



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 72

PERFIL DA CAL

CONSULTOR

José Otávio da Silva

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Setembro de 2009

SUMÁRIO

LISTA DAS TABELAS	3
LISTA DAS FIGURAS	3
1. SUMÁRIO EXECUTIVO	4
2. RECOMENDAÇÕES	8
3. ITENS DE DETALHAMENTO	9
3.1. Caracterização do Segmento Produtivo	9
3.2. Produção dos Últimos 3 Anos.....	10
3.3. Preço de Mercado por Tipo de Produto	11
3.4. Faturamento	11
3.5. Parque Produtivo e Qualificação Empresarial	11
3.6. Recursos Humanos.....	14
3.7. Consumo de Matérias-Primas	14
3.8. Consumo Energético	15
3.9. Comparação com Operações Industriais dos Principais Países Produtores	15
3.10. Discriminação dos Combustíveis Utilizados	15
3.11. Estimativa da Emissão de CO ₂ <i>in situ</i>	16
3.12. Utilização de Água.....	16
3.13. Geração de Resíduos Minerais.....	16
3.14. Práticas de Prevenção ou Recuperação de Passivo Ambiental	17
3.15. Custo Atual de Investimento.....	17
4. USOS	19
4.1. Consumo	21
5. PRODUÇÃO MINERAL	23
5.1. Panorama Mundial	23
5.2. Produção Brasileira a partir de 1970.....	25
6. TECNOLOGIA	26
7. RECURSOS HUMANOS	28
7.1. Projeção de Necessidades	28
8. INCENTIVOS.....	28
8.1. Análise de Fatores Tributários	28
8.2. Marcos Legais	30
9. PROJEÇÕES DO CONSUMO 2010-2030	31
9.1 Cenários Adotados	31
9.2. Projeção do Consumo de Cal	32
10. CONCLUSÕES GERAIS	32
11. BIBLIOGRAFIA	34
12. ANEXOS	35

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1 - Produção Mundial de Cal (1000t).....	6
Tabela 2– Consumo Aparente (103t)	6
Tabela 3 – Preços da Cal.....	7
Tabela 4 – Produção de Cal nos 3 últimos Anos	11
Tabela 5 – Preços por Tipo de Produto.....	11
Tabela 6 – Investimento Fixo.....	18
Tabela 7 – Resultados Operacionais	18
Tabela 8 – Usos da Cal	19
Tabela 9 – Normas da ABNT	20
Tabela 10 – Qualidade Média das Cales Comercializadas	21
Tabela 11 – Consumo Aparente.....	21
Tabela 12 – Produção Mundial de Cal (1000t).....	23
Tabela 13 – Produção de Cal nos EUA e no Mundo	23
Tabela 14 – Principais Usos da Cal nos EUA (mil t).....	24
Tabela 15 - Produção Brasileira de Cal	25
Tabela 16 - Cenários	31
Tabela 17 - Cenários para o Futuro da Economia Brasileira	31
Tabela 18 - Projeção do consumo da Cal - mil t.....	32
Tabela 19 - Previsto x real – mil t.....	35
Tabela 20 - Projeções com cenários - mil t.....	37

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 – Áreas de Consumo da Cal	5
Figura 2 – Distribuição e Classificação da Produção Nacional de Cal.....	7
Figura 3 – Áreas de Consumo da Cal	22
Figura 4 - Projeções da Cal para 2030 (três cenários) - mil t.....	32
Figura 5 - Série Histórica do Consumo Ajustado e o Real - mil t	35

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

A China lidera o *ranking* da produção mundial de cal, com uma participação de 80% seguida pelos Estados Unidos, que respondem por 9% deste mercado. Apesar da produção de cal brasileira ter crescido 4,8% em 2007, o Brasil teve sua performance comprometida pela crise mundial de 2008, que comprometeu o crescimento da siderurgia, uma das grandes consumidoras da cal (USGS, 2009).

A maioria da cal produzida no Brasil resulta da calcinação de calcários/dolomitos metamórficos, de idades geológicas diferentes; geralmente muito antiga (pré-cambriana) e pureza variável.

Em geral, na região sul-sudeste predomina as cales provenientes de dolomitos e calcários magnesianos e na região nordeste-norte-centro as resultantes de calcários.

O principal produto da calcinação das rochas carbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas é a cal virgem, também denominada cal viva e cal ordinária. O termo cal virgem é o consagrado, na literatura brasileira e nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para designar o produto composto predominantemente por óxido de cálcio ou por óxido de cálcio e óxido de magnésio, resultantes da calcinação, à temperatura de 900 – 1200°C, de calcários, calcários magnesianos e dolomitos. É classificada, conforme o óxido predominante, em:

Cal Virgem Cálcica - Com óxido de cálcio entre 100% e 90% do óxido total presente;

Cal Virgem Magnésiana – Com teores intermediários de óxido de cálcio, entre 90% e 65% do óxido total presente;

Cal Virgem Dolomítica – Com óxido de cálcio entre 65% e 58% do óxido total presente.

No mercado global da cal, a cal virgem cálcica predomina, particularmente, pela sua aplicação nas áreas das indústrias siderúrgicas, de açúcar e de celulose. Todas elas, quer cálcicas, quer magnesianas, são comercializadas em recipientes plásticos, metálicos e outros) ou a granel, na forma de blocos (tal como sai do forno), britada (partículas de diâmetro 1 a 6 cm), moída e pulverizada (85% a 95% passando na peneira 0,149 mm).

Outro tipo de cal muito comum no mercado é a cal hidratada que é um pó de cor branca resultante da combinação química dos óxidos anidros da cal virgem com a água. É classificada, também, conforme o hidróxido predominante presente ou, melhor, de acordo com a cal virgem que lhe dá origem, em: Cal Hidratada Cálcica, Magnésiana e Dolomítica.

A cal hidratada, geralmente, é embarcada em recipientes plásticos ou em sacos de papel “kraft” (com 8, 20 e 40 quilos do produto), numa granulometria 85% abaixo de 0,074 mm (peneira 200).

No Brasil, as diversificadas áreas de consumo de cal são supridas por mais de 200 produtores distribuídos pelo País. A capacidade de produção de suas instalações varia de 1 a 1000 toneladas de cal virgem/dia, e a capacidade instalada é de nove milhões de toneladas/ano.

Dado ao uso da cal como aglomerante, plastificante e reagente químico, no Brasil, o mercado caracteriza-se pela:

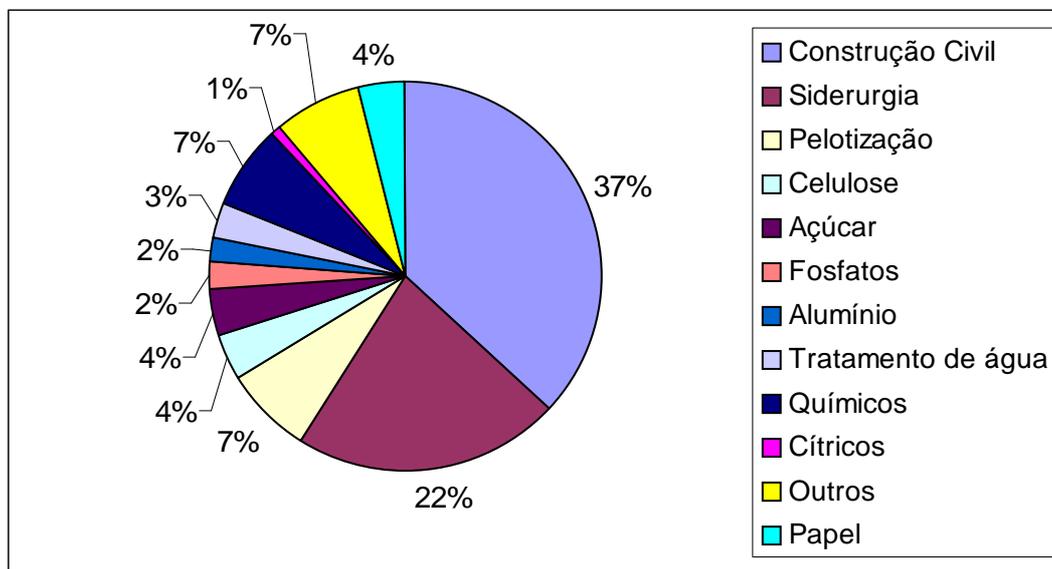
- a) dispersão geográfica das suas unidades de fabricação – face às ocorrências de calcários dolomitos por quase todo o território nacional;
- b) facilidade e abundância da sua oferta – ainda que para cales especiais, o suprimento às vezes implique transporte mais longo;
- c) o seu baixo custo – o menor entre os reagentes químicos alcalinos e os aglomerantes cimentantes.

Das muitas aplicações que a cal tem no Brasil, as principais são nas áreas das indústrias:

- siderúrgicas – como fluxo, aglomerante e carga de pelotização;
- celulose e papel – para regenerar a soda cáustica e para branquear as polpas de papel;
- açúcar – na remoção dos compostos fosfáticos, dos compostos orgânicos e na clarificação;
- álcalis – para recuperar a soda e a amônia;
- carbureto de cálcio – onde, com o coque, em forno elétrico, dá formação a este importante composto químico;
- tintas – como pigmento e incorporante de tintas à base de cal e como pigmento para suspensões em água, destinadas às “caiações”;
- alumínio – como regeneradora da soda; e
- diversas – como de refratários, cerâmica, carbonato de cálcio precipitado, graxas, tijolos silico-cal, petróleo, couro, etanol, metalurgia do cobre, produtos farmacêuticos e alimentícios e biogás.

Na figura 1 vê-se o consumo por indústrias.

Figura 1 – Áreas de Consumo da Cal



Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

A utilização da cal também se dá nos processos relativos a: tratamento de águas potáveis e industriais; estabilização de solos – como aglomerante e cimentante; obtenção de argamassas de assentamento e revestimento.

Misturas asfálticas – como neutralizador de acidez e reforçador de propriedades físicas; precipitação do SO_x dos gases resultantes da queima de combustíveis ricos em enxofre; de corretivo de acidez de pastagens e solos agrícolas; de sinalização de campos esportivos; de proteção às árvores; de desinfetantes de fossas; de proteção à estábulos e galinheiros; e de retenção de água, CO_2 e SO_x .

A cal virgem resulta da calcinação de rochas calcárias quando aquecidas em fornos a temperaturas superiores a $725^{\circ}C$. A qualidade comercial de uma cal depende das propriedades químicas do calcário e da qualidade da queima. As cales são constituídas basicamente de óxidos de cálcio ou de uma mistura de óxidos de cálcio e magnésio e podem ser apresentadas sob a forma de pedras, ou moídas e ensacadas.

A proporção de produção é de 1,7 ou 1,8t de rocha calcária para 1t cal virgem e com 1t cal virgem para 1,3t cal hidratada.

A indústria da cal está entre as mais poluidoras do meio ambiente, desde a extração do calcário até a fase da Cal propriamente dita. O segmento emprega os seguintes combustíveis: gás natural, óleo combustível, lenha e carvão. A matriz energética do segmento é bastante dinâmica, podendo apresentar variações significativas ano a ano.

Quanto à emissão de CO₂, primeiramente tem-se a parcela devida à decomposição do calcário (1,75 t calcário/t cal virgem), de 770 kg CO₂/t.

A parcela pelo uso de combustível foi estimada, inicialmente, com base na relação energia/emissão para o gás natural, 4,26 mil kcal/t de CO₂, e o consumo específico para a cal virgem (1.026 mil kcal/t), obtendo-se 241 Kg CO₂/t.

O Brasil apresenta-se como o 5º maior produtor mundial, tabela 1, com um consumo *per capita* ainda incipiente se comparado aos países desenvolvidos.

Tabela 1 - Produção Mundial de Cal (1000t)

Países	2006	Participação %	2007	Participação %	2008	Participação %
China	160.000	78	170.000	79	175.000	80
EUA	21.000	10	20.200	9	19.800	9
Japão	8.900	4	8.900	4	9.000	4
Rússia	8.200	4	8.500	4	8.000	4
Brasil	7.060	3	7.400	3	7.300	3
Total	205.160	100	215.000	100	218.800	100

Fonte: U. S. Geological Survey

A produção brasileira de CAL, segundo dados preliminares da Associação Brasileira dos Produtores de CAL – ABPC, atingiu em 2008 a 7,3 milhões de toneladas. Desde 2002, a estrutura produtiva da CAL vem mantendo crescimentos modestos tendo nos últimos 2 anos apresentado melhor desempenho. Em 2008, manteve o crescimento nos 8 primeiros meses, tendo decaído nos 4 últimos, em função da crise financeira mundial, conforme tabela 2.

Tabela 2– Consumo Aparente (103t)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Produção de cal	6.500	6.600	6.500	6.987	7.057	7.400	7.300
Consumo aparente	6.486	6.600	6.500	6.500	7.057	7.400	7.300
Consumo <i>per capita</i> (kg/hab)	36,8	36,9	35,8	37,9	37,5	40,0	40,0

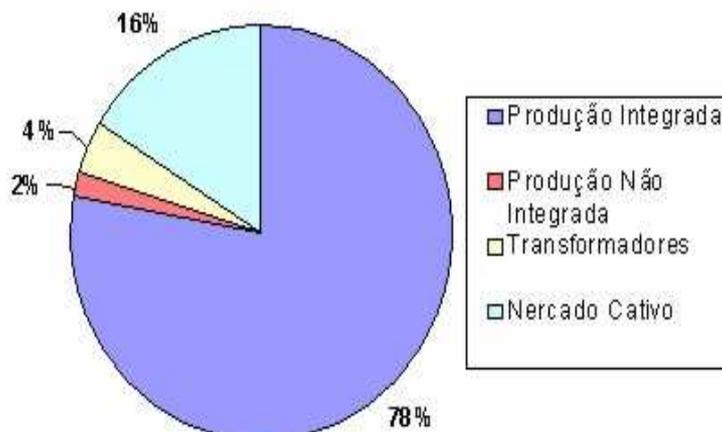
Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal/DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

A ABPC, que congrega sessenta dos maiores produtores brasileiros, classifica os produtores de CAL como:

- Integrados: produzem CAL (Virgem e Hidratada) a partir do calcário próprio;
- Não Integrados: produzem CAL e compram calcário;
- Transformadores: realizam moagem e produzem CAL Hidratada a partir da CAL Virgem;
- Cativos: produzem para consumo próprio (Siderúrgicas).

Na figura 2 pode-se visualizar a participação de cada setor na produção da cal.

Figura 2 – Distribuição e Classificação da Produção Nacional de Cal.



Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

Nos últimos anos a estrutura da produção da CAL vem se mantendo praticamente inalterada, com a fração ou parcela da CAL Virgem correspondendo a 73% da produção nacional e a CAL Hidratada representando 27%.

O mercado livre, representado pelos produtores integrados, não integrados e transformadores, corresponde a 84% da produção total e os restantes 16% correspondem à produção cativa (CSN, Açominas, Usiminas, CST e White Martins). O consumo *per capita* mundial de consumo de CAL nos últimos anos gira em torno de 30 Kg por habitante. Entre os maiores consumidores *per capita* do mundo, segundo o *Mineral Industry Surveys*, citam-se: Bélgica 193, Alemanha 130, Polônia 119, Rússia 112 Kg/hab/ano.

O consumo *per capita* observado acima depende das características do consumo de cada país, no entanto, os países desenvolvidos são mais consumidores.

O consumo *per capita* brasileiro girando em torno de 40 Kg/hab/ano, apesar de acima da média mundial, está bem afastado da média dos países desenvolvidos.

Os preços da cal podem ser observados na tabela 3 e o preço do frete para distância média de 400Km foi de R\$40,00/t em 2006, segundo o Sindicato da Indústria dos Produtores de Cal do Paraná. Observa-se na tabela 3 que com a crise financeira mundial, os preços da cal se mantiveram estáveis no Brasil, enquanto que nos EUA, por outro lado, tiveram uma pequena elevação.

Tabela 3 – Preços da Cal

Preço	Produto	País	2005	2006	2007	2008
Preço médio	cal virgem	Brasil (R\$/t)	150,00	170,00	168,00	168,00
	cal hidratada	Brasil (R\$/t)	200,00	250,00	281,00	280,00
	cal virgem	EUA (US\$/t)	72,10	78,10	84,00	89,00
	cal hidratada	EUA (US\$/t)	91,10	98,30	105,00	106,00

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral e USGS, 2009.

Dada a diversidade de utilização da cal e as grandes reservas de calcários, o país possui intensidade de uso ainda incipiente se comparado aos desenvolvidos. Espera-se para os próximos anos que a indústria nacional da cal cresça respaldada pelo ambiente econômico favorável e no crescimento histórico da indústria da construção civil, da siderurgia, da celulose e outras indústrias correlatas analisadas no presente estudo.

2. RECOMENDAÇÕES

Atualmente a indústria da cal representa um importante papel no desenvolvimento das nações, não só pela multiplicidade de seus usos em uma economia moderna, mas também pelas suas características, e a rigidez locacional das jazidas, de levar empregos ao interior, mantendo o homem no campo.

O compromisso que as obras de engenharia civil têm para o desenvolvimento de construções habitacionais, de obras de grandes estruturas, e de comunicações viárias, na ocupação do seu ainda enorme vazio geográfico, faz com que o universo da cal no Brasil possa pretender a ter a mesma vocação das nações desenvolvidas, orientando-se para a criação de expressivos mercados nos setores da agricultura, construção civil, estabilização de solos, siderurgia, álcalis, tratamento de águas e esgotos, papel e celulose, açúcar, metalurgia do alumínio, vidro, carbureto de cálcio precipitado, produtos alimentícios, couros, inseticidas, borracha, fertilizantes, tijolos, sílica-cal, tintas e petroquímica.

As grandes empresas produtoras de cal no Brasil estão preparadas para esse novo desafio. Elas são capitalizadas, pertencem a grandes grupos nacionais ou multinacionais, com acesso a novas tecnologias, tem logística bem estruturada, com boa articulação com o mercado, boa política de qualidade e produtividade e muitas são até certificadas com o ISO 9.000 e 14.000.

Por outro lado, as pequenas empresas ainda usam um processo produtivo rudimentar, sem grandes conhecimentos técnicos desde a extração do calcário até a calcinação, que é feita de forma rudimentar em caieiras simples, usando lenha como combustível.

A fim de alavancar um novo estágio de competitividade das pequenas empresas, que carecem de apoio governamental para um patamar mais eficiente e seguro, de forma sustentável, recomenda-se implementar antigas reivindicações do setor, tais como:

- Apoiar os Arranjos Produtivos Locais (APLs), como Paraná, Ceará e outros, com vistas à adoção de tecnologia e de estruturação empresarial;
- Abrir linhas de crédito para o fomento da pequena mineração, com recursos oriundos de programas de desenvolvimento social;
- Desenvolver mecanismos para proteger a pequena mineração contra a cartelização imposta por grandes grupos empresariais;
- Facilitar, simplificar e proporcionar acesso fácil à legalização das operações de mineração de pequena escala, com atividades ambientalmente sustentáveis;
- Apoiar o pequeno produtor de cal a atualizar a sua tecnologia, torna-la competitiva, reduzir custos e ganhar acesso ao mercado;
- Fortalecer a cadeia produtiva da cal, visando melhorar a competitividade das empresas perante um mercado mais profissional e globalizado;
- Promover informações a sociedade dos benefícios da cal, sensibilizando-a sobre os impactos ambientais a fim de melhorar a imagem da indústria perante a população; e
- Implementar programas de capacitação ambiental, visando a adequação das empresas produtoras no que diz respeito ao cumprimento da legislação ambiental vigente.
- Gerar parcerias com universidades e institutos de pesquisa, visando melhorias no processo energético;
- Melhorar as condições da infra-estrutura viária, a fim de otimizar a expansão do mercado da cal e seus derivados; e
- Realizar fóruns, debates, seminários para a divulgação do setor e de sua importância local.

O grande entusiasta e estudioso da cal, o engenheiro José Eptácio Passos dizia: “O Brasil, como produtor e consumidor de cal, ainda situa-se no patamar dos países em desenvolvimento, com modestos valores representativos, contrastes chocantes e omissões no painel que envolve os usos e as técnicas empregados nas calcinações. Hoje, ainda que os exercícios de futurologia padeçam de falta de credibilidade, este prognóstico para a indústria nacional da cal reforça-se com o aval do crescimento histórico da produção brasileira dos setores da siderurgia, da celulose, do açúcar e da construção civil, que fornecem as principais peças para a estrutura econômica da nação”.

3. ITENS DE DETALHAMENTO

3.1. Caracterização do Segmento Produtivo

A cal pode ser considerada o produto manufaturado mais antigo da humanidade. Pode-se constatar a existência de testemunhos relacionados ao uso dos calcários e dos seus produtos derivados em obras grandiosas e nos empregos domésticos (ABPC, 1990).

O uso como cal de argamassa foi encontrado entre 7.000 e 14.000 anos atrás no que é considerada hoje a Turquia Oriental. O seu uso em argamassa foi constatado na antiga Iugoslávia cerca de 8.000 anos passados.

Os egípcios há 5.000 anos, também já incorporavam cal e gipsita calcinada na construção de suas pirâmides, usaram a cal como um ingrediente da argamassa e do gesso.

Os romanos, há 2.000 anos, misturavam areia com finas camadas de terra e cinza vulcânica de Pozzuoli, para produzir um forte e resistente composto de cimento e água salgada para uso na construção de edificações e blocos de concreto. Algumas dessas estruturas, tais como aquedutos, teatros, casas de banho etc., ainda continuam preservadas na Itália, Inglaterra, França e Espanha, entre outros países.

Em 1750, foi redescoberto o cimento hidráulico e em 1824 foi inventado e patenteado o cimento Portland, usado até o presente, cujo nome deriva do cimento oriundo da pedra Portland, calcário proveniente da ilha de Portland, nos Estados Unidos (ABPC, 1990).

O calcário é a mais útil e versátil de todas as rochas e minerais industriais, possuindo um amplo leque de disponibilidade e apresentando um custo relativamente baixo, quando é empregado como agregado da construção civil, como corretivo de solo ou como fertilizante.

A indústria de cal iniciou suas atividades no despontar do país como nação, em 1549, quando da instalação das primeiras “caieiras” para a fabricação de cal virgem a partir de conchas marinhas, para as argamassas de revestimento e pinturas do casario da cidade de Salvador da Bahia, implantada pelo fidalgo português Thomé de Souza, como capital da terra recém-descoberta. A colonização portuguesa levou para o interior do território brasileiro a arte de fabricar cal, principalmente para proteger das copiosas chuvas tropicais as paredes de barro, armado ou socado, de suas moradias e fortificações (J. Gimarães, 1990).

Daí até a década de 30 a fabricação de cal no Brasil foi voltada, principalmente, para as obras de construção civil e, mais subordinadamente, para as indústrias de açúcar, tratamento de águas potáveis e de couro. O grande surto da construção civil, o crescimento da indústria do açúcar, o aparecimento da indústria de celulose e da “grande” siderurgia no mercado, como portentosos e exigentes usuários da cal, levaram, a partir da década de 50, a indústria brasileira de calcinação de calcários/dolomitos para um estágio de rápido desenvolvimento tecnológico e produtivo (ABPC, 1990).

A maioria da cal produzida no Brasil resulta da calcinação de calcários/dolomitos metamórficos, de idades geológicas diferentes; geralmente muito antiga (pré-cambriana) e pureza variável. As provenientes de calcários sedimentares e de concheiros naturais recentes, participam de maneira subordinada na produção (ABPC, 1990).

Em geral, na região sul-sudeste predominam as cales provenientes de dolomitos e calcários magnesianos e na região nordeste-norte-centro as resultantes de calcários.

O principal produto da calcinação das rochas carbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas é a cal virgem, também denominada cal viva e cal ordinária. O termo cal virgem é o consagrado, na literatura brasileira e nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, para designar o produto composto predominantemente por óxido de cálcio ou por óxido de cálcio e óxido de magnésio, resultantes da calcinação, à temperatura de 900 – 1200°C, de calcários, calcários magnesianos e dolomitos.

No mercado global da cal, a cal virgem cálcica predomina, particularmente, pela sua aplicação nas áreas das indústrias siderúrgicas, de açúcar e de celulose. Todas elas, quer cálcicas, quer magnesianas, são comercializadas em recipientes plásticos, metálicos e outros ou a granel, na forma de blocos (tal como sai do forno), britada (partículas de diâmetro 1 a 6 cm), moída e pulverizada (85% a 95% passando na peneira 0,149 mm).

Outro tipo de cal muito comum no mercado é a cal hidratada. É ela um pó de cor branca resultante da combinação química dos óxidos anidros da cal virgem com a água. É classificada, também, conforme o hidróxido predominante presente, ou melhor, de acordo com a cal virgem que lhe dá origem, em: Cal Hidratada Cálcica, Magnésiana e Dolomítica.

A cal hidratada, geralmente, é embarcada em recipientes plásticos ou em sacos de papel “kraft” (com 8, 20 e 40 quilos do produto), numa granulometria 85% abaixo de 0,074 mm (peneira 200).

No Brasil, as diversificadas áreas de consumo de cal são supridas por mais de 200 produtores distribuídos pelo país. A capacidade de produção de suas instalações varia de 1 a 1000 toneladas de cal virgem/dia.

A responsabilidade da potencialidade da cal como aglomerante, plasticizante e reagente químico, no Brasil, cabe:

- a) à dispersão geográfica das suas usinas de fabricação – face às ocorrências de calcários dolomitos por quase todo o território nacional;
- b) à facilidade e abundância da sua oferta – ainda que para cales especiais, o suprimento às vezes implique transporte mais longo;
- c) ao seu baixo custo – o menor entre os reagentes químicos alcalinos e os aglomerantes cimentantes.

3.2. Produção dos Últimos 3 Anos

Dados colhidos junto à Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC), que congrega 60 principais produtores do país, apontam para um crescimento de 4,8% da produção interna de cal do país em 2007, quando comparada aos dados de 2006. A produção de 2008, que vinha crescendo até o mês de setembro, terminou o ano com queda nos 3 últimos meses influenciada pela crise financeira mundial.

A produção da cal pode ser vista na tabela abaixo.

Tabela 4 – Produção de Cal nos 3 últimos Anos

Discriminação		Unidade	2005	2006	2007	2008
Produção	Calcário Bruto	1.000t	80.380	87.586	99.035	100.000
	Cal	1.000t	6.500	7.057	7.393	7.300

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

Nota: 2008 dados preliminares

3.3. Preço de Mercado por Tipo de Produto

No Brasil, os preços da cal virgem evoluíram de 2005 a 2007 em função da demanda da construção civil e mantiveram estáveis em 2008, apesar da crise mundial. O mesmo não aconteceu nos Estados Unidos, que tiveram uma pequena valorização nesse mesmo ano.

Nos Estados Unidos a evolução dos preços foi menor, tendo a cal virgem sido vendida a US\$72,10/t em 2005, evoluindo para US\$84/t em 2007. (USGS, 2009)

Tabela 5 – Preços por Tipo de Produto

Preços	Produto	Países	2005	2006	2007	2008
Preço Médio	cal virgem	Brasil (R\$/t)	150,00	170,00	168,00	168,00
	cal hidratada	Brasil (R\$/t)	200,00	250,00	281,00	280,00
	cal virgem	EUA(US\$/t)	72,10	78,10	84,00	89,00
	cal hidratada	EUA(US\$/t)	91,10	98,30	105,00	106,00

Fonte: DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral e USGS, 2008.

3.4. Faturamento

A indústria da Cal, contando com mais de mil fornos em todo o Brasil, teve em 2008 um faturamento de mais de US\$ 2 bilhões, empregando mais de 10 mil pessoas. Vale salientar que uma grande parcela de pequenos empresários, se assim podem ser chamados, produzem na clandestinidade, sem qualquer licença das autoridades competentes.

Mais comentários sobre o faturamento serão feitos nos capítulos seguintes.

3.5. Parque Produtivo e Qualificação Empresarial

A ABPC classifica os produtores de cal como: **integrados**, que produzem cal (virgem e hidratada) a partir do calcário produzido em minas próprias; **não integrados**, que produzem (cal virgem e hidratada) a partir do calcário comprado de terceiros; **transformadores**, que realizam a moagem e/ou produzem cal hidratada a partir de cal virgem adquirida; e **cativos**, que produzem a cal para consumo próprio, como as siderúrgicas.

A produção brasileira da cal é realizada 87% nas regiões Sudeste e Sul do país. É em Minas Gerais onde localizam-se as principais indústrias de cal com produção anual acima de 1 milhão de toneladas, algumas com certificação ISO. Dentre os municípios produtores de Minas Gerais merecem destaque: Sete Lagoas, Pedro Leopoldo, Arcos, Pains e Formiga.

Nota-se, atualmente, uma descentralização da indústria com o surgimento da fabricação de cal em quase todo o território nacional, sobretudo, Mato Grosso do Sul, Bahia, Paraná e Ceará, tendo em vista a disposição geográfica e a qualidade das reservas de calcário/dolomitos.

No Estado de São Paulo, no município de Mairiporã, Guapiara e Araçariguama localizam-se grandes empresas produtoras de cal.

No Rio Grande do Sul, a produção de cal é feita no município de Caçapava do Sul, onde a Dagoberto Barcellos S/A abastece cerca de 70% do mercado estadual.

Fora das regiões Sul e Sudeste registra-se também produção de cal a nível empresarial no Ceará, Rio Grande do Norte, que possui unidade da Carbomil, e em Sergipe no município de Simão Dias, onde localiza-se a Cal Trevo.

Também no Ceará, na cidade de Altaneira, cerca de 180 famílias tem como principal fonte de renda a comercialização da cal que produzem de modo rudimentar. A Carbomil tem unidades de produção também no Ceará.

No Maranhão, também registra-se produção de cal, onde a Induscal Ltda produz cerca de 250t/dia tendo como seu principal cliente a Alumar.

Na região do Centro-Oeste mineiro, o dinamismo econômico pode ser atestado pela presença de cerca de 140 indústrias de cal e, em sua maioria, pequenas empresas. Elas sustentam cerca de 40% da população, sendo a principal renda de municípios como Formiga, Córrego Fundo, Pains e Arcos.

A extração da cal é uma das principais fontes de emprego e renda no município de Apodi/RN, onde existe uma associação de produtores a ASPOCAL, principalmente, na comunidade rural de Soledade. Grande parte da população depende da produção e venda da cal, muitas vezes produzida sem preocupação com os danos causados ao meio ambiente.

No Paraná, nos municípios de Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Colombo, Itaperuçu, Rio Branco do Sul, Ponta Grossa e Castro existem 240 instalações industriais de cal relacionadas a quase 100 empresas com uma capacidade instalada de 2 milhões de toneladas.

A produção de cal realizada pelos pequenos produtores é, via de regra, de maneira rudimentar sem nenhuma técnica, sem preocupação com o meio ambiente e muitas vezes utilizando mão-de-obra irregular (APL de Cal e Calcário do Paraná, 2009). A clandestinidade no setor é grande, existem pequenos produtores não registrados espalhados por todo o território nacional.

Os acidentes nas caieiras são muito frequentes. O impacto ambiental é grande e tem, inclusive, preocupado as autoridades governamentais. Recentemente o MMA – Ministério do Meio Ambiente firmou convênio com o CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, visando estudar medidas para mitigar impactos causados pelas caieiras na região de Arcos e Pains.

Dentre os problemas que afetam o pequeno produtor de cal, destacam-se:

- **Falta de uma política para o setor:** O setor de cal carece de uma política específica para o desenvolvimento sustentável dessa atividade tão importante para o mundo moderno. Existe um desencontro de atribuições entre diversos órgãos na regulamentação do setor.
- **Falta de capital de investimento:** a produção de cal de maneira sustentável depende de equipamentos às vezes dispendiosos e inacessíveis ao pequeno empresário.
- **Informação geológica deficiente:** as fases de pesquisa e lavra devem ser conduzidas de maneira a se obter o máximo de resultados, pois todos os gastos vão refletir no custo final do produto que será produzido e colocado a preços competitivos no mercado. A localização de indícios minerais ou ocorrências com base científica envolve um planejamento prévio e o desenvolvimento de um programa onde se utiliza pessoal técnico capacitado, implicando em custos normalmente inacessíveis ao pequeno minerador. Esse, frequentemente, desconhece a geologia da área que está trabalhando, sendo algumas vezes surpreendido com a exaustão prematura, forçando-o a encerrar as atividades.
- **Deficiência na estrutura do trabalho:** é freqüente a produção através de métodos arcaicos com estrutura familiar e sem nenhuma preocupação científica por parte da administração. Observa-

se que o proprietário e membros da família atuam diretamente na produção, e quando o empreendimento toma maiores proporções eles tendem a assumir funções de gestão ou direção. Na realidade, é em torno do trabalho do proprietário que tende a gravitar a atividade econômica das pequenas empresas.

- **Dificuldades na obtenção de financiamento:** o financiamento não alcança a grande maioria das pequenas empresas por requerer garantias reais, além de um excessivo procedimento burocrático. Quando elas têm acesso ao financiamento, sujeitam-se a restrições que não se observam em outras atividades econômicas, pois, na mineração, a inversão de capitais deverá ser compatível com a vida provável da jazida, de modo a assegurar a remuneração e amortização nesse prazo; e esse aspecto raramente é levado em conta pelo pequeno minerador.
- **Capacidade gerencial precária:** a falta de capacitação gerencial tem impossibilitado a consolidação no mercado de inúmeros pequenos empreendimentos, em geral conduzidos sem nenhuma técnica moderna de produção, portanto, impondo uma perda de competitividade no mercado, com reflexos na expansão das atividades.
- **Desconhecimento da legislação mineral e ambiental:** estudos relativos à proteção ambiental raramente são feitos, o que provoca danos ambientais que poderiam ser evitados.
- **Insuficiente incorporação de tecnologia:** constata-se, nas pequenas empresas, que falta tecnologia adequada ao melhor aproveitamento de seus minérios. Os processos de operação são deficientes e não proporcionam níveis de recuperação desejáveis com o produto final, não atendendo aos requisitos do mercado.

Algumas empresas grandes produtoras de cal:

- **MINERCAL** – É uma empresa do Grupo Pagliato. Possui 5 unidades em SP. Em Guapiara produz cal virgem. Em Votorantim há o beneficiamento de cal virgem, transformando-a em hidratada e argamassas.
- **CARBOMIL** – Atua no mercado de carbonato de cálcio, e do óxido de cálcio (cal virgem, cal micronizada, cal trefila, cal britada) e hidróxido de cálcio. Tem unidades industriais no ES, RN e CE. Entre seus principais clientes está a Carabba Metais, que utiliza a cal na metalurgia do cobre.
- **COBRASCAL** – É uma média produtora em Mairiporã, na região metropolitana de São Paulo – SP no distrito industrial de Terra Preta. Tem uma excelente logística sendo servida pela Rodovia Fernão Dias, que liga a capital paulista a Belo Horizonte. Atua produzindo cal virgem e hidratada.
- **BRASICAL** – Produz em Formiga, Minas Gerais, cal virgem calcítica com granulometria com a especificação do cliente, cal hidratada com granulometria de 100, 200 e 325 msh, cal para a construção civil (NBR 7175). Entre seus clientes cita-se: SABESP, COPASA, SANEPAR, CESAMA, SANESUL. Certificação ISO 9001:2000 pela *Bureau Veritas Certification*.
- **BELOCAL** – É uma empresa pertencente a LHOIST do Brasil Ltda., ligada ao grupo Belga LHOIST *Corporation*. A empresa produz atualmente 1.300 mil t/a nos municípios de Arcos, S. José da Lapa e Matosinhos, e construiu dois fornos de 600t/dia dentro da ArcelorMittal Tubarão.
- **ICAL** – É uma das maiores produtoras de cal do país, com capacidade de produção de 1 milhão de toneladas por ano. As reservas de calcário somam mais de 1,5 bilhão de toneladas. É altamente mecanizada, onde o processo produtivo é monitorado da extração até o produto final, por equipamentos de última geração automatizados, o produto é embalado e vai para distribuição por caminhões ou via férrea.
- **LAPA VERMELHA** – A Lapa Vermelha iniciou com aquisição de um forno rotativo em 1982. Posteriormente entraram em operação 2 fornos, triplicando a produção. Atualmente, funciona com 2 fornos (MAERZ), com capacidade de produzir 250 t/dia, consumindo gás natural de petróleo.

- VOTORANTIN – É a líder no mercado de cal hidratada pertencente ao grupo Votorantin da família Hermínio de Moraes. A empresa produz as cales hidratadas “Votoran”, tendo suas instalações em Itapeva, em São Paulo e Itaú de Minas no Estado de Minas Gerais.
- CAL Trevo – Localizada em Simão Dias (SE) a 100Km de Aracaju. Comercialização de cal e calcário agrícola, possui reservas de calcário de 13 milhões de toneladas de calcário e dolomítico.
- CARBOTEX – presente nos municípios de Araçariguama e Santo André em São Paulo, é referência no setor, sendo a primeira do Estado a conquistar a ISO 9001:2000 e a ISO 14.000.
- Dagoberto Barcellos S/A – faz parte do Grupo DB Empreendimentos e Participação S/A e é pioneira na produção de cal no Rio Grande do Sul. A empresa tem capacidade de produção anual de 144 mil toneladas de cal, detendo atualmente 70% do mercado gaúcho.

As grandes empresas do setor da cal, principalmente aquelas que produzem em torno de 500 mil t/a possuem um padrão organizacional elevado comparável às empresas de países desenvolvidos produtores de cal. Nestas, a gestão profissional é ocupada por pessoas capacitadas, sendo os cargos técnicos ocupados por profissionais competentes. Pelo lado do administrador da indústria, a mesma pesquisa constatou que 5% dos administradores têm até 10 anos de experiência, 45% mais de 31 anos de experiência.

Por outro lado, as pequenas empresas carecem de uma administração profissional, apresentando carência de boa capacitação gerencial, prevalecendo uma gerência onde o empresário e seus familiares são os administradores.

3.6. Recursos Humanos

O número de empregados na indústria da cal brasileira é estimado em 10 mil pessoas. A indústria procura se localizar buscando proximidade do mercado e presença de minas de calcário/dolomitos de boa qualidade. Assim, as regiões de São Paulo e Minas Gerais tornaram-se alvo dos empreendimentos no século passado quando surgiram as principais indústrias de cal no Brasil.

Nos pequenos estabelecimentos produtores de cal observa-se que o proprietário e os membros de sua família atuam diretamente na produção e administração que freqüentemente é feita sem nenhuma preocupação com as modernas técnicas sendo em torno deste que tende a gravitar a atividade econômica nas pequenas empresas.

As grandes empresas, muitas delas, com certificação ISO 9.000 e ISO 14.000 atuam obedecendo as modernas técnicas de gestão e com consciência ambiental. Elas empregam em seu quadro um maior número de pessoal de nível superior na linha de produção, como engenheiros (químicos, metalúrgicos, mecânicos, entre outros).

Entre os técnicos de nível médio merecem destaque os técnicos químicos.

Em pesquisa, de outubro de 2008, o APL de cal e calcário no Paraná constatou que cerca de 5% do pessoal ocupado são de nível superior, 20% de nível médio e 75% de nível fundamental. As estatísticas a nível nacional não estão disponíveis, mas acredita-se que ocorra o mesmo comportamento que o da APL do Paraná.

3.7. Consumo de Matérias-Primas

A grande maioria da cal produzida no Brasil é obtida através de calcário/dolomíticos metamórficos, geralmente de idades bem antigas (pré-cambrianas).

A proporção de produção é de 1,7 ou 1,8 de Rocha calcária para 1 tonelada de cal virgem. Essas rochas calcárias são abundantes e suficientes para atender a demanda da indústria da cal por muitos anos.

3.8. Consumo Energético

Diversos tipos de fornos são usados na produção de cal, variando de acordo com o tratamento e sofisticação tecnológica da empresa. O uso do combustível varia de acordo com o preço ou conveniência do empresário.

O consumo energético do setor vai depender do tipo de forno usado pela indústria, assim:

- **Forno de barranco descontínuo:** alto consumo de combustível (em média, de 280 kg de óleo combustível BPF ou 2,6 metros cúbicos de lenha ou mais, por tonelada de cal virgem) e tiragem natural.
- **Forno de barranco contínuo:** alto consumo de combustível (em média de 220 kg de óleo combustível BPF ou 1,7 metro cúbico de lenha por tonelada de cal virgem) e tiragem forçada.
- **Forno vertical metálico de cuba simples:** consumo de combustível em média de 132 kg de óleo combustível BTE ou 1,1 metro cúbico de lenha por tonelada de cal virgem.
- **Forno AZBE:** Na década de 80, os fornos verticais AZBE foram muito utilizados na época da crise do petróleo, por usarem lenha como combustível. O consumo de lenha é intenso e variável de 130 a 270 m³/fornada. Na região de Apodi, uma Carrada ou 25m³ de lenha custam R\$300 descarregada na caieira.
- **Forno vertical metálico de cubas múltiplas e fluxos paralelos:** forno metálico, contínuo, geralmente do tipo MAERZ, de tecnologia suíça, com consumo de combustível em média de 89 kg de óleo combustível BPF e BTE, por tonelada de cal virgem. Pode também usar gás natural de petróleo.

Os pequenos fabricantes de cal que utilizam lenha como combustível nas suas calcinações consomem em média 1,5 m³ de Eucalipto Alba e Eucalipto Robusta, com 38% de água higroscópica, 8 anos de idade, 380 Kg/metro cúbico e 3.700 Kcal/Kg como poder calorífico superior.

3.9. Comparação com Operações Industriais dos Principais Países Produtores

O consumo energético é semelhante em todos os países produtores como os EUA, França e Alemanha. Nestes países não é comum o uso de fornos de barranco para a produção de cal por trazerem um impacto ambiental muito grande. Os fornos MAERZ, cercado de um grande aparato para mitigar os impactos ambientais, são muito usados. Em outros países, sobretudo os latino-americanos, que também utilizam fornos rudimentares, o consumo energético é semelhante aos brasileiros.

3.10. Discriminação dos Combustíveis Utilizados

Os combustíveis utilizados na calcinação da rocha calcária para a produção da cal virgem podem ser: óleos combustíveis; carvão mineral; carvão vegetal, granulado ou em pó; coque de petróleo; gás natural; lenha e seus derivados, na forma de toras, cavacos ou serragem, de origem devidamente legalizada, oriunda de áreas de reflorestamento ou dotadas de plano de manejo florestal, conforme a legislação ambiental pertinente; combustíveis não-convencionais, para uso em co-processamento, desde que sua utilização seja submetida à aprovação prévia e ao controle do órgão ambiental competente.

O consumo de combustível varia de acordo com o tipo de forno utilizado, como comentado no item 3.8. O combustível mais utilizado é o coque de petróleo (30%), gás natural (20%), lenha (20%), óleo combustível (20%) e carvão (10%).

O Projeto de lei em tramitação no Congresso afirma que qualquer combustível utilizado deverá ter certificação quanto à origem e à qualidade e permitir emissões atmosféricas dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente.

A utilização de combustíveis que contenham compostos clorados ou precursores da formação de dioxinas ou furanos dependerá de prévia autorização do órgão ambiental competente.

As unidades de produção, independentemente do tipo da cal produzida, do processo de produção empregado e do combustível utilizado, deverão dispor de plano de monitoramento de emissões atmosféricas.

Os planos de monitoramento devem contemplar o controle do produto de produção, com base em parâmetros fixados em regulamento, referentes, no mínimo, a dioxinas, furanos e poluentes gasosos à base de enxofre e nitrogênio.

3.11. Estimativa da Emissão de CO₂ *in situ*

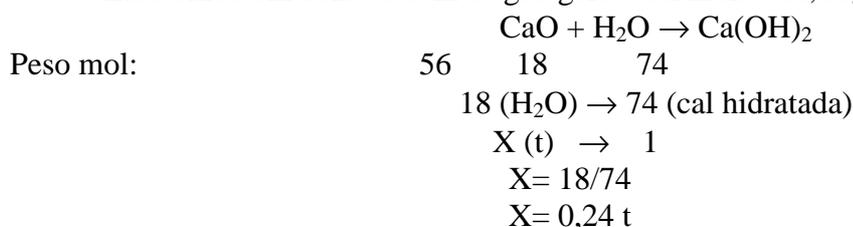
A indústria da CAL está entre as mais poluidoras do meio ambiente, desde a extração do calcário até a fase da Cal propriamente dita. Quanto à emissão de CO₂, primeiramente tem-se a parcela devida à decomposição do calcário (1,75 t calcário/t cal virgem), de 770 kg CO₂/t.

A parcela pelo uso de combustível foi estimada, inicialmente, com base na relação energia/emissão para o gás natural, 4,26 mil kcal/t de CO₂, e o consumo específico para a cal virgem (1.026 mil kcal/t), obtendo-se 241 Kg CO₂/t.

A seguir, multiplica-se pelo fator 1,5 (a média dos fatores dos tipos de combustível usados) que corrige a emissão de carbono por unidade de energia, com relação ao gás natural. Obtêm-se assim 361 Kg CO₂/t. Têm-se o total de 1.131 kg CO₂/t de cal virgem, dos quais 32% originam-se da queima dos combustíveis. As de caeiras, pequenos fornos, geralmente sem registros legais usam como combustível a lenha, resultado de desmates nas redondezas. O pó formado em todas as fases, extração, transporte, descarregamento, moagem, etc, causam poluição atmosférica com conseqüentes problemas respiratórios.

3.12. Utilização de Água

A cal virgem vem da composição térmica do calcário: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Esse óxido em contato com a água gera a cal hidratada, segundo a equação:



Conclui-se que, para produzir uma tonelada de Cal Hidratada, consome-se 240L de água.

3.13. Geração de Resíduos Minerais

O Laboratório de Tecnologia Ambiental da UFPR estudou os resíduos obtidos na produção da cal.

A relação da quantidade de resíduos gerados, e a estimativa de resíduos da produção de cal com menor teor de calcário são, aproximadamente, 10 ton/mês, e com maior teor de calcário – 20 ton / mês (Mymrin, Correa, 2007). Esta medição foi feita na APL de Paraná que produz cerca de 1 milhão de t/a.

O resíduo de cal apresentou um teor de 23,55 % de CO₂, caracterizando a cal como sendo de baixa reatividade.

O cal residual empregado é constituído de óxido de cálcio não hidratado (CaO), hidróxido de cálcio Ca(OH)₂, restos de carbonato de cálcio e magnésio não queimados (CaCO₃ e MgCO₃), óxido de magnésio não hidratado (MgO) e traços de óxidos Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, etc.

A composição mineralógica do resíduo da produção de cal é: Cal – CaO, Periclase - MgO, Portlandite - Ca(OH)₂, Calcite Ca(CO)₃, Quartz - SiO₂, Dolomite- (Ca,Mg)CO₃.

A maior importância para a utilização dos resultados obtidos neste projeto pode ser para o meio ambiente, tendo em vista os elevados números de geração destes resíduos anteriormente citados e a real possibilidade de reduzir significativamente os depósitos de resíduos de cal atualmente existentes.

Com exceção das grandes empresas que atuam com modernas técnicas, a maioria da produção da cal se dá de maneira altamente impactante, tanto pela escavação de grandes cavas, como pela emissão de gases e partículas poluentes durante o processo de fabricação desses derivados.

3.14. Práticas de Prevenção ou Recuperação de Passivo Ambiental

As principais operações envolvidas para a produção da cal consistem em:

— descarregamento, estocagem em pilhas, peneiramento e calcinação em forno das matérias-primas;

— peneiramento e moagem da cal.

As principais fontes de emissão de partículas são:

— manuseio de matérias-primas, envolvendo as operações de descarregamento, estocagem, peneiramento e transferência das mesmas;

— carregamento e descarregamento do forno de calcinação;

— forno de calcinação;

— manuseio da cal; e

— tráfego nas vias e pátios internos.

A principal fonte é a combustão, com emissão de óxidos de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonatos.

Entre as práticas de prevenção ou recuperação do passivo ambiental devem ser adotadas medidas mitigadoras como:

— Dotar pontos geradores de partículas e equipamentos de controle, de modo a atender aos padrões estabelecidos pelas autoridades do meio ambiente;

— As chaminés deverão ter sua altura calculada de forma a atender às necessidades técnicas de projeto e promover boa dispersão dos poluentes;

— Os dutos de saídas de gases dos sistemas de controle deverão ser construídos de forma a permitir a realização de testes de desempenho do sistema;

— Manter em boas condições de operação os equipamentos de controle de poluição do ar para evitar a emissão de material particulado para a atmosfera;

— Pavimentar e manter limpas as vias internas a fim de evitar emissões fugitivas;

— Promover o plantio e a manutenção de árvores em torno das áreas de produção.

3.15. Custo Atual de Investimento

O custo atual de investimento no segmento produtor de cal é muito variável e vai depender da escala mínima das unidades produtoras que pode variar de 100t a 1.500.000t/ano.

O SEBRAE/RN, em 2006, fez simulação de uma empresa com capacidade de produção de 300.000 Kg/mês de cal virgem. Para essa empresa foram consideradas as seguintes características:

Tabela 6 – Investimento Fixo

Discriminação	Valor
Forno circular vertical (diâmetro: 1,5m; comprimento: 4,5m)	40.000
Cobertura metálica do pátio de secagem	5.000
Moinho de martelos, dimensões:	10.000
Ciclone a seco (diâmetro: 0,8m)	8.000
Ensacadeira	5.000
Galpão industrial (área: 100m ²)	15.000
Caminhão caçamba (usado)	35.000
Correia transportadora (largura: 28"; comprimento: 15m)	5.000
Correia transportadora (largura: 28"; comprimento: 5m)	3.000
Silo (diâmetro: 3m; comprimento: 4m)	10.000
Total	R\$ 133.000

- Custo fixo mensal: pessoal administrativo, encargos, água, luz, telefone, contador, escritório, retirada (2.000). Total: R\$ 3.184,00
- Custo com mão de obra direta mais encargos (78%). Total: R\$ 7.031,00
- Custo unitário dos materiais e utilidades: gás, eletricidade, peças de reposição. Total: R\$ 3.100,00
- Custo total de produção: materiais e utilidades, mão de obra e custo. Total fixo: R\$13.315,00. Custo unitário de produção: R\$ 13.315,00 / 300.000 Kg = 0,044 R\$/Kg
- Preço de venda: 0,07 R\$ / Kg

Tabela 7 – Resultados Operacionais

Discriminação	Valor	(%)
Receitas operacionais	21.000	100
Custos variáveis		
Materiais diretos e utilidades	3.100	7,11
Mão de obra direta	7.031	28,79
Comercialização (2,65% das receitas)	557	2,65
Custos fixos	3.184	11,40
Custo total	13.872	49,95
Lucro operacional	7.128	50,05
Contribuição social (9,09%)	648	
Lucro líquido antes do IR	6.480	
Imposto de Renda (27%)	1.750	
Lucro líquido antes do IR	4.730	
Margem de contribuição	10.312	
Ponto de equilíbrio		30,87
Lucratividade		22,52
Payback	2,86 anos	

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento inicial} - 162.500}{\text{Lucro líquido} \times 12} = \frac{162.500}{56.760} = 2,86 \text{ anos}$$

Com um investimento médio, em torno de R\$160.000, segundo estudo realizado pelo SEBRAE, é possível a implantação de uma pequena indústria para a produção de cal virgem, obtendo-se uma excelente lucratividade de aproximadamente 22% ao mês.

4. USOS

Os principais usos da cal estão relacionados na tabela 8.

Tabela 8 – Usos da Cal

Agente de Processos Químicos e Físico-químicos	Setor de Uso
Absorção	Branqueamento Remoção do SO ₂ + SO ₃ Processo sulfito (fabricação papel)
Aglomerção	Argamassa de assentamento Reboco e emboço Misturas asfálticas Materiais isolantes Misturas solo-cal Produtos com silicato cálcio Tijolo silico-cal Pelotização minério-ferro Estuques
Cáusticação	Recuperação de soda cáustica Processo sulfato e soda (fabricação papel) Lavagens alcalinas
Desidratação	Secagem de ar Borracha Solventes Orgânicos Álcool
Floculação	Tratamento de esgotos Flutuação de Minérios Tratamento de águas residuais Pigmentos de tintas Tratamento de água para fins potáveis Açúcar
Fluxo	Fornos de aço LD Forno de aço Martin-Siemens Forno de aço elétrico Sinterização Metais não-ferrosos
Hidrolização	Produtos de celulose Graxa lubrificante Compostos derivados de cloro Curtume
Lubrificação	Lama de soldagens Trefilação de arames
Matéria-prima	Borracha Concreto Alimentos Cianamida cálcica Álcalis Tintas Carbureto de cálcio Inseticidas Abrasivos Vidro
Neutralização	Ácido cítrico, Drenagem de águas de minas, Tratamento de águas Resíduos radioativos Fertilizantes Resíduos de urânio Resíduos de decapagem de metais Calagem Resíduos de explosivos Resíduos de cromo Laticínios Resíduos de corantes
Solução	Gelatinas Couro (despelador) Tintas a base de caseína Papelão

Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

A elaboração de normas técnicas, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas, do Instituto Nacional de Metrologia e de algumas empresas consumidoras de grande porte – no tocante às cales aplicadas nas argamassas, nas aciarias, no tratamento de águas potáveis e na fabricação de produtos químicos – tende a estabelecer no País critérios técnicos que esclareçam o consumidor sobre quais as propriedades que as cales devem ter em seus vários usos. Visto que as normas, não sendo leis ou decretos, não estipulam punições aos seus infratores, o governo brasileiro estimula a sua obediência, tornando suas adoções e aplicações obrigatórias em todas as repartições públicas da administração direta ou indireta, pelos seguintes atos oficiais: Lei 4.150, de 21.11.1962, do Governo Federal; Decreto nº 20.739, de 03.09.1951, do Governo do Estado de São Paulo; Portaria 1.003, de 01.09.1951, da Prefeitura do Município de São Paulo; Decreto nº 3.093, de 07.08.1951, do Governo do Estado do Rio Grande do Sul; Decreto 18.896, de 09.08.1963, do Governo do Estado da Bahia; e Decreto nº 481, de 18.01.1960, do Governo do Estado de Pernambuco (ABPC, 1990).

As determinações desses textos legais, no tocante ao setor da cal, versam sobre as seguintes normas, elaboradas pela ABNT e registradas no INMETRO:

Tabela 9 – Normas da ABNT

NBR	Data De Registro	Título
6471	02/1985	Cal Virgem e Cal Hidratada Retirada e Preparação de Amostra
6472	02/1985	Determinação do resíduo de extinção de cal
6473	07/1985	Cal virgem e cal hidratada. Análise química
7175	09/1986	Cal hidratada para argamassas
9205	12/1985	Cal hidratada para argamassas. Determinação da estabilidade
9206	12/1985	Cal hidratada para argamassas. Determinação da plasticidade
9207	12/1985	Cal hidratada para argamassas. Determinação da capacidade de incorporação de areia no plastômetro de <i>Voss</i>
9289	03/1986	Cal hidratada para argamassas. Determinação da finura
9290	03/1986	Cal hidratada para argamassas. Determinação da retenção de água
6453	07/1985	Cal virgem para construção
8815	04/1985	Cal virgem para aciaria. Determinação da reatividade pelo método <i>Wuhrer</i>
8816	04/1985	Cal virgem para aciaria. Determinação de perda ao fogo, anidrido silícico mais resíduo insolúvel. Oxido de cálcio e óxido de magnésio
9099	10/1985	Cal virgem para aciaria. Determinação de enxofre
9101	10/1985	Coleta de amostra de cal virgem para aciaria
9166	12/1985	Cal virgem para aciaria. Determinação do anidrido carbônico
9169	12/1985	Preparação de amostra de cal virgem para aciaria. Análise química e reatividade
9551	09/1986	Cal virgem para aciaria
9552	09/1986	Cal virgem para aciaria. Determinação da granulometria
9553	09/1986	Cal virgem para aciaria. Determinação de anidrido carbônico por gasometria
9554	09/1986	Cal virgem para aciaria. Determinação de fósforo por colorimetria
7175	06/1992	Cal Hidratada para argamassa
9289	07/2000	Cal Hidratada para argamassa – determinação da fissura
9205	12/2001	Cal Hidratada para argamassa – determinação da estabilidade
9206	07/2003	Cal Hidratada para argamassa – determinação da plasticidade
9206	03/2000	Cal Hidratada para argamassa – determinação da capacidade de incorporação de areia
9290	04/1996	Cal Hidratada para argamassa – determinação de retenção de água

6473	04/1996	Cal virgem e cal hidratada – análise química
------	---------	--

Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

De outro lado, a ABPC, que tem como um de seus objetivos a apropriação da qualidade de cales comercializadas nos grandes centros urbanos do país, está funcionando como órgão de alerta ao consumidor sobre a presença no mercado de produtos de baixa qualidade, comercializados como se fossem cales hidratadas. Os dados obtidos por este serviço prestado há anos pela ABPC à comunidade, mostram que as cales postas no mercado brasileiro pelas empresas brasileiras de médio e grande porte têm suas propriedades regidas pelos valores médios constantes da tabela 10.

Tabela 10 – Qualidade Média das Cales Comercializadas

Tipo de cal	CaO (%)	MgO no HCl (%)	Insolúvel No HCl (%)	Fe ₂ O ₃ + AL ₂ O ₃ (%)	P.F. (%)	CO ₂ (%)	CO ₃ (%)	CaO + MgO Base de não volátil (%)	MgO Não hidratado (%)	Reatividade MI/HCl/4N (10 min)
Cal virgem cálcica	90 a 98	0,1 a 0,8	0,5 a 3,5	0,2 a 1,0	0,5 a 5,0	0,2 a 3,8	0,1 a 0,6	96,0 a 98,5	-	225 a 400
Cal hidratada cálcica	70 a 74	0,1 a 1,4	0,5 a 2,5	0,2 a 0,8	23 a 27	1,5 a 3,5	0,1 a 0,0		0,5]a]1,8	-
Cal hidratada dolomítica ou magnesiana	39 a 61	15 a 30	0,5 a 18,2	0,2 a 1,5	19 a 27	3,0 a 6,0	0,02 a 0,20	76 a 99	5 a 25	-
Cal virgem dolomítica ou magnesiana	51 a 61	30 a 37	0,5 a 4,5	0,2 a 1,0	0,5 a 4,8	0,5 a 4,5	0,05 a 0,10	76 a 99	-	225 a 290

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT e ABPC

4.1. Consumo

O consumo aparente da cal brasileira pode ser visto na tabela 11 que foi calculada desprezando-se as importações que são irrisórias e os estoques.

Tabela 11 – Consumo Aparente

Produção/Consumo	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Produção Cal	6.500	6.600	6.500	6.987	7.057	3.393
Consumo aparente	6.486	6.600	6.500	6.500	7.057	3.393
Consumo <i>per capita</i> (kg/hab)	36,8	36,9	35,8	37,9	37,5	40

Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal/ DNPM – Departamento Nacional De Produção Mineral

Das muitas aplicações que a cal tem no Brasil, as principais são nas áreas das indústrias:

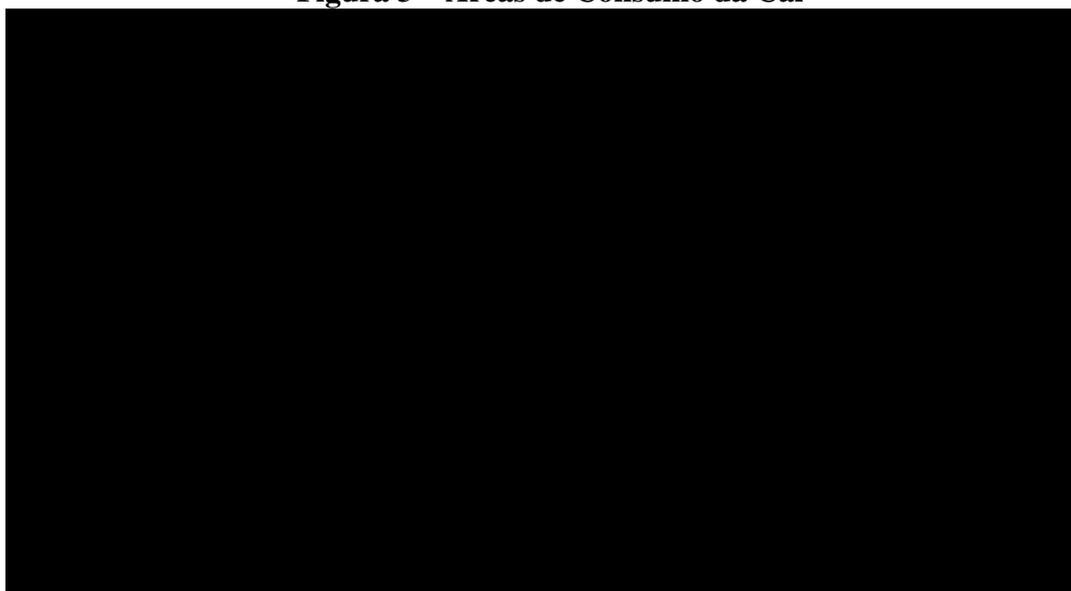
- siderúrgicas como fluxo (45 a 70 kg/t aço nos fornos LD), aglomerante (2,5% da carga de pelotização), regulador de pH em tratamento de águas servidas, lubrificante para trefilagem de vergalhões de aço, dessulfurante de gusas altos em enxofre; e refratários básicos de fornos de aço;
- celulose e papel para regenerar a soda cáustica e para branquear as polpas de papel, junto com outros reagentes (em geral, devido à recuperação em usinas de calcinação cativas, o consumo de 230 kg/t de pasta de cal para valores bem menores);

- açúcar na remoção dos compostos fosfáticos, dos compostos orgânicos e na clarificação (total de 11,5 kg/t de açúcar demerara);
- álcalis para recuperar a soda e a amônia (total 680 kg por tonelada de carbonato de sódio e 700 kg por tonelada de hidróxido);
- carbureto de cálcio onde, com o coque, em forno elétrico, dá formação a este importante composto químico (1 tonelada de cal por tonelada de carbureto);
- tintas como pigmento e incorporante de tintas à base de cal e como pigmento para suspensões em água, destinadas às “caiações”;
- alumínio como regeneradora da soda (total de 100 kg/t de alumina);
- diversas de refratários, cerâmica, carbonato de cálcio precipitado, graxas, tijolos silico-cal, petróleo, couro, etanol, metalurgia do cobre, produtos farmacêuticos e alimentícios e biogás.

Dos processos relativos a:

- tratamento de águas potáveis e industriais. Na correção do pH, no amolecimento, na esterilização, na coagulação do alume e dos sais metálicos, na remoção da sílica;
- estabilização de solos – como aglomerante e cimentante (na proporção de 5 a 8% em volume da mistura solo-cal);
- obtenção de argamassas de assentamento e revestimento – como agente plasticizante, de retenção de água e de incorporação de agregados (com ou sem aditivos, em geral nas proporções de 13 a 17% dos volumes);
- misturas asfálticas – Como neutralizador de acidez e reforçador de propriedades físicas (em geral, 1% das misturas);
- fabricação de blocos construtivos (tijolos e placas) como agente aglomerante e cimentante (em geral, 5 a 7% do volume do bloco);
- usos diversos – precipitação do SO_x dos gases resultantes da queima de combustíveis ricos em enxofre; de corretivo de acidez de pastagens e solos agrícolas; de sinalização de campos esportivos; de proteção às árvores; de desinfetantes de fossas; de proteção à estábulos e galinheiros; e de retenção de água, CO_2 e SO_x .

Figura 3 – Áreas de Consumo da Cal



Fonte: ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

5. PRODUÇÃO MINERAL

5.1. Panorama Mundial

A produção mundial de calcário, matéria-prima para a produção de cal e outros produtos, é estimada em 6 bilhões de toneladas em 2008 e a produção da cal no mesmo ano atingiu a quase 219 milhões de toneladas.

Tabela 12 – Produção Mundial de Cal (1000t)

Países	2006	Participação %	2007	Participação %	2008	Participação %
China	160.000	78	170.000	79	175.000	80
EUA	21.000	10	20.200	9	19.800	9
Japão	8.900	4	8.900	4	9.000	4
Rússia	8.200	4	8.500	4	8.000	4
Brasil	7.060	3	7.400	3	7.300	3
Total	205.160	100	215.000	100	218.800	100

Fonte: U. S. Geological Survey

A China é o maior produtor e consumidor mundial com uma participação de 80% na produção total. Logo a seguir, entre os maiores produtores vem os EUA com 9% o Japão com 4% e a Rússia com 4%, conforme vê-se na Tabela 12.

Tabela 13 – Produção de Cal nos EUA e no Mundo

Ano	Produção Primária (mil t)	Importação (mil t)	Exportação (mil t)	Consumo (mil t)	Preço Corrente (\$/t)	Preço Constante (98\$/t)	Produção Mundial (10 ⁶)
1970	17,900	183	49	18,000	16.30	68.40	97
1971	17,800	220	60	17,900	17.50	70.50	100
1972	18,400	225	34	18,600	18.60	72.30	102
1973	19,200	303	34	19,400	19.20	70.40	107
1974	19,600	377	29	19,900	24.30	80.20	110
1975	17,400	234	49	17,500	30.30	91.70	105
1976	18,400	331	51	18,600	33.30	95.30	108
1977	18,100	384	30	18,400	36.90	99.30	117
1978	18,500	553	41	19,000	40.50	101	120
1979	19,000	581	41	19,500	45.50	102	118
1980	17,200	435	38	17,600	49.00	97.00	120
1981	17,100	457	25	17,500	51.80	92.90	117
1982	12,800	316	21	13,100	54.50	92.10	109
1983	13,500	257	25	13,700	56.30	92.20	110
1984	14,400	224	25	14,600	56.40	88.50	117
1985	14,200	176	17	14,400	57.00	86.40	123
1986	13,100	182	15	13,300	57.90	86.10	124
1987	14,300	161	12	14,400	55.20	79.20	127
1988	15,500	191	14	15,600	53.00	73.10	134
1989	15,600	198	29	15,700	54.90	72.20	139
1990	15,800	157	40	15,700	57.10	71.20	136
1991	15,700	158	47	15,800	57.00	68.20	133
1992	16,200	193	59	16,300	58.80	68.30	133

1993	17,100	201	69	17,200	57.40	64.80	123
1994	17,400	204	74	17,500	58.60	64.50	118
1995	18,500	289	72	18,700	59.50	63.60	120
1996	19,200	262	50	19,400	61.50	63.90	121
1997	19,700	270	80	19,900	61.00	62.00	118
1998	20,100	231	56	20,300	60.30	60.30	117
1999	19,700	140	59	19,700	60.40	59.10	116
2000	19,500	113	73	19,600	60.60	57.40	121
2001	18,900	115	96	18,900	61.30	56.40	121
2002	17,900	157	106	17,900	62.60	56.70	221
2003	19,200	202	98	19,300	64.80	57.40	236
2004	20,000	232	100	20,100	68.90	59.40	249
2005	20,000	310	133	20,200	75.00	62.60	259
2006	21,000	298	116	21,200	81.20	65.70	271
2007	20,200	375	144	20,400	87.10	68.50	283
2008	20,000	310	133	20,200	75.00	62.60	259

Fonte: U. S. Geological Survey

O uso da cal nos países desenvolvidos se dá mais nos setores da siderurgia e da metalurgia, na indústria química, no meio ambiente, assim como pode-se observar na tabela 14, principais usos nos EUA. Já no Brasil, o maior consumo se dá na construção civil.

Tabela 14 – Principais Usos da Cal nos EUA (mil t)

Ano	Indústria e Química	Metalúrgica	Construção	Meio Ambiente
1975	5,480	8,790	1,170	1,940
1976	5,480	9,680	1,180	2,040
1977	5,290	9,400	1,210	2,230
1978	4,840	9,940	1,140	2,670
1979	4,750	10,000	1,230	3,030
1980	4,840	8,090	1,080	3,260
1981	4,330	8,640	1,070	3,110
1982	3,570	5,340	1,030	2,860
1983	3,340	6,050	1,090	3,040
1984	3,780	6,220	1,250	3,220
1985	3,730	5,680	1,250	3,590
1986	3,240	5,220	1,270	3,430
1987	4,440	5,550	1,160	3,150
1988	4,660	6,530	1,340	2,960
1989	5,270	5,560	1,200	3,550
1990	5,060	5,780	1,250	3,770
1991	4,570	6,140	1,180	3,800
1992	5,220	5,830	1,320	3,870
1993	5,130	5,950	1,490	4,210

1994	4,760	6,760	1,420	4,480
1995	5,160	6,630	1,470	5,270
1996	4,480	7,530	1,510	5,440
1997	4,840	8,190	1,630	5,050
1998	4,840	8,140	1,980	5,120
1999	5,010	7,850	2,170	4,690
2000	4,670	7,650	2,070	5,120
2001	4,520	6,830	2,400	5,100
2002	4,230	6,540	2,210	4,930
2003	4,470	6,890	2,510	5,310
2004	4,670	6,550	2,170	5,500
2005	5,180	6,650	2,400	5,100
2006	5,130	6,800	2,300	5,120
2007	5,000	6,700	2,400	5,200

Fonte: U. S. Geological Survey

5.2. Produção Brasileira a partir de 1970

A produção brasileira de cal pode ser vista na tabela 15, onde também observa-se que a participação do Brasil na produção mundial gira, na maioria dos anos, em torno de 2 a 3%.

Tabela 15 - Produção Brasileira de Cal

Ano	Produção de Cal no Brasil (mil t)	Produção Mundial (mil t)	Part. % BR/Mundo
1970	1.940	97.000	2,0
1971	2.000	100.000	2,0
1972	2.040	102.000	2,0
1973	2.140	107.000	2,0
1974	2.200	110.000	2,0
1975	2.200	105.000	2,1
1976	2.260	108.000	2,0
1977	2.840	117.000	2,4
1978	3.400	120.000	2,8
1979	3.860	118.000	3,2
1980	3.900	120.000	3,2
1981	3.840	117.000	3,3
1982	3.900	109.000	2,8
1983	3.940	110.000	3,5
1984	4.100	117.000	3,5
1985	4.460	123.000	3,6
1986	4.400	124.000	3,5
1987	4.540	127.000	3,6

1988	4.680	134.000	3,5
1989	4.780	139.000	3,4
1990	4.820	136.000	3,5
1991	4.310	133.000	3,2
1992	5.230	133.000	3,9
1993	5.840	123.000	4,7
1994	5.425	118.000	4,6
1995	5.843	120.000	4,9
1996	6.210	121.000	5,1
1997	6.469	118.000	5,4
1998	6.228	117.000	5,3
1999	6.136	116.000	5,2
2000	6.273	121.000	5,1
2001	6.300	121.000	5,2
2002	6.500	221.000	2,9
2003	6.600	236.000	2,8
2004	6.500	249.000	2,6
2005	6.500	259.000	2,5
2006	7.000	271.000	2,6
2007	7.393	283.000	2,6
2008	7.300*	259.000	2,7

Fonte: U. S. Geological Survey / ABPC

*dado preliminar

A produção brasileira de Cal atingiu em 2008 a 7,3 milhões de toneladas. Desde 2002, a estrutura produtiva da Cal vem mantendo crescimentos modestos tendo caído em 2008, em função da crise econômica mundial.

6. TECNOLOGIA

Há cerca de meio século, a produção de cal era feita segundo as seguintes etapas:

- Produção de pedra, com desmonte raramente mecanizado;
- Transporte de pedra até o forno, em caçambas de tração animal, vagonetas e caminhões de até 6 toneladas;
- Calcinação em medas ou em fornos de alvenaria de tipos e capacidades diversas;
- Transporte, do produtor ao consumidor, da cal virgem produzida; e
- O produto final, a cal virgem, era vendido ao consumidor no estado em que saía do forno, em vasilhames os mais variados – sacos de aniagem, caixote, barril e até em “jacás” (balaies de bambu).

Com o lançamento da cal hidratada no mercado, nos fins da década de 40, foram introduzidas várias outras etapas industriais no circuito da cal, a partir da pedra, tais como: britagem, classificação do minério, armazenamento, transporte, hidratação, classificação, moagem e ensacamento de cal hidratada.

Segundo a ABPC, as primeiras instalações da indústria da cal no país utilizavam fornos tipo “meda” e “poço”. No fim do século XIX esses processos começaram a ser substituídos por fornos de alvenaria, encostados em barrancos e operados com características mais artesanais do que industriais, sempre tendo a lenha como combustível. Somente a partir dos anos 60 é que fornos, horizontais e verticais, metálicos começaram a ser utilizados. A principal razão que impulsionou a evolução dos fornos de cal foi a necessidade de economia de combustível. Os novos modelos de fornos colocados no mercado pelos diversos fabricantes de equipamentos sempre apresentaram como atrações a baixa quantidade de calor gasta por tonelada de produto fabricado e o óleo combustível como fonte de calor, afirma a ABPC.

Muitas modificações foram introduzidas no processamento de fabricação da cal, buscando melhorar a sua reatividade e reduzir a relação kcal/t de cal para o produto fabricado, com o uso de recuperadores de calor, fornos de dupla ou tripla cubas de calcinação, fornos de leitos fluidizadores, novas espessuras e/ou tipos de refratários ou isolantes, classificação granulométrica da carga do forno, controles do ar e da temperatura, necessários à calcinação e outras.

Quanto aos fornos

A organização técnico-econômica permite a presença, lado a lado, dos mais simples empreendimentos, de caráter artesanal, com as sofisticadas estruturas empresariais, graças à diversidade de seus fornos. Tal aspecto, com tamanho contraste tecnológico, foi desenhado e desenvolvido por fatores relacionados à característica de aparente simplicidade que possui o processo químico de calcinação, à farta distribuição dos calcários/dolomitos pelo território nacional e à importância que a cal tem no suprimento das necessidades básicas humanas.

A medida que se afasta dos grandes centros de consumo ou urbanos – que impuseram, pelo volume e qualificação do produto absorvido, a presença de indústrias de grande porte – aumenta a proliferação das fábricas de cal de menor conformação técnica e empresarial no mercado produtor. O chocante contraste existente entre as “caieiras” e as “usinas de cal”, pode ser visualizado através da descrição dos seus fornos de calcinação descritos em relatório da ABPC.

- **Forno de barranco descontínuo:** forno de alvenaria, toscamente construído, baixo, com revestimento de tijolos comuns recozidos, ou mesmo sem revestimento, geralmente encravado na meia encosta de pequenas elevações, descontínuo, com carga e descarga manuais, com produção até 1.000 t/ano, com fornalha geralmente constituída por abóbada da própria pedra (caprichosamente empilhada no seu interior, em cada uma de suas cargas), sem zonas de aquecimento e pré-calcinação (substituídas por uma fase de “esquente”), altíssimo consumo de combustível (em média, de 280 kg de óleo combustível BPF ou 2,6 metros cúbicos de lenha ou mais, por tonelada de cal virgem) e tiragem natural.
- **Forno de barranco contínuo:** forno de alvenaria, bem construído, alto, com chaminé, “boca de fogo” e “cinzeiro”, cilíndrico, com revestimento de tijolos recozidos e refratários, geralmente encravado na meia encosta e sustentado por estruturas de alvenaria ou metálicas, com carga e descarga semi-automáticas, com produção de 3000 t/ano (em média), sem recuperação de calor (dos gases e da cal virgem), alto consumo de combustível (em média de 220 kg de óleo combustível BPF ou 1,7 metro cúbico de lenha por tonelada de cal virgem) e tiragem forçada.
- **Forno vertical metálico de cuba simples:** forno metálico, contínuo, geralmente do tipo AZBE, com tiragem forçada e controle termodinâmico, cilíndrico, com revestimento refratário e isolante, carga e descarga automáticas, com recuperação parcial do calor perdido nos gases e na cal virgem, com produção de até 350 toneladas/dia de cal, com consumo de combustível em média de 132 kg de óleo combustível BTE ou 1,1 metro cúbico de lenha por tonelada de cal virgem.
- **Forno vertical metálico de cubas múltiplas e fluxos paralelos:** forno metálico, contínuo, geralmente do tipo MAERZ, com tiragem forçada e controle termodinâmico, secção circular ou

retangular, com revestimento interno refratário e isolante, carga e descarga automáticas, os fluxos dos gases e do ar de combustão são invertidos alternadamente nas cubas (em cada 12 minutos, nos de duas cubas) e uma delas passa a funcionar como recuperadora de calor, com produção de até 144.000 toneladas de cal ano, com consumo de combustível em média 89 kg de óleo combustível BPF e BTE, por tonelada de cal virgem.

7. RECURSOS HUMANOS

Estima-se que a indústria de cal brasileira emprega, para a produção de 7,4 milhões de toneladas anuais, o mínimo de 10 mil empregados diretos, os quais, com os seus quatro dependentes, correspondem a uma população de 40 mil pessoas. Na grande empresa, o número de técnicos (nível médio e superior), em geral, é de 1 para 10 mil toneladas anuais.

Os inúmeros riscos e a insalubridade constituem um conjunto de fatores que caracterizam as condições em que se desenvolve o trabalho na produção de cal no Brasil. Nas grandes empresas, os riscos são atenuados, observando-se as medidas de segurança no trabalho. Os índices de acidentes podem ser considerados baixos, principalmente, levando-se em conta o alto risco nessa atividade.

Os grandes estabelecimentos são os que apresentam uma maior produtividade de mão-de-obra, uma vez que as economias de escala e a incorporação tecnológica desempenham um papel significativo.

7.1. Projeção de Necessidades

Baseando na projeção da demanda de cal para 2030, estima-se a necessidade de pessoal. Para uma projeção de consumo frágil de 13.500 pessoas, vigorosa de 16.200 pessoas e numa projeção inovadora de 18.700 pessoas. O percentual de emprego de nível superior é de 5% do total.

8. INCENTIVOS

8.1. Análise de Fatores Tributários

No Brasil, aplica-se à mineração o mesmo tratamento tributário vigente para as demais atividades econômicas. No entanto, além de tributos de aplicação geral, existem encargos específicos para a mineração, que consistem em taxas que são devidas na fase de pesquisa, além do pagamento da compensação financeira pela exploração dos recursos minerais.

Tributação atual

— Impostos federais

Os impostos que competem à União são enumerados a seguir:

1. Imposto sobre a importação (II). No caso de produtos minerais, as alíquotas desse tributo variam de 3% a 9%, sendo de 5% para os minérios e seus concentrados, e de 7% para a maioria dos outros produtos.
2. Imposto sobre a exportação (IE). Não se aplica aos produtos minerais exportados.
3. Imposto sobre produtos industrializados (IPI). Também não é aplicado à mineração. No entanto, sua transformação em alíquota federal do "imposto sobre o valor adicionado" (o ICMS modificado) poderá afetar a tributação dos produtos minerais.
4. Imposto de renda das pessoas jurídicas (IRPJ). Na situação mais comum, a base de cálculo é o lucro líquido do exercício, com os ajustes previstos na legislação. A alíquota geral é de 15%, com um adicional de 10% sobre a parcela da base de cálculo, apurada mensalmente, que exceder 20%.

5. Imposto de renda retido na fonte (IRRF). Entre outras situações, no caso de remessas ao exterior de juros sobre comissões e de rendimentos pagos, creditados, entregues ou remetidos, a alíquota é de 15%. Dividendos, bonificações e quaisquer outras formas de distribuição de lucro, quando pagas ou creditadas a pessoas físicas ou jurídicas residentes e domiciliadas no País ou no exterior, não sofrem retenção do IRRF, nem serão consideradas na determinação de base de cálculo do imposto de renda de seus beneficiários.

6. Imposto sobre operações de crédito, câmbio e seguro (IOF). Contempla várias situações. No caso de câmbio, a maioria das operações tem alíquota zero ou é isenta.

Seguridade social: contribuições

O financiamento da seguridade social, além de outros recursos, é efetivado pelas seguintes contribuições:

1. COFINS. Sua alíquota é de 3% sobre a receita bruta mensal, isentas as exportações.
2. PIS/PASEP. A alíquota é de 0,65% do faturamento mensal (empresas privadas e públicas), isentas também as exportações.
3. Contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL). Tem alíquota de 12% sobre o lucro líquido do exercício.

Encargos trabalhistas

Os principais são previdência social (em média, 20% dos salários mais adicionais, havendo uma contribuição adicional dos trabalhadores, no valor de 8% de sua remuneração) e FGTS (8% dos salários, mais adicionais).

Impostos dos Estados e do Distrito Federal

O ICMS constitui-se na principal fonte de arrecadação dos Estados e do Distrito Federal. O imposto incide de forma generalizada sobre atividades industriais, comerciais e de transporte. A alíquota básica nas operações internas é de 17%, e as exportações são isentas.

Compensação financeira pela exploração dos recursos minerais (CFEM)

O valor da CFEM varia entre 0,2% e 3% do faturamento líquido resultante da venda do produto mineral. Para a maioria das substâncias minerais, a alíquota é de 2%. Do valor arrecadado, 65% são transferidos aos municípios onde se localiza a produção, 23% aos Estados e ao Distrito Federal, e 12% ao DNPM. Este, por seu turno, destinará 2% à proteção ambiental, por intermédio do IBAMA.

Participação do superficiário

A compensação devida ao superficiário (o proprietário do solo), se distinto do próprio minerador, é de 50% do valor da CFEM.

Taxa anual por hectare

A taxa anual é de 1 UFIR por hectare de área com autorização de pesquisa mineral, aumentando para 1,5 UFIR no caso de prorrogação do alvará.

Comparação internacional

Dois estudos recentes mostram que a posição do Brasil, quanto à tributação aplicável à mineração, é vantajosa, embora possa ser aperfeiçoada no que diz respeito à incidência excessiva de tributos sobre a receita.

Incentivos fiscais

— Incentivos federais

A política de fomento do Governo Federal conta com incentivos voltados para estimular o desenvolvimento de áreas específicas, tais como exportação, infra-estrutura, modernização da indústria e desenvolvimento regional.

Os incentivos federais constam dos programas especiais de exportação (BEFIEX), dos programas setoriais integrados (PSI), dos programas de desenvolvimento tecnológico industrial (PDTI), além dos incentivos regionais nas áreas da SUDAM, SUDENE e GERES.

— Incentivos estaduais

Os incentivos fiscais existentes nos Estados estão relacionados com o ICMS, e são concedidos mediante diversas modalidades: isenção, deferimento, crédito presumido, suspensão ou redução na base de cálculo.

8.2. Marcos Legais

- Decreto-Lei nº 227, de 27/02/1967 – Código de Mineração
 - CF – Atividade Mineral é citada em diversos artigos, sujeitos a regulamentação, vários deles ainda hoje não regulamentados. Exemplo:
 - 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.
 - Lei nº 7.805, de 18/07/1989 – institui o regime de permissão de lavra Garimpeira.
 - Lei nº 9.314m de 14/11/1996 – estabelece os regimes de concessão mineral
 - Lei nº 11.685, de 02/06/2008 – institui o Estatuto do Garimpeiro
 - Código Florestal (Lei 4.771, de 15/09/1965)
 - Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 17/01/1981) – Institui o SISNAMA e o CONAMA
 - Ação Civil Pública (Lei 7.347, de 24/07/1985) – ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente
 - CF/1988 – 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.
 - Recursos hídricos (Lei 9.435, de 08/01/1997)
 - Crimes Ambientais (Lei 9.605, de 12/02/1998)
 - Regulamentada pelo Decreto 6.925, de julho de 2008
 - Lei 9.985/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), regulamenta o Inciso III do art. 225
 - Lei 11.284/2006 – Gestão de Florestas Públicas para a produção sustentável, cria o Instituto Florestal Brasileiro.
 - Inúmeras Resoluções CONAMA, com força de lei.
- A Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável aprovou o Projeto de Lei 7374/06, do Senado, que estabelece procedimentos básicos e parâmetros mínimos para a produção de cal. O objetivo principal da proposta é reduzir a emissão de componentes tóxicos, principalmente dioxinas e furanos. A calcinação da rocha calcária para a produção de cal virgem deverá ser feita em fornos industriais que possibilitem o controle e o registro da queima de combustíveis.
- A legislação ambiental evoluiu e avolumou-se nos últimos 30 anos;
 - A legislação ambiental consolidou um Sistema Nacional de Meio Ambiente, resultando em uma maior permeabilidade no país do controle e gestão dos recursos naturais renováveis;
 - A lei de ações civis públicas, difusa quando da sua criação em 1985, tornou-se, claramente, um forte elemento de controle ambiental;
 - A legislação mineral mantém-se, basicamente, com os mesmos procedimentos de gestão e fomento à atividade preconizados há 30 anos.

9. PROJEÇÕES DO CONSUMO 2010-2030

9.1 Cenários Adotados

Para a projeção do consumo, foram considerados os três cenários apresentados a seguir, feitos com base na projeção da economia brasileira no horizonte 2010 a 2030:

Tabela 16 - Cenários

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

O Cenário 1 considera uma possível reversão dos atuais condicionamentos sócio-políticos e a desestabilização do atual contexto fiscal e monetário. 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, o Cenário 1 prevê o crescimento do PIB à taxa de 2,3% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 11,9 mil, em 2030.

O Cenário 2 pressupõe a manutenção e o aperfeiçoamento das atuais condições de estabilidade e de aprofundamento das reformas político-institucionais, especialmente nos 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, o Cenário 2 prevê o crescimento do PIB à taxa de 4,6% a.a., no período 2010 a 2030, sendo alcançada uma renda per capita de US\$ 18,9 mil, em 2030.

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

Tabela 17 - Cenários para o Futuro da Economia Brasileira

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

9.2. Projeção do Consumo de Cal

Por se tratar de séries temporais, para realizar as previsões da demanda da Cal nos cenários futuros, utilizou-se o modelo auto-regressivo de defasagem distribuída, onde as variáveis passadas da produção da Cal e do PIB, explicam o comportamento futuro do consumo de Cal. Como resultado foi obtido a seguinte fórmula:

$$\text{Mod --> } \ln \text{CAL} = 0.76949 * \ln C + 0.811311 * \ln \text{PIB} + 0.066831 * \ln \text{Cal}(-1)$$

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

Tabela 18 - Projeção do consumo da Cal - mil t

Anos	Cenário 1- Frágil	Cenário 2- Vigoroso	Cenário 3-Inovador
2010	8.139	8.182	8.324
2015	9.126	9.691	10.275
2020	10.351	11.496	12.742
2030	13.271	16.230	19.783

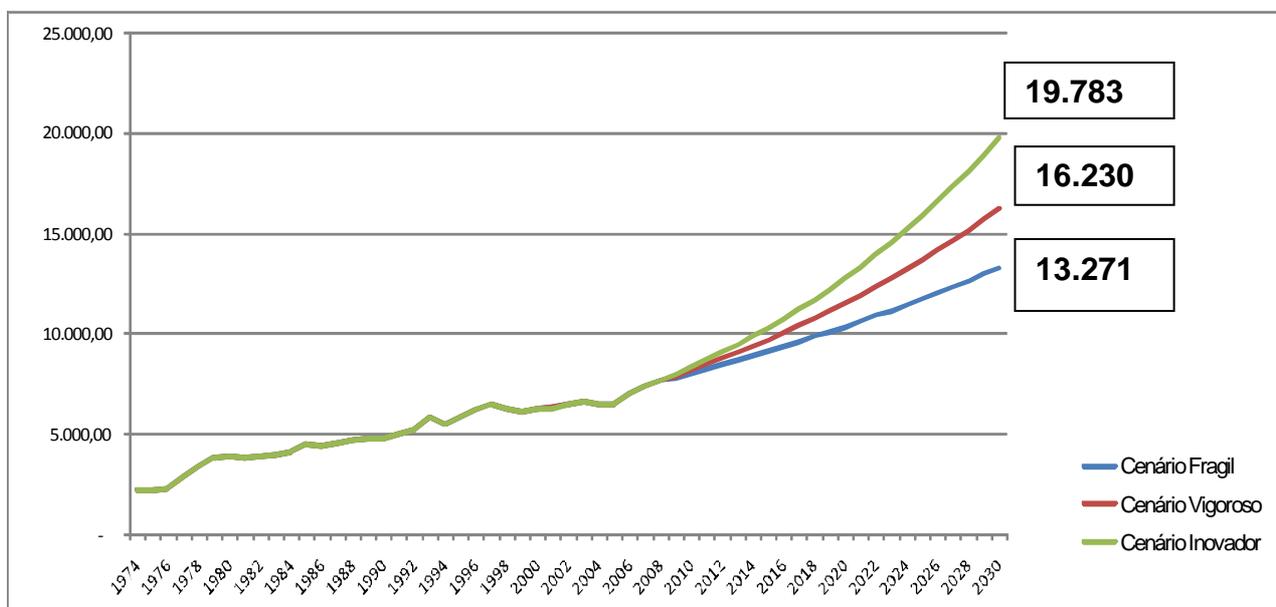


Figura 4 - Projeções da Cal para 2030 (três cenários) - mil t

10. CONCLUSÕES GERAIS

A indústria brasileira de cal tem um eficiente suporte para o desenvolvimento da cadeia do país, hoje é capaz de suprir quase a totalidade de suas necessidades de equipamentos recursos humanos e de acompanhar a criatividade dos projetistas do setor.

Os maiores produtores concentram-se no Sudeste e Sul com quase 90% da produção.

Ao lado das empresas produtoras aparecem várias indústrias com produção cativa nas áreas da siderurgia, celulose e carbureto de cálcio, com destaque para aquelas da siderurgia, as quais tem aumentado significativamente as produções nos últimos anos e, assim, restringindo a amplitude do mercado para a cal comercializada e contrariando as tendências observadas nos modelos de mercados desenvolvidos.

Segundo ABPC, há importantes fatores para otimismo nas avaliações e projeções do futuro porte da indústria nacional da cal, como o rol das suas inegáveis riquezas naturais, que muito se assemelha àquele das origens das indústrias construtoras e motoras das macroeconomias mais valiosas do mundo; o bem qualificado desempenho dos operários e a operosidade do trabalhador do setor; a presença de volumosas minas de calcários/dolomitos em seu território; e o bom comportamento térmico e econômico das madeiras de áreas reflorestadas, como combustível para calor de calcinação.

Ocasionalmente, algumas das instituições tecnológicas da área governamental realizam pesquisas no campo da cal. Entre elas citam-se a Escola Politécnica (Universidade de São Paulo), Instituto de Geociências (Universidade de São Paulo), Escola de Engenharia de São Carlos (Universidade de São Paulo), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Universidade de São Paulo), Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE (Universidade Federal do Rio de Janeiro), Centro de Ciências e Tecnologia (Universidade Federal da Paraíba), Centro de Tecnologia (Universidade Federal do Piauí), Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Estado do Ceará, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, entre outros.

Com a necessidade de atender à crescente demanda exigida para a produção de aço, construção civil, metalurgia e saneamento, nos últimos anos, a indústria da cal se prepara para atender o mercado com investimentos em tecnologia. O planejamento de ações de longo prazo, não só nos investimentos em ativos fixos, mas em meio ambiente, geologia, treinamento de pessoas e licenciamento ambiental, visando assegurar o adequado suprimento de calcário siderúrgico, cales e respectiva logística de fornecimento.

O padrão de qualidade do insumo brasileiro atende perfeitamente às exigências do mercado, devido a seu padrão de alto nível internacional. A produção para a siderurgia atende a uma rigorosa especificação, com baixíssimos teores de enxofre e altíssimo teor de CaO, resultando em um significativo ganho de qualidade e produtividade.

O setor tem feito ações para adequar-se à urgente necessidade ambiental de otimizar a exploração dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões resultantes de combustíveis com utilização de modernos fornos verticais que contribuem para a economia de consumo térmico, com respectiva emissão menor de CO₂.

11. BIBLIOGRAFIA

- ABPC – **Associação Brasileira dos Produtores de Cal** – www.abpc.org.br - São Paulo, 2009.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA**. Rio de Janeiro: IBS, 2008.
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO 2008**. Brasília, MME/DNPM, 2001.
- APL de Cal e Calcário do Paraná** – www.calecalcariodoparana.com.br
- APPC – Associação Paranaense dos Produtores de Cal** – www.appcal.com.br
- BDMG . Economia Mineira – 1989: Diagnóstico e Perspectivas**. Vol. IV, Belo Horizonte, BDMG,1997.
- BDMG. Minas Gerais no Século XXI**. Volume V – Consolidando posições na mineração. Belo Horizonte 2003.
- BRASIL. Conselho de Não-ferrosos e de Siderurgia- Consider. **Anuário Estatístico. Setor Metalúrgico**. Brasília, 2004
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS. **Anuário Estatístico da Indústria Siderúrgica Brasileira**. Rio de Janeiro, 2008.
- FERREIRA, G.E. **A competitividade da mineração de Ferro no Brasil**. Rio de Janeiro. CETEM, 2001.
- FERREIRA, G.E. **A competitividade da mineração nacional com ênfase no minério de ferro**. Tese(doutorado). Escola Politécnica da USP, São Paulo,2000
- FERREIRA, G.E. **A pequena empresa a base para o desenvolvimento da mineração nacional**. Tese (mestrado).Escola Politécnica da USP, São Paulo,1995
- FRANCO, B. de A. & SOUZA JÚNIOR, L. C. de, 2000. **Estudo do Mercado de Calcário para Fins Agrícolas no Estado de Pernambuco**, Superintendência Regional de Recife, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2000
- GUIMARÃES, J. E. P. 1978. **Calcários e Dolomitos no Brasil** – Usos e Mercados. Associação Brasileira dos Produtores de Cal.
- GUIMARÃES, J.E.P. **A indústria de cal no Brasil**. ABPC. São Paulo, 1990.
- IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia. **Mercado brasileiro do aço: análise setorial e regional**. Rio de Janeiro: IBS, 2008.
- INDI** –Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais- Bhte, 2003
- JUNIOR, L. C. de S., 2001. **Estudo dos Níveis de Necessidade de Calcário nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Paraná e Rio Grande do Norte**, Superintendência Regional de Recife, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Recife – 2001
- MILLER, M. M. 2000. **Lime, U. S. Geological Survey Minerals Yearbook** – 2000
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – SECRETARIA DAS MINAS E ENERGIA. **Anuário estatístico: setor metalúrgico** – . MME, Brasília, 2004.
- NAHASS, S, 2003. **Calcário Agrícola no Brasil**, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003
- QUARESMA, L. F. Ferro. **Sumário mineral**, Brasília, DNPM, p. 63-64, 2001.
Revista Negócios da Cal da ABPC
Revista Cal News
- SUMÁRIO MINERAL 2008, Brasília, MME/DNPM
- TEPORDEI, V. V. et al. 2000. **Stone, Crushed**. Unites States Mineral Resources, Professional Paper, U. S. Geological Survey Mineral Yearbook – 2008
- USGS – United States Geological Survey, 2009. **Crushed Stone Statistics and Information**, USGS Mineral Information (<http://minerals.usgs.gov>)

12. ANEXOS

Projeções

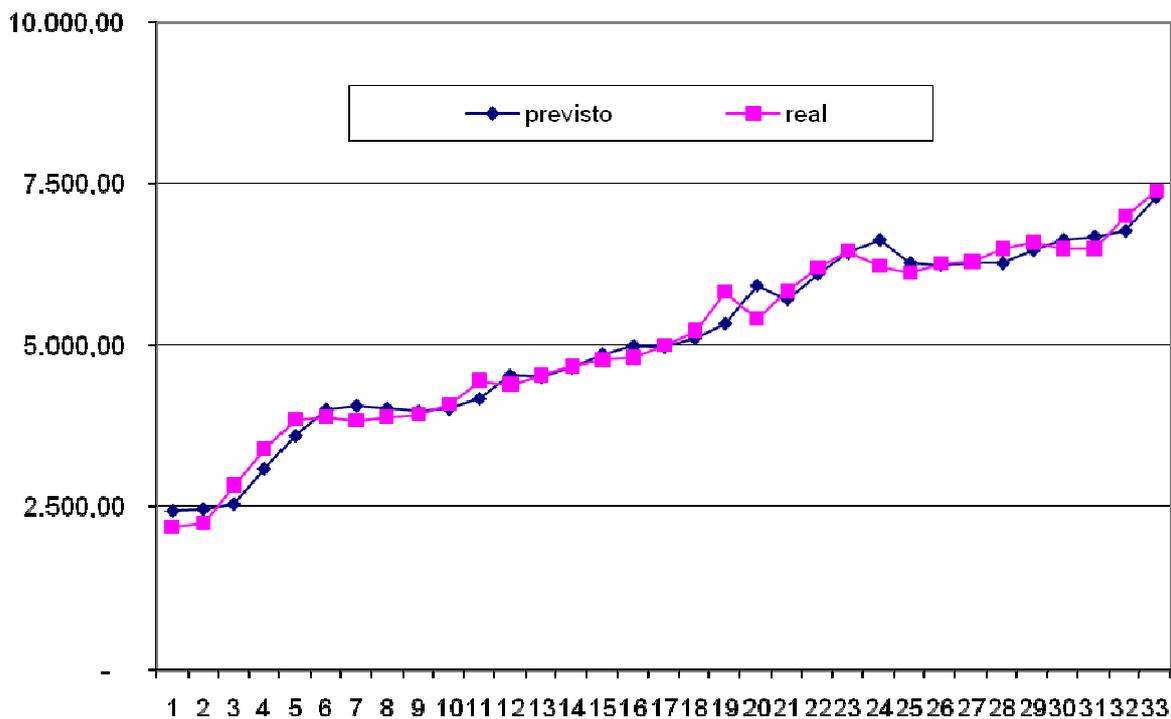


Figura 5 - Série Histórica do Consumo Ajustado e o Real - mil t

Tabela 19 - Previsto x real – mil t

Previsto	Real
2.441,60	2.200,00
2.469,50	2.260,00
2.547,87	2.840,00
3.092,77	3.400,00
3.604,19	3.860,00
4.011,60	3.900,00
4.068,01	3.840,00
4.030,05	3.900,00
3.984,35	3.940,00
4.017,87	4.100,00
4.179,42	4.460,00

4.534,96	4.400,00
4.512,75	4.540,00
4.653,54	4.680,00
4.868,78	4.780,00
4.993,16	4.820,00
4.978,31	5.000,00
5.112,75	5.230,00
5.339,69	5.840,00
5.931,77	5.425,00
5.719,50	5.843,00
6.109,89	6.210,00
6.435,00	6.469,00
6.637,77	6.228,00
6.281,96	6.136,00
6.245,92	6.273,00
6.294,35	6.300,00
6.277,00	6.500,00
6.478,40	6.600,00
6.639,19	6.500,00
6.683,44	6.500,00
6.778,01	7.000,00
7.296,29	7.393,00

Tabela 20 - Projeções com cenários - mil t

Ano	Cenário Frágil	Cenário Vigoroso	Cenário Inovador
1974	2.200,00	2.200,00	2.200,00
1975	2.200,00	2.200,00	2.200,00
1976	2.260,00	2.260,00	2.260,00
1977	2.840,00	2.840,00	2.840,00
1978	3.400,00	3.400,00	3.400,00
1979	3.860,00	3.860,00	3.860,00
1980	3.900,00	3.900,00	3.900,00
1981	3.840,00	3.840,00	3.840,00
1982	3.900,00	3.900,00	3.900,00
1983	3.940,00	3.940,00	3.940,00
1984	4.100,00	4.100,00	4.100,00
1985	4.460,00	4.460,00	4.460,00
1986	4.400,00	4.400,00	4.400,00
1987	4.540,00	4.540,00	4.540,00
1988	4.680,00	4.680,00	4.680,00
1989	4.780,00	4.780,00	4.780,00
1990	4.820,00	4.820,00	4.820,00
1991	5.000,00	5.000,00	5.000,00
1992	5.230,00	5.230,00	5.230,00
1993	5.840,00	5.840,00	5.840,00
1994	5.425,00	5.425,00	5.425,00
1995	5.843,00	5.843,00	5.843,00
1996	6.210,00	6.210,00	6.210,00

1997	6.469,00	6.469,00	6.469,00
1998	6.228,00	6.228,00	6.228,00
1999	6.136,00	6.136,00	6.136,00
2000	6.273,00	6.273,00	6.273,00
2001	6.300,00	6.300,00	6.300,00
2002	6.500,00	6.500,00	6.500,00
2003	6.600,00	6.600,00	6.600,00
2004	6.500,00	6.500,00	6.500,00
2005	6.500,00	6.500,00	6.500,00
2006	7.000,00	7.000,00	7.000,00
2007	7.393,00	7.393,00	7.393,00
2008	7.641	7.647	7.652
2009	7.837	7.910	7.981
2010	8.039	8.182	8.324
2011	8.245	8.464	8.682
2012	8.457	8.755	9.055
2013	8.675	9.057	9.445
2014	8.898	9.369	9.851
2015	9.126	9.691	10.275
2016	9.359	10.028	10.727
2017	9.598	10.376	11.199
2018	9.842	10.737	11.691
2019	10.093	11.110	12.206
2020	10.351	11.496	12.742
2021	10.611	11.900	13.315
2022	10.878	12.317	13.914
2023	11.152	12.749	14.540
2024	11.432	13.197	15.194
2025	11.720	13.660	15.877
2026	12.015	14.139	16.591
2027	12.317	14.635	17.337
2028	12.627	15.148	18.117
2029	12.945	15.680	18.932
2030	13.271	16.230	19.783

Testes estatísticos

Dependent Variable: CAL				
Method: Least Squares				
Date: 07/31/09 Time: 10:03				
Sample (adjusted): 1975 2007				
Included observations: 33 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0,76949	0,243337	3,162238	0,0036
PIB	0,066831	0,034037	1,963501	0,0589
CAL(-1)	0,811311	0,064353	12,60715	0
R-squared	0,973053	Mean dependent var		8,489235
Adjusted R-squared	0,971256	S.D. dependent var		0,309501
S.E. of regression	0,052473	Akaike info criterion		-2,97054
Sum squared resid	0,082601	Schwarz criterion		-2,83449
Log likelihood	52,01391	Hannan-Quinn criter.		-2,92477
F-statistic	541,6442	Durbin-Watson stat		1,579934
Prob(F-statistic)	0			

Mod --> $\ln\text{CAL} = 0.76949*\ln\text{C} + 0.811311*\ln\text{PIB} + 0.066831*\ln\text{Cal}(-1)$