, mesmo não sendo estimadas especificamente, seriam adequadas para atender a demanda mundial durante muitos anos (USGS, 2009). Estima-se que as maiores reservas estejam com os maiores produtores mundiais.

Assim como no Brasil, os valores de reservas estimadas provavelmente incluem quantidades que não serão extraídas por muitos anos. Por outro lado, as estimativas de reservas provavelmente não incluem quantidades de calcário em áreas onde uma produção não tenha um mercado assegurado num horizonte de planejamento típico de atividades econômicas (algo como até 100 anos). Boa parte das reservas de calcário em nível mundial está ligada à perspectiva de um mercado consumidor próximo, tanto em termos geográficos como no tempo (Freas, 2006).

11. PROJEÇÕES ATÉ 2030

11.1. Cenários

Na projeção dos valores para o ano de 2030, para cada parâmetro estimado (variável dependente), são consideradas as variáveis independentes que influenciam esse parâmetro, descritas nas seções correspondentes, e que geralmente envolvem indicadores macroeconômicos nacionais, além de outras variáveis específicas para cada parâmetro.

Adicionalmente, são considerados três cenários macroeconômicos para as projeções, um conservador, outro médio e um otimista. No cenário conservador, as variáveis independentes que envolvem indicadores macroeconômicos nacionais são projetadas segundo um cenário denominado “Frágil”; no cenário médio, as variáveis independentes que envolvem indicadores macroeconômicos nacionais são projetadas segundo um cenário denominado “Vigoroso”; e no cenário otimista, as variáveis independentes que envolvem indicadores macroeconômicos nacionais são projetadas segundo um cenário denominado “Inovador”. Os critérios utilizados para caracterizar os três cenários foram fornecidos como condicionantes exógenas, pela coordenação dos trabalhos sendo realizados para o MME, e aplicáveis às projeções realizadas para todos os produtos estudados.

Para os indicadores macroeconômicos nacionais, o Cenário Frágil considera uma possível reversão dos atuais condicionamentos sócio-políticos e a desestabilização do atual contexto fiscal e monetário. Consequentemente, o país deverá regredir no processo de estabilização de sua economia, concomitantemente a retrocessos no plano externo, com deterioração do atual contexto de integração competitiva à economia internacional. De acordo com as projeções realizadas, esse cenário prevê o crescimento do PIB a uma taxa média de aproximadamente 2,3% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 11,9 mil, em 2030. Esse valor de crescimento médio é resultante da aplicação de estimativas de crescimento de 2,8% no período até 2015; de 2,5% no período de 2016 a 2020; e de 2,0% no período de 2021 a 2030, nas planilhas de projeções.

O Cenário Vigoroso pressupõe a manutenção e o aperfeiçoamento das atuais condições de estabilidade e de aprofundamento das reformas político-institucionais, especialmente nos campo da gestão pública (reforma administrativa), fiscal (reforma tributária), e da previdência social (reforma previdenciária), além das concessões de serviços de infra-estrutura (saneamento, energia, portos e transporte rodoviário, fluvial e marítimo). De acordo com as projeções realizadas, esse cenário prevê o crescimento do PIB à taxa de 4,6% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 18,9 mil, em 2030. Esse valor de crescimento médio é resultante da aplicação de estimativas de crescimento de 4,0% no período até 2015; de 4,5% no período de 2016 a 2020; e de 5,0% no período de 2021 a 2030, nas planilhas de projeções.

O Cenário Inovador admite um condicionamento ainda mais virtuoso, no qual – além do aperfeiçoamento da estabilização e do aprofundamento das reformas institucionais - o país empreende uma vigorosa mobilização nacional pela inovação, contando com uma ampla participação de instituições públicas, entidades não governamentais, empresas e da sociedade como um todo. Admite-se que tal processo de mobilização seja focado em planos e programas direcionados para uma ampla geração e difusão de informação, conhecimento e aprendizado, como estímulo a projetos específicos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. De acordo com as projeções realizadas, esse cenário prevê o crescimento do PIB à taxa de 6,9% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 29,2 mil, em 2030. Esse valor de crescimento médio é resultante da aplicação de estimativas de crescimento de 5,0% no período até 2015; de 6,5% no período de 2016 a 2020; e de 8,0% no período de 2021 a 2030, nas planilhas de projeções.

Há de se notar que em vista da recente crise mundial, deflagrada a partir de 2008, estes cenários ainda podem representar ambientes macroeconômicos demasiadamente otimistas, em

relação ao crescimento macroeconômico observado atualmente, onde até mesmo a contração no nível de atividade econômica de muitos países e segmentos está ocorrendo, incluindo alguns segmentos de relevância para o calcário, como o da construção civil e diversas indústrias. As projeções realizadas neste estudo representam, portanto, um viés que acompanha os parâmetros dos cenários macroeconômicos descritos.

11.2. Produção e Demanda

Como a produção de calcário no Brasil acompanha de perto a demanda, e como não são observados estoques significativos de calcário, a projeção da demanda (consumo) em 2030 é estimada como sendo igual à produção à época. Adicionalmente, está afastada a possibilidade da demanda ser restringida pela falta de produção, ou pela falta de agilidade na transformação das reservas em produção, pois a distribuição das acumulações das jazidas de calcário, assim como a quantidade total de reservas lavráveis, são tidas como sendo amplamente suficientes para atender qualquer demanda estimada, pelo menos no prazo da projeção (até o ano de 2030).

As variáveis independentes consideradas na projeção da demanda por calcário no Brasil, no ano de 2030, são:

- o PIB, especialmente em relação à parcela do consumo dedicada a atender à demanda na produção de cimento e para os demais usos industriais do calcário;
- a produção de cimento, principal consumidor de calcário produzido no Brasil; e
- um indicador agrícola (IA), representado pelo número de hectares de lavouras plantadas no Brasil, como *proxy* da demanda por calcário agrícola, cujo uso varia principalmente com a área a ser plantada.

As informações sobre o PIB brasileiro foram obtidas a partir dos dados publicados pelo IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), até o ano de 2007. Os valores futuros foram extrapolados, conforme os cenários macroeconômicos descritos acima, através da utilização de ferramentas estatísticas simples, aplicadas na plataforma de manejo de planilhas de dados Excel®, da Microsoft Corporation.

As informações sobre a produção de cimento foram obtidas a partir dos dados publicados pelo Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), até o ano de 2007. Os valores futuros foram extrapolados através da utilização de ferramentas estatísticas simples, aplicadas na plataforma de manejo de planilhas de dados Excel®, da Microsoft Corporation.

Para levar em conta possíveis diferentes ritmos de crescimento do consumo do calcário utilizado na indústria de cimento, principal consumidor do calcário produzido, os valores futuros da produção de cimento foram sujeitos a três cenários do desempenho futuro desse indicador. No primeiro cenário (Cenário Frágil), os valores do indicador são extrapolados considerando um crescimento da produção, igual a 75% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis. No segundo cenário (Cenário Vigoroso), os valores do indicador são extrapolados considerando um crescimento da produção, igual a 100% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis. No terceiro cenário (Cenário Inovador), os valores do indicador são extrapolados considerando um crescimento da produção, igual a 125% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis.

As informações sobre o valor do indicador agrícola (IA) utilizado foram obtidas a partir dos dados publicados pelo IBGE, em seu Anuário Agropecuário 2006, apesar de que nele não constam valores desse indicador para todos os anos. Dessa forma, os valores intermediários tiveram que ser interpolados, e os valores futuros foram extrapolados, através da utilização de ferramentas estatísticas simples, aplicadas na plataforma de manejo de planilhas de dados Excel®, da Microsoft Corporation.

Como no caso do cimento, para levar em conta possíveis diferentes ritmos de crescimento do consumo do calcário agrícola, importante parcela da demanda futura prevista, os valores futuros do IA utilizado também foram sujeitos a três cenários do desempenho futuro desse indicador. No primeiro cenário (Cenário Frágil), os valores do IA são extrapolados considerando um crescimento da área plantada com lavouras, igual a 75% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis. No segundo cenário (Cenário Vigoroso), os valores do IA são extrapolados considerando um crescimento da área plantada com lavouras, igual a 100% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis. No terceiro cenário (Cenário Inovador), os valores do IA são extrapolados considerando um crescimento da área plantada com lavouras, igual a 125% do crescimento histórico observado até o presente, nos dados disponíveis. Dessa forma, esses cenários poderiam ajudar a expressar o efeito de um aumento da prática de calagem de solos no Brasil, o que representaria uma significativa fonte de nova demanda por calcário agrícola, e consequentemente por calcário como um todo.

Os dados históricos dos volumes da produção anual total (bruta e beneficiada) de calcário no Brasil, assim como os valores das variáveis independentes (PIB, produção de cimento, e IA) utilizadas para realizar as projeções da demanda por calcário até o ano de 2030, para anos selecionados, constam da

Tabela 14. O Anexo II apresenta os dados históricos completos dessas variáveis, assim como os valores de cada uma, extrapolados para cada cenário, até o ano de 2030, os quais foram utilizados para realizar as projeções seguintes.

Tabela 14 – Dados históricos para anos selecionados, para cálculo das projeções de demanda e produção de calcário

Ano	Produção Mineral Total de Calcário (1.000 t)	Produção de Cimento (1.000 t)	PIB (milhões US\$)	Indicador Agrícola (1.000ha de lavouras)
1980	40.787	27.193	237.772	40.384
1985	43.174	20.635	211.092	42.534
1990	55.000	25.848	469.318	37.895
1995	71.967	28.566	770.350	36.952
2000	77.828	39.901	644.984	37.852
2005	88.245	38.705	882.439	47.868
2006	96.461	41.895	1.088.911	46.153
2007	107.023	46.589	1.333.818	46.685

Fonte: Mineral Data (CETEM, 2009); CONAB, 2009; IBGE, 2009; Censo Agropecuário (IBGE, 2006)

Considerando cada um dos três cenários para as projeções, foram calculados os valores da demanda (e produção) de calcário, até o ano de 2030, através de ferramentas estatísticas de regressão, resultando nos valores de produção total de calcário, projetados para cada cenário, constantes da

Tabela 15.

Tabela 15 – Projeção da demanda por Calcário até 2030 (mil toneladas)

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2010	120.795	122.626	124.307
2015	130.202	136.076	141.514
2020	139.636	152.253	165.083

2025	148.500	171.758	197.269
2030	157.925	193.762	235.730

Fonte: Elaboração própria

11.3. Mão de Obra

Na projeção de demanda por mão de obra, de nível superior e outros, essa variável é considerada como sendo diretamente proporcional ao volume da produção projetado, com a aplicação do coeficiente de ocupação atual, visto que o segmento não apresenta significativas mudanças tecnológicas que impliquem numa mudança nesse parâmetro (o coeficiente de ocupação de mão de obra).

Para os níveis de produção futura de calcário, o mesmo coeficiente de ocupação de mão de obra que se tem aplicado nos últimos anos (0,14 empregos por mil toneladas produzidas) foi utilizado nas projeções da demanda por mão de obra até o ano de 2030, considerando-se que 55% dessa mão de obra continuará sendo alocada às minas e 45% às usinas, e sendo que 10% e 15% terá qualificação de nível superior, respectivamente, nas minas e nas usinas. No agregado, 12,25% da mão de obra total empregada é considerada como sendo de nível superior.

Dessa forma, considerando cada um dos três cenários para as projeções, foram calculados os níveis de mão de obra a ser empregada nas minas e nas usinas, até o ano de 2030, através de cálculos simples sobre os coeficientes de ocupação atuais, aplicados aos valores projetados para a produção de calcário futura. A

Tabela 16 apresenta esses resultados.

Tabela 16 – Projeção da demanda por mão de obra total (Minas e Usinas), até 2030

Ano	Cenário Frágil		Cenário Vigoroso		Cenário Inovador	
	Nível Superior	Outros	Nível Superior	Outros	Nível Superior	Outros
2010	2.072	14.840	2.103	15.065	2.132	15.271
2015	2.233	15.995	2.334	16.717	2.427	17.385
2020	2.395	17.154	2.611	18.704	2.831	20.280
2025	2.547	18.243	2.946	21.100	3.383	24.234
2030	2.708	19.401	3.323	23.804	4.043	28.959

Fonte: Elaboração própria

Há de se lembrar que a projeção para os níveis de mão de obra empregada nas minas e nas usinas representa apenas uma demanda por recursos humanos à época, sem sugerir o nível de investimentos necessários para garantir que essa mão de obra esteja de fato disponível e adequadamente qualificada. Como grande parte dessa mão de obra é pouco qualificada, atualmente, e não é prevista uma mudança nas exigências em relação à proporção de mão de obra qualificada, até 2030, imagina-se que o mercado não terá dificuldade em disponibilizar essa mão de obra.

As projeções da mão de obra a ser empregada até o ano de 2030 sugerem que um total de aproximadamente 22 mil (Cenário Frágil) a 33 mil (Cenário Inovador) trabalhadores serão empregados na produção de calcário. A distribuição dessa mão de obra entre as minas e as usinas, pode ser vista na

Tabela 17.

Tabela 17 – Projeção da demanda por mão de obra nas Minas e nas Usinas, em 2030

	Nas Minas			Nas Usinas		
	Nível Superior	Outros	Total	Nível Superior	Outros	Total

Cenário Frágil	1.216	10.944	12.160	1.492	8.457	9.949
Cenário Vigoroso	1.492	13.428	14.920	1.831	10.376	12.207
Cenário Inovador	1.815	16.336	18.151	2.228	12.623	14.851

Fonte: Elaboração própria

11.4. Investimentos

Na projeção da demanda por investimentos, nas diferentes categorias de investimentos aplicáveis às minas e às usinas, essa variável é considerada como sendo diretamente proporcional ao volume da produção projetada até o ano de 2030. Visto que o segmento não apresenta significativas mudanças tecnológicas que impliquem numa mudança nesse parâmetro, foram utilizados os mesmos coeficientes de investimentos realizados, observados atualmente, como indicador do nível de investimentos necessários para manter a produção nos níveis da demanda esperada em cada ano futuro. O valor atual desses coeficientes (em reais por tonelada produzida nas minas ou processada nas usinas) é de aproximadamente R\$ 0,605 por tonelada produzida nas minas, e de aproximadamente R\$0,576 por tonelada processada nas usinas.

Adicionalmente, foi considerado que a alocação dos investimentos futuros nas minas seguirá a alocação atual, onde 44,3% dos investimentos são alocados a equipamentos, 11,0% são alocados à geologia e pesquisa mineral, e 44,7% são alocados a outras categorias de investimentos. Da mesma forma, a alocação futura dos investimentos nas usinas foi considerada como sendo a mesma que vigora atualmente: 52,8% alocados a equipamentos, 24,3% são alocados à infra-estrutura, e 22,9% são alocados a outras categorias de investimentos. A

Tabela 18 apresenta os resultados das projeções dos investimentos a serem realizados nas minas e nas usinas, nas diferentes categorias de investimento, em 2030.

Tabela 18 – Projeção dos investimentos necessários nas Minas e nas Usinas, em 2030 (R\$ milhões)

	Nas Minas			Nas Usinas		
	Equips.	Geologia e Pesquisa Mineral	Outros	Equips.	Infra-Estrutura	Outros
Cenário Frágil	41,9	10,4	42,3	47,4	21,8	20,6
Cenário Vigoroso	50,8	12,6	51,2	57,5	26,5	24,9
Cenário Inovador	61,1	15,2	61,6	69,2	31,8	30,0

Fonte: Elaboração própria

O total de investimentos nas minas e nas usinas, nos três anos antecedentes (2028 a 2030), estimado entre R\$553 milhões (Cenário Frágil) e R\$807 milhões (Cenário Inovador), sugere um nível continuado de investimentos necessários para manter essa produção, num período que provavelmente compreende o ciclo de maturação dos investimentos típicos dessa indústria.

Há de se levar em conta que os investimentos necessários para manter a produção nesses níveis terão que ser realizados ano a ano, durante os anos antecedentes, para manter e elevar a capacidade produtiva aos níveis projetados para 2030, o que implica na necessidade de uma relativa estabilidade no ambiente de investimentos, para que essas previsões possam se realizar.

12. CONCLUSÕES

O calcário é um produto extremamente versátil, usado nas mais variadas aplicações e em diferentes indústrias, como na do cimento, na agricultura, na construção civil, e em diversas outras indústrias. Apesar de ser um produto importante para setores tão expressivos na economia, há uma relativa falta de dados sobre sua produção e comercialização. Boa parte desta dificuldade se deve ao fato que seu uso se dá em segmentos muito diferentes, que o utilizam de forma também muito diferente, conforme as especificações aplicáveis às suas necessidades específicas. Desta forma, diferentes tipos de calcário acabam sendo classificados como outras rochas (agregados para a construção civil, por exemplo), ou seu uso acaba sendo classificado genericamente como carga ou outros insumos da indústria, que não o calcário em si, dificultando um acompanhamento estatístico acurado. Por outro lado, devido aos seus diferentes usos, as entidades de classe que poderiam realizar este acompanhamento de forma abrangente, acabam focando sua atenção na produção e no uso do calcário apenas em alguns segmentos nos quais atuam, deixando uma lacuna em relação aos dados globais sobre sua produção e consumo.

Esta dificuldade se estende às informações em nível mundial, e mesmo importantes agências e serviços geológicos, como o USGS, não apresentam relatórios dirigidos especificamente à produção e consumo de calcário, nos EUA ou no mundo, publicando apenas relatórios sobre alguns dos usos do calcário, como na produção de cimento e cal. A variedade de produtos que podem se enquadrar como calcário, como as rochas carbonáticas, dolomíticas e outras, e as diferentes finalidades às quais a produção pode se destinar, como calcário para a indústria cimenteira, agregados para a construção civil, corretivos de solos, e outros, dificultam a padronização das informações publicadas por diferentes países, e tornam estatísticas globais praticamente inúteis.

Justamente por esta razão, uma das mais importantes iniciativas que os principais serviços geológicos nacionais poderiam realizar, seria um estudo mais amplo da produção e dos usos do calcário, fazendo um levantamento minucioso da produção e dos usos que não são corretamente contabilizados, atualmente, transformando esse trabalho numa importante ferramenta de gestão de recursos naturais, e de planejamento industrial, agrícola e de desenvolvimento nacional. Tal iniciativa seria especialmente importante para o Brasil, que além de apresentar uma vigorosa indústria de cimento, principal destino da produção de calcário no Brasil, também apresenta um grande potencial para ampliar ainda mais sua consagrada posição como potência agrícola e fornecedor mundial de produtos alimentícios e energéticos, baseados na agricultura sustentável e eficiente. Tal levantamento, se realizado pelo MME, dando continuidade ao presente trabalho, seria de grande utilidade para muitas indústrias que dependem do calcário como importante insumo; para muitos empreendedores que poderiam ter interesse em investir em novas minas ou usinas; para produtores agrícolas que poderiam ampliar o uso da calagem como forma de potencializar o uso dos fertilizantes e otimizar sua produção; e para órgãos de apoio e estímulo às atividades econômicas nacionais, que assim poderiam contar com informações mais precisas e confiáveis.

Independentemente das dificuldades, lacunas e defasagens na obtenção de informações atualizadas, relativas à produção e aos usos do calcário no Brasil, o presente estudo pôde apresentar um perfil do calcário, reunindo informações sobre a produção e comercialização do calcário, sobre alguns aspectos técnicos, e sobre as respectivas tendências projetadas para os próximos anos.

Em relação à produção, além do Brasil ser um produtor de grande porte, com produção de mais de cem milhões de toneladas anuais, sua produção tem apresentado um crescimento de aproximadamente 20% nos últimos cinco anos. As projeções realizadas para a demanda de calcário no Brasil, até o ano de 2030, consideram que o consumo será igual à produção, pois não são observados estoques significativos de calcário na cadeia produtiva. Segundo os três diferentes

cenários macroeconômicos, e os três cenários de crescimento das variáveis que controlam sua demanda (PIB, produção de cimento e um indicador agrícola), a demanda e produção de calcário no Brasil deverá atingir entre 158 (Cenário Frágil) e 236 (Cenário Inovador) milhões de toneladas, em 2030, portanto um incremento substancial de 50% a 125% acima da produção recente.

O levantamento dos preços de comercialização do calcário praticados no Brasil sofre os efeitos da enorme variedade de tipos e de especificações do produto, conforme suas diferentes aplicações. Ocorrem preços desde os mais elevados, de mais de US\$100 por tonelada, para produtos beneficiados com especificações exigentes, para usos industriais, até os mais baratos, de menos de R\$10 por tonelada, para o calcário agrícola com um beneficiamento simples (moagem), em muitas regiões do Brasil. Os preços mais baixos implicam numa preponderância da importância dos custos de logística na comercialização do calcário, especialmente do produto bruto e aquele destinado ao uso agrícola.

Dessa forma, é duvidoso que os dados sobre o valor da produção de calcário, em nível nacional, englobando todos esses diferentes tipos de produtos, seja uma informação útil como referência para uma análise de investimentos, um planejamento macro- ou microeconômico, ou uma tomada de decisões. Ainda assim, os valores relatados para o valor da produção total (bruta e beneficiada) de calcário, no Brasil, de aproximadamente US\$1,35 bilhões, revelam a expressiva importância relativa do calcário na economia nacional, apesar de que a CFEM arrecadada sobre o calcário representou apenas 1,9% de toda a CFEM arrecadada no Brasil.

Em relação às reservas lavráveis de calcário no Brasil, praticamente todas em minas a céu aberto, as estimativas sugerem que elas representam mais de quatrocentos anos de produção, nos níveis atuais. Mundialmente, a razão reservas/produção também é confortável. Não se espera, portanto, que a produção de calcário seja limitada pela disponibilidade de reservas lavráveis, pelo menos até o horizonte de projeção (ano de 2030) utilizado para fazer as projeções de demanda e consumo de calcário no Brasil.

A produção e o beneficiamento de calcário no Brasil são realizados por muitas empresas que atuam no mercado, mas a produção das dez maiores empresas representa mais de um terço da produção total, e existe uma forte concentração econômica, especialmente em relação ao beneficiamento. Ainda assim, devido à grande importância dos custos de logística, e ao fato que as reservas lavráveis de calcário estão amplamente distribuídas pelos estados brasileiros, reduzindo possíveis barreiras à entrada de novos produtores, não é provável que essa indústria sofra significativamente devido à concentração atual da produção nas mãos de relativamente poucos concorrentes importantes. Por outro lado, o expressivo número de pequenos produtores que tradicionalmente opera na mineração e no beneficiamento do calcário também atesta para um mercado relativamente livre e competitivo. A relativa facilidade de lavra e os investimentos relativamente baixos para a lavra e o beneficiamento impedem que os preços de mercado sejam facilmente controlados por determinados grupos, nessas condições.

As empresas atuantes na indústria de mineração e beneficiamento do calcário apresentam, majoritariamente, uma estrutura relativamente fechada (poucas são incorporadas como sociedades anônimas), e poucas detêm certificações relativas à qualidade e ao meio ambiente (ISO 9001 e ISO 14.001). Os maiores produtores comumente também são os maiores consumidores, especialmente no caso dos fabricantes de cimento, que buscam assegurar o fornecimento do principal insumo de sua indústria. Esse é o caso, por exemplo, dos grandes grupos como Votorantim, Holcim, e outros, que operam minas de calcário sob o nome de diversas subsidiárias.

Apesar da tendência do mercado de calcário utilizado na indústria, que tem apresentado crescente exigência em relação às características do produto, especialmente o GCC e o PCC, os investimentos totais nas minas e nas usinas de beneficiamento de calcário no Brasil têm sido

tímidos (aproximadamente R\$1,18 por tonelada, em 2005), e as previsões de novos investimentos para o triênio 2006-2008 são pouco melhores (estimadas em aproximadamente R\$1,80 por tonelada por ano). O parque produtivo tem investido relativamente pouco em inovações tecnológicas, e os fornecedores têm conseguido atender à demanda do mercado com as instalações atuais, mesmo se em muitos casos elas não são modernas ou muito eficientes.

As projeções realizadas para a demanda por investimentos nas minas e nas usinas de calcário no Brasil, até o ano de 2030, levaram em conta que não houve expressivas mudanças tecnológicas que impliquem numa mudança nos coeficientes de investimentos realizados, por tonelada produzida nas minas ou processada nas usinas, observados atualmente. Dessa forma, o total de investimentos nas minas e nas usinas, estimados como necessários para manter a produção nos níveis projetados, nos últimos três anos até o horizonte de projeção (2028 a 2030), foi estimado entre R\$553 milhões (Cenário Frágil) e R\$807 milhões (Cenário Inovador). Esse valor sugere que o nível de investimentos necessários para manter a produção nos patamares projetados terá que crescer significativamente, em relação aos baixos níveis atuais de investimento, mesmo mantendo os mesmos coeficientes de investimento observados atualmente.

Quanto à demanda por mão de obra nas minas e nas usinas de calcário, no Brasil, as projeções realizadas com base nos valores da produção projetada apontam para um substancial aumento da mão de obra empregada, dos quase doze mil empregados, atualmente, para algo entre 22 mil (Cenário Frágil) a 33 mil (Cenário Inovador) trabalhadores, com pouco mais da metade ocupada nas minas. Como grande parte dessa mão de obra é pouco qualificada (pouco mais de 12%, entre minas e usinas, é de nível superior), atualmente, e não é prevista uma mudança nas exigências em relação à proporção de mão de obra mais qualificada, até 2030, imagina-se que o mercado não terá dificuldade em disponibilizar essa mão de obra.

Um possível fator que poderia limitar a oferta de mão de obra adequadamente qualificada, mesmo nos níveis relativamente baixos previstos, é o fato que a demanda prevista por mão de obra empregada nas minas e nas usinas não sugere o nível de investimentos necessários para garantir que essa mão de obra esteja de fato disponível e adequadamente qualificada. Esses investimentos, mesmo não tendo sido estimados diretamente, serão necessários para que as minas e as usinas de beneficiamento de calcário possam ser supridas com a mão de obra necessária.

Em relação às perspectivas para a intensificação do consumo do calcário, especialmente na agricultura, o que tem sido observado é que os diversos planos governamentais para estimular o uso do calcário agrícola no Brasil não têm obtido êxito em seus objetivos. Ainda há pouca disseminação da prática de calagem dos solos brasileiros, que são especialmente carentes de correção de seu pH, geralmente ácido. O baixo consumo de calcário agrícola continua, apesar das diversas fontes de incentivos e financiamentos oficiais disponíveis, que buscam incentivar o consumo de calcário agrícola no Brasil, otimizando a produtividade agrícola, e alavancando os benefícios dos fertilizantes utilizados no campo.

Com relação às perspectivas para o futuro da indústria do calcário, é importante notar que em vista da recente crise mundial, deflagrada a partir de 2008, os cenários adotados ainda podem representar ambientes macroeconômicos demasiadamente otimistas. As projeções realizadas neste estudo representam, portanto, um viés que acompanha os parâmetros dos cenários macroeconômicos descritos.

Por outro lado, os investimentos necessários para manter e elevar a produção aos níveis projetados terão que ser realizados ano a ano, durante os anos antecedentes à produção projetada para cada ano, o que implica na necessidade de uma relativa estabilidade no ambiente de investimentos, para que essas previsões possam se realizar. Dada a situação econômica mundial atual, a continuidade dessa estabilidade pode ser questionada, apesar de que o Brasil tem apresentado boa resiliência econômica durante a presente crise econômica mundial.

Apesar das diversas dificuldades, em relação à falta de informações precisas e confiáveis sobre a produção e comercialização do calcário no Brasil e no mundo, as informações apresentadas no presente estudo fornecem um perfil amplo sobre o calcário, que deve ajudar a subsidiar as estratégias empresariais dos seus participantes, em relação a essa indústria, assim como e subsidiar as políticas nacionais e o planejamento do desenvolvimento nacional.

13. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABPC – Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.abpc.org.br/frame.htm>, acessado em 31-05-09.

ABPC - Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2008. Visão Geral do Mercado da Cal no Brasil, Maio 2008. Disponível em http://www.apfac.pt/eventos/seminario_argamassas_fabris_2008/ABPC%20Tektonica08.pdf, acessado em 15-07-09.

ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola, 2009. Site institucional. Disponível em http://www.sindical.com.br/fram_abracal.htm, acessado em 17-05-2009.

AGROLINK, 2009. Consumo de fertilizantes no Brasil – O complexo 2008. Disponível em <http://www.agrolink.com.br/noticias/ClippingDetalhe.aspx?CodNoticia=126970>, acessado em 15-07-2009.

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil, 2009. Agregados para a construção civil. Disponível em http://www.anepac.org.br/14/pdf_sum_mineral/AGREGADOSPARACONSTRUCAOCIVIL2005.pdf, acessado em 15-07-2009.

Bliss, J. D., Hayes, T. S., Orris, G. J., 2008. Limestone - A Crucial and Versatile Industrial Mineral Commodity. USGS Fact Sheet 2008-3089. Disponível em <http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3089/>, acessado em 31-05-2009.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 1997. Calcário – Informe Setorial No 12, Novembro/97.

- 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.
- CEMBUREAU, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.cembureau.be/>, acessado em 17-05-2009.
- 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 17-05-2009.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.conab.gov.br>, acessado em 15-07-2009.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.cprm.gov.br>, acessado em 17-05-2009.
- Delboni Jr., H., 2008. Cominuição, Parte II, Capítulo 2, in Tendências Tecnológicas Brasil 2015, Eds. F. R. C. Fernandes, G. M. M. Matos, Z. C. Castilhos, A. B. Luz. Disponível em http://www.cetem.gov.br/tendencias/livro_n.htm, acessado em 15-07-2009.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2000. Tributação da Mineração no Brasil. Disponível em http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=368, acessado em 31-05-2009.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2006. Anuário Mineral Brasileiro 2006. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=789>, acessado em 17-05-2009.
- 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, 2009a. Sumário Mineral 2008. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/calcarioagricola.pdf>, acessado em 17-05-2009.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009b. Economia Mineral - Produção e Comercialização: Goiás - 6º Distrito. Disponível em <http://www.dnpm.gov.br/go/conteudo.asp?IDSecao=525>, acessado em 17-05-2009.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009c. Informe Mineral, 2º Semestre de 2008. Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral, Ministério de Minas e Energia. Disponível em http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=3116, acessado em 31-05-2009.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2009d. Pesquisa de Processos no Módulo Administrativos. Disponível em <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>. Acessado em 19-05-2009.
- Freas, R. C., Hayden, J. S., Pryor Jr., C. A., 2006. Limestone and Dolomite, in Industrial Minerals and Rocks, 7th Ed., Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- Freas, R. C., 2006. Limestone – Nature’s Duct Tape. SME Annual Meeting, March 27-29, 2006, St. Louis, USA.
- IEA – Instituto de Economia Agrícola, 1999. Calcário agrícola: decréscimo de 16% nos dez primeiros meses de 1999. Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=591>, acessado em 15-07-2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, acessado em 15-07-2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. Censo Agropecuário 2006. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, acessado em 15-07-2009.

- IBRAM – Instituto Brasileiro da Mineração, 2008. Programas incentivam o uso dos calcários agrícolas. Revista Indústria da Mineração, Ano III, no 13, p. 10-11, jan, 2008. Disponível em <http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00001300.pdf>, acessado em 15-07-2009.
- GIC – Gujarat Industries Commissionerate, 2009. Mines & Minerals statistics. Disponível em <http://ic.gujarat.gov.in/major-events/mines.htm>, acessado em 15-07-2009.
- Industrial Minerals, 2009. Disponível em <http://www.indmin.com/Article/2187961/Industrial-Minerals-May-2009-Prices.html>, acessado em 18-05-2009.
- Internetgeography, 2009. Limestone. Disponível em <http://www.geography.learnontheinternet.co.uk/topics/limestoneinfo.html#lime>, acessado em 31-05-2009.
- Luz, A. B., 1998. Estudo de Oxidação e Redução de Ferro Contido em Caulins. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral, EPUSP.
- MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2009. Estatísticas de Comércio Exterior – DEPLA, SECEX – Secretaria de Comércio Exterior. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/>, acessado em 17-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Prévias da Indústria Mineral 2009/2008. Disponível em http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=45, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Prévias da Indústria Mineral 2008. Disponível em http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/Sinopse_Mineral_2008-2008.pdf, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2008. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Prévias da Indústria Mineral 2007. Disponível em http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/Sinopse_Mineral_2007-2007.pdf, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2007. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Prévias da Indústria Mineral 2006. Disponível em http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Sinopse/Sinopse_Mineral_2006-2006.pdf, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2009. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos - 2008. Disponível em <http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=17093&download>, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2008. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos - 2007. Disponível em <http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=12089&download>, acessado em 31-05-2009.
- MME – Ministério de Minas e Energia, 2007. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não-Metálicos - 2006. Disponível em <http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=9428&download>, acessado em 31-05-2009.
- Nahass, S., Severino, J., 2003. Calcário Agrícola no Brasil. Série Estudos & Documentos, CETEM/MCT, 2003. Disponível em http://www.cetem.gov.br/publicacao/CETEM_SED_55.pdf, acessado em 31-05-2009.
- Neves, C. A. R., da Silva, L. R., 2007. Universo da Mineração Brasileira. Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral, Ministério de Minas e Energia. Disponível em http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=2102, acessado em 17-05-2009.
- PCA - Portland Cement Association, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.cement.org/>, acessado em 17-05-2009.

- PORMIN – Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.pormin.gov.br/#>, acessado em 15-07-2009.
- Portal Certificados.com, 2009. Guia de consulta. Disponível em <http://www.certificadas.com/default.asp>, acessado em 31-05-2009.
- Reis, E., Bicho, C. P., Melo, E., 2008. Exploração Mineral – Tendências Tecnológicas, Parte I, Capítulo 2, in Tendências Tecnológicas Brasil 2015. Eds. F. R. C. Fernandes, G. M. M. Matos, Z. C. Castilhos, A. B. Luz. Disponível em http://www.cetem.gov.br/tendencias/livro_n.htm, acessado em 15-07-2009.
- Roskill, 2008. The Economics of Precipitated Calcium Carbonate, 7th edition 2008. Disponível em <http://www.roskill.com/report.html?id=104>, acessado em 15-07-2009.
- Roskill, 2008. The Economics of Ground Calcium Carbonate, 3rd edition 2008. Disponível em <http://www.roskill.com/reports/ground>, acessado em 15-07-2009.
- Sampaio, J. A., Almeida, S. L. M., 2005. CT2005-132-00: Calcário e Dolomito – Capítulo 15. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-132-00.pdf>, acessado em 31-05-2009.
- Sampaio, J. A., Almeida, S. L. M., 2009. Calcário e Dolomito – Capítulo 16, in Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações, Ed. Adão Benvindo da Luz e Fernando A. Freitas Lins. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/16-agrominerais-calcario-dolomito.pdf>, acessado em 15-07-2009.
- Sánchez, L. E., 2008. Mineração e Meio Ambiente, Parte II, Capítulo 6, in Tendências Tecnológicas Brasil 2015. Eds. F. R. C. Fernandes, G. M. M. Matos, Z. C. Castilhos, A. B. Luz. Disponível em http://www.cetem.gov.br/tendencias/livro_n.htm, acessado em 15-07-2009.
- SEGEMAR – Servicio Geológico Minero Argentino, 2009. Oferta y Demanda de Caliza en Argentina. Disponível em http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Caliza%20y%20Dolom%C3%ADa/Oferta%20y%20demanda%20en%20Argentina/OFERTA%20Y%20DEMANDA%20EN%20ARGENTINA.htm, acessado em 15-07-2009.
- SINDICAL – Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.sindical.com.br>, acessado em 17-05-2009.
- SINDICALC – Sindicato da Indústria de Calcário no Rio Grande do Sul, 2009. Site institucional. Disponível em <http://www.sindicalc.com.br>, acessado em 17-05-2009.
- Souza, E., 2006. Produção de Cimento, apresentação de aula da Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo. Disponível em http://linux.alfamaweb.com.br/sgw/downloads/38_114907_PRODUCAODECIMENTO.ppt, acessado em 15-07-2009.
- SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2008. Relatório Anual 2007. Disponível em http://www.snic.org.br/25set1024/relat_2007-8.html, acessado em 31-05-2009.
- The Mineral Mine, 2009. Calcite. Disponível em <http://www.mine-engineer.com/mining/mineral/calcite.htm>, acessado em 31-05-2009.
- UN – United Nations, 2008. Industrial Commodity Statistics Database - Gypsum; anhydrite; limestone and other calcareous stone. Disponível em <http://data.un.org/Data.aspx?d=ICS&f=cmID:15200-0>, acessado em 17-05-2009.
- UNESP, 2009. Calcário. Disponível em <http://www.mine-engineer.com/mining/mineral/calcite.htm>, acessado em 31-05-2009.
- USGS - U.S. Geological Survey, 2009. Mineral Commodity Summaries, 2009. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>, acessado em 17-05-2009.

USGS - U.S. Geological Survey, 2008. Lime statistics, Historical statistics for mineral and material commodities in the U.S., U.S. Geological Survey Data Series 140. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/lime.pdf>, acessado em 17-05-2009.

14. SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPC - Associação Brasileira de Produtores de Cal
ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola
AMB – Anuário Mineral Brasileiro
ANA - Agência Nacional das Águas
ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil
CaCO₃ - Carbonato de cálcio
CaO – Óxido de cálcio (cal)
Ca(OH)₂ – Cal hidratada
CECAV - Centro de Estudos de Cavernas
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CIF - Custos, Seguro e Frete (*Costs, Insurance and Freight*)
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CO₂ – Dióxido de carbono
COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral

EUA – Estados Unidos da América do Norte
FOB - Mercadoria livre a bordo (*Free on Board*)
GCC - *Ground Calcium Carbonate*)
HPGR – Moinhos de rolos de alta pressão (*High Pressure Grinding Rolls*)
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS - Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços
ISO – International Organization for Standardization
kWh - quilowatt-hora (quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de 1.000 watts durante uma hora)
Ltda. - Sociedade por Cotas de Responsabilidade Limitada
MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia
MgO – Óxido de magnésio
MME - Ministério das Minas e Energia
Na₂CO₃ - Barrilha
ONU - Organização das Nações Unidas
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento
PCC - *Precipitated Calcium Carbonate*
PF – perda ao fogo
pH - grandeza físico-química ”potencial hidrogeniônico”
PIB - Produto Interno Bruto
PIS - Programa de Integração Social
PN - Poder de Neutralização
PORMIN - Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral
PRNT – Poder Relativo de Neutralização Total
PROCAL - Programa Nacional de Calcário Agrícola
PRONAC - Programa Nacional de Calagem
PROPASTO - Programa nacional de Recuperação de Pastagens Degradadas
PROSOLO - Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos de Solo
RE - Reatividade (dada pela granulometria do calcário)
ROM - *run of mine*
SA - Sociedade Anônima
SECEX - Secretaria do Comércio Exterior
SGM - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
SiO₂ – Dióxido de silício
SINDICAL – Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo
SINDICALC - Sindicato da Indústria de Calcário do Rio Grande do Sul
SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
t - tonelada
TAC - Termo de Ajustamento de Conduta
TiO₂ – Dióxido de titânio
USGS - United States Geological Survey
VSI – Britadores de impacto com eixo vertical (*vertical shaft impactors*)
µm – micrometro (milionésimo de metro)

15. ANEXOS

ANEXO I

Arcabouço Legal

Constituição Federal

O PORMIN destaca, de modo sintético, os seguintes aspectos da legislação referente à mineração no Brasil, listando trechos relevantes referentes à mineração na Constituição Federal do Brasil, de 1988, que podem ser encontrados no site do DNPM (<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=380>):

- Art. 20 - São bens da União:
- IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;
- Art. 21 - Compete à União:
- XV - organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia e cartografia de âmbito nacional;
- XXV - estabelecer as áreas e as condições para o exercício da atividade de garimpagem, em forma associativa.
- Art. 22 - Compete privativamente à União legislar sobre:
- XII - jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia;
- XVIII - sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacionais.

- Art. 23 - É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:
- XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.
- Art. 24 - Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre:
- VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição.
- Art. 26 - Incluem-se entre os bens dos Estados:
- I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
- Art. 48 - Cabe ao Congresso Nacional, com a sanção do Presidente da República, não exigida esta para o especificado nos arts. 49, 51 e 52, dispor sobre todas as matérias de competência da União, especialmente sobre:
- V - limites do território nacional, espaço aéreo e marítimo e bens do domínio da União.
- Art. 49 - É da competência exclusiva do Congresso Nacional:
- XVI - autorizar, em terras indígenas, a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos e a pesquisa e lavra de riquezas minerais.
- Art. 91 - O Conselho de Defesa Nacional é órgão de consulta do Presidente da República nos assuntos relacionados com a soberania nacional e a defesa do Estado democrático, e dele participam como membros natos:
- Art. 153 - Compete à União instituir impostos sobre:
- Art. 155 - Compete aos Estados e ao Distrito Federal instituir impostos sobre:
- Art. 170. (*) A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:
- Art. 171. Revogado pelo artigo 3º da Emenda Constitucional Nº 6, de 15 de agosto de 1995, DOU de 16 de agosto de 1995.
- Art. 174 - Como agente normativo e regulador da atividade econômica, o Estado exercerá, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, sendo este determinante para o setor público e indicativo para o setor privado.
- Art. 176 - As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.
- Art. 177 - Constituem monopólio da União:
- Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.
- Art. 231 - São reconhecidos aos índios sua organização social, costumes línguas crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens.

Código de Mineração do Brasil

O PORMIN também descreve sucintamente os sete primeiros capítulos do Código de Mineração do Brasil (Decreto-Lei Nº 227, de 27/02/1967), cujos artigos podem ser encontrados na íntegra no site do DNPM (http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_00.php). Alguns dos principais trechos descritos são:

- Capítulo I - trata das disposições preliminares, abordando como obrigações da União, administrar os recursos minerais, a industrialização e comercialização dos produtos minerais. Fala sobre os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, e regula os

direitos sobre massa individualizada, seja mineral ou fósil, o seu regime de aproveitamento e a fiscalização do Governo Federal da pesquisa, lavra, etc. Classifica uma mina em dois tipos: mina manifestada e mina concedida. Restringe o aproveitamento das jazidas, com a autorização de pesquisa do DNPM e concessão de lavra outorgada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia.

- Art. 11 - Serão respeitados na aplicação dos regimes de Autorização, Licenciamento e Concessão:
 - b) o direito à participação do proprietário do solo nos resultados da lavra.
- Art. 13 - As pessoas naturais ou jurídicas que exerçam atividades de pesquisa, lavra, beneficiamento, distribuição, consumo ou industrialização de reservas minerais, são obrigadas a facilitar aos agentes do Departamento Nacional de Produção Mineral a inspeção de instalações, equipamentos e trabalhos, bem como a fornecer-lhes informações sobre:
 - I - volume da produção e características qualitativas dos produtos;
 - II - condições técnicas e econômicas da execução dos serviços ou da exploração das atividades mencionadas no "caput" deste artigo;
 - III - mercados e preços de venda;
 - IV - quantidade e condições técnicas e econômicas do consumo de produtos minerais.
- Capítulo II - define pesquisa mineral, as condições exigidas para a obtenção de autorização de pesquisa e para a retificação de alvará de pesquisa. Estabelece as obrigações do titular de autorização de pesquisa.
- Capítulo III – define Lavra e Lavra ambiciosa, estabelece as condições para sua outorga, e informa sobre a Imissão de Posse, estabelece as obrigações do titular da concessão de Lavra, define Grupamento Mineiro (Art. 53).
- Capítulo IV - refere-se às Servidões.
- Capítulo V - refere-se às Sanções e as Nulidades.
- Capítulo VI - refere-se ao fechamento de certas áreas de Garimpagem, Faiscação e Cata por proposta do Diretor-Geral do DNPM.
- Capítulo VII - apresenta as Disposições Finais.
- Art. 84 - A jazida é bem imóvel, distinto do solo onde se encontra, não abrangendo a propriedade deste o minério ou a substância mineral útil que a constitui.
- Art. 87 - Não se impedirá por ação judicial de quem quer que seja o prosseguimento da pesquisa ou lavra.
- Art. 88 - Ficam sujeitas à fiscalização direta do DNPM, todas as atividades concernentes à mineração, ao comércio e à industrialização de matérias-primas minerais, nos limites estabelecidos em Lei.

Decretos-Lei

O PORMIN lista alguns dos decretos-lei em vigor, relevantes às atividades de mineração no Brasil. Dois, de maior abrangência, são:

- Decreto-Lei Nº 2435, de 19/05/1988 - dispõe sobre a dispensa de controles prévios na exportação.
- Decreto-Lei Nº 227, de 27/02/1967 - Código de Mineração.

Decretos Executivos

O PORMIN lista alguns dos decretos em vigor, relevantes às atividades de mineração no Brasil. Alguns, de maior abrangência, são:

- Decreto de 17/09/2004 - cria Grupo Operacional para coibir a exploração mineral em terras indígenas, e dá outras providências.
- Decreto Nº 3866, de 16/07/2001 - regulamenta o inciso II-A do § 2º do art. 2º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, e a Lei nº 9.993, de 24 de julho 2000, no que destina

recursos da compensação financeira pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia.

- Decreto Nº 3358, de 02/02/2000 - regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999, que Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996", dispendo sobre a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil.
- Decreto Nº 1, de 11/01/1991 - regulamenta o pagamento da compensação financeira instituída pela Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.
- Decreto Nº 98812, de 09/01/1990 - regulamenta a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e dá outras providências.
- Decreto Nº 97632, de 10/04/1989 - dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências (áreas degradadas).
- Decreto Nº 95002, de 05/10/1987 - modifica dispositivos do Regulamento do Código de Mineração, aprovado pelo Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968.
- Decreto Nº 88814, de 04/10/1983 - altera Dispositivos do Regulamento do Código de Mineração, aprovado pelo Decreto nº 62.934, de 02 de julho de 1968.
- Decreto Nº 69885, de 31/12/1971 - dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao Ativo das empresas de mineração e dá outras providências.
- Decreto Nº 66404, de 01/04/1970 - acrescenta item ao artigo 49 do Regulamento do Código de Mineração.
- Decreto Nº 62934, de 02/04/1968 - aprova o Regulamento do Código de Mineração.

Portarias

Inúmeras portarias são divulgadas cada ano, nos três níveis de governo, e podem melhor ser acompanhadas e acessadas através do site do DNPM (<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67>) ou dos diversos órgãos do governo.

ANEXO II

Projeções até o ano de 2030

Tabela 19 – Projeções para o PIB, de 2008 a 2030, para cada cenário macroeconômico (milhões US\$)

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2008	1.371.165	1.387.171	1.400.509
2009	1.371.165	1.387.171	1.400.509
2010	1.409.558	1.442.658	1.470.535
2011	1.449.026	1.500.364	1.544.062
2012	1.489.598	1.560.379	1.621.265
2013	1.531.307	1.622.794	1.702.328
2014	1.574.184	1.687.706	1.787.444
2015	1.618.261	1.755.214	1.876.817
2016	1.658.717	1.834.199	1.998.810
2017	1.700.185	1.916.738	2.128.732
2018	1.742.690	2.002.991	2.267.100
2019	1.786.257	2.093.125	2.414.461
2020	1.830.914	2.187.316	2.571.401
2021	1.867.532	2.296.682	2.777.113
2022	1.904.883	2.411.516	2.999.282
2023	1.942.980	2.532.092	3.239.225
2024	1.981.840	2.658.696	3.498.363
2025	2.021.477	2.791.631	3.778.232
2026	2.061.906	2.931.213	4.080.491
2027	2.103.144	3.077.773	4.406.930
2028	2.145.207	3.231.662	4.759.484
2029	2.188.111	3.393.245	5.140.243
2030	2.231.873	3.562.907	5.551.462

Fonte: Elaboração própria

Tabela 20 – Projeções para a produção de cimento, de 2008 a 2030, para cada cenário de crescimento futuro (mil toneladas)

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2008	47.733	48.115	48.496
2009	48.035	48.520	49.007
2010	48.339	48.929	49.523
2011	48.644	49.342	50.045
2012	48.952	49.757	50.572
2013	49.261	50.177	51.105
2014	49.572	50.599	51.643
2015	49.886	51.026	52.187
2016	50.201	51.456	52.737
2017	50.518	51.889	53.292
2018	50.837	52.326	53.853
2019	51.159	52.767	54.421
2020	51.482	53.212	54.994
2021	51.807	53.660	55.573

2022	52.135	54.112	56.158
2023	52.464	54.568	56.750
2024	52.796	55.028	57.348
2025	53.129	55.492	57.952
2026	53.465	55.959	58.562
2027	53.803	56.431	59.179
2028	54.143	56.906	59.802
2029	54.485	57.386	60.432
2030	54.829	57.869	61.068

Fonte: Elaboração própria

Tabela 21 – Projeções para o indicador agrícola (IA), de 2008 a 2030, para cada cenário de crescimento futuro (mil hectares plantados)

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2008	46.980	47.078	47.177
2009	47.277	47.475	47.673
2010	47.576	47.875	48.176
2011	47.876	48.278	48.683
2012	48.179	48.685	49.196
2013	48.483	49.095	49.714
2014	48.790	49.509	50.238
2015	49.098	49.926	50.767
2016	49.408	50.347	51.301
2017	49.720	50.771	51.842
2018	50.035	51.199	52.388
2019	50.351	51.630	52.939
2020	50.669	52.065	53.497
2021	50.989	52.504	54.061
2022	51.311	52.946	54.630
2023	51.636	53.393	55.205
2024	51.962	53.842	55.787
2025	52.290	54.296	56.374
2026	52.621	54.754	56.968
2027	52.953	55.215	57.568
2028	53.288	55.680	58.174
2029	53.625	56.149	58.787
2030	53.964	56.622	59.406

Fonte: Elaboração própria

Tabela 22 – Projeções para a produção de Calcário, de 2008 a 2030, para cada cenário considerado (mil toneladas)

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
2008	118.346	119.225	120.024
2009	118.997	120.100	121.126
2010	120.795	122.626	124.307
2011	122.621	125.206	127.573
2012	124.474	127.839	130.924
2013	126.354	130.528	134.362
2014	128.264	133.273	137.892

2015	130.202	136.076	141.514
2016	132.036	139.168	145.942
2017	133.897	142.330	150.508
2018	135.783	145.564	155.217
2019	137.696	148.871	160.074
2020	139.636	152.253	165.083
2021	141.366	155.968	171.070
2022	143.116	159.774	177.274
2023	144.889	163.673	183.703
2024	146.683	167.667	190.365
2025	148.500	171.758	197.269
2026	150.339	175.949	204.423
2027	152.200	180.243	211.837
2028	154.085	184.641	219.519
2029	155.994	189.146	227.480
2030	157.925	193.762	235.730

Fonte: Elaboração própria