

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

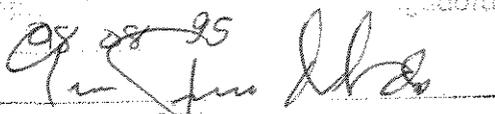
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

**Potencial Técnico e Econômico da Indústria do Caulim:
Monitoração e um Ensaio de Projeções para a Próxima
Década**

Sérgio Paulo Bordonalli

Este exemplar constitui parte do **V. 10** da
rede de **Geologia** e **Mineração** e foi
por **Sérgio Paulo Bordonalli**
e copiado em **08/28/95**
em **Geologia**

CAMPINAS

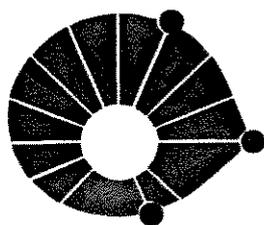
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 1995

B644p
25455/BC

Ampl.
Set. 1995



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

32

Potencial Técnico e Econômico da Indústria do Caulim: Monitoração e um Ensaio de Projeções para a Próxima Década

1

Sérgio Paulo Bordonalli

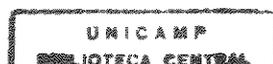
Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências, Área de Administração e Política de Recursos Minerais.

1

Orientador: Prof. Dr. Iran Ferreira Machado - IG/UNICAMP

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto - 1995



9514654



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

**Potencial Técnico e Econômico da Indústria do Caulim:
Monitoração e um Ensaio de Projeções para a Próxima Década**

AUTOR: Sérgio Paulo Bordonalli

ORIENTADOR: Prof. Dr. Iran F. Machado

COMISSÃO EXAMINADORA

PRESIDENTE: Prof. Dr. Iran F. Machado

EXAMINADORES: Prof. Dr. Sérgio Robles R. de Queiroz

Prof. Dr. Saul B. Suslick

CAMPINAS, 8 DE AGOSTO DE 1995

**Aos meus pais, Daisy e José Maria,
que jamais deixaram de me apoiar e como ninguém,
sempre acreditaram na chegada desse dia**

Agradecimentos

Neste instante gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Iran F. Machado, por colaborações, sugestões, apoio, interesse e reconhecimento no acompanhamento e no processo de elaboração desta dissertação.

Ao Projeto de Monitoração e Disponibilidade de Recursos Minerais através do convênio PADCT/FINEP/IG, na pessoa de seus coordenadores, pelo suporte financeiro e de infra-estrutura, fundamentais para o aprofundamento, a avaliação e abrangência deste trabalho e pela possibilidade de troca de experiências com o setor empresarial na realização do I Workshop da Monitoração da Disponibilidade Primária de Caulim.

Ao apoio financeiro do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, através da concessão de bolsa de estudo.

Com satisfação, gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Saul Suslick pelas colaborações, recomendações, empenho, e por guiar-me em novos horizontes, nos conceitos e aplicações dos métodos quantitativos.

Ao Prof. Dr. Luiz A. Milani Martins pela colaboração, interesse, iniciando-me no mundo das publicações científicas.

Ao Prof. Dr. Celso Pinto Ferraz pelas orientações nas etapas preliminares da realização deste trabalho e pelo entusiasmo demonstrado durante o período de maturação e finalização da pesquisa.

Aos demais docentes do Departamento de Administração e Política de Recursos Minerais - DARM, pela competência, responsabilidade e dedicação ao ministrar suas respectivas disciplinas.

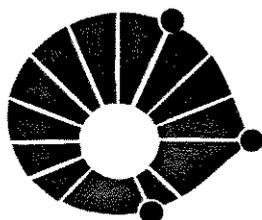
Gostaria ainda de agradecer pelas críticas, informações e sugestões os senhores: Luis Francisco D'Assumpção, da Superintendência de Tecnologia da Companhia Vale do Rio Doce S.A.; John Price, gerente de produção da ECC do Brasil Mineração Ltda.; Kenro Matsui, diretor da Jaakko Poyry Engenharia Ltda. e em especial aos colegas e amigos Anselmo Duarte Pereira, gerente de tecnologia de Caulim da Amazônia S.A. e Jiro Maruo, diretor da Geotecmin Ltda.

Às empresas produtoras de caulim em todo o mundo que, através do envio de suas informações, deram maior consistência e credibilidade a este trabalho.

Aos colegas e amigos deste Instituto que de uma forma ou de outra contribuíram comigo durante estes anos.

Às secretárias Cristina, Tânia e Jô pela amizade, carinho e presteza nos serviços de secretaria e à Rosângela, Valdirene e Adriana que, da mesma forma, colaboraram durante este período, bem como aos demais funcionários deste Instituto.

À Márcia, Cássia e Dora pela paciência e atenção dispensadas nas incontáveis pesquisas bibliográficas e informações fundamentais a este trabalho.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

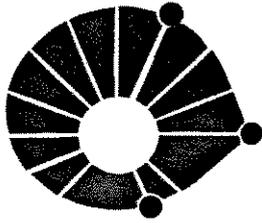
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RESUMO

**Potencial Técnico e Econômico da Indústria do Caulim:
Monitoração e um Ensaio de Projeções para a Próxima Década**

Sérgio Paulo Bordonalli

O mercado de minerais industriais tem sido representado com cada vez mais destaque no cenário mineral mundial e, sem dúvida, o mercado de caulim é um dos mais interessantes de ser estudado. As atuais especificações, a competitividade do mercado e a concorrência de outros minerais brancos vêm tornando fundamental o incremento das relações de parceria produtor-consumidor. Esta dissertação, visando atender essa necessidade, apresenta por meio das análises da estrutura da oferta, da monitoração da disponibilidade primária e da demanda, o potencial técnico e econômico dessa indústria. No final são apresentados os resultados de uma tentativa de previsão do consumo de caulim para a próxima década por meio de um modelo econométrico da demanda norte-americana e também seus reflexos no consumo mundial.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

MASTER OF SCIENCE DISSERTATION

ABSTRACT

**Technical and Economic Potential of the Kaolin Industry:
Monitoring and An Attempt for Forecasting the Consumption in the Next Decade**

Sérgio Paulo Bordonalli

The industrial minerals market has been given increasing importance in the world mining industry and the market for kaolin is one of most interesting to study. The current specifications and the competitiveness in this market as well as among other white minerals has resulted in intensive relationship between producer and customer. In order to answer this need, this dissertation shows the technical and economic potential of this industry by way of supply structure, monitoring analysis and demand. Finally, an attempt is made to model the kaolin consumption in the USA for the year of 2000, and assess its influence in the demand worldwide.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Quadros	ix
Lista de Siglas, Abreviaturas e Símbolos	x
Introdução	1
I. O Caulim	3
I.1. Abundância, Origem e Classificação	3
I.2. Gênese de Jazimentos	5
I.3. Cenário Mundial	7
I.3.1. Participação do Caulim no Cenário Mineral Mundial	8
II. Produção de Caulim	10
II.1. Produção Mundial	10
II.2. Processamento e Tipos de Produtos	15
II.2.1. Caulim Não Beneficiado	15
II.2.2. Caulim Beneficiado	16
II.2.2.1 Caulim Beneficiado a Seco	16
II.2.2.2 Caulim Beneficiado a Úmido	16
II.3. Tipos de Produtos	19
III. Monitoração da Disponibilidade Primária de Caulim	23
III.1. Localização das Jazidas e Minas	25
III.2. Gênese e Recursos Minerais	27
III.3. Métodos de Lavra e Custos de Extração	28
III.4. Recuperação, Reservas Mineráveis e Vida Útil	30
III.5. Qualidade, Tecnologia de Processo e Produtos	32
III.5.1. Caulim de Alto Padrão ou "Coating"	32
III.5.2. Caulim de Carga	34
III.5.3. Caulim de Padrão Marginal	34
III.6. Padrões de Desempenho Operacional	36
III.7. Perfil dos Principais Produtores Mundiais	38
III.8. Padrão Empresarial dos Principais Produtores	44
III.8.1. Estrutura de Capital	44
III.8.2. Grandes Conglomerados Empresariais	44
III.8.3. Fator de Produtividade das Vendas	47
III.8.4. Perfil Empresarial dos Grandes Conglomerados	48
III.8.5. Desempenho Financeiro	57
IV. Usos, Aplicativos e Concorrência	61
IV.1. Indústria de Papel	62
IV.1.1. Consumo de Minerais Em Papel	66

IV.1.1.1. Caulim	68
IV.1.1.2. Carbonato de Cálcio	72
IV.1.1.3. Talco	74
IV.1.1.4. Dióxido de Titânio	75
IV.2. Indústria de Tintas	77
IV.2.1. Consumo de Minerais em Tintas	78
IV.2.1.1. Caulim	79
IV.2.1.2. Dióxido de Titânio	81
IV.2.1.3. Carbonato de Cálcio	83
IV.2.1.3. Talco	84
IV.3. Indústria de Plásticos	86
IV.3.1. Consumo de Minerais em Plásticos	87
IV.3.1.1. Caulim	91
IV.3.1.2. Carbonato de Cálcio	94
IV.3.1.3. Dióxido de Titânio	94
IV.3.1.4. Talco	95
IV.4. Indústria de Borrachas	96
IV.4.1. Consumo de Caulim em Borrachas	97
IV.5. Indústria de Adesivos e Selantes	98
IV.5.1. Consumo de Caulim em Adesivos e Selantes	98
IV.6. Indústria de Catalisadores	99
IV.6.1. Consumo de Caulim em Catalisadores	100
IV.7. Indústria Farmacêutica	100
IV.7.1. Consumo de Caulim na Indústria Farmacêutica	100
V. Modelagem e Previsões para Consumo nos EUA para o Ano 2000	102
V.1. Objetivos e Metodologia	102
V.2. Modelos e Previsões	102
V.2.1. Consumo Total de Caulim	105
V.2.2. Consumo de Caulim em Papel	107
V.2.3. Consumo de Caulim para Revestimento	110
V.3. Reflexos no Consumo Mundial	112
Conclusões	115
Bibliografia	118
Anexo	127
Anexo 1 - Produção Brasileira de Caulim e Projeção de Cenários para o Ano 2000	
Apêndices	130
Apêndice 1 - Relatórios de Saída de Dados Bankao	
Apêndice 2 - Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem do Consumo Total de Caulim nos EUA	
Apêndice 3 - Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem do Consumo de Caulim em Papel nos EUA	
Apêndice 4 - Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem do Consumo de Caulim como Revestimento de Papel nos EUA	

Lista de Figuras

Figura I.1. Participação Relativa da Produção Industrial Mundial em 1989	7
Figura II.1. Produção Mundial de Caulim 1955-1992	10
Figura II.2. Principais Fontes de Oferta de Caulim no Mundo	12
Figura II.3. Evolução da Participação Relativa da Produção Mundial de Caulim por País de 1955 a 1992	13
Figura II.4. Fluxograma de Beneficiamento a Seco	18
Figura II.5. Fluxograma da Lavra e Beneficiamento do Caulim Lavado	20
Figura III.1. Estrutura Proposta para a Base de Dados para o Monitoração da Disponibilidade Primária de Caulim	25
Figura III.2. Evolução dos Distritos Mineiros de Caulim de Alto Padrão e o Ciclo de Vida da Mineração	33
Figura IV.1. Evolução do Consumo de Cargas e Coberturas Mineraias na Indústria Européia de Papel	68
Figura IV.2. A Evolução do Nível de Penetração da CaCO_3 no Mercado de Cargas Mineraias	73
Figura IV.3. Evolução da Penetração do CaCO_3 no Mercado Europeu	74
Figura IV.4. Evolução da Aplicação de Mineraias em Papel na Europa Ocidental	75
Figura IV.5. Evolução da Aplicação de Bens Mineraias na Indústria de Papel dos EUA ...	76
Figura IV.6. Divisão da Produção Mundial da Indústria de Tintas	77
Figura IV.7. Divisão das Vendas na Indústria de Tintas	78
Figura IV.8. Decomposição dos Custos e a Margem de Lucro da Indústria de Tintas no Reino Unido em 1989	79
Figura IV.9. Variação internacional dos Índices de Preços do Rutilo e Caulim	82
Figura IV.10. Produção de Plásticos e Consumo de Cargas Mineraias nos EUA	88
Figura IV.11. Consumo Estimado de Mineraias em Plásticos na Europa e EUA em 1993 ..	89
Figura IV.12. Evolução e Previsão do Consumo de Cargas e Aditivos na Indústria Norte-Americana de Plásticos	91
Figura V.1. Comparativo entre o Valor Real e o Valor Estimado para o Consumo Total de Caulim nos EUA	106
Figura V.2. Curva de Valores Reais Versus Valores Estimados na Modelagem para o Consumo de Caulim pela Indústria de Papel	109
Figura V.3. Comparativo entre o Valor Real e o Valor Estimado para o Consumo de Caulim como Cobertura de Papel	111

Lista de Tabelas

Tabela I.1. Caulim - Estatísticas Mundiais	8
Tabela II.1. Padrões de Qualidade de Caulim de Alto Desempenho	22
Tabela III.1. Reservas Mineráveis dos Principais Distritos Mineiros no Mundo	31
Tabela II.2. Principais Produtores de Caulim de Alto Padrão	32
Tabela III.3. Principais Produtores de Caulim de Carga	35
Tabela III.4. Vinte Maiores Índices de Produtividade e Ociosidade da Indústria do Caulim em 1992	37
Tabela III.5. As Maiores Empresas Produtoras de Caulim por Faturamento em 1992	46
Tabela III.6. Os Maiores Índices de Produtividade de Vendas da Indústria do Caulim em 1992	48
Tabela III.7. Desempenho Financeiro das Companhias Produtoras de Caulim	58
Tabela IV.1. Os Maiores Produtores e Consumidores Mundiais de Papel e o Brasil - 1992	64
Tabela IV.2. Relação da Fração Granulométrica e Alvura do Caulim para Revestimento em Papel	69
Tabela IV.3. Características e Preços de Pigmentos de Caulim Para Papel	70
Tabela IV.4. Pigmentos Especiais para a Indústria de Tintas	81
Tabela IV.5. Consumo de Tintas e Aditivos e Previsão até 1995	83
Tabela IV.6. Comparativo das Propriedades Físicas das Cargas Minerais Usadas em Tintas	85
Tabela IV.7. Propriedades das Principais Cargas Minerais de Aplicação em Plásticos	90
Tabela IV.8. Padrões de Caulim para a Indústria de Plástico e Elastômeros Produzidos pela J.M. Huber Corp.	92
Tabela IV.9. Padrões de Caulim com Tratamento de Superfície para Aplicação em Plásticos Produzidos pela J.M. Huber Corp.	93
Tabela V.1. Séries Históricas: Economia dos EUA, Produção e Consumo de Caulim	104
Tabela V.2. Cenários de Demanda Total de Caulim nos EUA	107
Tabela V.3. Cenários de Consumo de Caulim pela Indústria de Papel nos EUA	109
Tabela V.3. Cenários de Demanda de Caulim como Revestimento de Papel nos EUA	112

Lista de Quadros

Quadro II.1. Pigmentos Naturais do Caulim e Métodos de Remoção	17
Quadro III.1. Os Vinte Maiores Produtores Mundiais de Caulim em 1992	26
Quadro III.2. Principais Produtores de Caulim Padrão Marginal	36
Quadro III.3. Variedades de Caulim "Coating" Produzidos nas Últimas Décadas pela ECC no Reino Unido	38
Quadro III.4. Principais Conglomerados Empresariais na Indústria do Caulim	45
Quadro IV.1. Especificações de Minerais para a Indústria de Papel	67
Quadro IV.2. Características de uma Carga Mineral para Aplicação em Tintas	80
Quadro IV.3. Características Requeridas das Cargas e Aditivos Minerais na Indústria de Plásticos	89
Quadro IV.4. Influência das Cargas nos Termoplásticos	95
Quadro IV.5. Especificações do Caulim de Uso Farmacêutico	101

Lista de Siglas, Abreviaturas e Símbolos

¢ - centavos de dólar norte-americano
Δ estoque - variação de estoque
μm - micron
a.a. - ao ano
ABS - estireno butadieno acrilonitrila
AG - Aktiengesellschaft
AKW - Amberger Kaolinwerke
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BP - British Pharmacopea
BV - Besloten Vennootschap
CADAM - Caulim da Amazônia S.A.
CEI - Comunidade dos Estados Independentes
Cia. - companhia
Co. - company
Corp. - corporation
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
cps - centipoises
cres. - crescimento
CVRD - Companhia Vale do Rio Doce S.A.
Deslamin. - deslaminado
diox. - dióxido
DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral
DW - Durbin-Watson
ECC - English China Clays
EP - European Pharmacopea
esc. - escala
Estrutur. - estruturado
EUA - Estados Unidos da América
f - função (matemática)
f.o.b. - free on board
FCC - fluid cracking catalysts
FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
Fr. - franco francês
ft - pés
ft/min - pés por minuto
g/cm³ - grama por centímetro cúbico
g - grama
G.E. - General Electric
gal - galão
GCC - ground calcium carbonate
GDP - Gross Domestic Product
GmbH - Gesellschaft mit beschrenkter Haftung
Handel. - Handelmaatschapij
IFC - International Finance Corporation
Inc. - Incorporated
inorg. - inorgânico

I.R. - índice de refração
IR - imposto de renda
ISO - International Standards Organization
kg - quilograma
kg/hab. - quilogramas por habitante
kg/gal - quilogramas por galão
kg/t - quilogramas por tonelada
lb - libra peso
ln - logarítimo natural
log - logarítimo
LS - low saturation
Ltd. - limited
Ltda. - limitada
LWC - light weight coated
m²/g - metro quadrado por grama (superfície aparente; superfície específica)
ml - mililitro
mm - milímetro
mm/ano - milímetro por ano
MME - Ministério das Minas e Energia
MWC - medium weight coated
NL - No Liability
OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development
ONU - Organização das Nações Unidas
P.E. - peso específico
P&D - pesquisa e desenvolvimento
P&W - printing and writing paper (papel de escrita e impressão)
PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Part. - partícula
PCC - precipitated calcium carbonate
pH - potencial de hidrogênio
PIB - Produto Interno Bruto
plc, PLC - Proprietary Limited Corporation
PPI - Pulp and Paper International
ppm - partes por milhão
Prob. - probabilidade
prod. quim. - produtos químicos
Pty. - Proprietary
pulveriz. - pulverizado
PVC - cloreto de polivinila
RCCSA - Rio Capim Caulim S.A.
RCQSA - Rio Capim Química S.A.
Rep.Pop.China - República Popular da China
S.A. - Sociedade Anônima
SA - Sociedad Anonima
SD - spray dried
SLN - Societé Le Nickel
SOKA - Societé Kaolinère Armoricaïne
SpA - Societé per Azione

Sté. - Societé
t/a - toneladas por ano
t - tonelada métrica
TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry
TPE - elastômero termoplástico
ULWC - ultra-light weight coated
URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
US\$/t - dólar por tonelada métrica
US\$ - dólar norte-americano
USP - United States Pharmacopea
veloc. - velocidade
WBB - Watts, Blake & Bearne

Introdução

O mercado de caulim, tanto quanto de alguns outros minerais industriais, tem se caracterizado por um grande dinamismo tecnológico face às novas qualificações e aplicações desenvolvidas, tanto pelas indústrias consumidoras, como pelas empresas produtoras.

O que era um mineral de carga e enchimento, em pouco tempo, transformou-se num mineral classificado como funcional ou "specialty", passando a classificar-se na categoria de materiais evoluídos. Este desenvolvimento, baseado numa cooperação entre produtores e consumidores, visou integrar a demanda funcional do produto final com os serviços demandados pelo fornecedor. Está baseado na qualidade e não na quantidade produzida, ou seja, os consumidores não desejam que os fornecedores produzam mais com menor custo, mas que produzam melhor, através da melhoria de seu desempenho e eficiência.

Esta dissertação tem como objetivo o estudo dessas relações por meio da avaliação técnica e econômica da "commodity" caulim, através da monitoração e análise das potencialidades mundiais da oferta deste bem mineral, bem como seus aplicativos na indústria, sua competitividade no mercado, concorrência e previsões de demanda para a próxima década.

O trabalho inicia-se pela apresentação do bem mineral e as principais terminologias a ele associadas, sua forma de ocorrência na natureza e dos principais atributos que torna o caulim um produto altamente competitivo no mercado internacional, tanto entre seus produtores como de seus concorrentes diretos.

Para a definição de um patamar da grandeza econômica, são apresentadas estatísticas minerais mundiais que têm, como finalidade, mostrar um quadro comparativo de produção e do valor da produção, pelo qual se poderá visualizar a importância relativa dessa "commodity" face às demais substâncias.

No capítulo de oferta estão ilustradas estatísticas mundiais de produção de caulim no mundo, bem como as formas de processamento, os principais equipamentos utilizados, os métodos de remoção de impurezas e, por sua vez, a geração dos diversos produtos finais.

Para um completo mapeamento da disponibilidade da oferta e da radiografia dos principais produtores mundiais fez-se necessária a criação de uma base de dados. Esse banco de informações, denominado BANKAO, através da avaliação de 74 empreendimentos, foi capaz de monitorar 85% da produção mundial de caulim. A análise dos resultados dessas informações foi tema de um capítulo, no qual é apresentado um diagnóstico técnico e financeiro das principais minas e empresas produtoras, a identificação dos principais mercados de penetração para os produtos e a capacidade de novos investimentos.

Outro aspecto importante discutido nesta dissertação, numa abordagem quantitativa e qualitativa, é de como o caulim, em especial o de alto padrão, é aplicado pelas indústrias consumidoras, quais são os principais concorrentes e como funciona o mecanismo de inter-substituição desses bens minerais.

No capítulo final, por meio de técnicas econométricas, são apresentados os resultados de um ensaio de projeções de demanda de caulim para a próxima década nos EUA, com destaque para a aplicação em papel, bem como o seu impacto desta sobre a estrutura da produção e sobre os recursos de caulim do Brasil.

I. O Caulim

I.1. Abundância, Origem e Classificação

As argilas são rochas compostas por minerais de granulometria muito fina, geralmente mais finos que 2µm, basicamente são silicatos de alumínio hidratado com presença de ferro ou magnésio substituindo, total ou parcialmente, o alumínio na rede cristalina (HARBEN & BATES, 1984 b).

Do grupo dos argilominerais, os de utilização comercial mais importantes são: a caulinita, a montmorilonita e, em menor escala, são usados também a atapulgita, a sepiolita e a hectorita.

A caulinita é um dos mais comuns e abundantes minerais da crosta da Terra, podendo ser comparado ao quartzo, mica, feldspato e calcita, porém sua exploração para uso comercial é mínima em relação à sua abundância. O grupo das caulinitas é subdividido de acordo com a presença e a natureza de seus constituintes e dos demais minerais associados. Estes determinantes na caracterização das propriedades físicas de cada mineral e por sua vez na aplicação comercial . São quatro as argilas básicas desse grupo: o caulim, o "ball clay", as argilas refratárias e a haloisita (LEFOND,1975; SANTOS, 1975).

O caulim é composto, basicamente, pelo mineral caulinita, cuja fórmula química é $\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, geralmente de cor branca, podendo ser ainda amarelado ou avermelhado. É constituído por lamelas ou placas de perfil hexagonal, é muito fino, opaco, altamente homogêneo, de alta plasticidade, ocorrendo associado a outros minerais tais como: haloisita, mica, quartzo, feldspato, smectita, alunita, turmalina, anatásio, rutilo e limonita.

Em termos genéticos é um produto do intemperismo e/ou hidrotermalismo de rochas compostas de alumino-silicatos que contêm elementos alcalinos, podendo ser: granitos, gnaisses, pegmatitos, arcósios, etc... Em termos estruturais a forma do cristal é tabular de contorno hexagonal podendo apresentar estacas e pacotes orientados ou tábulas individualizadas (HARBEN & BATES, 1984a; 1984b).

A origem do termo caulim, segundo BRISTOW (1987), é derivado de uma localidade conhecida como "Kao-Ling" na província de Jauchau-Fu, China, que significa colina alta. Nesse local os

chineses utilizavam essa argila na manufatura de porcelanas finas, sendo esta a razão de ser comercialmente também conhecido como "China Clay".

Especificamente, dentro do grupo dos caulins, outros termos normalmente encontrados na literatura estão na classificação apresentada por PICKERING & HURST (1989) para os caulins da Georgia (EUA), subdividindo-os em três grupos: o tipo "soft", "hard" e tipo "flint".

O caulim tipo "soft" caracteriza-se pela friabilidade, com partição em fratura conchoidal ou em placas, granulometria com mais de 65% acima de $2\mu\text{m}$, formação de estacas com partículas euedrais com crescimento paralelo e de fácil deslaminção. Os teores de Fe_2O_3 são próximos de zero e TiO_2 é menor que 2%. Geralmente tem idade de formação do Cretáceo ao Paleoceno, densidade de 1,3 a $1,6\text{ g/cm}^3$, boa absorção de água e, por isso, compatível com o processamento via úmida com larga utilização principalmente em papel.

O tipo "hard" tem como peculiaridade maior rigidez, a partição irregular dos fragmentos, de granulometria mais fina, com 80% abaixo de $2\mu\text{m}$, empacotamento cristalino muito compacto dificultando a deslaminção, teores de Fe_2O_3 próximos a 1% e TiO_2 em até 8%, densidade mais elevada, de 1,6 a $1,8\text{ g/cm}^3$ e com idade geológica entre o Paleoceno e o Eoceno Médio.

Finalmente, os caulins denominados "flint" são, devido à infiltração de sílica, muito mais rígidos que os demais, assemelhando-se a uma rocha propriamente dita.

O "ball clay" é uma mistura de caulinita, illita, quartzo, montmorilonita, clorita, material carbonático e orgânico que confere a esta variedade uma plasticidade e resistência à tensão superiores à do caulim .

Já a argila refratária, ou "fire clay", segundo LEFOND (1975), inclui diversas composições de argilas cauliniticas que, quando calcinadas, não apresentam cor branca e atingem temperatura de queima igual ou superior a 1430°C (SANTOS, 1975).

A haloisita é um mineral membro do grupo das caulinitas, diferindo do caulim pela forma tubular das partículas e por ter viscosidade 6 a 7 vezes maior. Tem sua formação associada à

combinação de agentes de hidrotermalismo e intemperismo sobre os fenocristais de feldspato e de obsidianas em riolitos (HARVEY et alii, 1990). Tem, ainda, como característica a alta plasticidade semelhante ao "ball clay" e por isso tem aplicativo cerâmico. Quando apresenta alta alvura e granulometria ultrafinas, (95% abaixo de 2µm), tem o uso mais nobre na manufatura de porcelanas finas (NEY, 1983).

1.2. Gênese de Jazimentos

Os depósitos de caulim podem ter gênese tanto primária quanto secundária. Os de gênese primária podem ter origem por alteração "in situ" ou autóctone de minerais contendo silicatos de alumínio, principalmente feldspatos (BRISTOW, 1987). Esses depósitos formaram-se através de três diferentes processos: por ação de intemperismo, hidrotermalismo, e da alteração tipo "solfataras".

O processo da gênese por intemperismo se dá pela interação da ação climática do tipo quente e úmido ocorrendo, principalmente, sobre granitos, gnaisses e meta-arcósios. Os depósitos gerados são muito irregulares, tanto na forma como na espessura, dependendo da intensidade da alteração.

São exemplos desse tipo de processo as jazidas de Mogi das Cruzes no Brasil; na região do Cabo, África do Sul; Hirshau na Bavária (AKW, 1992), Dresden e Maissen na Saxônia (DORFNER, 1972), Alemanha; Criméia, Rússia; Ghuhovetsky na Ucrânia; Aspang e Linz, Áustria; e ainda Mataury Bay na Nova Zelândia (HARVEY et alii, 1990).

A geração de depósitos de caulim, via processo hidrotermal, se dá pela percolação de fluidos hidrotermais na rocha, causando uma alteração na mineralogia e na petrofábrica da mesma. A passagem desses fluidos é permitida pela ocorrência de falhas e fraturas cortando o corpo rochoso, principalmente granitos. Há, posteriormente, a penetração de águas superficiais e de baixas temperaturas completando a caulinização dos feldspatos (WITTE, 1993).

Desse processo são características as jazidas de St. Austell em Cornwall e Devon na Inglaterra (ECCI a, s.d.), na Boêmia, na região da Bretanha, França (KAOLINS D'ARVOR, s.d.), nas regiões

da Galícia e Valência, Espanha, Bithinia e Balikesir, Turquia e Yonezawa na região de Honshu no Japão.

O depósito tipo "solfataras", segundo BRISTOW (1987), é a alteração que ocorre durante o estágio final de vulcanismo ácido através dos vapores e águas quentes exaladas, ricos em enxofre, que passam por entre as rochas. São comuns a esta gênese as jazidas da ilha de Milos, Grécia.

O processo de formação de caulim sedimentar inicia-se com o intemperismo e a caulinação dos alumino-silicatos da rocha-mãe, transformando-a em saprolito, muito suscetível à erosão. A partir de então as partículas liberadas são transportadas em suspensão para zonas de baixa energia, confinadas a semiconfinadas, onde ocorre a deposição (ECCI b, s.d.), (PICKERING & HURST, 1989).

São exemplos de jazidas de origem sedimentar as da Georgia e Carolina do Sul; Eufala no Alabama; Ballarat (KAOLIN 1991,1987), Weipa (COMALCO KAOLIN,1986), Dar es Salam na Tanzânia; Jari, Rio Capim, Paragominas na Bacia Amazônica e Yungju na Coréia do Sul.

Qualquer que seja o depósito e o processo de formação de caulim, os fatores mais importantes para avaliação da sua qualidade são, segundo adaptação de MURRAY (1988, 1976) e MELLVIN & WHITLEY (1963):

a) propriedades físicas

- **alvura** - medida em percentagem, a reflectância do caulim é comparada a padrões como óxido de magnésio ou sulfato de bário; a alvura deve ser tão alta quanto possível. É comercialmente aceitável a faixa entre 80 e 90%.
- **distribuição granulométrica** - mede a proporção de partículas inferiores a 2µm e para bons padrões de caulim este nível terá que estar entre 85 e 98%.
- **viscosidade** - mede as propriedades reológicas da polpa de caulim aplicado a folha do papel para aplicação como cobertura. Não deve ser maior que 300 cps no viscosímetro Brookfield, a 20 rpm em polpa a 71% de sólidos.
- **% areia ("grit")** - desejável se inferior a 10% do minério lavado

b) propriedades químicas:

• refere-se à mineralogia e composição química dos óxidos maiores como Al_2O_3 and SiO_2 , e as impurezas representadas pelos óxidos menores, tais como Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , CaO , Na_2O e K_2O .

1.3. Cenário Mundial

A fim de mostrar a dimensão das categorias de "commodities" minerais em relação aos demais setores industriais em todo o mundo, a Figura I.1. mostra a divisão relativa do valor da produção de cada um desses ramos. O tema desta dissertação abordará uma parte da divisão dos minerais não-metálicos, ou seja, parte de 1% da produção industrial mundial. Essa classificação leva em conta apenas a mineração e não os produtos acabados não-metálicos. A eventual participação dos mesmos como insumos, isto é, como produtos intermediários estão englobados em outros setores industriais como nas indústrias de manufatura leve que inclui as indústrias de bebidas, alimentos, têxtil, couro, calçados, produtos de madeira, de plástico e de borracha e a de manufatura pesada como metalurgia, equipamentos, papel, etc...

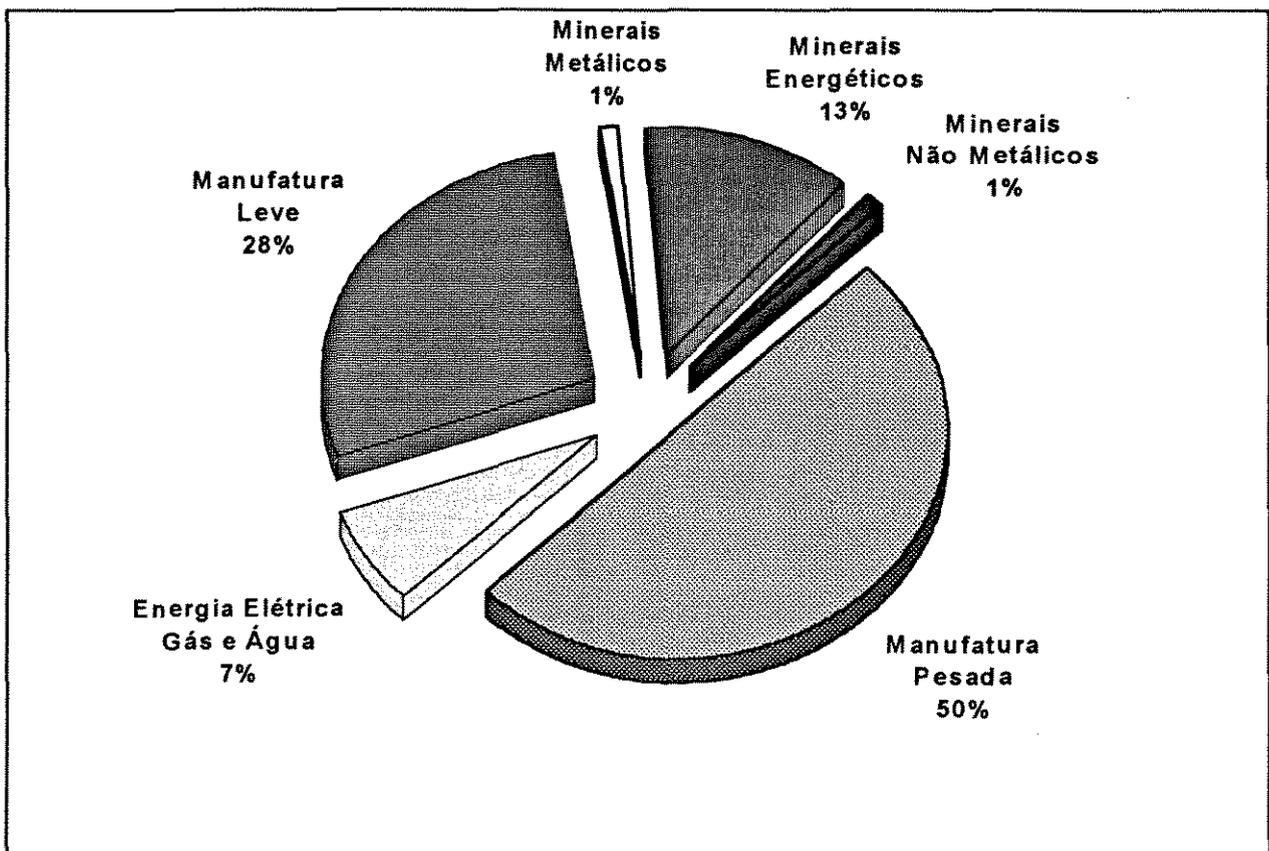


Figura I.1. Participação Relativa da Produção Industrial Mundial em 1989
Fonte: ONU (1991)

I.3.1. Participação do Caulim no Cenário Mineral Mundial

O caulim, segundo NÖTSTALLER (1988), pertence a categoria de mineral primário. Essa classificação é atribuída levando-se em conta vários fatores como: o grande volume de produção, um grande número de produtores individuais e a multiplicidade de aplicações industriais e da relação direta do consumo desses bens com o nível econômico e do desenvolvimento medidos pela produção industrial.

Historicamente o desempenho da indústria do caulim tem crescido tanto em termos absolutos como no valor da produção, Tais fatos acentuam o crescimento do caulim a nível global e, principalmente, na categoria dos não-energéticos, já que entre os não-metálicos, o caulim permaneceu na sétima posição em valor de produção, conforme mostrado na Tabela I.1., estando atrás do calcário, fosfato, sal, enxofre, potássio e diamante.

Destaca-se a valorização real dos minerais não-metálicos em relação aos metálicos nos últimos anos. O caulim, ainda que não apresentasse evolução entre os minerais de sua classe, mostrou evolução constante da classificação entre todos bens, de 25° para 19° lugar, e na classe dos não-energéticos de 20° para 14° lugar, tanto por um melhor desempenho como produto, como contando com a baixa de alguns metálicos outrora mais importantes.

Tabela I.1. Caulim - Estatísticas Mundiais

	1991	1990	1983	1980	1978
Posição Geral (por valor de prod.)	19°	21°	22°	24°	25°
Posição entre Não-Energéticos	14°	16°	17°	19°	20°
Posição entre Não-Metálicos	7°	7°	7°	7°	7°
Faturamento (US\$ milhão)	2.210	2.090	1.271	1.160	1.238
Participação Entre Não-Energéticos	1,5	1,40	1,48	0,8	1,48
Participação Entre Não-Metálicos (%)	6,73	6,54	5,83	4,00	4,71

Fontes: CALLOT(1985); Ministère de l'Industrie, des Postes et Télécommunications e de Commerce Extérieur(1993)

Mesmo mantida inalterada a posição entre os não-metálicos, o valor da produção de caulim apresentou, nos últimos quinze anos, um crescimento real de dois pontos percentuais, ressaltando mais uma vez o crescimento do segmento caulim.

II. Produção de Caulim

II.1. Produção Mundial

A produção mundial de caulim em 1992 foi de aproximadamente 23 milhões t (ROSKILL, 1993), contra 24,2 milhões t em 1991 e cerca de 25,5 milhões t em 1990 (HIGHLEY, 1993), com uma capacidade instalada de 28,3 milhões t. Essa situação foi decorrente da queda da produção industrial e, por sua vez, do PIB em vários países desenvolvidos como os Estados Unidos e aqueles da Europa Ocidental.

Historicamente porém, a produção mundial de caulim tem tido um crescimento médio de 4,2% ao ano desde 1955 até 1992, interrompido em apenas em três períodos: a crise do petróleo de 1974, com reflexos em 1975 e 1976, devido a queda da demanda, queda de estoques, no aumento dos custos de produção, bem como nos bens de aplicação final; na crise de 1982, mas com menor impacto na produção de caulim do que a anterior; e finalmente a queda da produção industrial do Mundo Ocidental de 1991 (Figura II.1.).

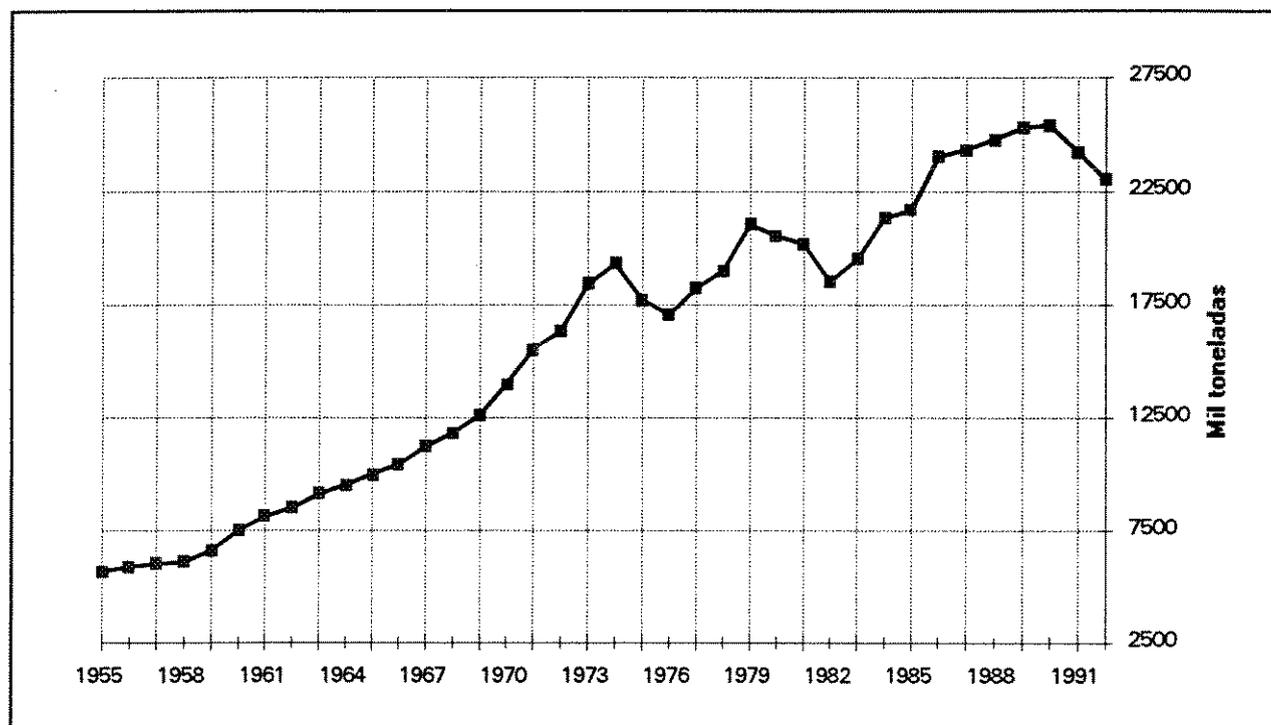


Figura II.1. Produção Mundial de Caulim 1955-1992

Fonte: Healing & Wright (1968); USBM; Watson (1984); Roskill (1993)

A retomada do crescimento da produção, após as citadas baixas, voltou a apresentar desempenho semelhante aos períodos anteriores às mesmas. A partir de 1987 houve um crescimento médio menos acentuado, dando sinais de instabilidade econômica e superoferta, culminando com a queda de 1991.

O caulim é produzido em cerca de setenta países, todavia, dados relevantes e relativamente sistematizados referem-se a cerca de trinta e cinco deles, porém o método com o qual esses dados são compilados incorre em alguns problemas como:

- Os dados apresentados não levam em conta fatores como a heterogeneidade da produção, ou seja a produção apresentada de forma agregada, desprezando-se o destino final de cada produto, exceção feita à desagregação dada pelo relatório da USBM quanto à produção doméstica norte-americana;
- Essa mistura heterogênea de dados acaba por esconder o padrão tecnológico de cada segmento da oferta, devido à união da produção beneficiada junto com a não beneficiada;
- Falta de dados organizados ou disponíveis de países como a Rússia, outros da CEI, (ex-URSS) e do Leste europeu;
- Falta de uniformidade de unidades utilizadas.

Os principais produtores mundiais¹ estão expressos na Figura II.2.

Além dos produtores tradicionais como EUA, Reino Unido, Alemanha e Rússia, destacam-se hoje: a produção no Brasil, tanto em quantidade como em qualidade; a produção da Austrália como um nova opção de fornecimento; as produções da China e da Coreia do Sul, mas somente em termos absolutos (qualitativamente refere-se a caulim não processado).

Merece também destaque a produção na antiga Tchecoslováquia, um pequeno, porém tradicional produtor; a África do Sul como único produtor africano de caulim beneficiado; a Ucrânia por deter parte das reservas da ex-União Soviética, mais especificamente na província de Ghuhoveskoye.

¹ A-EUA; B-Reino Unido; C-Espanha; D-França; E-Alemanha; F-Rússia; G-China; H-Coreia do Sul; I - Austrália; J-Brasil

Nos últimos trinta anos ocorreram algumas mudanças na estrutura da oferta mundial. Estas foram detectadas através da comparação da participação relativa na produção mundial de alguns dos principais países produtores, mostrando, também, a evolução da penetração ou retração do produtor no mercado, medidas por meio dessa participação, conforme ilustra a Figura II.3.

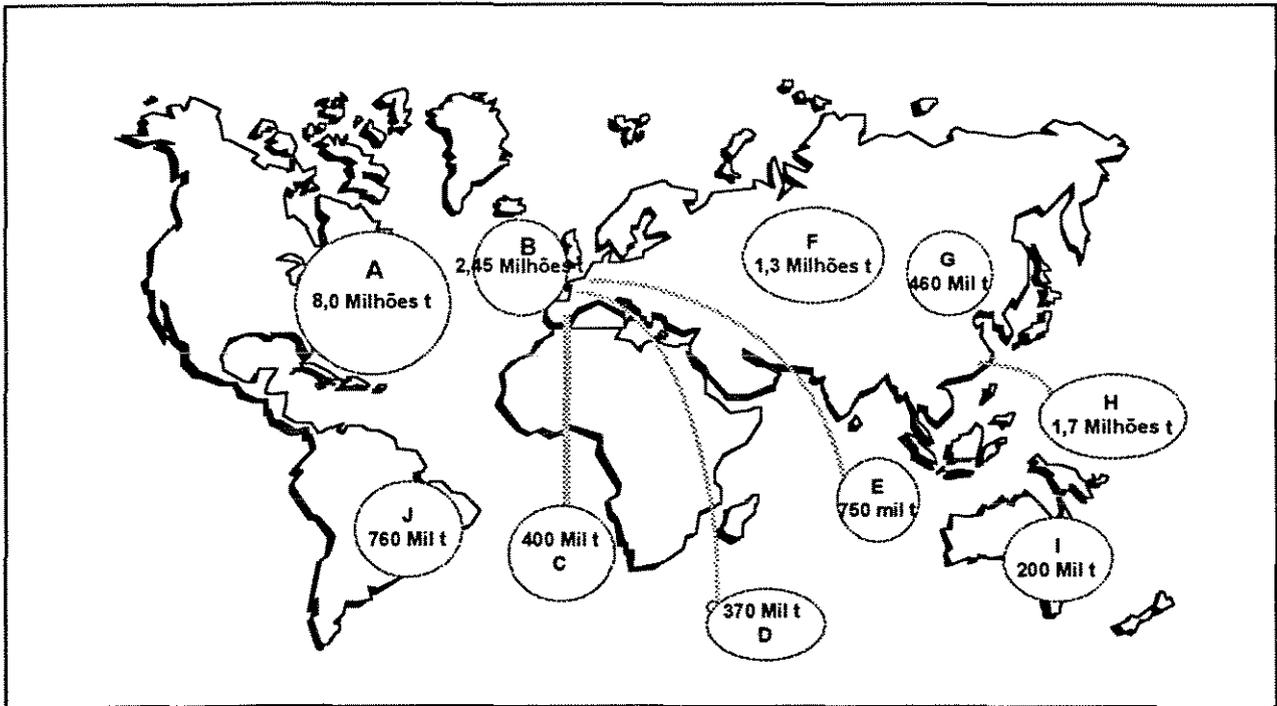


Figura II.2. Principais Fontes de Oferta de Caulim no Mundo

Fonte: Roskill (1993)

Para essa análise foram escolhidos alguns dos principais produtores de caulim beneficiado como: EUA, Reino Unido e Rússia representados até 1990 pela URSS e em 1991 pela CEI, a Alemanha como um produtor muito tradicional com cerca de 150 anos no mercado e o Brasil como um jovem fornecedor.

Destaca-se a sólida posição norte americana no mercado, que entre 1955 a 1969 deteve em média 33% da produção, subindo sucessivamente até 35% em 1974. Em 1975, em consequência da primeira crise do petróleo, houve queda ao nível de 28%, devido à diminuição do consumo do caulim beneficiado, principalmente, de alta qualidade e queda das exportações (BRISTOW, 1992).

A partir de 1976 houve retomada da produção, fixando-se a partir de 1977 no patamar médio de 35% da produção mundial até o ano de 1987, em que a flagrante queda da participação soviética e estabilidade da participação britânica, a produção norte-americana passou a ampliar sua parcela de mercado atingindo o patamar de aproximadamente 40% a partir de então.

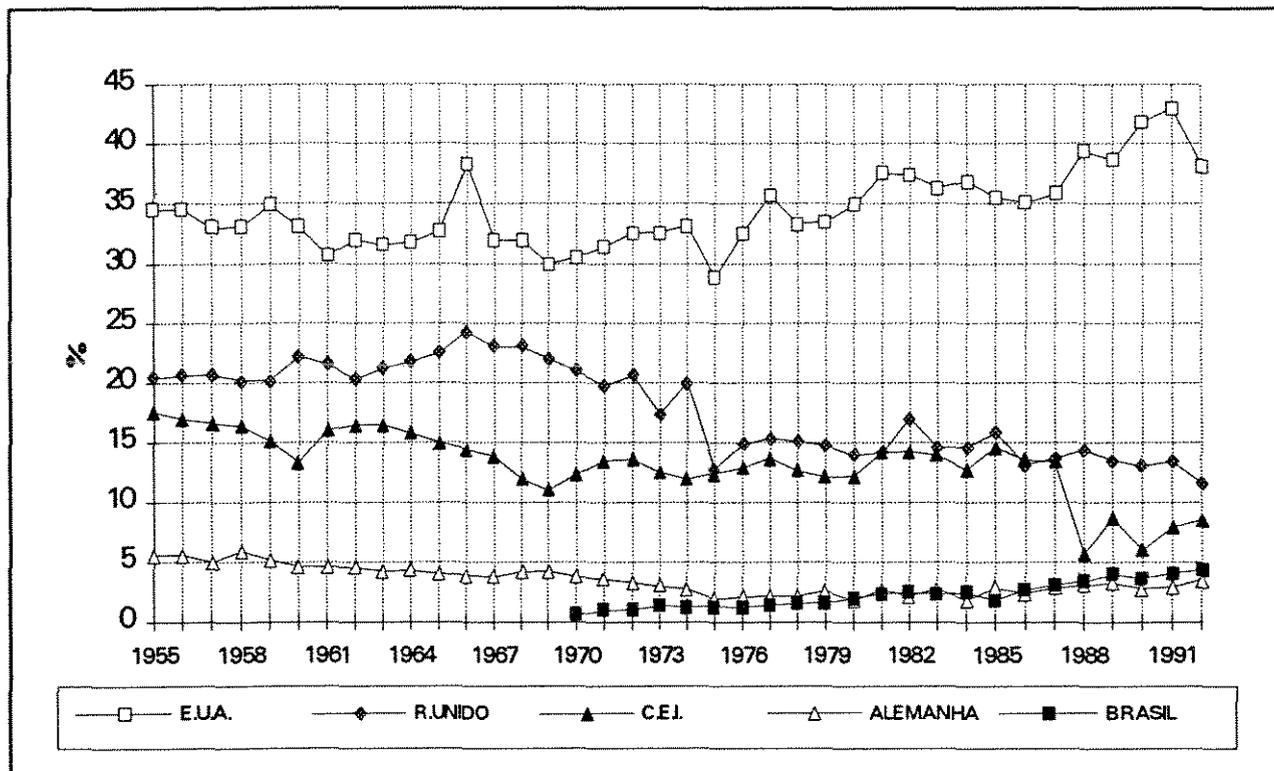


Figura II.3. Participação Relativa da Produção Mundial de Caulim por País de 1955 a 1992

Fonte: Healing & Wright (1968); USBM; Watson (1984); Roskill (1993)

Em relação a produção britânica, esta passou de 20% para 25% em 1966, caindo sucessivamente até 1973. Nesse período apresentou um comportamento inverso ao da produção soviética, e tal qual nos EUA, em 1975 sofreu forte queda de produção, mas aqui, de forma mais acentuada, principalmente devido a queda das exportações (BRISTOW, op cit.), baixando em praticamente 10 pontos percentuais.

Nesse instante pode-se constatar que não houve recuperação da produção, dando indícios de falta de competitividade e queda de qualidade das reservas, fato esse ressaltado, a partir de 1985, quando a produção britânica praticamente estagnou por volta de 3 milhões t. Esta estagnação abriu espaço para o crescimento de outros fornecedores, tais como os EUA e o

Brasil, estando hoje o Reino Unido no patamar aproximado de 12% do total da produção.

A produção brasileira de caulim praticamente iniciou em 1970, porém ganhou destaque internacional já a partir de 1976, ano em que passou de importador para exportador, notadamente de caulim de alta qualidade. A participação do Brasil tem crescido ano após ano, não sendo significativamente afetada nem mesmo pelas crises do petróleo. Ultrapassou a Alemanha em 1986, atingindo um patamar de 5% do total produzido, estando prestes a superar a Rússia.

Em levantamento realizado pelo Grupo Temático nº 18, sobre os Cenários da Produção Mineral Brasileira e submetido ao Ministério das Minas e Energia, coordenado por MACHADO (1994) com a colaboração deste autor, mostrou que, a exceção do caulim, a oferta dos demais bens minerais produzidos no Brasil tem oscilado, somente, em função da expansão geral da economia mundial ou da economia interna.

O caulim por sua vez, apresentou o melhor cenário de expansão entre todos, por vislumbrar um crescimento de oferta bem maior do que seria esperado em relação a economia mundial. Segundo este relatório, a produção de caulim no Brasil poderá, até o final do século, atingir um patamar, em termos otimistas, de até 3,0 milhões de toneladas por ano, contra as 915 mil toneladas produzidas em 1992 (Anexo 1). Esse aumento de produção de cerca de 220% até o ano 2000, tem em vista a entrada em operação de dois novos empreendimentos previstos para 1995 e 1996. Destaca-se também que é o único bem mineral, dentre os levantados, em que haverá crescimento efetivo através da entrada em operação de novos empreendimentos.

As novas operações deverão ter escala inicial de 500 mil toneladas por ano, expandindo-se progressivamente até 1,0 milhão t cada até o ano 2000. Contando ainda com a previsão de expansão das operações já existentes, o Brasil consolidará sua posição como terceiro ou até segundo polo industrial de produção de caulim no mundo, com produtos de grande penetração no mercado, sendo praticamente o único país detentor de jazidas de caulim de classe internacional.

Esse cenário demonstra claramente a conquista de um segmento do mercado internacional, ocupando posições de outros países, notadamente o Reino Unido, associado ainda a um potencial aumento da capacidade interna de consumo.

Em relação à Alemanha e à Rússia, é interessante notar a queda constante na participação da produção alemã, denotando o esgotamento das reservas, e, por consequência, a diminuição do padrão de qualidade e da competitividade, mostrando, nitidamente, a perda de mercado. Quanto à Rússia, esta não apresenta dados oficiais, mas sabe-se que a produção tem sido cerca de 50% da capacidade instalada (ROSKILL, 1993).

II.2. Processamento e Tipos de Produtos

O caulim se apresenta sob uma grande variedade de produtos que são colocados no mercado. São conhecidos aproximadamente 50 padrões diferentes, estando tais padrões ligados fortemente ao tipo jazida, ao beneficiamento empregado e à indústria demandante ao qual se destina. Alguns produtos são voltados exclusivamente a um determinado mercado, dando a este um caráter, por vezes, de estrutura oligopsônica. Em alguns casos pode-se constatar até mesmo a produção por encomenda².

II.2.1. Caulim Não Beneficiado

Diz-se caulim não beneficiado, aquele extraído da mina e comercializado sem qualquer método de processamento. É comercializado no estado de "run of mine". Não costuma ter uma padronização específica, mas eventualmente, dependendo do uso, principalmente quando usado como 'ball clay', tem especificações como o grau de plasticidade e a temperatura de queima. Geralmente são caulins coloridos e portanto fora do mercado de aplicação nobre.

² HUMPHREYS (1991) ressalta que os produtos podem ter suas especificações alteradas e processos modificados em comum acordo entre as partes, sendo portanto de total interesse do consumidor desenvolver contínua relação com o produtor e transformá-lo em fornecedor e parceiro de longo prazo em que este possa compreender o seu negócio e aquele seja sensível as suas necessidades.

II.2.2. Caulim Beneficiado

O caulim é beneficiado a fim de realçar principalmente as propriedades físicas que contém, como alvura, granulometria, viscosidade e superfície específica.

Embora as técnicas de beneficiamento do caulim sejam relativamente semelhantes entre si, existem alguns detalhes que variam de uma planta para a outra, dependendo de fatores como a granulometria, alvura, assim como o tipo de produto requerido pelos consumidores. Nesses termos para o processamento de caulim, segundo PICKERING & HURST (1989), existem basicamente dois tipos básicos de beneficiamento, a seco ou flotado a ar, e lavado ou a úmido.

II.2.2.1 Caulim Beneficiado a Seco

Método geralmente usado em pequenas minas ou em jazidas de material muito grosseiro, de baixa alvura ou de caulim com alta viscosidade. Não há nenhum tipo de beneficiamento químico ou magnético e os custos de produção são geralmente muito baixos. Consiste basicamente da remoção de partículas grosseiras do caulim, tais como: areia, muscovita e minerais pesados, através da separação em uma coluna de ar. A Figura II.4 ilustra esse processo desde a lavra até o produto final.

II.2.2.2. Caulim Beneficiado a Úmido ou Lavado

Esse processo de beneficiamento é dividido em três seções: classificação, branqueamento e filtragem (COOPE, 1979). O método mais utilizado para o beneficiamento, principalmente nos EUA, Brasil e Alemanha consiste na adição de um agente dispersante no caulim para a formação da polpa, preparando assim o produto para a classificação ou desareamento.

O processo de classificação pode ser feito através de caixas de areia, hidrociclonagem, peneiras vibratórias ou hidro-separadores, ou ainda com uma combinação dessas técnicas. A polpa é então levada para uma estação de refino para separação de partículas grosseiras e pigmentadas.

Três são as técnicas de refino mais tradicionais: a centrifugação, hidrociclonagem, e a hidro-separação, podendo ainda haver conjugação desses processos. Essas técnicas usadas em vários estágios permitem a obtenção de grande variedade de produtos com granulometria entre 25 e 100% abaixo de 2µm (PICKERING & HURST,1989).

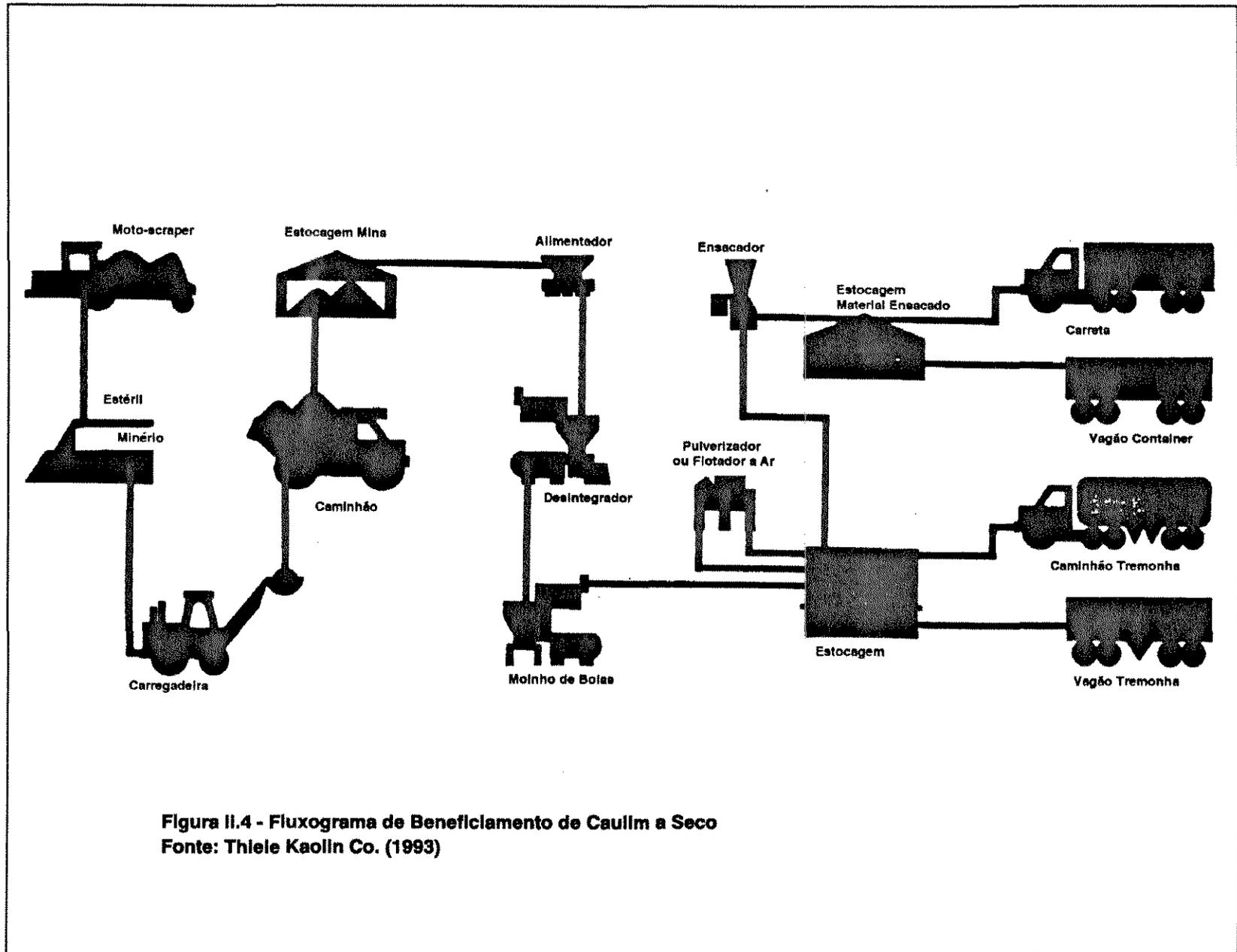
A partir daí a polpa é levada para a estação de branqueamento ou alveamento químico para melhoria da alvura final. As técnicas mais utilizadas são:

- Alveamento Químico - Consiste na adição de agentes químicos redutores a baixo pH para remoção, por solubilização, de óxidos de ferro;
- Ultraflotação - Atua como um separador mecânico de partículas ultrafinas de óxidos de ferro e titânio, através do processo de carregamento tipo "piggy-back";
- Separação Magnética - Também conhecido como filtragem magnética de alta intensidade, sendo usada para remoção de partículas de óxido de ferro e titânio pouco reativas ao agente químico. Nesse estágio pode atuar em conjunto a floculação seletiva ou a ultraflotação. A Quadro II.1. resume os métodos de remoção para cada pigmento presente no caulim.

Quadro II.1. Pigmentos Naturais do Caulim e Métodos de Remoção

Cor	Mineral/Elemento	Método de Remoção
Vermelho; Rosa; Marrom; Amarelo	Hematita e Goethita	Redução Química por Hidro-sulfito de Sódio ou Ditionito de Zinco
Roxo ou Violeta	Anatásio; Rutilo; Hematita	Filtragem Magnética; UltraFlotação; Floculação Seletiva
Cinza e Bronze	Matéria Orgânica; Pirita	Oxidação por Ozona ou Hipoclorito de Sódio, seguido de redução

Fonte: PICKERING & HURST(1989)



A Figura II.5. ilustra, em resumo, um fluxograma desde a lavra até o beneficiamento do caulim lavado.

II.3. Tipos de Produtos

O caulim destaca-se dos demais minerais industriais basicamente: pela sua inércia química, alvura, boa capacidade de enchimento e cobertura, baixa abrasão, baixa condutividade térmica e elétrica, compatibilidade de dispersão em água, outros líquidos e resinas, do baixo custo de produção e de uma grande variedade de produtos colocados no mercado.

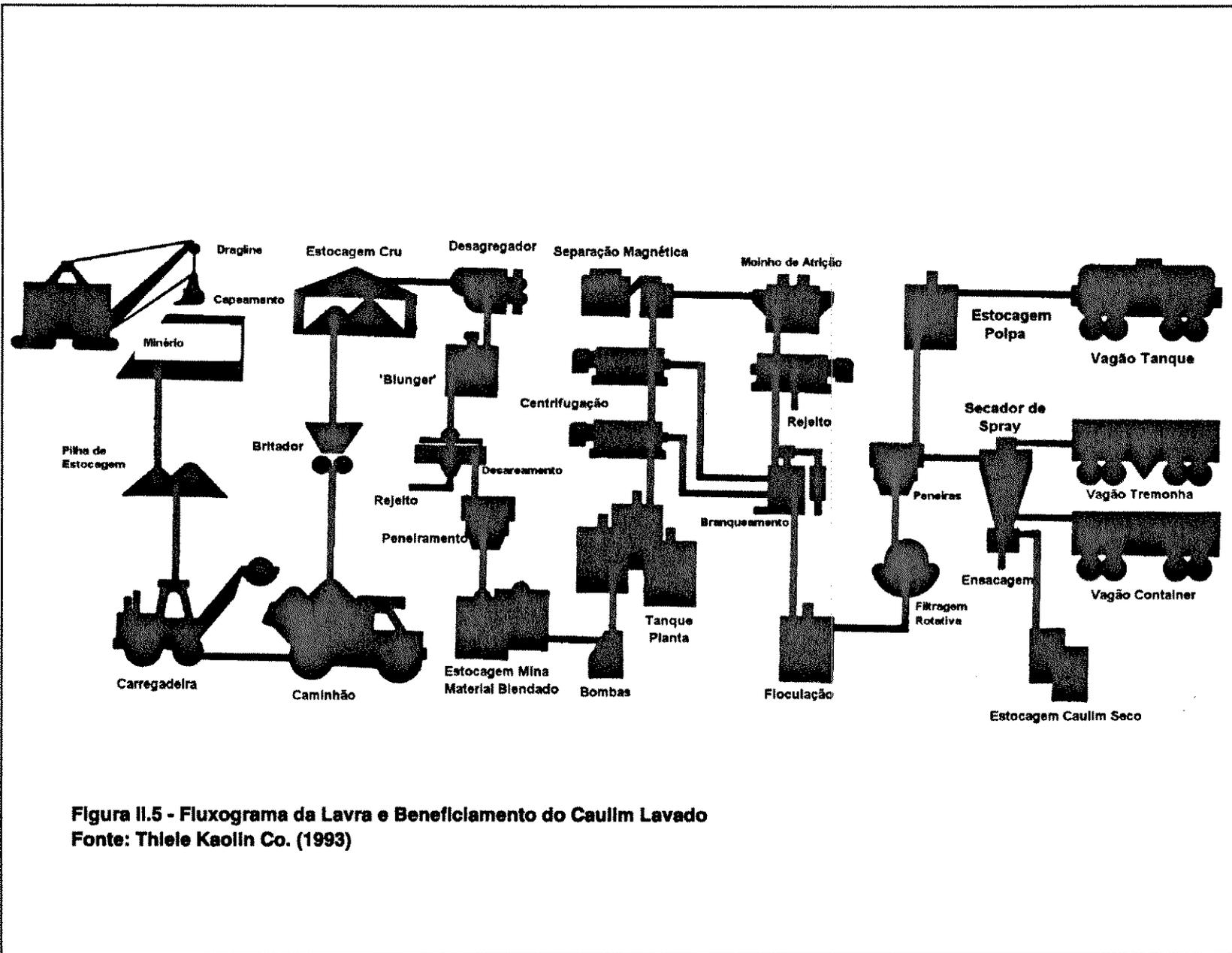
O caulim não beneficiado refere-se ao produto que é extraído da mina e levado imediatamente ao consumo, basicamente devido a sua alta plasticidade e temperatura de queima. Os caulins beneficiados dividem-se em dois grandes grupos, os de aplicação como carga ou "filler", e os aplicação como cobertura e extensor ou "coating" e "extender".

D'ASSUMPÇÃO (1992) define como caulim de carga o produto adicionado principalmente à massa de celulose, em proporções de 8 a 30% em peso. Tem como função preencher os vazios da fibra e encorpar a resina dando como aspecto final ao produto uma superfície lisa, opaca e moderadamente brilhante. A alvura oscila entre 80 a 85% da norma ISO³ e a fração granulométrica, abaixo de 2µm, varia de 60 a 80%.

O caulim usado como carga pode ser obtido tanto por beneficiamento a seco como a úmido e é comercializado sob vários padrões, conforme a granulometria e alvura desejada pelos consumidores.

O produto de cobertura deve ter alvura entre 86 a 88% ISO, partículas com 80 a 98% abaixo de 2µm, baixo índice de abrasividade, baixa viscosidade, fácil dispersão. Como função deve conferir extrema homogeneidade na superfície aplicada, em relação a granulometria.

³ Norma de alvura - ISO - International Standard Organization com sede em Genebra, Suíça e tem como forma de medição a reflectância em relação a um padrão que pode ser o sulfato de bário ou óxido de magnésio. Outras normas utilizadas são a Tappi- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (Alvura ISO + 1,7 pontos) ou G.E.(Alvura ISO + 2,0 pontos).



De acordo com os padrões da J.M.HUBER CORP. (1992 a) os caulins são divididos em frações tendo as mais finas com denominação de alto brilho ou "high gloss" com 94 a 99% abaixo de 2µm. A fração nº1 na faixa de 90 a 94% e a nº2 na de 80 a 89%. A essas frações granulométricas e de alta alvura dá-se o nome de superior ou "premium" e as mais baixas o termo aplicado é o padrão ou "standard".

Outros tipos de produtos podem ser obtidos através da deslaminação por atrição do caulim, geralmente através de centrífugas (PICKERING & HURST, 1989), em que a estrutura cristalina de estacas do caulim é mecanicamente partida (JOHNS et alii, 1990), a fim de aumentar a proporção de partículas finas do produto final. A separação dos cristais produz uma superfície de plaquetas orientadas muito lisa no papel e um aumento da superfície específica do produto.

Outras variedades especiais são os chamados caulins estruturados que podem ser térmica ou quimicamente tratados. Os termicamente tratados são calcinados, transformados em mulita pela eliminação da molécula de água presente na estrutura original. Tem como característica a queima na cor branca aumentando a alvura final para níveis de até 94%, aumento da dureza, da opacidade melhorando assim as propriedades ópticas e pela geração de partículas de tamanho homogêneo. O padrão granulométrico desejado para este produto pode ser obtido no controle da temperatura de calcinação. Outra vantagem do calcinado é a de ser mais poroso que o original (JOHNS et alii, 1990).

O caulim quimicamente estruturado ou com tratamento de superfície é aquele que, através da ação de agentes químicos sobre o caulim original, resulta com propriedades semelhantes às do caulim calcinado sem a necessidade da fusão termal, permitindo a obtenção de um produto intermediário a nível de granulometria, viscosidade e alvura do original e do calcinado, como mostra a Tabela II.1.

Outras formas de produtos estão ligados ao método de comercialização. Conforme a disponibilidade, o produto pode ser vendido em polpa, variando a porcentagem de sólido contido e a granel. Nesse caso é normalmente comercializado na forma pelotizada; ou ainda na forma pulverizada, geralmente ensacado.

Tabela II.1. Padrões de Qualidade de Caulim de Alto Desempenho

	Caulim Quimicamente Estruturado	Caulim Deslaminado	Caulim n°2	Caulim Calcinado Fino
Alvura (%)	85,0	86,0-87,5	84,0-85,0	88,5-91,5
% < 2mm	85	78 - 82	78 - 82	88 - 90
Resíduo(%) +325 mesh	0,010	0,010	0,010	0,015
Viscosidade % Sólidos	62	67 - 69	69,5-70,5	49 - 52
Brookfield @ 20rpm, cps	50 - 110	400 - 600	200 - 300	100 - 300
pH	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 7

Fonte: Johns et alii (1990)

III. Monitoração da Disponibilidade Primária de Caulim

Para uma avaliação global das características e peculiaridades da oferta de caulim, fez-se necessária a elaboração de um banco de dados, aqui denominado BANKAO³, que pudesse, de forma muito dinâmica, avaliar e detectar as potencialidades das minas em operação ou de cada projeto de operação. Este capítulo de oferta primária de caulim é a resultante da preparação, cruzamento e análise dos dados coletados.

Cada produtor pode, então, ser avaliado sob aspectos qualitativos e quantitativos, referentes as suas respectivas jazidas e operações, as relações entre essas, os alvos de mercado e a concorrência. A partir desse levantamento, observar os impactos na economia e no mercado internacional de caulim, tanto sob o ponto de vista tecnológico como financeiro, além da análise das políticas de planejamento tático e estratégico adotadas pelos produtores.

O formato básico adotado foi do Metallica 2000 - Mining Database por apresentar uma estrutura bastante completa e direta, tanto no aspecto técnico nas descrições das operações de lavra e beneficiamento como no aspecto do desempenho financeiro de cada empresa produtora.

Do Mineral Availability System do USBM, foram extraídos os aspectos de descrição geológica da jazida e das características geoambientais dos depósitos e do Raw Materials Data foram aproveitados alguns aspectos relativos a estrutura empresarial das companhias, como a divisão de "holdings", subsidiárias e matrizes e do tipo de capital acionário. Foi utilizada a experiência do autor nos aspectos ligados ao controle de qualidade, infra-estrutura, produtos e forma de comercialização.

O critério de escolha dos empreendimentos para a coleta de dados obedeceu a um parâmetro de produção ou projeto de no mínimo 50.000 t/a em estado de operação, desenvolvimento ou exploração. Esse critério permitiu cobrir 80% da produção mundial e praticamente a totalidade de produção de caulim de alto padrão (BORDONALLI, 1994).

³Este trabalho é integrante do Projeto Monitoração da Disponibilidade Primária de Recursos Minerais, através do convênio PADCT/FINEP/IG

As exceções ficaram por conta das empresas brasileiras, que foram estudadas todas ou as possíveis, e, eventualmente, algum produtor menor no mundo que se destacou pela excelência da qualidade de seu produto.

O sistema de informações buscou dar prioridade às fontes primárias através do contato via correspondência com as empresas produtoras, nos quais foram solicitados todo e qualquer material de divulgação e propaganda como relatórios anuais, brochuras, catálogos, etc... De um total de 56 correspondências enviadas foram obtidas 34 respostas positivas

A fonte secundária tem como base de informações as revistas especializadas como Industrial Minerals; Mining Journal; Fortune International, etc... e relatórios especiais para o setor como Roskill Information Services Ltd., Kline International Corp. e BIS Marketing Research. É importante ressaltar que a informação secundária foi utilizada somente como complemento da primária ou em sua ausência.

A estrutura básica do banco de dados BANKAO, conforme a Figura III.1., procurou contemplar todos os aspectos básicos de uma empresa produtora ou em fase pré-operacional de produção de caulim sendo dividido em dois grandes módulos: **MINAS** e **EMPRESAS**.

O módulo **MINAS** contempla todas as operações de uma mina ou minas propriamente ditas, desde a etapa de avaliação geológica, lavra, beneficiamento até o produto final. Este módulo é subdividido em quatro submódulos: Sumário Mina; Geologia; Operações; Financeiro; visando a orientação do usuário quanto ao tipo de informação desejada.

O módulo **EMPRESAS**, por sua vez, trata dos aspectos ligados ao funcionamento da empresa produtora como empresa propriamente dita, ou seja, mostra o desempenho dessa companhia em seus aspectos mais relevantes como os resultados de exercícios, aspectos de planejamento estratégico⁴.

⁴Os modelod de entradas de dados estão presentes do Apêndice 1

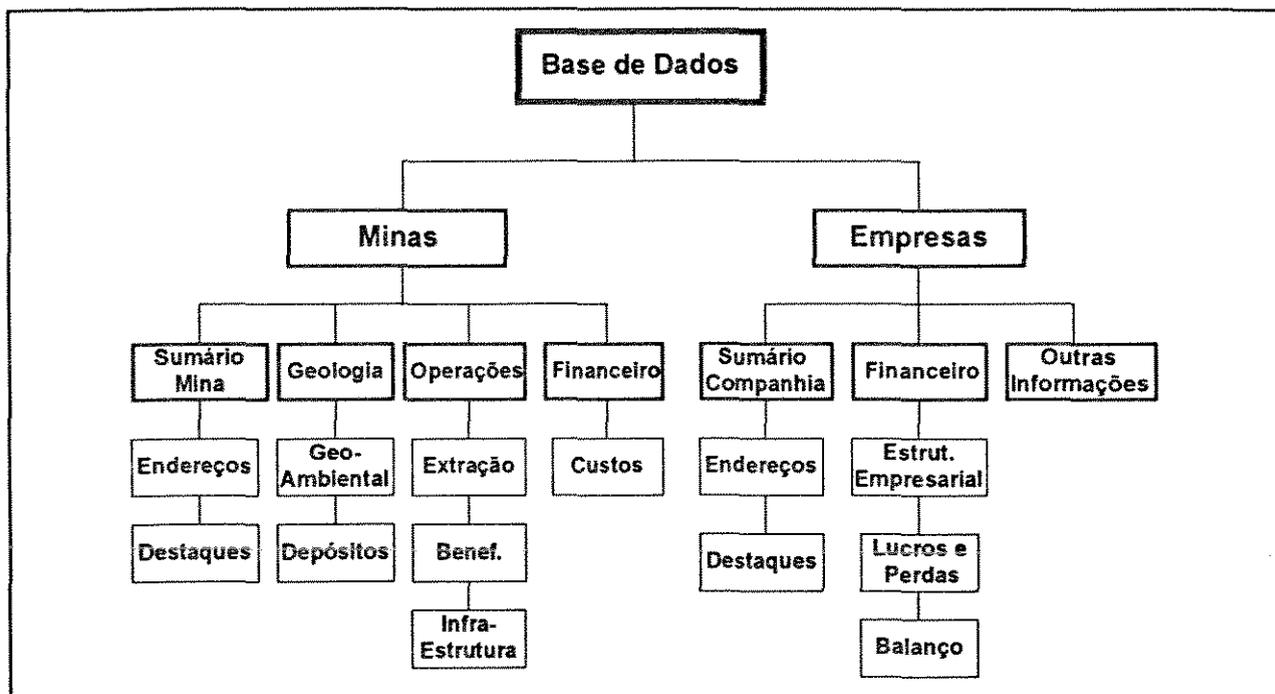


Figura III.1. Estrutura Proposta para a Base de Dados para o Monitoração da Disponibilidade Primária de Caulim

Fonte: Bordonalli (1994)

III.1. Localização das Jazidas e Minas

As minas e jazidas levantadas pelo banco de dados são operadas ou de propriedade de 75 empresas em 24 países distribuídos por todos os continentes sendo: **32 na Europa**, (Alemanha, 8; Espanha, 5; Inglaterra, 4; França, 4; Turquia, 3; Grécia, 2; Áustria, 2; Repúblicas Tcheca e Eslovaca, 2; Ucrânia, 1; Rússia, 1); **17 na América do Norte**,(Estados Unidos, 16; Canadá, 1); **12 na América do Sul** (Brasil, 12); **5 na Oceania**, (Austrália, 4; Nova Zelândia, 1); **6 na Ásia**, (China, Japão, Coreia do Sul, Malásia, Paquistão e Indonésia, 1 em cada); e **3 na África**, (África do Sul, Argélia e Tanzânia, 1 em cada).

Das empresas levantadas, 64 encontram-se com mina em operação(O), estando as vinte maiores listadas na Quadro III.1.; 5 em fase de desenvolvimento(D); e 5 em fase de exploração(X). Entre as seis em desenvolvimento, duas estão situadas no Brasil, no estado do Pará, uma pela Ric Capim Caulim S.A. (RCCSA), com início previsto para 1995, outra pela Pará Pigmentos S.A. com

abertura prevista para 1996, ambas com capacidade prevista de 500 mil t/a.

Outros projetos em desenvolvimento situam-se um no Canadá, na região de Saskatchewan para 150 mil t/ano, um na Tanzânia na região de Dar es Salaam com capacidade para 240 mil t/a e um no Paquistão na região de Sind para 40 mil t/a.

Dentre os cinco depósitos em fase de exploração sem previsão de "start-up", um encontra-se no Brasil. Trata-se da área de propriedade da CPRM, que devido ao insucesso na negociação da venda da jazida para o consórcio Engelhard Corp./Mineração Itaberaba Ltda., complicado pelo recurso judicial interposto pela Construtora Mendes Jr. A CPRM irá empreender uma nova licitação em data ainda não divulgada. Os demais depósitos em exploração encontram-se: em El Milia, na Argélia; em Seriam, na Malásia; Guadalajara na Espanha e na Austrália em Skardon River, província de Cape York.

Quadro III.1. Os Vinte Maiores Produtores Mundiais de Caulim - 1992

MINAS	PRODUTOR	PAIS	PRODUÇÃO
Cornwall; Devon	ECC International Ltd.	Inglaterra	2.250.000
Scott; McInyre; Gordon	Engelhard Corporation	EUA	1.300.000
Prosyana	Governo da Rússia	Rússia	1.300.000
Macon; Wrens; Edisto; Langley; Huber	J.M. Huber Corp.-Clay Division	EUA	985.000
Sandersville; Wrens	Georgia Kaolin Co. Inc.	EUA	920.000
Oconee; Thomson; Deepstep; Wrens	Thiele Kaolin Co.	EUA	900.000
Macon; Wrens	ECC International Inc.	EUA	850.000
Dry Branch	Dry Branch Kaolin Co.	EUA	580.000
Fuliang; Ching-Tae-Chen; Singtze; Loping; Yuk	Governo da China	China	500.000
Andersonville; Eufala	C-E Minerals Inc.	EUA	499.070
Felipe	Caulim da Amazônia S.A.	Brasil	441.966
Ghuhovetskoye	Ghuhovetsky Kaolin Plant	Ucrânia	407.000
Jeffersonville	Nord Kaolin Co.	EUA	300.000
Augusta; Hephzibah	Albion Kaolin Co.	EUA	300.000
Sedlec Karovy Vary; Kasneyjov	Keramicke e Sklarske Suroviny NP	Rep. Tcheca	300.000
Hirshau	Amberger Kaolinwerke GmbH	Alemanha	300.000
Sandersville; Deepstep; Aiken	Kentucky-Tennessee Clay Co.	EUA	280.000
Gordon	Wilkinson Kaolin Associates Ltd.	EUA	250.000
McIntyre; Wrens	Evans Clay Co.	EUA	235.000
Horní Briza	Západoseské Keramické Zavody NP	Rep. Tcheca	200.000

Fonte: Empresas Produtoras; Industrial Minerals; Roskill

Em termos físico-geográficos, as minas e jazidas encontram-se sob quase todos os tipos climáticos existentes, desde o tropical úmido amazônico com altas temperaturas, até 30°C, a climas mediterrâneos e temperados da Europa e América do Norte com 7 a 17°C de média e até climas desérticos como na China.

A vegetação como função do clima é também muito variável, podendo ser detectados minas em florestas tropicais úmidas como na Amazônia, em bosques e florestas mistas como na Europa e Estados Unidos. São comuns ainda minas e jazidas na região de domínio de cerrados, savanas, estepes e até desertos. Tais variações proporcionam regimes de chuvas igualmente muito variáveis, com precipitação desde 250 mm/ano até cerca de 3000 mm/ano.

III.2. Gênese e Recursos Minerais⁵

Foram detectados, nos dados em que puderam ser identificados, 16 depósitos do tipo primário de alteração, 17 do tipo primário hidrotermal e 24 do tipo secundário.

As jazidas com gênese do tipo primário de alteração, por se tratar de um fenômeno geológico simples encontram-se espalhadas por todos os continentes. Destacam-se entre eles as nove minas situadas na Alemanha (principalmente na região da Bavária), e Áustria, e as duas minas no Brasil, em Mogi das Cruzes.

Como recurso mineral, destaca-se apenas a de Prosyanyaya, Rússia, classificada como *Gigante* (160 milhões t); uma *Grande* em Ghuhovetskoye na Ucrânia (47 milhões t), duas de tamanho *Moderado* em Caminau (20 milhões t); Hirshau (13,6 milhões t) e uma série de reservas consideradas *Pequenas* incluindo as situadas em Mogi das Cruzes-SP, operadas pela ECC do Brasil Mineração S.A. (3,8 milhões t) e Empresa de Mineração Horii Ltda. (2,9 milhões t).

⁵ Estabeleceu-se a seguinte classificação para recursos minerais de caulim para o tamanho das reservas, em relação ao minério bruto ("run of mine"):

Reservas Gigantes : maiores que 100 milhões t

Reservas Grandes : entre 20 e 100 milhões t

Reservas Moderadas: entre 5 e 20 milhões t

Reservas Pequenas : menores que 5 milhões t

As de gênese do tipo primária hidrotermal, diferentemente das anteriores, tem distribuição geográfica bem mais restrita. À exceção da mina de Itaya em Honshu no Japão todas as demais encontram-se na Europa, com destaque para as região de Cornwall e Devon na Inglaterra, Bretanha, na França e Valência e Galícia, na Espanha.

Quanto aos recursos, ocorre uma do tipo Gigante nas províncias de Cornwall e Devon, com 300 milhões t, uma Grande em Quessoy na França, operada pela SOKA, uma de tamanho Moderado, em Balikesir na Turquia, e todas as demais dentro do patamar de reservas Modestas.

Já na categoria de jazidas secundárias, destacam-se: a) as reservas situadas no cinturão Georgia-Carolina do Sul (EUA) distribuídas entre as regiões de Sandersville, Andersonville, Gordon, Macon, McIntyre, Augusta, Bath, Wrens, Edisto e Aiken; b) as situadas em platôs sedimentares nos estados do Pará e Amapá, em São Domingos do Capim e Ipixuna e no Jari e c) em platôs sedimentares na Austrália, semelhantes aos do Brasil.

Quanto ao tamanho das reservas, 5 foram classificadas como *Gigantes*, sendo 4 no Brasil e 1 nos EUA, com estimativas de pelo menos mais quatro; 2 *Grandes* ambas nos EUA com perspectivas de mais duas; 7 Moderadas entre EUA (4); Austrália (2); Tanzânia (1), podendo haver ainda duas nos Estados Unidos; e 3 *Modestas*, Austrália (2) e Espanha (1).

Portanto tais constatações acima permitem afirmar que as maiores reservas mundiais de caulim sob o ponto de vista estritamente geológico encontram-se pela ordem: 1) em jazidas sedimentares; 2) primárias hidrotermais; 3) primárias de alteração.

III.3. Métodos de Lavra e Custos de Extração

As operações estudadas apresentaram vários métodos de lavra, todos do tipo a céu aberto, ligados principalmente pelo tipo e tamanho da jazida, e a relação estéril/minério. Levando em conta tais critérios, foram detectados os seguintes métodos de lavra:

- **Método de Desmonte Hidráulico:** usado em jazidas primárias, tanto hidrotermais quanto de alteração, devido a irregularidade da jazida, principalmente em relação a base de minério e a

heterogeneidade do grau de alteração e mineralogia, o que obriga, por vezes, o uso de explosivos para o avanço das frentes de lavra. O desmonte hidráulico tem como vantagem a operação ininterrupta, dispensa a formação de pilhas de estocagem e tem o mais baixo custo de extração de todos os métodos considerados, estimado em US\$ 5 a 10/t produzida. A dificuldade desse método diz respeito às questões de recomposição da área minerada. Utilizam-se desse método as minas da ECC International na Inglaterra (Cornwall) e no Brasil (Mogi das Cruzes); WBB e Steetley Minerals (ambas na Inglaterra).

- **Método de Bancada:** O mais comum entre todos os métodos. Aplicável a qualquer tipo de jazida, principalmente quando há relação de mineração favorável, isto é, mais minério em relação ao estéril, camadas de minério espessas, possibilitando a blendagem de minério.

Facilita a recomposição da área minerada, é aplicável a qualquer tamanho de jazida, desde que o minério ocorra em camadas aproximadamente estratiformes. O maquinário preferencialmente utilizado é o "motoscraper" ou o conjunto escavadeira-caminhões.

As chuvas são fatores limitantes desse tipo de lavra, que exige solo seco para locomoção dos equipamentos com pneus, acarretando formação de pilhas de estocagem de minério bruto. Outros equipamentos utilizados, porém em menor escala, são o "bucket wheel" e "bucket chain".

Algumas das empresas que empregam esse método são: Engelhard Corp.(EUA); ECC Australia Pty (Austrália); Kaolins du Morbihan (França); Amberger, Gebruder-Dorfner e Eduard Kick na Alemanha.

- **Método de Anfiteatro:** É uma variação do método anterior com mudança no formato da mina, permitindo uma operação multidirecional da lavra. Tem como exemplo típico a mina do Felipe, operada pela CADAM, porém, devido à grande precipitação pluviométrica da região do Jari, torna-se necessária a formação de um estoque de minério bruto nos meses secos para a alimentação da usina nos meses chuvosos.

Em relação aos custos, estes variam em função da frota de equipamentos utilizados, porém estima-se em US\$ 15 a 25/t produzida para ambos os métodos, levando-se em consideração

custos de remoção de estéril e a economia de escala.

- **Método de Corte Total:** encontrado somente em jazidas sedimentares pouco espessas, com baixa relação de mineração, ou jazidas em lentes com formatos regulares, tais como as do Rio Capim e das minas operadas pelas empresas: J.M.Huber Corp.; Dry Branch Co.; ECC International Inc. (EUA); Thiele Kaolin Co. O custo aproximado é superior ao anterior, variando de US\$ 30 a 40/t produzida.

- **Método de Lavra em Tira:** assemelha-se ao tipo corte total e bancada, porém lavra-se uma faixa de cada vez. O único exemplo disponível é o da mina de Weipa, Austrália, operada pela Comalco. Nela o caulim está imediatamente abaixo da jazida de bauxita e só é lavrado após a lavra da primeira. Esse caso trata-se de uma operação muito especial em que todos os custos inerentes a remoção de estéril é absorvido pela operação de bauxita, tornando a lavra do caulim excepcionalmente barata, variando de US\$ 8 a 15/t produzida.

III.4. Recuperação, Reservas Mineráveis e Vida Útil

A recuperação, como função do tipo de depósito, do método de lavra e do beneficiamento empregado, é um item importante para a formação das reservas mineráveis, e por conseguinte é responsável pelo nível atual de produção e pela vida útil dessas reservas.

Dos três tipos de depósitos de caulim, o do tipo secundário é que apresenta recuperação mais uniforme, em média de 70%, enquanto que nos primários, devido a sua irregularidade, a recuperação é muito variável, oscilando entre 12 e 50%. Essa desvantagem em relação a recuperação dos depósitos secundários confere uma diminuição de produtividade em relação as primeiras e como consequência acarreta um aumento do custo do produto final.

A Tabela III.1. traz uma estimativa de reservas mineráveis nos principais distritos mineiros do mundo em relação a tipologia de depósito às quais se associam.

Tabela III.1. Reservas Mineráveis dos Principais Distritos Mineiros no Mundo

TIPO DE DEPÓSITO	DISTRITO MINEIRO	RESERVA (t)
Secundário	Jari e Rio Capim	542.005.802
	Georgia e Carolina do Sul	220.574.250
	Weipa, Skardon River	13.200.000
Primário Hidrotérmal	Cornwall e Devon	62.000.000
	Bretanha	35.000.000
Primário Alteração	Prosyanyaya	56.000.000
	Guhoveskoye	25.800.000
	Bavária, Saxônia	15.000.000

Fonte: Relatórios e prospectos das empresas produtoras, Industrial Minerals, DNPM, Roskill

De posse desses dados e do atual nível de produção de cada empresa, inferiu-se o período de vida útil das minas produtoras de propriedade das empresas, mostrando que num prazo menor que dez anos alguns produtores poderão deixar o mercado por exaustão de suas reservas, estando entre essas:

- Empresa de Mineração Horii Ltda; Mineração Caolinita Ltda., Compania Española de Caolines e Caulisa Indústria de Caulim S.A., num prazo de 2 a 5 anos;
- Mineração Anasteve Ltda., Empresa de Caolim Ltda. e Kemmlitzer Kaolinwerke GmbH, num prazo de 5 a 9 anos.

Num período compreendido entre dez e vinte anos, as operações das minas já conhecidas da ECC do Brasil Mineração Ltda.; Amberger Kaolinwerke GmbH (Alemanha); ECC International Ltd. (Inglaterra); Serina Pty Ltd. (África do Sul); Kaolins du Morbihan (França) e Nord Kaolin Co. (EUA), deverão ter suas reservas esgotadas, mantidos os atuais níveis de produção e o atual processo tecnológico.

Já entre as reservas mineráveis com maior vida útil, mantidos os padrões atuais de produção e tecnologia de lavra e beneficiamento, destacam-se acima dos cem anos as reservas operadas ou de propriedade da Caulim da Amazônia S.A.; Rio Capim Química S.A.; CPRM; Rio Capim Caulim S.A. no Brasil e ainda Thiele Kaolin Co.; Engelhard Corp. e Sté Kaolinère Armoricaïne.

III.5. Qualidade, Tecnologia de Processo e Produtos

O estudo dos empreendimentos permitiu a divisão qualitativa da produção em três grupos: caulim de alto padrão; de padrão intermediário e padrão marginal, tendo como parâmetros a variedade do caulim produzido, a tipologia dos depósitos, os tipos de produtos e formas de beneficiamento.

III.5.1. Caulim de Alto Padrão ou "Coating"

Os grandes distritos mineiros de caulim de alto padrão são: Amazônia (Jari e Rio Capim); cinturão Georgia-Carolina do Sul; Cornwall e Weipa. A comercialização desses produtos se dá a nível mundial, com preços que variam entre US\$ 120 e 450/t, conforme a especificação e o tratamento. A Tabela III.2. mostra os principais produtores mundiais de caulim de alto padrão e seu produto principal. As técnicas de beneficiamento, como dito anteriormente apresentam uma certa padronização mundial, utilizando-se do processamento via úmida e tendo algumas variações de acordo com o tipo de minério empregado ou com o estado de arte das usinas. O custo médio de beneficiamento para o produto lavado é cerca de US\$ 55 a 65 /t.

Tabela III.2. - Principais Produtores de Caulim de Alto Padrão

PRODUTOR	PAIS	PRODUTO	ALVURA (ISO)	% <2 μ	Start-up
Rio Capim Quimica S.A.	Brasil	Standard #2	91	94	1996
Dry Branch Kaolin Co.*	EUA	D B Paque	91	92	1901
ECC International Inc.*	EUA	Alfacote	88,5	92	1956
Georgia Kaolin Co. Inc.*	EUA	Coat Grade A	88	90	1902
Cia.Espanola de Caolines*	Espanha	Coating Grade	87,5	N.D**	1984
Venture Exploration NL	Austrália	Paper Coating Grade	87	92	N.D**
Nord Kaolin Co.*	EUA	Norcote No.2	87	84	1977
ECC International Ltd.*	Inglaterra	SPS	87	80	1919
Engelhard Corporation*	EUA	Lustra (No 1)	86,7	92	1902
Comalco Limited	Austrália	Comalco Kaolin	86,7	92	1986
Caulim da Amazônia S.A.	Brasil	Amazon 88	86,5	98	1976
Amberger Kaolinwerke GmbH*	Alemanha	Kaolin Noodles	86	96	1901
J.M. Huber Corp.*	EUA	Hidrasperse	86	83	1927
Thiele Kaolin Co.*	EUA	Kaobrite	85,3	82	1952
Sté.Kaolins D'Árvour* D'Árvor*	França	FT7A	85	78	1919

Fonte: Empresas Produtoras; Industrial Minerals; Roskill

(*)Empresas produtoras de caulim alto padrão ('coating') e de carga ('filler'); (**)Dados não disponíveis

Levando-se em consideração a queda de qualidade das reservas ao longo do tempo e dentro da concepção do ciclo de vida da mineração, a Figura III.2. mostra, esquematicamente, o estágio de maturidade das reservas dos principais produtores mundiais e a perspectiva futura da qualidade de seus produtos. O posicionamento dos distritos mineiros na curva teve como critério o início das operações de lavra em cada empreendimento, levando-se em consideração de que o melhor minério é lavrado em primeiro lugar.

Outros produtores de caulim de alto padrão são a American Cyanamid (farmacêutico); C-E Minerals, através da Mullite Co. of America, e Harbison Walker (chamotes e refratários). Apesar da alta alvura e granulometria muito fina do caulim produzido pela New Zealand China Clays, por ser da variedade haloisita, de viscosidade muito alta, está fora das especificações do mercado.

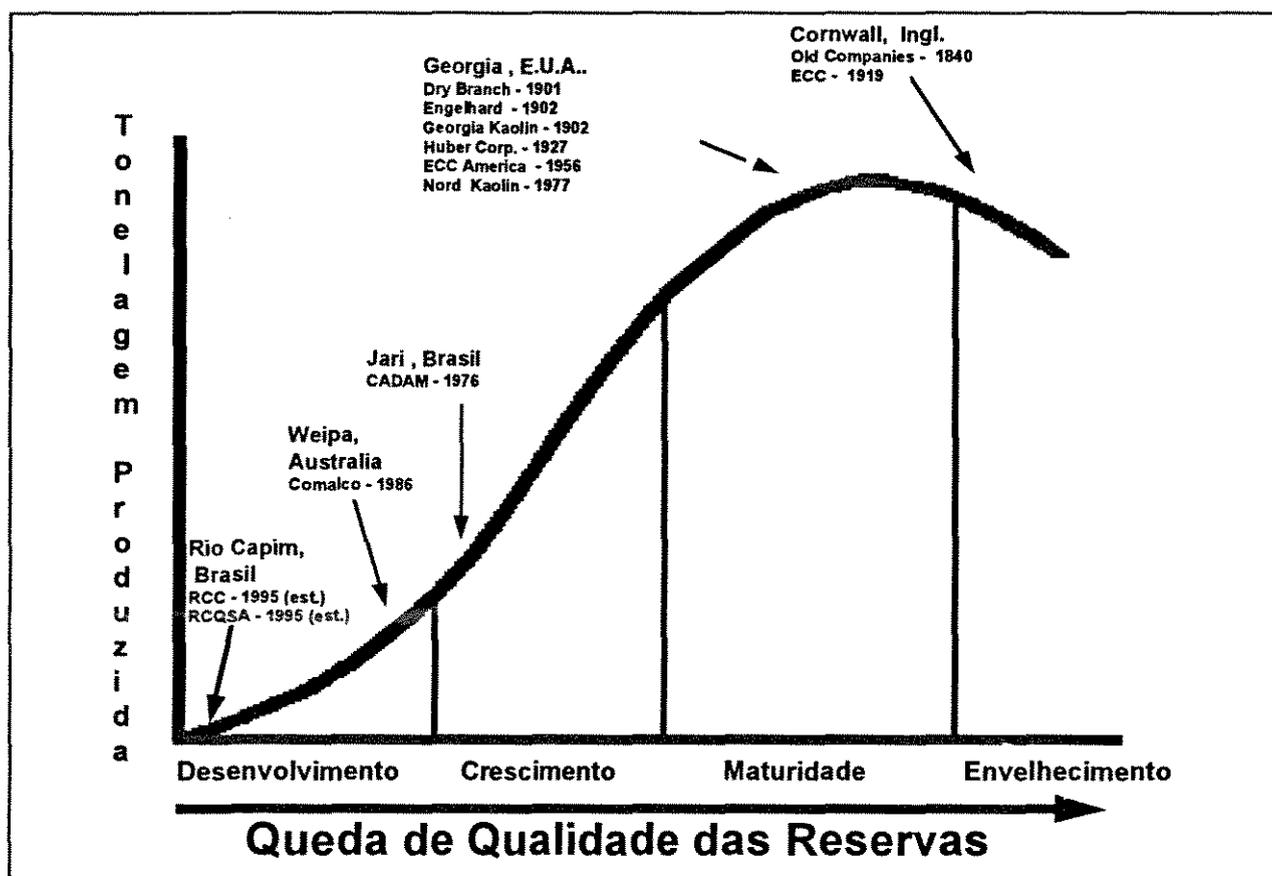


Figura III.2. Evolução dos Distritos Mineiros de Caulim de Alto Padrão e o Ciclo de Vida da Mineração
 Fonte: Adaptado de Machado et al.(1994)

A situação da Venture Exploration não permite prever sua entrada no mercado, uma vez que ainda está na dependência de financiamento e sócios internacionais para dar início ao projeto. Em relação ao produto da Cia Española de Caolines devido ao iminente esgotamento da jazida, tem processado caulim proveniente das jazidas da Caobar. Apesar da ausência de dados qualitativos sobre a área da CPRM e da RCCSA, sabe-se que são de qualidade semelhante ao da RCQSA.

III.5.2. Caulim de Carga

São representados pelos produtos de qualidade inferior aos anteriores em alvura e granulometria, porém com bastante penetração no mercado de cargas ("filler"). Tem, geograficamente, ocorrência mais freqüente e a sua comercialização dá-se, preferencialmente, a nível local ou regional. Os preços são cotados entre US\$ 60 e 85 /t conforme o nível de alvura e granulometria.

Duas são as técnicas de beneficiamento aplicadas: 1) a seco ("air floated") ou 2) a úmido, dispensando o refino e alvejamento químico. O método a seco tem sido sistematicamente substituído pelo método a úmido, devido a problemas ambientais causados pela geração de partículas sólidas provenientes dos moinhos e pulverizadores a ar usados nesse processo.

Para o caulim padrão de carga estima-se que o custo de produção seja de US\$ 25 a 35/t para o beneficiamento a seco e US\$ 30 a 45/t para o beneficiamento a úmido. A Tabela III.3. mostra os principais produtores que têm como produto principal o caulim de carga ou "filler".

III.5.3. Caulim de Padrão Marginal

O perfil da oferta de caulim de padrão marginal é do produto voltado a cerâmica em geral como telhas, azulejos, louça sanitária e de mesa, cimento branco, inseticidas e ração animal. Pode ser comercializado na forma beneficiada, a seco ou a úmido ou na forma bruta. Com baixo valor comercial, cerca de US\$ 10 a 20/t, tem como especificação apenas o grau de plasticidade e a temperatura de queima.

Tabela III.3. Principais Produtores de Caulim de Carga

PRODUTOR	PAIS	PRODUTO	ALVURA (ISO)	%<2 μ	TRATAMENTO
Serina Pty. Ltd.	Áf. do Sul	Clay S	85	65	A Úmido
Silver & Barites Ores Mining Co.	Grécia	Paper Filler	85	97	A Úmido
Gebruder Dornier GmbH & Co	Alemanha	Kaolin SF	84,6	60	A Úmido
EEC do Brasil Mineração Ltda.	Brasil	Alphafill HB	84	30	A Úmido
The Goonvean&Rostowrack China Clay Co.Ltd.	Inglaterra	GBS-A (Filler)	84	50	A Úmido
Kaolin Australia Pty Ltd.	Austrália	Ekacote	84	83	A Úmido
Evans Clay Co.	E.U.A.		83	82,5	Air Floated
Ekaton Industries Inc. of Calgary	Canadá	WM Filler	82,5		A Úmido
Caolines de Vimianzio SA	Espanha	P - 30	82,5	40	A Úmido
WBB Devon Clays Ltd.	Inglaterra	Devon China Clays	82	50	A Úmido
Pakistan Mineral Development Corp.	Paquistão	Nagar Parker	81,5		A Úmido
Steeley Minerals Ltd.	Inglaterra	Greensplat Filler	81	45	A Úmido
Albion Kaolin Co.	EUA	Sperse Slurry	80	65	Air Floated
Zeekite Chemical & Mining Co.	Japão		80		A Úmido
The Dixie Clay Co.	EUA	Filler Grade	70	50	Air Floated
Wilkinson Kaolin Associates Ltd.	EUA	Willclay FE	N.D.	N.D.	Air Floated
Eduard Kick Kaolin und Quartsandwerke GmbH	Alemanha		N.D.	N.D.	A Úmido
Caminauer Kaolinwerke GmbH	Alemanha		N.D.	N.D.	A Úmido
Empresa de Mineração Horii Ltda.	Brasil		N.D.	N.D.	A Úmido
Zapadoseské Keramické Zavody NP	Tchecoosl.		N.D.	N.D.	A Úmido
National Kaolin Products	E.U.A.		N.D.	N.D.	Air Floated
Sté. Kaolines du Finistère	França		N.D.	N.D.	A Úmido

Fonte: Empresas Produtoras; Industrial minerals; Roskill

Produzido em praticamente todos os países produtores, tem aplicação estritamente local ou, no máximo, regional. O Quadro III.2. mostra os principais produtores que têm como produto básico esse padrão de caulim.

Quadro III.2. Principais Produtores de Caulim Padrão Marginal⁶

PRODUTOR	PAÍS	TRATAMENTO
Albion Kaolin Co.	EUA	Air Floated
Caobar SA	Espanha	A Úmido
Commercial Minerals Ltd.	Austrália	Air Floated
Dalmyong Kaolin Co.	Coréia do Sul	A Úmido
Explotacionas Cerámicas Espanolas SA	Espanha	A Úmido
Kaolin-und Tonwerke Seilitz-Löthain GmbH	Alemanha	A Úmido
Kaolin-und Tonwerke Seilitz-Salzmunde GmbH	Alemanha	A Úmido
Kemmlitzer Kaolinwerke GmbH	Alemanha	A Úmido
Kentucky-Tennessee Clay Co.	EUA	A Úmido
National Kaolin Products	EUA	Air Floated
Petrochen K. Zafranias	Grécia	Caulim Bruto
Silver & Barites Ores Mining Co.	Grécia	A Úmido
Societá Kaolinière Armoricaine SA	França	A Úmido
Société Miniere des Kaolins du Morbihan	França	A Úmido
Stetley Minerals Ltd.	Inglaterra	A Úmido
The Dixie Clay Co.	EUA	Air Floated
WBB Devon Clays Ltd.	Inglaterra	A Úmido

Fonte: Empresas Produtoras; Industrial Minerals; Roskill

III.6. Padrões de Desempenho Operacional da Indústria do Caulim

A produtividade e a ociosidade são os dois itens mais importantes para a avaliação do desempenho operacional da indústria do caulim. A primeira por determinar a eficiência do processo operacional adotado, e a segunda por avaliar o grau de utilização da capacidade instalada.

O setor apresentou em 1992 uma ociosidade média de 14,10% e um índice médio de produtividade de 796,8 t por empregado. A Tabela III.4. apresenta os vinte maiores índices de produtividade da indústria do caulim, bem como o nível de ociosidade correspondente.

⁶Alguns produtores aparecem novamente por não apresentar uma divisão qualitativa nítida entre padrão de carga e o marginal

Tabela III.4. Vinte Maiores Índices de Produtividade e Ociosidade da Indústria do Caulim em 1992

PRODUTOR	Produtividade (t / empregado)	Ociosidade (%)	PRODUÇÃO (t)	Empregados 1992
Thiele Kaolin Co.	1.675,9	4,4	900.000	537
J.M. Huber Corp. - Clay Division	1.313,3	1,5	985.000	750
ECC International Ltd.	1.238,7	8,33	2.750.000	2220*
Engelhard Corporation	1.203,7	25	1.300.000	1500
WBB Devon Clays Ltd.	1.200,0	16,92	108.000	90*
EEC do Brasil Mineração Ltda.	1.184,0	34,22	118.400	100
Georgia Kaolin Co. Inc.	1.150,0	16,36	920.000	800*
ECC International Inc.	1.148,6	22,73	850.000	740*
Nord Kaolin Co.	1.071,4	25,0	300.000	280*
C-E Minerals Inc.	998,1	0,19	499.070	500*
Evans Clay Co.	979,2	21,67	235.000	240*
Wilkinson Kaolin Associates Ltd.	961,5	9,1	250.000	260*
Dry Branch Kaolin Co.	935,5	3,0	580.000	620*
Comalco Limited	933,3	25,33	112.000	120*
Harbison-Walker Refractories Co.	900,0	1,82	108.000	120*
Albion Kaolin Co.	882,4	6,25	300.000	340*
Kentucky-Tennessee Co.	875,0	53,3	280.000	230
Caulim da Amazônia S.A.	863,2	-0,45	441.966	470
The Goonvean & Rostowrack China Clays Co.	647,1	8,33	110.000	170
Canakkale Seramik SA	625,0	0	50.000	80

Fonte: Relatórios das empresas, Industrial Minerals, Roskill

(*) Estimativa do número de funcionários por empresa⁷

Destaca-se que treze são empresas norte-americanas, quatro inglesas e duas brasileiras e sendo que as quatro primeiras são produtoras de caulim de alto padrão. Entre as empresas estudadas, notadamente as alemãs, estão entre os mais baixos índices de produtividade da produção do mundo, mas o mesmo está mascarado, pois elas mantêm produção de co-produtos como areia e mica, utilizando-se do mesmo quadro funcional da operação caulim e que aqui não é levado em consideração.

Destaca-se ainda que treze companhias operaram acima de média de produtividade do setor. A posição da Canakkale Seramik deve-se à extrema simplicidade de suas operações uma vez que não há beneficiamento e o caulim é comercializado "in natura".

⁷ Em função dos dados coletados e experiência do autor, estima-se oitenta funcionários para 50.000 t/a, e um aumento de 40 funcionários por operação a cada aumento de 50.000 t/a.

Em relação a ociosidade, destacam-se os bons índices de eficiência da CADAM; Dry Branch; J.M.Huber e Harbison-Walker. O baixo índice da ECC International Inc. (EUA), deve-se a expansão de 1992, com aumento da capacidade instalada para 1,1 milhões t. Este também é o caso da Nord Kaolin Co. e Engelhard Corp. Algumas empresas, já investindo num futuro aumento de demanda, projetaram suas usinas com folga na capacidade instalada, como a ECC do Brasil, Comalco e a Kentucky-Tennessee.

III.7. Perfil dos Principais Produtores Mundiais de Caulim

- ECC International Ltd. (Inglaterra)

Representa 95% da produção de todo o Reino Unido, exportando 85% de sua produção, não registra expansão há pelo menos dez anos. Caracteriza-se hoje pela tecnologia empregada no processo onde desenvolveu a técnica de ultraflotação e na área experimental.

Tem como produto principal o SPS que se destaca pela tradição no mercado, bem estabilizado entre os consumidores, muito embora já tenha produzido variedades mais nobres no passado como o "Supreme", "Dinkie A" e "Dinkie Special", que, devido à demanda excessiva de minério de alta qualidade, tiveram sua produção encerrada. O próprio SPS, devido às atuais condições das jazidas, não tem um futuro garantido conforme mostrado na Quadro III.3.

Quadro III.3. Variedades de Caulim "Coating" Produzidos nas Últimas Décadas pela ECC no Reino Unido

1971	1975	1993	2000
Supreme			
Dinkie Special			
Dinkie A	Dinkie A		
SPS	SPS	SPS	?

Fonte: Machado et al.(1994)

Os demais produtos oferecidos pela ECC são de aplicação como cargas em geral e para uso farmacêutico, porém pouco expressivos em termos de produção.

A empresa tem tido problemas ambientais ligados a mineração em áreas urbanas e lançamentos de efluentes e de material particulado, principalmente de quartzo e mica. Comercializa seus produtos sob a forma de granel pelotizado e pulverizado, em "big bags", "containers" e em polpa, utilizando-se de três portos de embarque: Fowey, Par e Plymouth. Conta com eficiente rede de distribuição via ferroviária e rodoviária. Detém o certificado de qualidade total para todas as suas operações(ISO 9002)⁸.

•Engelhard Corp. Pigments and Additives Division

Corresponde a 14% do total da produção norte-americana. Caracteriza-se pela alta tecnologia empregada nos seus produtos, nos quais investe cerca de 2% do faturamento em P&D, na introdução de novos produtos, com destaque para o caulim para uso em catalisadores.

Opera as minas de Klondyke; Scott; Griffin; Washington e Gibraltar, e as plantas de Toddville; Daveyville; Edgar; Gardner e Gordon, todas no estado da Georgia. (RAW MATERIALS DATA, 1994).

De 1980 até 1993 já implantou três expansões de produção além de incrementar as exportações, com a entrada em operação da planta de polpa em Kotka na Finlândia, voltada para o mercado europeu.

Produz larga gama de produtos: desde o caulim lavado seco, deslaminado, estruturado ao calcinado, com várias opções em cada categoria (por alvura e granulometria). Comercializa-os sob a forma pelotizada, e pulverizada e em polpa, seja a granel, "big bags" ou ensacado. A estratégia da companhia faz prever, a curto prazo, a introdução de novos produtos no mercado, como fez em 1992 com a introdução de produtos como o "Spectrafil LA", "coating" de baixa abrasão; "Nusurf", pigmento em polpa; "Nusheen", caulim deslaminado muito fino, para papéis de alta qualidade e "Miracote", pigmento de alto brilho (ENGELHARD CORP., 1993).

⁸ Norma desenvolvida pela International Standards Organization (ISO) denominado Certificação de Sistema de Qualidade (série 9000). A ISO 9002 é um sistema de garantia da qualidade em produção e instalações. Especifica os requisitos de sistemas de qualidade para uso, quando o contrato entre duas partes exige a demonstração de capacidade do fornecedor em controlar os processos que determinam a aceitabilidade do produto fornecido (ABNT-NB 9002,1990).

Conta com eficaz infra-estrutura ferroviária oferecendo opções de distribuição de produtos em frotas próprias de vagões tanto tremonha e caçamba para produtos secos, quanto tanque para polpa. Para transporte fluvial e costeiro utiliza-se de terminal próprio no porto de Savannah (Georgia), com capacidade para 18 mil t e calado de 32 ft., onde também mantém um galpão de estocagem. Detém o certificado de ISO 9002 para todas as suas operações.

• **Thiele Kaolin Co.**

Responsável por 13% da produção dos EUA. Tem como alvo principal o mercado interno. Produz desde caulim beneficiado a seco até calcinado, no entanto, seu produto principal carece de boa alvura. A empresa planeja produção de caulim "coating" N^{os} 1 e 2 com alvura de 88,5 (norma ISO) e acaba de implantar programa da expansão de US\$ 50 milhões no aumento da capacidade de produção da caulim calcinado em 45 mil t. Pelas reservas informadas, não deve ter problemas em abastecer o mercado nas próximas décadas. Recebeu em 1993 o certificado ISO 9002.

Comercializa seus produtos na forma: à granel, em polpa e "big bags", além de contar com frota de vagões para produto seco e em polpa, utiliza-se também de terminal no porto de Savannah.

• **J.M.Huber Corp. - Clay Division**

Responde por 11% da produção dos EUA. A J.M. Huber Corp. iniciou em 1991 um projeto de automação e modernização de suas unidades produtoras no valor de US\$ 100 milhões, em conjunto com a introdução de novos produtos como o caulim estruturado. Opera as minas de Huber na Georgia e Langley na Carolina do Sul (RAW MATERIALS DATA, 1994).

Tem um vasto elenco de produtos, cerca de vinte, tanto destinados a mercados específicos como produtos tradicionais. Desde 1988 opera somente com o processo a úmido, tendo vendido suas operações de "air floated" para a Evans Clay Co. Possui o certificado ISO 9002. A estrutura de comercialização é semelhante as do Engelhard Corp. e Thiele Kaolin Co.

•ECC International Inc.

Engloba as operações da antiga ECC America e da Georgia Kaolin Co. com capacidade total de 2,2 milhões de t/a e produção, em 1992, de 1,8 milhões t. Exporta 35% da produção, principalmente Europa Ocidental, contando ainda com o agenciamento da ECC britânica na comercialização.

Tem dado curso ao seu plano de expansão, de mais 250 mil t de produto lavado, iniciada em 1993. Produz completa linha de produtos, inclusive com tratamento a seco, nas várias formas de comercialização disponíveis.

Mantém terminal no porto de Savannah e Charleston, na Georgia, e no porto de Ashtabula, em Ohio, para distribuição para o Canadá e região central americana. Detém o certificado de ISO 9002 em suas operações.

•Dry Branch Kaolin Co.

A mais jovem e maior produtora de caulim calcinado dos EUA, com metade de sua produção destinada ao mercado de papel, tendo investido desde 1991, US\$ 65 milhões em P&D.

Recebe agenciamento da Euroclay, a qual é co-proprietária em conjunto com a AKW, no mercado europeu. Também detém certificado de qualidade total e oferece produtos a granel, em polpa e ensacados, utilizando-se tanto de seus terminais no porto de Savannah quanto de distribuição por via ferroviária.

• Caulim da Amazônia S.A. - CADAM

Maior produtor de caulim do hemisfério sul, com 85% de sua produção destinado a exportação, principalmente Europa Ocidental e Japão.

Registrou um aumento de vendas de 31% entre 1989 e 1991 e um aumento de produtividade de 48% no mesmo período. Terminou de implantar, em 1993, uma nova linha de produção,

incorporando as atuais tendências das usinas em operação como a instalação de filtros rotativos, separadores magnéticos de alta intensidade e "spray driers". Até 1995, planeja investimentos de US\$ 45 milhões para expansão da capacidade para 750 mil t/a. Na área de meio ambiente, investe cerca de US\$ 500 mil por ano em programas de preservação e recuperação ambiental.

Desde 1992 produz, além do tradicional Amazon 88, dois novos produtos denominados Amazon SD ("spray dried") e Amazon LS (baixa saturação).

Dispõe de logística privilegiada no conjunto mina-beneficiamento-porto com distância inferior a cinco quilômetros entre as três partes, pois tanto a mina quanto a usina encontram-se às margens do rio Jari. Utiliza-se de terminal próprio em Munguba, com capacidade para 25 mil t, onde dispõe também de dependências de estocagem de produto seco. O caulim é embarcado quase que somente a granel, a utilização de "big bags" restringe-se, por enquanto, a vendas especiais, amostras e em vendas internas para a região de Belém. O embarque é, preferencialmente, por via fluvial, navios ou chatas, uma vez que a localização e o custo do frete, praticamente inviabilizam o embarque via rodoviária.

Tem como representante no Japão a Mitsubishi Corp., e até 1993 era agenciada pela Euroclay para o mercado europeu. A partir de 1994, com a criação da KISA (Kaolin International S.A.), sediada na Holanda, passou a comercializar diretamente suas vendas na Europa e ainda planeja atrair o mercado do sudeste asiático.

• **Nord Kaolin Co.**

Produção fortemente voltada para o mercado interno, concentrando 90% de suas vendas. Vem, desde 1988, aperfeiçoando seus produtos com a instalação das unidades de calcinação e de caulim estruturado. Em 1993 deu início a um programa de expansão de produção e de ampliação da unidade de calcinação para 180 mil t ao custo de US\$ 30 milhões. Comercializa seus produtos a granel, tanto pelota como pulverizado, também operando com o terminal portuário em Savannah.

• Amberger Kaolinwerke GmbH

Produtora de caulim para papel, fibra de vidro e cerâmica, fornece caulim para toda a Alemanha e distribuiu até 1993, através da sua subsidiária Euroclay BV, os produtos da Dry Branch e da Cadam, num total de 750 mil t/a no mercado europeu.

Possui tradição e alta tecnologia em processo, principalmente em hidrociclones e centrífugas, comercializando essa tecnologia para vários produtores mundiais.

Com a reunificação alemã, atuou muito fortemente no mercado oriental, adquirindo em 1990, 100% do capital acionário da Caminauer Kaolinwerke, e junto com a Hushenreuther AG, o capital acionário da Kemmlitzer Kaolinwerke. Em 1993 adquiriu também, devido à forte concorrência internacional e por comum acordo entre as partes, 100% do capital acionário da Eduard Kick, passando a deter 85% da produção de caulim da Alemanha.

Recentemente associou-se a Rio Capim Caulim S.A., com cerca de 25% do capital acionário, para investimentos na área de tecnologia de processo e colocação desses novos produtos no mercado europeu. Em março de 1995 passou a controlar 75% do capital acionário representando 49% das ações ordinárias.

•Comalco Kaolin Co.

Único produtor de caulim de alto padrão na Austrália. De 1986 a 1993 já ampliou sua capacidade em cinco vezes. Tem a produção destinada ao Japão, Coréia do Sul e Taiwan, devido a qualidade do produto e ao baixo custo do frete, e também à Finlândia.

Conta com desenvolvimento tecnológico associado a AKW e com custos operacionais excepcionalmente baixos. Essa operação, porém, sofre de um grande problema, a subida do lençol freático durante os meses chuvosos que causa a inundação da área da mina, ficando impossibilitada a lavra por um período de seis meses (COMALCO LIMITED, 1986). Em 1993 a empresa descobriu novos depósitos como Pennefather River, Heg Point e Skardon.

Comercializa seu produto a granel e em "big bags", utilizando-se do porto da Comalco Aluminium Ltd., em Lorim Point, com calado de 30 ft. e capacidade 70 mil t.

III.8. Padrão Empresarial das Empresas Produtoras

III.8.1. Estrutura de Capital

A indústria mundial do caulim tem como característica a grande variedade de estruturas corporativas e de composições empresariais.

A estrutura de capital dominante nessas empresas é o capital fechado, podendo ser encontrada a forma societária, familiar ou estatal. A maioria delas encontram-se sob a estrutura societária tais como: J.M. Huber Corp.; Evans Clay Co.; Amberger Kaolinwerke GmbH; The Goonvean & Rostowrack China Clays Ltd.; Sté. Kaolinere Armoricaine (SOKA); Albion Kaolin Co, Wilkinson Kaolin Associates.

Apenas quatro são as empresas de capital fechado de estrutura familiar, são elas: Thiele Kaolin Co., J.M.Huber Corp., Caulim Azzi Ltda., Empresa de Mineração Horii Ltda. As empresas com controle estatal são as controladas pelo Governo da China, Rússia, Ucrânia, Paquistão, Argélia e até o momento atual as controladas pela República Tcheca⁹. Não há nenhuma empresa produtora de caulim, entre as estudadas, cuja estrutura do empreendimento seja diretamente de capital aberto, ou seja, estas estão vinculadas ou incorporadas a "holdings" empresarias cujo o capital é aberto.

III.8.2. Grandes Conglomerados Empresariais

Muitos conglomerados empresariais têm participação na indústria do caulim através de suas filiais, subsidiárias ou ainda sob a forma de divisões. O Quadro III.4. apresenta os principais conglomerados empresariais que tem o caulim como uma de suas atividades bem como seu faturamento total de 1992.

⁹Acredita-se que nesse caso, tal qual aconteceu na ex-Alemanha Oriental, estas empresas já tenham sido privatizadas.

Quadro III.4. Principais Conglomerados Empresariais na Indústria do Caulim

HOLDING	Faturamento (US\$ mil)	Controladas
American Cyanamid Co. (# 285) ¹⁰	5.267.500	American Cyanamid Kaolin Co..
Redland PLC (# 417)*	3.156.700	Steetley Minerals Ltd.
Engelhard Corp. (# 188)**	2.399.749	Engelhard Pigments and Additives Div.
Comalco Limited	2.071.500	Comalco Limited
English China Clays plc	1.459.113	ECC International Ltd. ECC International Inc. Georgia Kaolin Co. Inc ECC do Brasil Mineração Ltda. ECC International Pty Ltd. Société des Kaolines du Finistere SA. Cia. Española de Caolines (81,9%) Caosil S.A. (75%)
J.M. Huber Corp. (# 333)**	1.023.000	J.M. Huber - Clay Division.
Normandy Poseidon Limited	876.499	Commercial Minerals Ltd.
Amberger Kaolinwerke GmbH	570.000	Caminauer Kaolinwerke GmbH Eduard Kick Kaolin Quarzsand. GmbH Kemmlitzer Kaolinwerke GmbH (50%) Rio Capim Caulim S.A. (75%)
Caemi Mineração e Metalurgia S.A.	487.605	Caulim da Amazônia S.A. (61,5%) Pará Pigmentos S.A. (36%)
Ceramco Corporation	133.119	New Zealand China Clays Limited
Nord Resources Corp.	103.114	Nord Kaolin Co. (80%)
Imetal Inc.	N.D.	Dry Branch Kaolin Co. C-E Minerals

Fonte: Relatórios Anuais das Empresas

Das empresas mencionadas, somente a Nord Kaolin Co., a ECC International e a Amberger, têm a mineração do caulim como sua principal atividade, com cerca de 72%, 60% e 50% do faturamento total respectivamente. Levando-se em consideração somente o segmento caulim, a Tabela III.5. lista as quinze maiores empresas do setor por faturamento:

^{10*} Posição no "ranking" da revista Fortune - 500 maiores corporações do mundo - 1993

^{**} Posição no "ranking" da revista Fortune - 500 maiores corporações nos EUA - 1993

Tabela III.5. As Maiores Empresas Produtoras de Caulim por Faturamento em 1992

COMPANHIA	Faturamento Segmento Caulim ¹¹
ECC International Ltd.	371.250
Engelhard Corporation	362.200*
Thiele Kaolin Co.	312.500
Georgia Kaolin Co. Inc.	257.600
J.M. Huber Corp.	246.250
ECC International Inc.	238.000
C-E Minerals	174.675
Dry Branch Kaolin Co.	145.000
Governo da Rússia	130.000
Caulim da Amazônia S.A.	63.858*
American Cyanamid Co.	47.600
Estado da Ucrânia	40.700
Nord Kaolin Co.	27.167*

* Faturamento segundo o Relatório Anual 1992

Nota-se que dos sete maiores faturamentos, seis pertencem a empresas norte-americanas, as quais trabalham com produtos de maior valor agregado. Embora a ECC (Inglaterra) seja indubitavelmente o maior produtor, seu produto carece de valor agregado, podendo ser considerado até um faturamento modesto em relação a sua produção.

Nas grandes corporações a porção do faturamento do segmento do caulim em relação ao faturamento total é de 16,2% na Engelhard Corp., 24% na Huber Corp., 13,1% na Caemi Mineração e Metalurgia S.A., e de apenas 0,8% na American Cyanamid Co.

Estima-se em US\$ 70 milhões o faturamento de cada um dos empreendimentos em desenvolvimento na região do Rio Capim em sua primeira etapa. Com a atual expansão da Cadam para 750 mil t/a, prevê-se que seu faturamento atinja aproximadamente US\$ 90 milhões, já em 1995.

¹¹ Estimativa de faturamento em US\$ mil com base na produção e na cotação de preços de VIRT(A1993) ponderado pelos tipos produzidos

III.8.3. Fator de Produtividade das Vendas

Um importante fator de desempenho numa empresa é a produtividade do faturamento das vendas, que é medida através da relação faturamento/empregado.

Como foi dito anteriormente, em face da maioria das grandes corporações não terem o caulim como sua principal atividade e o objetivo da análise é a da indústria do caulim em si, os resultados são constantes apenas dos segmentos referentes a esse produto.

A indústria do caulim tem uma produtividade média no faturamento de US\$ 130 mil por empregado, levantada e estimada através de 39 das 75 empresas estudadas. Esse valor encontra-se abaixo do índice médio da revista Fortune que apresentou um índice médio de vendas de US\$ 200 mil, computada as quinhentas maiores empresas dos EUA em 1992.

Esse resultado, entretanto, é muito positivo para indústria do caulim se levarmos em conta a dimensão das empresas em relação às pesquisadas pela revista Fortune e pelo valor agregado relativamente pequeno do caulim (bem primário), em relação a todos os outros produtos.

Os principais índices de produtividade do faturamento da indústria mundial do caulim e com desempenho superior à media das 500 maiores empresas dos EUA em 1992 estão na Tabela III.6.

Tabela III.6. Os Maiores Índices de Produtividade de Vendas da Indústria do Caulim em 1992

COMPANHIA	Produtividade US\$ mil/ Empregado
Thiele Kaolin Co.	581,94
Harbison-Walker Refractories Co.	378,00
American Cyanamid Co.	352,59
C-E Minerals	349,35
J.M. Huber Corp.	328,33
Georgia Kaolin Co. Inc.	322,00
ECC International Inc.	321,62
Engelhard Corporation	300,11
Dry Branch Kaolin Co.	233,87

Destaca-se que todas as nove empresas acima são localizadas nos EUA, todas produtoras de caulim de alto padrão e que apresentam grande variedade de produtos oferecidos ao mercado. A primeira empresa brasileira em termos de produtividade nas vendas é a Caulim da Amazônia S.A., ocupando a 10ª posição com US\$ 124,7 mil por empregado, praticamente dentro da média do setor.

III.8.4. Perfil Empresarial dos Grandes Conglomerados

- **English China Clays plc**

Pode ser considerada a única transnacional da indústria do caulim, mantendo operações na Inglaterra, EUA, Brasil, Austrália, França e Espanha, sendo responsável por 4,8 milhões t produzidas ou 20% da produção mundial. A ECC também é líder mundial na produção de carbonato de cálcio, sendo considerada a maior empresa de minerais brancos do mundo. Também mantém negócios nas áreas de materiais de construção e construção civil.

Em termos de faturamento e lucro operacional, o ano de 1992 esteve 4,5% abaixo de 1991 e foi o de menor monta desde 1988. O lucro operacional de 1992 foi de US\$ 137 milhões, porém devido a venda de algumas operações, o lucro operacional final do grupo atingiu US\$ 151

milhões, sendo o maior desde 1990 (ENGLISH CHINA CLAYS PLC, 1993).

Caracteriza-se mais como uma empresa de negócios conforme os lances de compra e venda realizados pela ECC nos últimos cinco anos, como a aquisição da Microcal SpA (100%), Cia Española de Caolines (81,6%), Caosil S.A. (75%) em 1988 e a venda dos 20% do capital acionário da WBB Devon Clays, de sua propriedade para o Grupo Sibelco. Adquiriu os negócios de carbonato de cálcio da Cyprus Minerals nos EUA.

Ainda adquiriu 51% da Kaomin na Nova Zelândia, a compra do capital votante restante da Kaolin Australia Pty e culminou com a aquisição da Georgia Kaolin Co. em 1990 por US\$ 350 milhões, junto ao grupo suíço-sueco Asea Brown Boveri. A Georgia Kaolin Co. fundiu-se a ECC America Inc. formando a ECC International Inc., tornando-se líder norte-americano na produção de caulim.

Esses exemplos mostram a preferência do grupo por negócios já estabelecidos e produtivos. Em contrapartida, no ano de 1991 abandonou um projeto promissor de caulim na região de Manaus(AM), através de sua subsidiária brasileira, alegando indisponibilidade financeira, (ECC DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA, 1993).

Esta característica muito agressiva do grupo, associado ao iminente esgotamento de suas jazidas em Cornwall, faz prever um iminente crescimento dos investimentos em direção do setor internacional, pelo menos no ramo de caulim, e não serão surpresas novas aquisições em futuro próximo.

Mesmo com o desempenho irregular do grupo em 1992, nos últimos cinco anos tem mantido sólida política de manutenção de pagamento de dividendos, tendo esses sido crescentes desde 1988, passando progressivamente de US\$ 0,27 para US\$ 0,30 em 1991¹² e, mesmo com a queda em 1992, optou por manter o pagamento de US\$ 0,30 por ação, num total de US\$ 84,5 milhões, abrindo mão de seus próprios lucros e mantendo a confiança dos investidores.

¹² Valores originalmente expressos em "pences" de libra esterlina e convertidos em dolar americano na data de 31/12/92 a base de 1:1,51

- **American Cyanamid Co.**

O grupo atua no setor farmacêutico, que concentra 55% de seu faturamento total, no setor agrícola e na indústria química. Tem a sede em Wayne, Nova Jersey (EUA), conta ainda com bases operacionais em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Pouco se sabe a respeito de suas operações com caulim, exceto que se situa em Sandersville na Georgia e que produz caulim calcinado para uso em sua própria linha de produtos químicos e farmacêuticos.

Seus resultados operacionais têm sido muito satisfatórios nos últimos cinco anos, tendo tido aumentos sucessivos de faturamento e lucro operacional, tendo este em 1992 sido de US\$ 660 milhões e em 1993 de US\$ 690,2 milhões. Esses fatos igualmente refletiram-se nos resultados dos dividendos por ação, que de 1988 a 1992, teve um aumento de 38,8% no montante distribuído, o que comprova a força e a eficiência desse grupo empresarial, ainda que o número de ações públicas tenha diminuído em 3,5%.

- **Redland PLC**

Tem cerca de 60% de seu faturamento total na área de construção, principalmente telhas e tijolos industrializados e ainda agregados como areia, brita e calcário. Conta com subsidiárias em vinte e sete países, tendo sua sede em Surrey, na Inglaterra.

Passou a atuar na mineração de caulim com a aquisição em 1992 da Steetley Minerals Ltd por US\$ 920 milhões, que somados às dívidas e custos atingiu cerca de US\$ 1,3 bilhões. Teve aumentado seu faturamento em 40% em relação a 1991, em parte devido a essa incorporação.

O lucro operacional aumentou em 33%, no entanto, devido ao pagamento da aquisição da Steetley, o lucro por ação caiu de US\$ 0,45 para US\$ 0,34, ou seja, queda de 21% (REDLAND PLC 1993).

Embora o ano de 1992 tenha sido o terceiro ano consecutivo de queda nos lucros por ação e ainda tenha tido o pior desempenho dos últimos cinco anos, o grupo tem privilegiado os investidores na distribuição de dividendos, tendo sido crescentes no período de 1988 a 1991. Em 1992 devido ao desembolso supracitado, a empresa optou por pagar os mesmos dividendos de 1991, ou seja, 25,00 pences, ou US\$ 0,37 por ação.

• **Engelhard Corp.**

Com sede Iselin, Nova Jersey (EUA), tem como seu maior acionista a Minorco Inc. (EUA), com cerca de 32% das ações, (Raw Materials Data, 1994). Atua ainda nas áreas de engenharia de materiais, refino de platina e outros metais preciosos (60% do faturamento total) e na indústria química, notadamente no ramo de catalisadores.

O faturamento de 1992 foi 2% menor que 1991. O lucro total cresceu 14%, no entanto, devido as mudanças na legislação tributária norte-americana que forçou um grande desconto nos lucros, resultando uma queda de 88% em relação a 1991. Essas mudanças provocaram ainda uma queda no retorno ao investidor de 14,3% para 1,5% em 1992, contra 12,0% do ano anterior. Por região geográfica o faturamento é distribuído em 65% de vendas internas e 35% de vendas no exterior (ENGELHARD CORP., 1993).

Em relação aos dividendos pagos, a Engelhard Corp., pela 12ª vez consecutiva, aumentou o pagamento de dividendos. Foram aumentados em 12,5% em relação aos pagos em 1991, num total de US\$ 37,5 milhões distribuídos. Tem ainda a intenção de aumentar a participação acionária externa com a subscrição de mais 3,9 milhões de ações. Conforme as metas e estratégias apresentadas pelo grupo é esperada a manutenção dessa política, além de atingir e sustentar um mínimo de 20% de retorno ao investidor (ENGELHARD CORP., op cit.).

Em relação à Divisão de Pigmentos e Aditivos, o faturamento cresceu 3,8%, o maior desde 1989, com um lucro operacional de US\$ 56,4 milhões, 4% acima de 1991, sendo este o segmento com melhor desempenho do grupo com retorno de 15,7%. Esse bom desempenho deve-se mais às operações de minerais especiais e coloridos do que às de pigmento para papel.

- **Comalco Limited**

Associado ao grupo CRA Limited, da Austrália, detentor de 67,04% do capital acionário, a Comalco Ltd. forma um dos maiores complexos de mineração de bauxita e produtos de alumínio do mundo (fundidos, extrudados e laminados). Produz ainda bauxita calcinada e alumina. Tem sua sede em Melbourne e conta com subsidiárias por toda a Austrália e Nova Zelândia, além de representações na Inglaterra, Japão e Hong Kong.

O grupo apresentou aumento de 3,1% no faturamento e de 2% lucro operacional em relação a 1991. O lucro após a tributação foi de US\$ 42,5 milhões, contra um prejuízo de US\$ 72 milhões em 1991¹³. Se comparado aos anos de 1988 a 1990, o desempenho de 1992 teve o menor lucro líquido por ação, ou 7¢ por ação.

Os dividendos pagos em 1992 foram de 5¢ por ação, num total de US\$ 28 milhões em dividendos pagos. A Comalco, diferentemente das demais grandes empresas, não se caracteriza pela manutenção sistemática de pagamentos de dividendos no ano. Sua política é de adequar o pagamento dos dividendos ao desempenho empresarial como um todo, entretanto mesmo nos anos em que acumulou prejuízos, como em 1985, 1986 e 1991, a empresa optou por diminuir drasticamente os dividendos. Todavia não deixou de pagá-los.

- **J.M. Huber Corp.**

Tem sua sede em Edison, Nova Jersey e além da mineração de caulim, produz ainda negro de fumo, carbonato de cálcio e barita. Atua também nas áreas de eletrônica (fonte principal do faturamento), na indústria química, petroquímica e em reflorestamento.

A empresa se auto denomina um grupo orientado ao consumidor em qualidade e serviços (J.M. HUBER CORP., s.d.), porém se trata de uma empresa de capital fechado e não há informações a respeito de sua estratégia empresarial e nem mesmo de seus resultados históricos.

¹³ Pagamento da "prime facie tax" lançada nos lucros em 1991, no valor de US\$ 124,3 milhões

• Normandy Poseidon Limited

Baseado na Austrália e contando com uma rede de 43 subsidiárias, esse conglomerado de empresas foi formado em 1991 através da fusão entre a Poseidon Limited e seu principal acionista, a Normandy Resources NL. Esse grupo empresarial é muito ativo na área de exploração e refino de petróleo, na exploração mineral e na produção de diversos minerais industriais e metais, principalmente ouro, zinco e cobre.

Tem como objetivos o descobrimento de novos depósitos economicamente viáveis e expansão de seus ativos através da oportunidade de novas aquisições (NORMANDY POSEIDON LIMITED, 1993).

A divisão de minerais industriais, controlada pela Comercial Minerals Limited, o maior produtor de minerais industriais da Australásia. Dedicar-se, além da mineração do caulim, à produção de magnetita, carbonato de cálcio (do qual detém o controle acionário de 50% da Omya Southern Pty.), manganês, sílica, areia, diatomito, magnesita, talco, barita, "ball clay", bentonita, óxido de zinco, calcário, quartzo, mica, feldspato e nefelina sienito (COMMERCIAL MINERALS PROFILE, 1992).

Não há como fazer comparações de desempenho histórico. Ocorre que com a união das empresas o faturamento consolidado resultou em um aumento de 1141% e os lucros operacionais, antes da tributação, cresceram em 413% de 1991 para 1992. Será mais adequado fazer esse tipo de análise a partir de 1993, quando as operações se tornarem aproximadamente homogêneas.

Sua subsidiária Commercial Minerals Limited, adquirida pela Poseidon Limited junto à Anglo American Pacific Limited em 1988, apresentou um faturamento de US\$ 80 milhões em 1992. Desde 1980 cresceu 600% em termos de faturamento, todavia vem acumulando baixas em 1991 e 1992 em cerca de 40%, em relação a 1990, ano em que registrou o maior faturamento de sua história, com US\$ 98 milhões.

Tem como seus principais clientes a BHP, BTR Nylex, Boral, BP, Esso, CRA, Pacific Dunlop, Shell, ICI e Ford.

• **Amberger Kaolinwerke GmbH**

Sediada em Hirshau, Alemanha, esse grupo atua também nas áreas de comércio e transporte marítimo de minério, através da Euroclay Holding, respectivamente, Euroclay Handel. BV (50%) e Mineral Shipping Holding (50%), mantendo ainda agências na Europa, Cingapura e nos EUA.

Atua também nas áreas de engenharia e tecnologia de equipamentos para mineração e processamento, ramo no qual tem uma subsidiária sediada no Brasil, a AKW Comércio e Assessoria Técnica para Mineração Ltda.

Registrou em 1991 um faturamento de US\$ 185 milhões, sendo a Amberger Kaolinwerke GmbH responsável por 50% desse faturamento em suas operações de caulim, feldspato e quartzo. O segundo faturamento corresponde às operações da Euroclay Handel. BV com faturamento de US\$ 40 milhões.

As demais empresas envolvidas com o caulim, Caminauer e Kemmlitzer Kaolinwerke GmbH, respondem por um total de US\$ 9,4 milhões e US\$15 milhões. Com a aquisição da Eduard Kick ao grupo, acredita-se que o faturamento adicional em 1993 tenha sido de US\$ 15 milhões.

• **Caemi Mineração e Metalurgia S.A.**

Grupo empresarial de muita tradição no setor de mineração no Brasil. Atuando nas áreas de minério de ferro, sendo proprietária de 70% do capital acionário da Minerações Brasileiras Reunidas S.A. e 25% do capital da Quebec Cartier Mine no Canadá. Atua ainda na mineração de manganês, cromita, bauxita refratária e na produção de ferro-ligas. No exterior, mantém escritórios comerciais de representações internacionais nos EUA, Holanda, Hong Kong e Inglaterra.

A Caemi exporta 91% de suas vendas, o que a posiciona como o 8º exportador brasileiro e 3º maior do setor privado (CAEMI, 1993). Seu faturamento cresceu em 18% em relação a 1991, no entanto o lucro líquido baixou de US\$ 31,7 milhões em 1991, para apenas US\$ 6,3 milhões em 1992, devido ao prejuízo de suas operações no Canadá, à queda do lucro líquido da MBR e o fator de contabilização da aquisição da CADAM.

Desde a abertura de seu capital em 1988, o grupo tem se caracterizado pela atenção dispensada a seus investidores. No decorrer de 1992 foi efetuado um aumento de capital de US\$ 60 milhões através de oferta pública de ações para reforço de capital de giro. Foi a 31ª ação mais negociada, por volume, nas bolsas de valores (Rio de Janeiro e São Paulo). A composição ao final de 1992 era de 33,33% das ações pertencentes a Caemi S.A. (sendo 100% das ordinárias) e 66,67% de ações públicas, (CAEMI, 1993).

Adquirida em 1991 junto a Companhia do Jari S.A. por US\$ 43 milhões, a Caulim da Amazônia S.A. passou a ter 100% do capital votante pertencente a Caemi, referente a 68,48% do total de ações. Atualmente tem como sócios o Banco do Brasil S.A. (21,64%) e o BNDES (16,88%), tornando-se o segundo faturamento do grupo, apresentando em 1992 um lucro líquido de US\$ 8,4 milhões.

Investindo na expansão do segmento caulim, constituiu, em março de 1992, em "joint-venture" com a Companhia Vale do Rio Doce S.A., a Rio Capim Química S.A., posteriormente rebatizada para Pará Pigmentos S.A., da qual tinha 51% das ações, com capital subscrito de US\$ 39 milhões e de receita bruta prevista de US\$ 108 milhões prevista para 1996. Em 1995 essa composição será alterada para CADAM (36%), CVRD (36%), Mitsubishi Corp. (18%) e IFC (10%).

• Ceramco Corporation

Sediado em Auckland na Nova Zelândia, esse grupo tem grande diversificação de seus negócios. Mantém suas operações somente nesse país e na Austrália, atuando nas áreas de vestuário, abrasivos, catalisadores, equipamentos de mesa para carpintaria industrial e como representação de equipamentos pesados da Nissan e escavadeiras Kobelco.

A despeito da recessão que atingiu ambos os países citados, registrou em 1992 um retorno aos fundos dos investidores¹⁴ de 20,4% contra 16,3% em 1991. Apresentou um retorno de vendas após o IR de 12,5% contra 10,15% do ano anterior, apesar da queda de 8,1% no faturamento total.

• **Nord Resources Corporation**

Grupo norte-americano sediado em Dayton, Ohio, tem como operações além do caulim, a produção de rutilo em Serra Leoa, na exploração mineral e desenvolvimento estratégico de metais preciosos e metais básicos.

Passou a atuar no ramo de caulim com a aquisição, em 1977, das operações pertencentes à Cyprus Minerals Corp, através da compra de 80% de suas ações, completadas em 1988 com a compra das 20% restantes junto a Glickenhau e Co.

Em 1993 firmou um acordo com a Kemira Oy da Finlândia,(5ª produtora mundial de dióxido de titânio e com faturamento de US\$ 2 bilhões somente nos EUA). Nesse acordo vendeu 20% de suas ações, com opção da venda dos outros 31% restantes nos próximos quatro anos, refletindo a confiança do grupo Kemira Oy no aumento do consumo e na linha de produtos oferecidos (NORD RESOURCES CORP, 1992).

Em 1992 apresentou queda de 2,2% no faturamento em relação a 1991, sendo o segmento de caulim o principal responsável por esse desempenho negativo. Devido a queda de 20% nas vendas de seus produtos convencionais em relação a 1991, associados a retração do mercado de pigmentos de papel, resultou um custo de vendas, como percentagem de venda, de 112,4%. A empresa acreditava que este desempenho fosse ainda mais fraco em 1993, pelo menos no primeiro semestre e que os prejuízos ainda persistirão, mesmo com a manutenção dos preços.

¹⁴ Retorno aos Fundos dos Investidores = $\frac{\text{Lucro após IR}}{\text{Patrimônio}}$
Retorno nas Vendas = Margem de Lucro

• **Imetal S.A.**

Conglomerado francês composto pela Parfinance com 50,34% das ações, Enterprise de Recherches et d'Activites, pertencente ao governo francês, com 5,24% e o grupo Francarep com 2,72%, com o restante do capital aberto ao mercado, (RAW MATERIALS DATA, 1994).

Tem cerca de 40 subsidiárias, incluindo a C-E Minerals nos EUA (100%), adquirida da Asea Brown Boveri em 1990, a qual detetora do controle acionário da Mulcoa USA Inc. A Imetal controla ainda a Minemet Holdings (100%) e Sté Eramet-SLN (15%), na França. Tem atividades na área de refratários, chamotes e mulitas nos EUA, mineração e fundição de níquel na França e mineração de manganês no Marrocos.

O último dado disponível é de 1990 em que registrou um faturamento de Fr. 19,9 bilhões, 5% inferior a 1989, com um lucro líquido de Fr. 397 milhões e um lucro por ação de Fr. 34,91, os menores desde 1988. Manteve uma política de pagamento de dividendos crescentes, pagando Fr. 9,00 por ação, contra Fr. 8,50 e 7,00, respectivamente em 1989 e 1988 (FINANCIAL TIMES MINING YEAR BOOKS, 1994).

III.8.5. Desempenho Financeiro

A fim de que se possa dar uma noção comparativa das companhias abertas que tem o caulim como um de seus negócios, foi feito um cruzamento de dados constantes em seus relatórios anuais, através da análise de seus balanços e do desempenho em relação a média das 500 maiores empresas dos EUA em 1992.

Foram levados em consideração aspectos como margem de lucro, liquidez, rentabilidade, taxas de endividamento e imobilização¹⁵. A Tabela III.7. apresenta, ordenada por ordem decrescente

¹⁵ **Margem de Lucro** = Lucro Operacional / Vendas
Liquidez Corrente = Ativo Circulante / Passivo Circulante
Rentabilidade = Lucro Operacional / Patrimônio Líquido
Endividamento = Passivo Total / Passivo Total + Patrimônio
Imobilização = Ativos Fixos / Ativo Total
Patrimônio = Ativo Total - Passivo Total

de margem de lucro, os principais itens de desempenho financeiro das empresas abertas com negócios de caulim.

Tabela III.7. Desempenho Financeiro das Companhias Produtoras de Caulim¹⁶

HOLDING	MARGEM de LUCRO Líquido (%)	LIQUIDEZ Corrente	RENT.GLOBAL 'Earning ratio' (%)	RENT.LIQUIDA 'Return on investment' (%)	RENT.FINAL Eficiência (%)
Caemi Min. Met. S.A. (1991)	23,11	0,87	14,73	24,5	7,73
Ceramco Corporation	16,17	1,25	17,27	25,51	19,85
Normandy Poseidon Limited	15,41	2,27	7,81	13,08	5,25
Nord Resources Corp.	12,97	1,75	5,91	11,61	-8,75
American Cyanamid Co.	12,65	1,54	12,31	24,31	14,52
Redland PLC	11,86	1,30	7,22	15,57	5,18
Coframines SA	11,78	1,06	12,16	39,63	10,91
Watts Blake & Beame & Co. plc	10,41	1,89	8,06	11,41	6,99
ECC International plc	9,39	1,82	6,65	11,06	9,2
Caemi Min. Met. S.A. (1992)	7,63	1,83	4,93	10,66	1,82
Engelhard Corp.	5,86	1,55	10,99	21,70	1,64
Comalco Limited	3,66	1,97	3,04	5,78	3,24
J.M.Huber Corp.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4,93

Fonte: Relatórios Anuais das Empresas, Fortune (1993)

N.D. - não disponível

Tendo como parâmetro o desempenho das 500 maiores empresas norte-americanas, os resultados obtidos pelas empresas estudadas, podem ser considerados excelentes, uma vez que em relação a margem de lucro, todas as empresas obtiveram índices superiores aos das 500 maiores que foi de 2,4%, levantados pela revista Fortune.

Em relação a rentabilidade do patrimônio líquido, somente a Comalco Ltd. esteve abaixo do patamar de 9,1% obtido pelas 500 maiores. Esse índice deveu-se a queda do preço da tonelada do alumínio, cerca de US\$ 1350, o menor desde 1985, ao elevado custo das vendas e, por conseguinte, a baixa margem de lucro registrada em 1992. O grupo tem apresentado um

¹⁶ **Rentabilidade Operacional Global** = Lucro Operacional / Patrimônio Global

Rentabilidade Operacional Líquida = Lucro Operacional / Patrimônio Líquido

Rentabilidade Final do Patrimônio Líquido = Lucro Final (após IR) / Patrimônio Líquido

desempenho errático nos últimos dez anos motivado, principalmente, pela grande instabilidade dos preços do alumínio nesse período. Destacam-se ainda os ótimos índices da Coframines S.A., American Cyanamid Co. e da Ceramco Corp.

A relação de eficiência demonstrada na tabela acima mostra, através da rentabilidade final, o quadro efetivo dos lucros após o desconto total dos custos e da tributação. Nesse item destacou-se o mau resultado da Nord Resources Corp., ainda que tenha apresentado um lucro operacional positivo. A má administração de seus custos e gastos, associado a citada queda nas vendas, acarretou o único índice de rentabilidade negativa das empresas analisadas. A também citada mudança na legislação contábil norte-americana foi o fator determinante do baixo índice obtido pela Engelhard Corp. (1,64%), em relação a razão da rentabilidade operacional (21,70%).

Outro importante destaque fica por conta da ECC International PLC que apresentou o melhor índice de eficiência entre aquelas que tem a mineração de caulim como sua principal atividade. Levando-se em consideração o tamanho do grupo, a complexidade e o relativamente baixo valor agregado do caulim em relação a outros produtos tais como medicamentos e produtos químicos, pode-se considerar esse resultado como muito bom em relação as demais empresas.

Em termos de liquidez, com resultado de 1991, a Caemi foi a única empresa a apresentar uma liquidez negativa, ou seja, um ativo circulante inferior às dívidas de curto prazo. Considera-se este caso como uma excepcionalidade, uma vez que o aumento do passivo deu-se em função de despesas e contas à pagar da sociedade controladora e da Cadam. Observa-se, porém, que em 1992, com a quitação dos débitos, como o fator de contabilização da aquisição da Cadam, o patamar do passivo voltou à valores normais acarretando substancial aumento da liquidez.

O cálculo da rentabilidade operacional do patrimônio global não é muito usual no Brasil por não levar em conta o desconto do passivo em relação ao ativo total, o que faz com que o índice seja sempre menor que a rentabilidade do patrimônio líquido. No entanto, esse índice é largamente utilizado no exterior, como fator de resultado da empresa, como medição da razão do lucro operacional pelo patrimônio da mesma.

Sendo assim, destacam-se como melhores desempenhos, pela ordem: a American Cyanamid Co.; a Engelhard Corp. em 1992 e a Caemi Mineração e Metalurgia S.A. em 1991; considerando-se o porte em termos de faturamento, de ativos e, acima de tudo, da eficiência operacional de suas atividades através do controle dos custos.

A análise dessas empresas mostrou um índice médio de endividamento na razão de 40% na participação do capital de terceiros em seu passivo. A taxa de imobilização média foi de 60% do capital em relação ao ativo total, o que é considerado aceitável pela contabilidade.

O maior índice de endividamento pertence no exercício de 1992 a Coframines SA com 0,69% e o menor a Watts Blake & Bearne & Co. plc com 0,27%. Já em relação a taxa de imobilização o maior índice apurado foi da Nord Resources Corp. com 78,2%, o que deve explicar a razão da venda de 20% de seu capital para a Kemira Oy, e o menor foi da Coframines com apenas 31%.

O quadro final parece bastante tranquilo em relação a capacidade de capital próprio nos negócios, (ainda que os valores desejáveis fossem acima de 80%), e do capital de giro dos empreendimentos. Isto vem mostrar que as eventuais dificuldades pelas quais essas companhias tem passado, tem tido como origem um momentâneo desequilíbrio de mercado e não em suas estruturas financeiras.

IV. Usos, Aplicativos e Concorrência

Este capítulo tem como base o estudo das diversas formas de aplicação do caulim e seus concorrentes dentro de vários ramos industriais, com ênfase nos aspectos de qualificação atribuídos a cada um deles, na competitividade entre esses minerais, bem como aspectos da realidade da demanda como em cada ramo industrial.

O caulim tem aplicação nos mais variados ramos industriais, sendo que as principais indústrias que demandam aplicação de caulim são: papel, tintas, plásticos e borrachas, adesivos, selantes, produtos da linha farmacêutica, ração animal, catalisadores, compostos betuminosos, manufatura de tijolos e telhas, cerâmicas, refratários, cosméticos, vidros, pesticidas, louças de mesa, peças sanitárias e cimento branco.

Esta dissertação contemplará a demanda e a forma de aplicação do caulim e seus concorrentes nas indústrias de papel, tintas, plásticos, borrachas, adesivos e selantes, catalisadores e indústria farmacêutica. Este critério foi determinado tanto pelo caráter qualitativo do caulim como "specialty"¹⁷ nelas empregado como pelo montante gerado devido ao valor agregado, a tecnologia aplicada e o rigor da qualidade requerida pela indústria consumidora.

De acordo com os critérios estabelecidos acima, a qualidade indispensável para os minerais que funcionam como carga, extensor, cobertura ("filler", "extender", "coating"), é a sua capacidade de pigmentação branca, isto é, o de tornar mais brancos os produtos (BRISTOW, 1992).

Os principais minerais utilizados para essas finalidades são a caulinita, calcita, talco, rutilo, sílica, mica, wollastonita, gipsita e barita, podendo esses minerais serem utilizados na forma natural ou de derivados químicos, caso específico do dióxido de titânio, extraído do rutilo e do anatásio, e do carbonato de cálcio precipitado.

As características físicas são fundamentais no desempenho do insumo no produto final, nas quais destacam-se, alvura, distribuição granulométrica, forma das partículas, textura, densidade, dureza,

¹⁷ A discussão dos parâmetros de "specialty" e "commodity" estão presentes em TEIXEIRA (1991).

tenacidade, resistência térmica, condutividade elétrica e térmica, opacidade, absorvência de óleo, e propriedades reológicas (FREAS, 1985).

Evidentemente, deve haver uma relação adequada entre o custo e a funcionalidade do mineral, razão pela qual a substituição dos mais caros é uma possibilidade sempre presente, desde que não haja perda de qualidade e/ou eficiência do produto final (BORDONALLI & MARTINS, 1993).

O consumo anual de cargas e coberturas brancas no mundo é da ordem de 30 milhões de t/a, gerando uma receita anual de cerca de US\$ 4,0 bilhões, tendo os Estados Unidos como maior consumidor seguido pelo Reino Unido e Alemanha (BRISTOW, 1992).

HUMPHREYS & BRIGGS (1983) estudaram o comportamento das curvas de intensidade de uso de diversos bens minerais entre 1945 e 1983 em todo o Reino Unido. O caulim, especificamente, mostrou uma evolução moderada porém constante, tal qual seus respectivos substitutos, em consonância com a respectiva evolução da oferta e do crescimento econômico mundial. Essa relação, portanto, torna fundamental a análise da potencialidade do consumo de caulim nos setores acima citados, bem como das tendências da concorrência e, por sua vez, das opções de substituição.

IV.1. A Indústria de Papel

Em termos de produtos a indústria de papel apresenta duas grandes divisões: a) produção de papel, englobando papel jornal; papel de escrita e impressão, estes podendo ser revestidos ou não; papéis leves, papel de empacotamento e embalagem, papéis sanitários; e b) produção de cartão e papelão, subdividido em papelão para grandes embalagens (liso ou enrugado) e caixas de papelão (brancas ou coloridas), podendo as primeiras serem revestidas ou não (JAPAN PAPER ASSOCIATION, 1993).

A indústria de papel, apesar das oscilações da economia mundial, atingiu, em 1993, um recorde de produção pelo décimo primeiro ano consecutivo, num total de 251,6 milhões t, com uma capacidade total instalada de 289,8 milhões t (MITCHELL et alii, 1994).

O crescimento anual foi de 1,6% contra 0,7% em 1991 e 2,2% em 1992, num adicional de 4,2 milhões t produzidas (PPI, 1994). O consumo mundial aparente¹⁸ foi de 250,2 milhões t, contra 245,6 milhões t em 1992, um aumento de 1,4% , inferior aos 2,5% registrado em 1992-1991.

O continente asiático, responsável pelo maior salto de crescimento em 1992, com aumento de 6,1% na produção e 7,7% no consumo aparente (PPI, 1993), teve no ano de 1993 um desempenho inferior, com crescimento de 2,0% na produção e 2,9% no consumo aparente. Esse resultado deveu-se ao fraco desempenho do Japão e Taiwan, com índices, respectivamente de -1,9% e -1,8% na produção, e -0,9% e 1,2% no consumo, e de um crescimento mais moderado da China, que se em 1992 teve aumento de 16,7% na produção e 22,5% no consumo aparente (PPI, 1993), em 1993 esses resultados baixaram, respectivamente, para 5,5% e 4,6%, (MITCHELL et alii, 1994).

A China firmou-se como a terceira maior produtora e consumidora mundial, atrás de Estados Unidos e Japão, o que vem apenas confirmar o crescente interesse dos produtores de caulim nessa parte do mundo, notadamente a Cadam S.A. e a Comalco Ltd. Os destaques de 1993 foram o desempenho do Brasil, Nova Zelândia, Indonésia, Finlândia, Noruega, todos registrando crescimento superiores a 9,0% na produção e 7,0% no consumo aparente. O destaque negativo ficou para a CEI com -20,2% na produção e -22,2% no consumo aparente. A Tabela IV.1. lista os principais produtores e consumidores mundiais de papel e a posição do Brasil em relação a esses países.

Do lado da oferta, NIKU (1992) prevê que a Europa e a América do Norte continuem a responder por cerca de 50% do aumento da produção no mundo, porém ressalta que deve ser esperado um crescimento da participação no suprimento mundial de fornecedores não tradicionais como Brasil e Indonésia e, dependendo do nível de reestruturação da indústria, de países do leste europeu, como Hungria, Polônia e República Tcheca.

¹⁸ Consumo Aparente = f(Produção + Importação - Exportação + Δ estoque)

Tabela IV.1. Os Maiores Produtores e Consumidores Mundiais de Papel e o Brasil - 1993

Produção de Papel e Papelão	(Mil t)	Consumo de Papel e Papelão	(Mil t)
Estados Unidos	76.557	Estados Unidos	81.856
Japão	27.726	Japão	28.059
Rep.Pop.China	18.200	Rep.Pop.China	20.426
Canadá	17.534	Alemanha	15.380
Alemanha	13.034	Reino Unido	9.779
Finlândia	9.990	França	8.924
Suécia	8.781	Itália	7.392
França	7.975	Canadá	5.997
Itália	6.090	Coréia do Sul	5.603
Coréia do Sul	5.804	Espanha	4.784
Brasil ¹⁹	5.379	Brasil ^{**}	4.249

Fonte: Pulp and Paper International (PPI), 1994

Os dez países de maior índice de consumo aparente "per capita" (kg/hab.), são, segundo MITCHELL (1994): EUA, Finlândia, Japão, Hong Kong, Canadá, Cingapura, Bélgica, Taiwan, Dinamarca e Holanda. O Brasil figura em 49º lugar com 28 kg/hab., inferior até mesmo que países como Eslovênia, Grécia, Malásia.

Em relação à produção norte-americana, LOUGHBROUGH (1992), prevê um crescimento de 1,9% a.a. até o ano 2000, quando os EUA deverão produzir cerca de 90 milhões t entre papel e papelão, sendo 28 milhões t, somente na divisão de papel de escrita e impressão, enquanto que CODY (1993) prevê para o ano de 1994 que a produção, somente para papéis revestidos, atinja 7,7 milhões t para uma capacidade instalada de 8,3 milhões t .

NIKU (1992), prevê para o ano 2000, uma demanda mundial de 306 milhões t de papel e 345 milhões t para 2005, que implica num crescimento médio mundial de 2,5 % a.a., sendo que a

¹⁹em 1992 - 13º produtor mundial; ^{**} 13º consumidor mundial
em 1993 - 11º produtor mundial; 12º consumidor mundial

Ásia (exceto Japão), e América Latina deverão ter os maiores índices de crescimento, entre 3,2 e 3,5% a. a. Segundo PAYNE(1994) em termos absolutos, somente a Ásia e Australásia deverão demandar cerca de 122 milhões t, para uma produção prevista de 114,8 milhões t, enquanto para a América do Norte, Europa Ocidental e Japão as taxas de crescimento esperadas são de 1,6 a 2,5% a.a. (NIKU, 1992).

Em termos dos padrões de papel, os de escrita e impressão, mais importantes sob o aspecto de consumo de insumos minerais, deverão passar das atuais 70 milhões t para 95 milhões no ano 2000 e 110 milhões t em 2005 (NIKU, 1992).

CODY(1993) afirma que a demanda mundial atual, apenas no setor de papéis revestidos, isto é, com cobertura, é da ordem de 22,5 milhões t, sendo que a América do Norte, Europa Ocidental e Japão respondem por 95% desse consumo. Apenas nos EUA, os papéis revestidos deverão ter uma taxa de crescimento de 1993 a 2002 de 3,8% a.a.²⁰, passando dos atuais 31,4% do mercado de papéis de escrita e impressão para 33,4% atingindo portanto, em termos absolutos, segundo LEVANDOSKY(1992) uma demanda de 31 milhões t no ano 2000.

Tais previsões segundo LEVANDOSKY (1992), deverão ser significativamente afetadas, notadamente o setor de papéis revestidos, por seis fatores, pela ordem:

- Consciência e pressões ambientalistas;
- Desenvolvimento de novas economias como as repúblicas da CEI e Leste Europeu;
- Melhoria de qualidade de vida gerando aumento de consumidores;
- Com o aumento da expectativa de vida da população mundial, os impressos deverão ser mais brilhantes e nítidos devido a dificuldade de visão das pessoas mais idosas;
- Mudanças tecnológicas no processo e formulação dos revestimentos e da impressão, portanto diminuindo o peso final do papel, devido ao aumento dos custos da distribuição de revistas, catálogos e materiais de mala direta. O papel para esses fins, até o final do século, deverá ter uma gramatura mais leve que 41 g/m², ou seja, mais leve que o atual LWC (ou n°5 nos EUA),

²⁰ Segundo LEVANDOSKY(1992) essas taxas são maiores que a taxa de crescimento prevista para Produto Interno Bruto (PIB) e para 1994, um desempenho ainda melhor é esperado com uma taxa de crescimento de 4,2%, segundo GRANT (1994).

e até do ULWC²¹ sem que o mesmo apresente-se flácido ou muito fino, prejudicando a qualidade final²²;

- Balanço entre os métodos de comunicação impressos e eletrônicos.

IV.1.1. Consumo de Minerais na Indústria de Papel

A indústria de papel é uma das principais consumidoras de insumos minerais. A demanda anual de minerais, com emprego na indústria de papel no mundo, é da ordem de 16,6 milhões t, 7,0 milhões t somente nos EUA, a uma taxa anual de crescimento entre 2,5 a 4,0% a.a., (SCHOBBER, 1992; SYNOVEC, 1991).

ROSKILL (1993) mostra que o consumo de minerais na divisão de papéis de escrita e impressão é da ordem 325 kg/ t nos revestidos, 175 kg/t nos sem revestimento, nos papéis jornal o consumo é de até 80 kg/t e nos papelões de até 65 kg/t. Certos tipos de papéis, muito especiais, podem conter até 45% de bens minerais em sua gramatura final.

A utilização de minerais na fabricação de papel se dá de duas formas: como revestimento ("coating") ou como carga ("filler"). Cada finalidade impõe especificações distintas, resumidas no Quadro IV.1.

²¹ LWC - Lightweight Coated - Termo europeu que caracteriza um papel revestido muito leve, cuja gramatura total seja inferior a 72g/m² de folha (BENBOW, 1987).

ULWC - Ultra Lightweight Coated - Gramatura total inferior a 39g/m² de folha (GRANT, 1994).

²² A velocidade das prensas de secagem de papel atualmente, segundo LEVANDOSKY (1992) são de 3000 ft/min, sendo que no ano 2000 essas prensas deverão girar a 5000 ft/min, com largura de 10 ft, que segundo BOOTH (1990), será uma barreira tecnológica, já que nessas velocidades, não há nenhuma formulação de pigmentos que consiga manter suas características reológicas, ocorrendo o dilaceramento e quebra da estrutura de revestimento.

Quadro IV.1. Especificações de Minerais para a Indústria de Papel

Propriedades	Carga	Cobertura
Alvura - Norma ISO	80-82	85-93
Tamanho Partícula	2um-10um	< 2um
Abrasão	muito baixa	mínima
Opacidade	evitar translucidez	-
Veloc. Fluxo	-	3000 a 4000 ft/min
Brilho	-	aspecto final
Densidade	~ 2,7 g/cm ²	idem
Dureza	3 ou menos	idem

Fonte: McVEY & HARBEN (1989); BRISTOW (1992); McCONNEL (1988)

A função de cobertura tem especificação bem mais rigorosa que a de carga, principalmente no que concerne à alvura, que deve ser superior, e ao tamanho das partículas, que para "coating" devem ser muito mais finas.

A gramatura do revestimento, isto é, o peso do revestimento na folha do papel, não é uniforme, de acordo com BENBOW (1987). Os papéis de baixa fibra mecânica²³ chegam a 15 g/cm² de cada lado da folha, em contrapartida nos papéis de alta fibra mecânica a gramatura de revestimento é de 5 a 10 g/cm² por lado nos LWC, e nos MWC²⁴ chega a 18 g/cm².

Em relação as cargas, tais especificações e os avanços tecnológicos na fabricação da celulose têm mantido o consumo em níveis relativamente estáveis no mercado Europeu nos últimos 18

²³Papel com baixa fibra mecânica - "woodfree paper" - papel contendo menos de 10% de fibras mecânicas

Papel com alta fibra mecânica - "mechanical paper" - papel contendo mais de 10% de fibras mecânicas (processo que retém parte da lignina contida) - BENBOW(1987)

²⁴MWC - "medium weight coated" ou papel revestido intermediário, classificação europeia que refere-se de todo papel com processo mecânico de gramatura entre 59 a 109 g/cm², nos EUA a denominação é papel nº4 (CODY, 1993)

anos (Figura IV.1.), enquanto o consumo de coberturas cresceu, moderada porém seguramente, até 1990. A partir de então o consumo entrou em queda devido a crise mundial e ao estado de superoferta de papel revestido. Para 1994 era esperada uma continuidade na queda do consumo.

Os principais minerais aplicados em papel são o caulim, o mais utilizado com 62% do total, seguido do carbonato de cálcio com 26%, talco com 9% e os demais com 3%, incluindo o dióxido de titânio (SCHOBER, 1992).

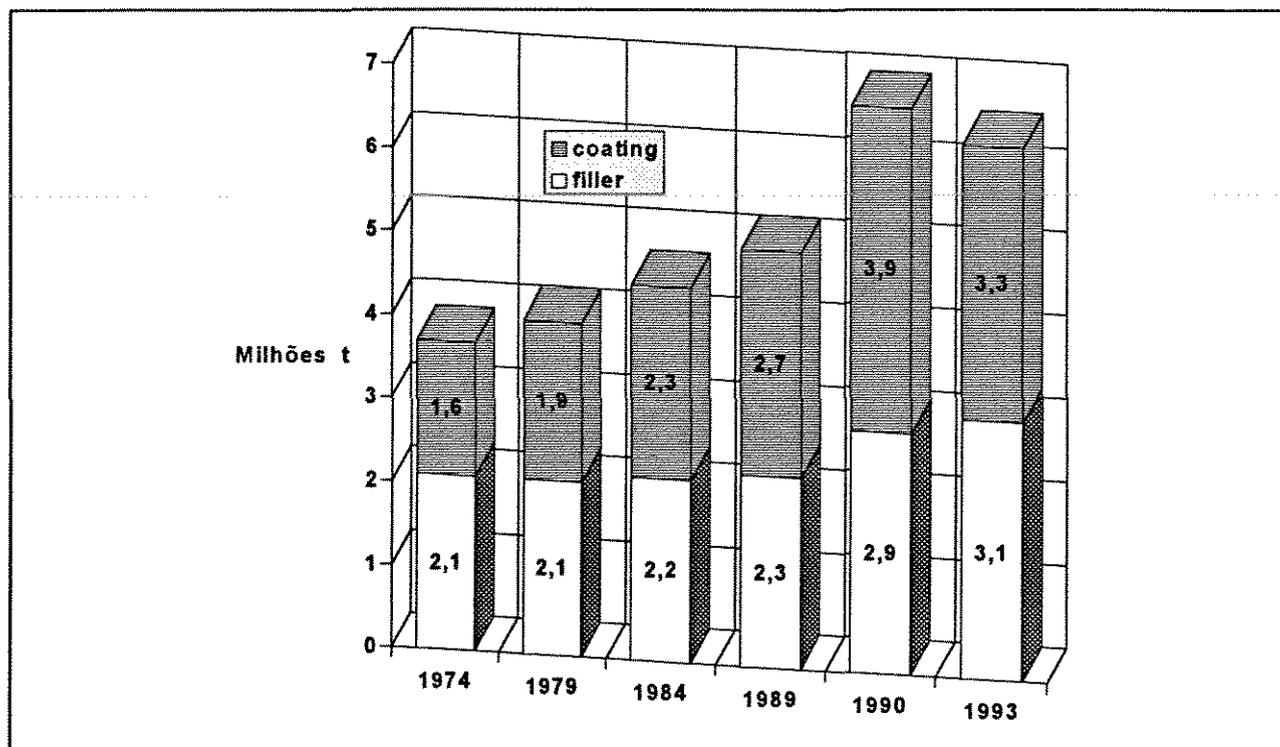


Figura IV.1. Evolução do Consumo de Cargas e Coberturas Minerais na Indústria Europeia de Papel

Fonte: Loughbrough (1994); Schober(1992); Benbow(1987)

IV.1.1.1. Caulim

É o mais importante mineral utilizado na indústria de papel, que é responsável por cerca de 50% de todo o caulim consumido no mundo. O consumo de caulim na indústria de papel chega a 12,7 milhões t/ano (SEDDON, 1991), e no ano 2000 se aproximará de 15,5 milhões t. Somente os EUA deverão consumir, até 1996, 5,8 milhões t, (LOUGHBROUGH, 1993), com a categoria de papéis de escrita e impressão responsáveis por 75% dessa demanda.

Em termos funcionais, como "coating" ou revestimento, o caulim responde pela opacidade e alvura do papel, além de aumentar a receptividade da tinta de impressão. O tamanho, a forma e a distribuição granulométrica das partículas são, talvez, os parâmetros físicos mais relevantes influenciando a alvura, opacidade e viscosidade do caulim calcinado. Quanto às propriedades reológicas, desagrega com facilidade e tem ótima velocidade de fluxo (KAOLIN, 1987).

A razão alvura-granulometria foi estudada por MURRAY (1966), que relacionou diferentes frações granulométricas abaixo de 2 μ m com a alvura correspondente, mostrando, também, que o aumento da alvura é proporcional a diminuição da fração granulométrica até o limite de 95%. Abaixo de 2 μ m e a partir daí, as partículas ditas superfinais já não obedecem essa regra, conforme mostrado pela Tabela IV.2.

Tabela IV.2. Relação da Fração Granulométrica e Alvura do Caulim para Revestimento em Papel

Granulometria - < 2 μ m	Alvura (ISO)
50	85,7
80	86,5
95	88
ultrafinos	81,2

Fonte: Murray (1966)

O caulim utilizado como pigmento para revestimento é do tipo processado a úmido, sendo que os padrões mais utilizados na manufatura do papel, segundo CASEY(1983), de acordo com a classificação norte-americana, são :

- **Padrão nº3** - usados em papéis de menor qualidade e sua aplicação se dá como carga;
- **Padrão nº2** - base de aplicação;
- **Padrão nº1** - usados em papéis de alta qualidade devido a alta alvura, opacidade e brilho, freqüentemente usado em formulações em conjunto com o nº2;
- **Fino nº1** - brilho máximo e de ótima absorção à tinta de impressão;
- **Regular Deslaminado** - ideal para papéis de baixa gramatura como LWC e ULWC, aumento da continuidade da superfície diminuindo a aspereza da folha;

- **Alto Brilho** - para papéis de qualidade superior, máximo em propriedades óticas e de superfície;
- **Quimicamente Estruturado** - usado como pigmento em papéis de alta qualidade e gramatura leve, substituindo com vantagens o caulim deslaminado e como opção do revestimento calcinado (Tabela III.2, cap. II);
- **Calcinado** - para papéis de ótima qualidade, impressão de arte e catálogos finos.

A Tabela IV.3. apresenta as características físicas de cada um desses pigmentos bem como a relação da cotação de preços de cada um deles:

Tabela IV.3. Características e Preços de Pigmentos de Caulim Para Papel

Padrão	% < 2 μ m	Alvura (ISO)	Preço (US\$/t)*
N° 3	73	83,5 - 85	86,00
N° 2	80-82	84 - 85,5	89,00
N° 1	90-92	85,5 - 86,5	116,00
Fino N° 1	95	84,5 - 86	N.D.**
Deslaminado Regular	80	86,5 - 88,5	356,00
Deslaminado Fino	95	85,5 - 86,5	N.D.
Alto Brilho N°2	80	87,5 - 89,5	N.D.
Alto Brilho N°1	92	87,5 - 89,5	N.D.
Estruturado	85	85	N.D.
Calcinado	88-90	88,5 - 91,5	460,00

Fonte: Roskill (1993); Johns et alii (1990); Murray (1976)

* Cotação: 16/02/93 - f.o.b. Georgia; carregado no vagão

** não disponível

Ainda que dados oficiais não sejam disponíveis, sabe-se que o preço do caulim de alto brilho n°1 é mais alto que o alto brilho n°2, devido a alvura e granulometria, porém ambos tem uma cotação de preços superior ao caulim padrão n°1 e inferiores ao caulim calcinado. Em relação ao caulim estruturado, o preço é intermediário entre o deslaminado e o calcinado. Este último é o mais caro devido a sua melhor qualidade e ótimo desempenho de alvura; o caulim calcinado tem densidade mais baixa que os demais, tem maior brilho, o que porém implica menor opacidade (McVEY & HARBEN, 1989).

O consumo de caulim como pigmento de papel em 1994 foi estimado em 2,9 milhões t somente para os EUA (SYNOVEC, 1991), para a Europa essa demanda seria de 1,6 milhões t.

O Brasil é um país de pouca tradição na produção de papéis revestidos, tendo produzido em 1992 apenas 72 mil t (PPI, 1993), para um consumo de 28 mil t de caulim. Em 1993, com a entrada em operação da planta de LWC da Impacel, em Ponta Grossa-PR, (MINÉRIOS EXTRAÇÃO e PROCESSAMENTO, 1994), o consumo de caulim para revestimento somente dessa unidade é de 40 mil t/a.

Como "filler", pode substituir parte da própria polpa de celulose, reduzindo custos. Por exemplo, em 1991 a celulose era cotada a US\$ 600/t, enquanto o caulim utilizado como carga é encontrado, conforme sua granulometria de US\$ 60 a 100/t. Por ser quimicamente inerte, pode ser utilizado em fábricas de papel que utilizam tanto o processo ácido (pH = 4) como o processo alcalino (pH = 9).

Para 1994 o consumo de cargas de caulim nos EUA estaria ao redor de 1 milhão t, enquanto que na Europa esse consumo atingiria 1,6 milhões t (LOUGHBROUGH, 1994b; SCHOBBER, 1992).

O consumo brasileiro de caulim como carga para papel é de 320 mil t/a, representando mais de 90% dessa demanda total de cargas. Espera-se para 1997 uma demanda de caulim de 373 mil t, de acordo com a taxa atual de crescimento que tem sido de 8% a.a., (ECC DO BRASIL MINERAÇÃO, 1993).

O mercado de caulim para papel vem sofrendo concorrência sistemática e tem sido substituído por carbonato de cálcio natural (US\$ 90/t), talco (US\$ 130/t), notadamente na França e Finlândia, onde as reservas de talco são abundantes (SCHOBBER, 1987) e até mesmo por gipsita (US\$ 13,00 /t). Pesquisas recentes demonstram a viabilidade de substituição de caulim e carbonato de cálcio por sulfato de cálcio, ou fosfogesso, gerado em volumes expressivos como subprodutos da fabricação de ácido fosfórico na indústria de fertilizantes.

No Brasil vem sendo desenvolvido um processo de purificação e adequação granulométrica das partículas do fosfogesso da Serrana S.A. o qual vem obtendo bons resultados como carga na

indústria de papel, quando comparado com caulim e carbonato de cálcio, sendo cotado entre US\$ 50 a 60/t (VALERY Jr. & CHAVES, 1992).

IV.1.1.2. Carbonato de Cálcio

Principal concorrente do caulim na indústria papelreira (entre EUA e Europa o consumo é de 5,8 milhões t/a), o carbonato de cálcio é utilizado tanto na forma natural quanto na forma sintética denominada carbonato de cálcio precipitado. Com o desenvolvimento do processo alcalino na fabricação de papel, o carbonato de cálcio tem sido usado com muito sucesso. O crescimento anual do consumo tem sido de 5% a 6% (DICKSON, 1981,1987; SMITH, 1984). Tal evolução é mostrada na Figura IV.2.

Nos últimos vinte e cinco anos, principalmente, esse incremento deve-se a problemas de deterioração relativamente rápida, cerca de 50 anos, do papel produzido pelo processo ácido, como esfacelamento e amarelamento da folha (SYNOVEC, 1991), enquanto que pelo sistema alcalino o papel é capaz de durar cerca de cem anos sem grandes alterações na cor e na resistência (McVEY & HARBEN, 1989).

Outras vantagens do sistema alcalino conforme BURKE (1993b), são a melhoria das propriedades óticas e o melhor potencial de reciclagem em relação a folha. Em relação ao processo, tem mais opções de cargas, menor consumo de energia, menos poluente, menor corrosão e, em relação a impressão, melhora a opacidade, alvura e absorção da tinta. O carbonato de cálcio tem sido usado como substituto da fibra de celulose, caulim e dióxido de titânio, mantendo todas as propriedades físicas do papel e reduzindo custos.

As características principais do carbonato de cálcio natural para carga em papel são a alta alvura, superior a 80% ISO, alta opacidade, baixa densidade e abrasão, partículas abaixo de 2um em cerca de 99% do volume, boa distribuição granulométrica, alta retenção do mineral em polpa, boa reologia e viscosidade, compatibilidade do pH com o sistema alcalino e baixo custo. É aplicado em papéis para impressão, para fotocópia, escritórios, e papel para cigarros.

Na Europa, o carbonato de cálcio responde atualmente por 42% do mercado de "coatings" e 36% do mercado de "filler" (BURKE, 1993a). Nos EUA o uso em revestimento é menor, cerca de 24% do total consumido pela indústria e, como carga, é maior com 66% do total (SYNOVEC, 1991).

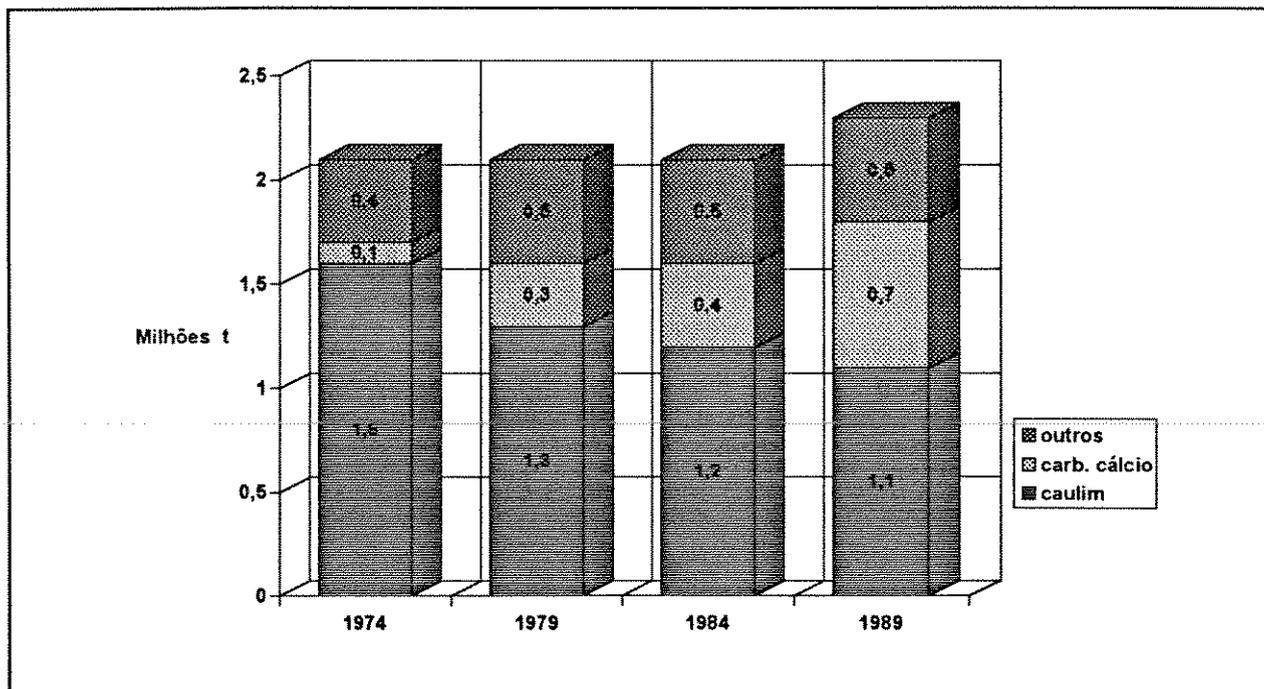


Figura IV.2. A Evolução do Nível de Penetração da CaCO₃ no Mercado de Cargas Minerais.
Fonte: Benbow (1987)

As formulações para revestimento têm se adaptado a essas mudanças. Nos EUA a razão padrão para pigmento era 8:2 de caulim em relação ao carbonato, hoje já passou para 7:3, enquanto que na Europa essa relação já era de 4:6, já estando no mercado a formulação 70% de carbonato e 30% de caulim de alto brilho de custo mais baixo e sem perda de qualidade (LOUGHBROUGH, 1993). A Figura IV.3. mostra evolução da penetração do carbonato de cálcio no mercado de cargas e pigmentos para papel.

O carbonato de cálcio precipitado vem se tornando um insumo importante na indústria de papel, principalmente na Europa, e tem como características básicas a grande superfície específica 9-11 m²/g e a granulometria extremamente fina 0,2 a 0,3 μm, alta alvura e boa opacidade e substitui parcialmente o dióxido de titânio em razão do custo mais baixo (SCHOBBER, 1989). O mercado tradicional de aplicação é o setor de papel de cigarro, não sendo muito comum nos demais setores.

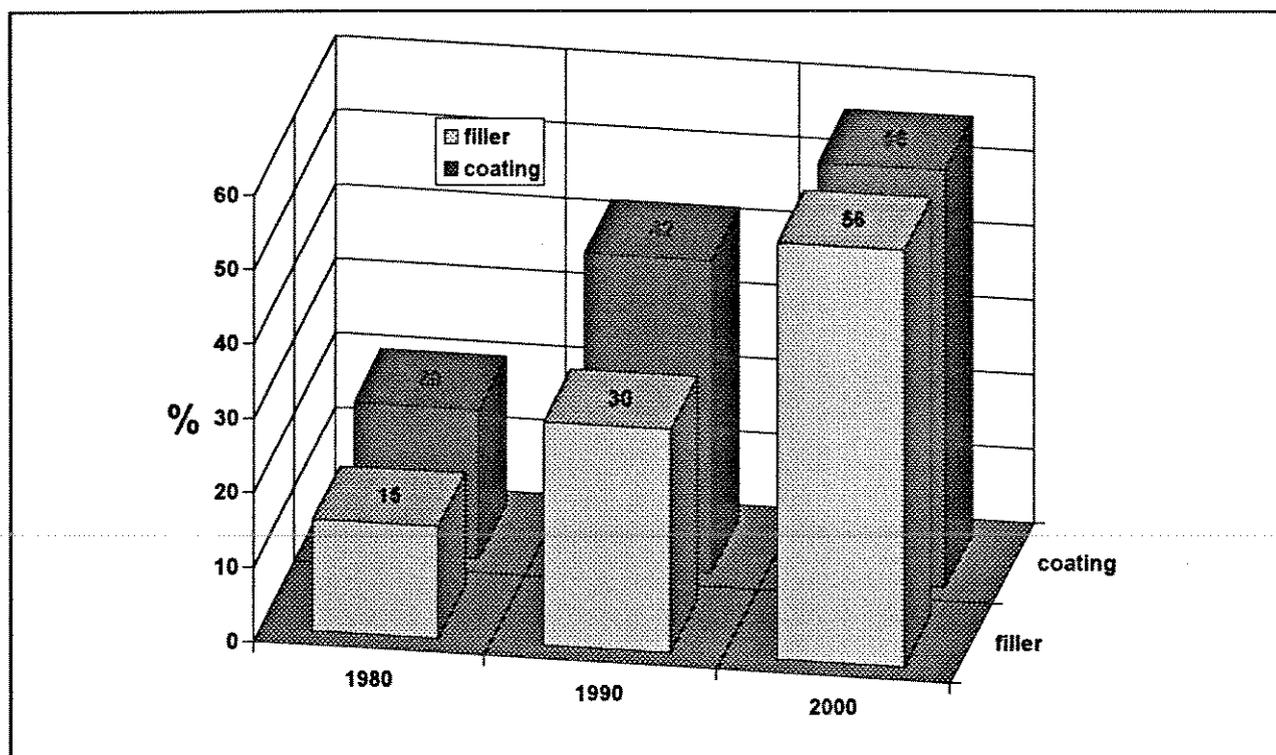


Figura IV.3. Evolução da Penetração do CaCO_3 no Mercado Europeu
 Fonte: Burke (1993a)

IV.1.3. Talco

O consumo de talco pela indústria de papel é aproximadamente 550 mil t na Europa, 170 mil t EUA e 950 mil t na Ásia Ocidental. Na Europa é usado basicamente como carga (60%), cobertura (15%), e no controle de "pitch" (25%). Nos EUA a aplicação como "pitch" é de 95%. Na Ásia 85% do consumo de talco é aplicado como carga e o restante como controle de "pitch". Responde por 10% da quantidade total dos minerais usados na fabricação de papel (O'DRISCOLL, 1992; SCHÖBER, 1991). A Figura IV.4. mostra, em resumo, a evolução do consumo dos principais pigmentos de revestimento e cargas minerais utilizados na indústria de papel na Europa Ocidental.

Como carga tem a vantagem de substituir o carbonato de cálcio natural, reduzindo custos; tem ainda como vantagem, segundo GREXA (1987), a cor, a forma da partícula, a pureza, a resistência química e a resistência à umidade, além da baixa dureza, baixa abrasão, boa

absorvência, e alta reflectância. Tem tido uso local, principalmente na Europa, onde as reservas são abundantes e o preço é inferior ao do caulim e equivalente ao do carbonato de cálcio (SCHOBBER, 1987).

Com granulometria entre 2 e 10 µm, o talco é usado como cobertura leve de papéis a baixa densidade, aumenta a capacidade de recepção da tinta de impressão. Sua natureza hidrófoba acaba dificultando a dispersão, desestabilizando a polpa, com baixa velocidade de fluxo, baixíssima viscosidade, e distribuição granulométrica com baixo índice de finos. Os preços do talco, por terem uso local, variam de país para país, de US\$ 25 a 108/t nos Estados Unidos e de US\$ 30 a 500/t na Europa, dependendo da aplicação.

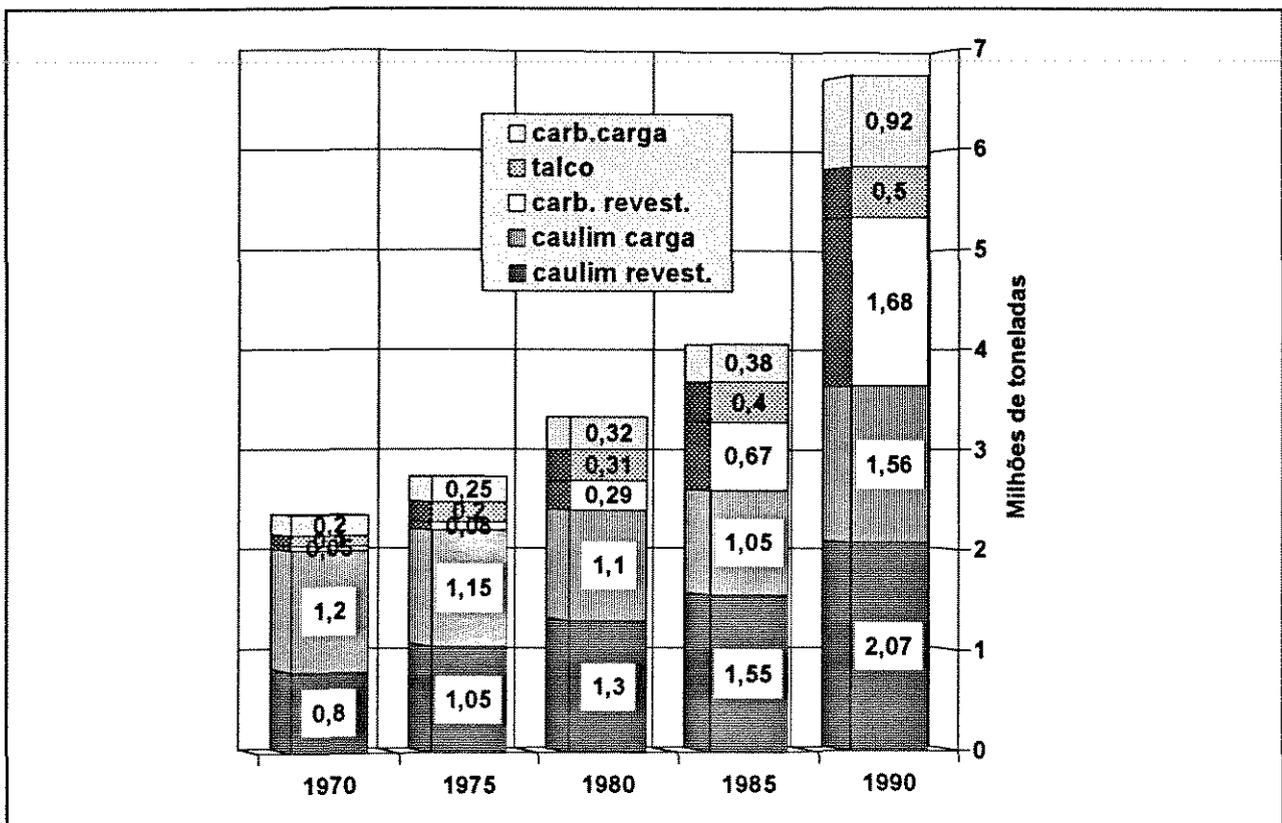


Figura IV.4. Evolução da Aplicação de Minerais em Papel na Europa Ocidental
 Fonte: Schober(1992); McConnell(1988)

IV.1.4. Dióxido de Titânio

A indústria de papel consome cerca de 20% da produção global de dióxido de titânio (TiO₂), o que equivale a aproximadamente 300 mil t/ano. O TiO₂ é obtido principalmente a partir do rutilo,

e também do anatásio, ilmenita ou leucoxênio. CLARKE (1988) previa crescimento do consumo de dióxido de titânio na indústria de papel de 2,5% a.a. até 1992, porém, essa taxa não tem ultrapassado 1,0% a.a., segundo LOUGHBROUGH (1992).

O dióxido de titânio tem como características a altíssima alvura (98% ISO), opacidade, aceitabilidade de impressão e brilho. Sua principal desvantagem é o alto preço, de até US\$ 1.980/t (KRAMER, 1992), podendo chegar a US\$ 2.300/t em 1995 e US\$ 2.600/t no ano 2000. É usado em papéis fotográficos e tem sido substituído por caulim calcinado (US\$ 470/t), alumina calcinada (US\$ 500/t) e carbonato de cálcio precipitado (US\$ 450 a 650/t), para redução de custos. A disseminação do processo alcalino de produção também tem contribuído para a substituição de TiO₂ (LOUGHBROUGH, 1992).

A Figura IV.5. traz a evolução da penetração de pigmentos e cargas na indústria de papel nos EUA, inclusive o dióxido de titânio na categoria de outros revestimentos.

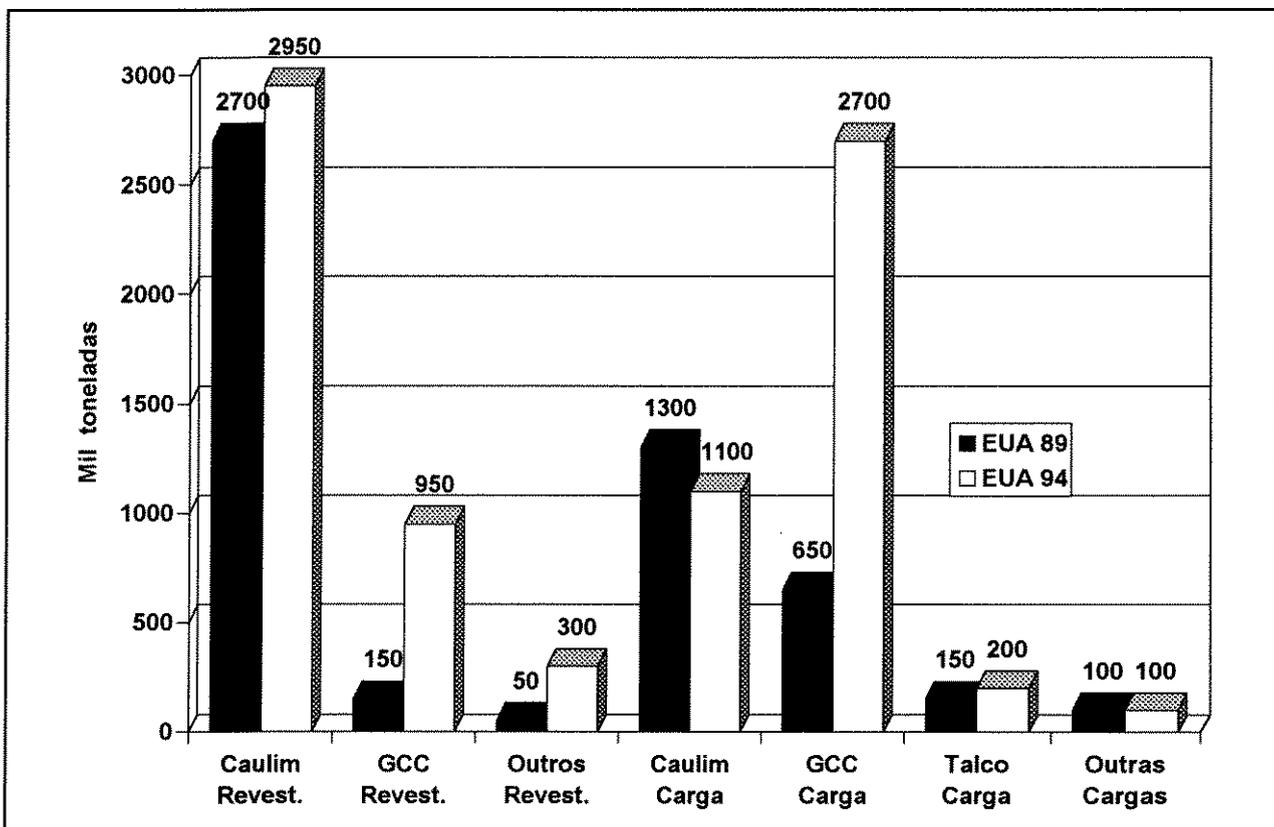


Figura IV.5. Evolução da Aplicação de Bens Minerais Indústria de Papel dos EUA

Fonte: Schober (1992)

IV.2. Indústria de Tintas

A indústria de tintas é a segunda principal consumidora de cargas e pigmentos minerais, sendo responsável por uma demanda de 2,0 milhões t/a (nos EUA e Europa), equivalente a cerca de US\$ 1,7 bilhões, o que representa 15% do valor das vendas de tintas em 1991 (US\$ 11,4 bilhões). A Europa é responsável por 50% do consumo mundial de tintas, os EUA aproximadamente 30% e o Japão consome grande parte do restante.

As tintas dividem-se em três grupos principais: tintas de arquitetura, tintas de produtos e tintas especiais. A Figura IV.6. mostra em gráfico a divisão de produção de cada um desses grupos.

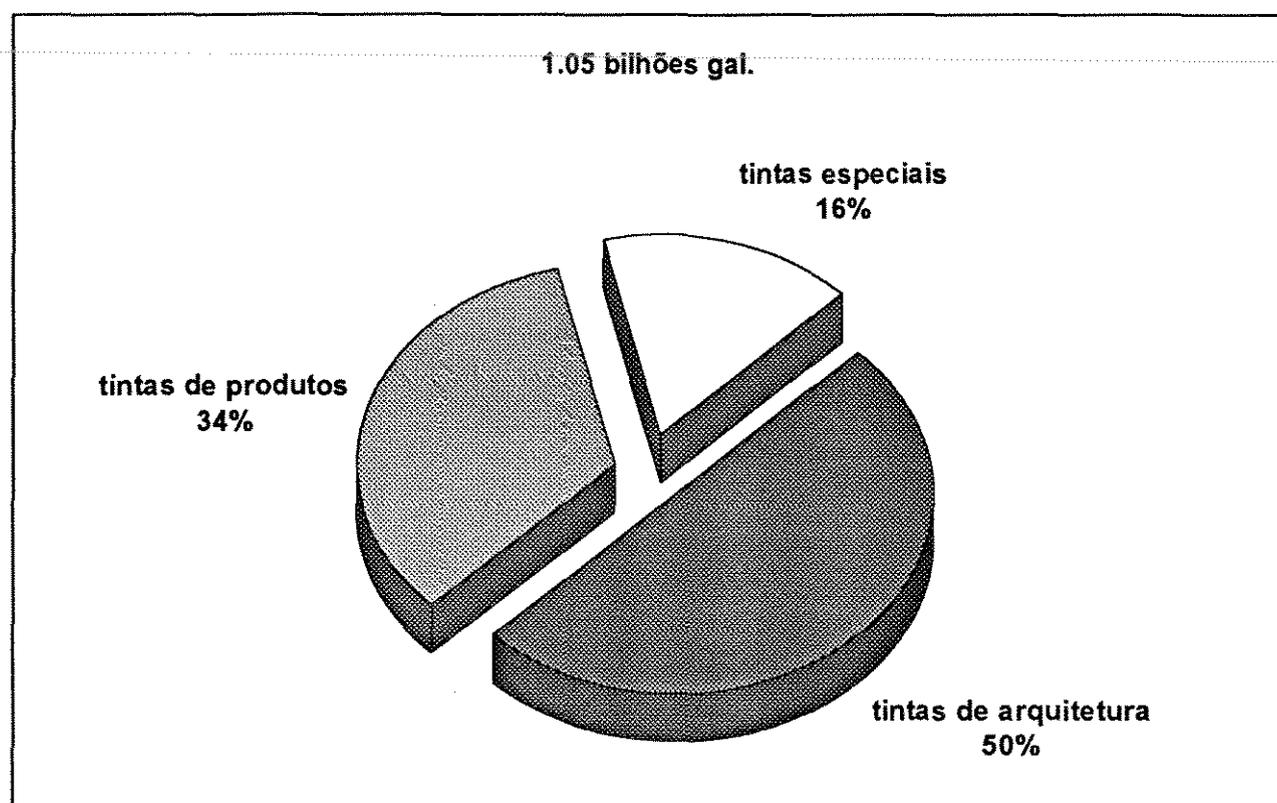


Figura IV.6. Divisão da Produção Mundial da Indústria de Tintas

Fonte: Reisch (1992b)

As tintas de arquitetura ou decorativas são próprias para pinturas internas e externas de construção. As tintas de produtos (ou industriais) são as de uso em madeiras, automóveis, máquinas, papel, brinquedos, materiais esportivos e de transporte e nas especiais incluem-se as tintas automotivas, de máquinas, de refino e de alto desempenho, de uso em tráfego, de forração,

aerossóis, de arte, metálicas e multicoloridas (REISCH, 1992b). A divisão das vendas dos principais grupos de tintas é mostrada na Figura IV.7.

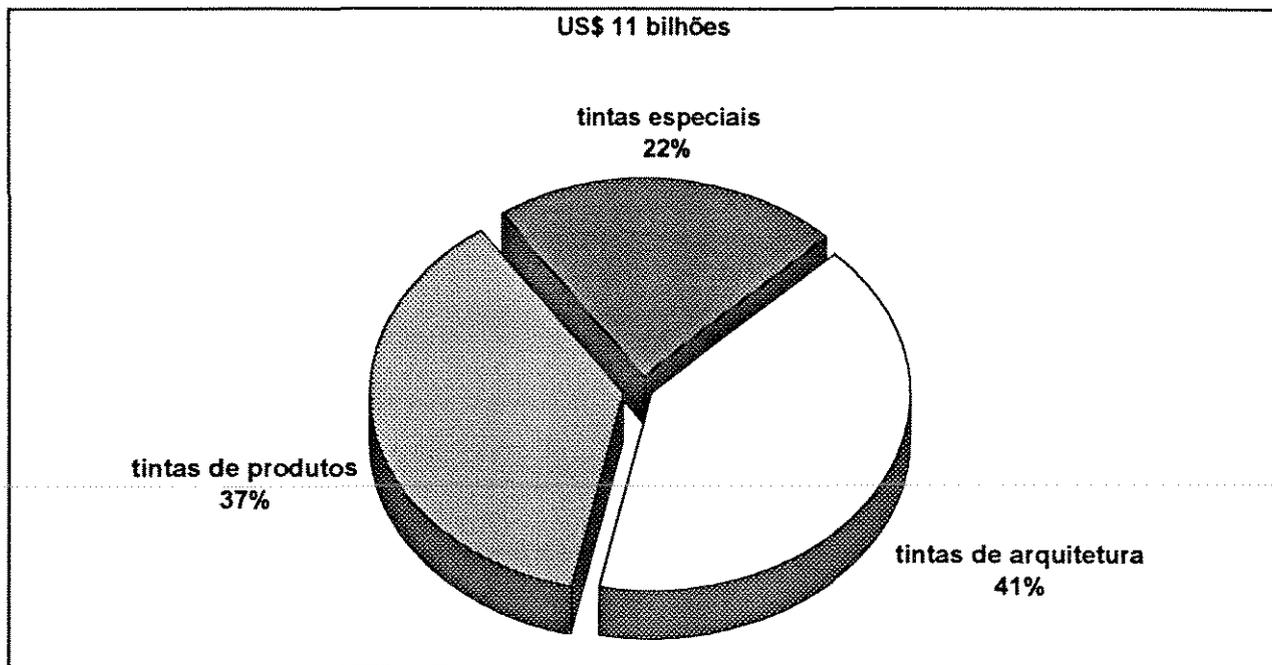


Figura IV.7. Divisão das Vendas na Indústria de Tintas em 1991

Fonte: Reisch (1992b)

Em relação a divisão dos lucros e custos da indústria de tintas, a "Paintmakers Association of Great Britain Ltd." decompôs os custos de produção e comercialização médias da indústria do Reino Unido em 1989 e os resultados obtidos estão demonstrados na Figura IV.8.

IV.2.1. Consumo de Minerais em Tintas

As tintas são compostas basicamente por polímeros, pigmentos, solventes e aditivos. Os pigmentos consistem em óxidos minerais brancos ou coloridos para coloração da tinta, "extenders" ou cargas (ROSKILL, 1993).

Na indústria de tintas os minerais têm aplicações funcionais como pigmentos inertes ("extenders") e pigmentos ativos, de acordo com as peculiaridades de cada bem mineral. Muitos minerais podem ser usados na indústria de tintas tanto como pigmento inerte ou como pigmento ativo, dentre eles o dióxido de titânio, carbonato de cálcio, caulim, talco, mica, wollastonita e sílica.

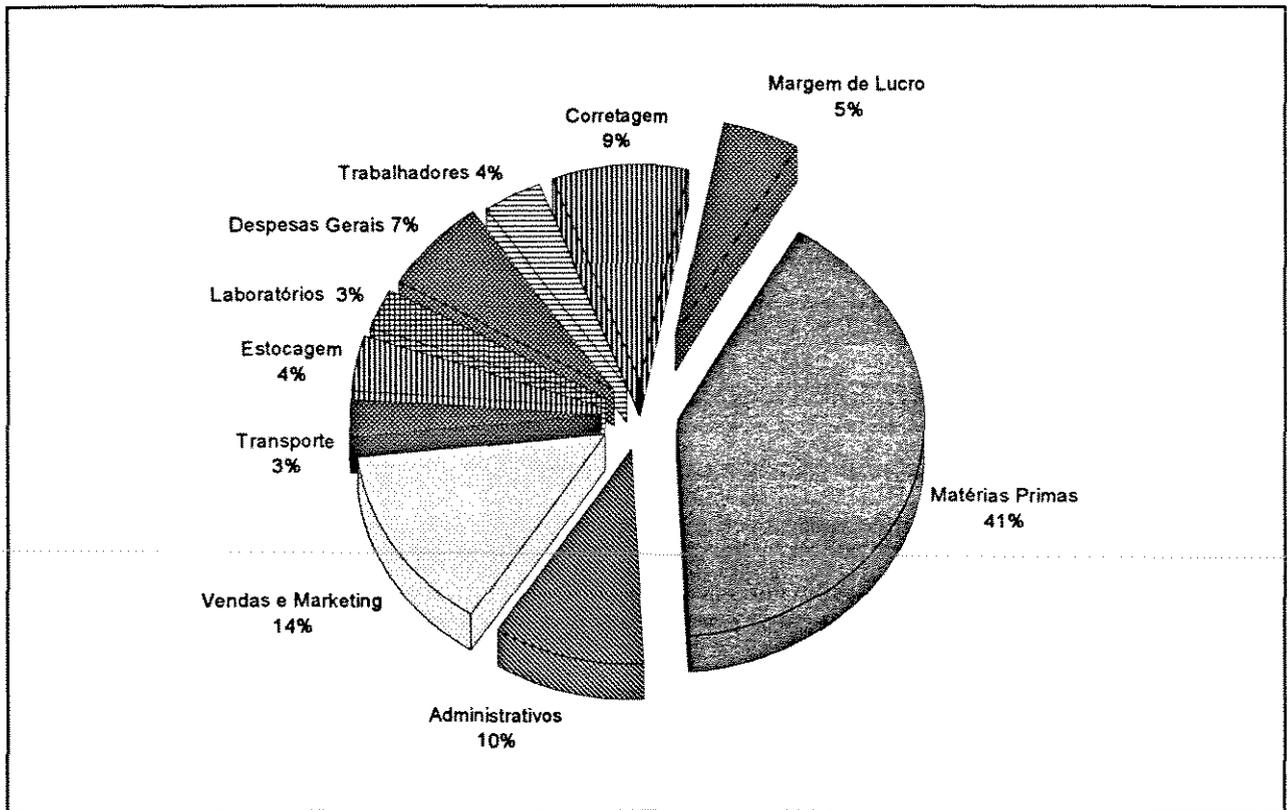


Figura IV.8. Decomposição dos Custos e Margem de Lucro da Indústria de Tintas no RU em 1989
 Fonte: Paintmakers Association of Great Britain Ltd. (1991)

Do consumo anual de 2 milhões t de matérias-primas no Reino Unido, 60% são cargas minerais, 37% são pigmentos (80% de origem mineral) e 3% usados em outras finalidades (NATIONAL PAINT & COATINGS ASSOCIATION, 1993).

O Quadro IV.2. traz as especificações básicas para um bem mineral ser usado na produção de tintas (BRISTOW, 1992; TOON, 1985).

IV.2.1.1. Caulim

Consumo mundial aproximado é de 870.000 t/a na indústria de tintas, podendo chegar a 1,2 milhões (ROSKILL, 1993), o que representa 5% do destino da produção (VIRTA, 1993).

Usado como "extender" de carbonato de cálcio e dióxido de titânio basicamente em função da

opacidade e redução de custos. Pode ser natural ou calcinado, onde pode substituir parcialmente o pigmento anatásio em tintas de emulsão, e por apresentar baixa resistência climática, é usado em tintas à base de água para interiores e decoração (TOON, 1985), usado ainda em tintas de baixo brilho ou em tintas de base ("undercoats").

Quadro IV.2. Características de uma Carga Mineral para Aplicação em Tintas

Propriedade	Atributos
Alvura	> 83% ISO
Absorvência de Óleo	Controla a quantidade de carga que pode ser colocada na tinta
Distribuição Granulométrica	Controla densidade e abrasão Pigmento -0,1 - 1,0 µm Carga - até 50 µm
Viscosidade	Controla estabilidade e resistência
Índice de Refração	Quanto maior melhor

Nessas tintas o caulim serve também como "extender" funcional, enquanto que o caulim grosseiro melhora o aspecto acabamento de tinta, o caulim fino melhora o brilho final (LOUGHBROUGH, 1993).

As principais vantagens do caulim são a boa alvura, alta superfície específica devido a forma lamelar dos grãos e absorção de óleo relativamente alta (TOON, op cit.). O caulim calcinado oferece ainda melhoria na opacidade e na integridade do filme (LOUGHBROUGH, op cit.).

Como carga o caulim é aplicado em diferentes concentrações, conforme o tipo de caulim adotado. Para o caulim calcinado, a concentração média é de 22 a 110 kg/gal, para o caulim deslaminado ou para o caulim lavado essa concentração é entre 22 a 45 kg/gal (ROSKILL, 1993).

Tal como acontece na indústria de papel, existem diversas formulas específicas para o uso em tintas. A J.M. HUBER CORP. (1992b) produz treze dessas formulações, das quais alguns exemplos estão expressos na Tabela IV.4. O preço do caulim para tintas é cotado em função do

preço do caulim deslaminado, mais apropriado para esse tipo de uso devido a forma de suas partículas, semelhante a mica. A cotação em 1990 foi de US\$ 284/t (VIRTA, 1992).

Tabela IV.4. Pigmentos Especiais para a Indústria de Tintas

Produto	Polyplate PO1/P	Polyplate 90	Huber HG	Huber 90C	Polygloss 90	Huber 683
Base	Deslamin	Deslamin.	Lavado	Calcinado	Speciality	Estrutur.
Forma	Polpa; Spray Dried	Polpa; Spray Dried	Polpa; Spray Dried	Pulveriz.	Pulveriz.	Pulveriz.
Peso Específico	2,60	2,60	2,60	2,63	2,63	2,10
Umidade (%)	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	7,0
Resíduo (% 325 mesh)	0,005	0,01	0,30	0,01	0,01	0,5
Alvura (%)	86-87,5	88,5-89,5	86-87,5	90,5-92,5	89-90,5	88-89,5
pH (100g/250 ml H ₂ O)	6,0-7,5	6,0-7,5	6,0-7,5	5,0-6,0	6,0-7,0	10 -11,0
Diâmetro Médio da Partícula (μ)	1,0	0,6	0,2	0,7	0,2	1,1
Absorção de Óleo (g/100g)	40-45	40-45	40-45	75-85	38-46	105-115
Superfície Específica (m ² /g)	11-15	13-17	20-24	13-17	19-22	13-17

Fonte: J.M. Huber Corp. (1992 b)

IV.2.1.2. Dióxido de Titânio

É o principal pigmento de tintas, representa 60% da produção global de dióxido de titânio, dentre os cerca de 500 padrões de pigmentos diferentes existentes no mercado.

O consumo de TiO₂ é de 1,1 milhão t/a, correspondente a 75% do total de pigmentos ativos consumidos na indústria mundial (KRAMER, 1992), que corresponde a 60% do dióxido de titânio produzido no mundo.

O consumo teve até 1985 um crescimento anual de 1,5% (CLARKE, 1988) e como é o principal

fator de custo das tintas, o crescimento muito acelerado dos preços em comparação a outros pigmentos como o caulim calcinado (Figura IV.9.), tem levado as indústrias a recorrer a pesquisas para a substituição ainda que parcial do TiO_2 (REISCH, 1989b). Os preços do TiO_2 variam de US\$ 1.800 a 3.000/t de acordo com o padrão desejado (LOUGHBROUGH, 1992).

O TiO_2 produzido a partir do rutilo e do anatásio diferem nas propriedades físicas: o pigmento rutilo apresenta cor branca a amarelo brilhante, densidade de 3,9-4,2 g/cm³, índice de refração 2,71, absorção de óleo 16-48g/100g e o tamanho da partícula é de 0,2 a 0,3 µm.

As principais vantagens do pigmento rutilo são a alvura muito alta, o alto índice de refração, a absorvência, a opacidade, ótimo diâmetro das partículas, ótima reflectância, resistência a ataques químicos, boa estabilidade térmica e resistência a raios ultravioleta.

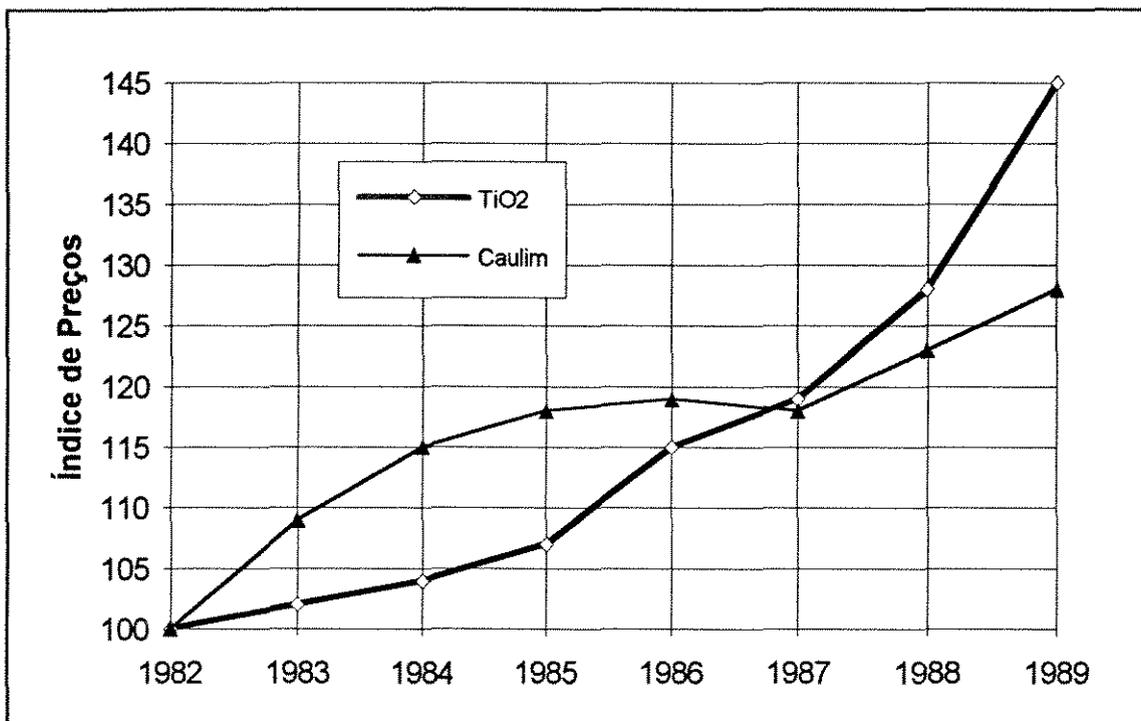


Figura IV.9. Variação Internacional dos Índices de Preços do Rutilo e do Caulim Calcinado
Fonte: Reisch (1989 b)

O pigmento anatásio (anatase) é de cor branca azulada, densidade de 3,7 a 4,1 g/cm³, índice de refração de 2,55, absorção de óleo de 18 a 30 g/100g e a partícula principal é de 0,18 a 0,3 µm. Por não apresentar grande resistência à luz e às intempéries é utilizado para pintura de interiores

e de equipamentos hospitalares, em tintas de emulsão a base de água com uma concentração de 15 a 20% de TiO₂.

A Tabela IV.5. mostra o consumo e previsão do consumo de tintas e dióxido de titânio para o ano de 1995., bem como das principais matérias primas aplicadas na manufatura das tintas.

Tabela IV.5. Consumo de Tintas e Aditivos e Previsão até 1995

Milhões lb.	1991	1995	Cres. Anual 1991-1995 (%)
Resinas Sintéticas	2.420	2.730	4,0
Alquides	650	740	2,9
Acrílicas	661	785	4,8
Vinil	462	545	4,2
Epoxis	185	210	3,2
Outras	462	550	4,5
Pigmentos	1.189	1.435	4,6
Diox.Titânio	889	1.060	4,5
Outros Inorg.	272	320	4,1
Solventes	5.014	4.736	- 1,4
Aditivos	177	213	4,7
Prod.Quim.Menores	1.983	2.325	4,1
TOTAL	10.935	11.516	1,7

Fonte: Freedonia Group in Reisch (1992)

IV.2.1.3. Carbonato de Cálcio

O carbonato de cálcio é usado principalmente como pigmento mineral inerte (carga) nas tintas. O consumo aproximado é de 1 milhão t/a entre EUA e Europa Ocidental (O'DRISCOLL, 1990), com crescimento anual de 2 a 3% ano (SMITH, 1984). É preferível ao caulim e ao talco, seja pelo desempenho, seja por preços mais baixos.

O carbonato de cálcio natural para tintas é cotado entre US\$ 90 a 140/t e o carbonato de cálcio

precipitado (sintético), entre US\$ 270-320/t.

As vantagens do carbonato de cálcio são a alta alvura, fácil controle de tamanho de partículas, pureza química, e sendo naturalmente hidrofílico, dá mais eficiência ao pigmento (DICKSON, 1981). Tem bom índice de refração, granulometria média entre 7 a 44 μ m e a ultra fina com 90% abaixo de 2 μ m com padrão de 0,7 μ m. Não contribui para o aumento de opacidade, portanto, não satisfaz muitas vezes as necessidades da tinta, sendo necessário "blending" com outras cargas (TOON, 1985). Podem ser usadas as variedades calcita, dolomita, mármore ou "chalk". Tem tido grande impulso na aplicação em tintas à base de água.

Quanto ao carbonato precipitado (PCC), o consumo europeu em 1988 foi de cerca de 60 mil t (SCHOBER, 1989). Tem sido usado como pigmento em tintas industriais, de uso náutico, tintas anticorrosivas, e substitui o dióxido de titânio em até 30% em tintas de emulsão.

IV.2.1.4. Talco

Cerca de 17% da produção é destinada ao uso de tintas (VIRTA, 1991) e o consumo médio é de cerca de 330 mil t/a (SCHOBER, op cit. e GREXA, 1987). Usado como pigmento inerte para tintas à base de solventes químicos, para tintas industriais e de uso doméstico. Apresenta boa alvura, pureza, resistências à umidade e química. O mercado oferece dois tipos quanto à granulometria: fino (320 mesh a 20 μ m) e ultra fino micronizado (menor que 15 μ m); as partículas fibrosas têm alta absorção de óleo e boa característica reológica.

A baixa resistência climática, baixa condutividade e baixa dureza, além da hidrofobia são as principais desvantagens. Dados os problemas ambientais e de inalação de tintas à base de solvente tem diminuído fortemente a aplicação do talco em tintas. Quanto aos preços, o talco para tintas é cotado entre US\$ 108-135/t (VIRTA, 1991). A Tabela IV.6. traz o resumo das propriedades funcionais dos minerais usados como carga nas tintas.

Tabela IV.6. Comparativo das Propriedades Físicas das Cargas Minerais Usadas em Tintas

Mineral	Forma da Partícula	Tamanho (μ)	Alvura (ISO)	Absorção de Óleo	P.E.	I.R.
Caulim	Placas	0,2-5	80-93	25-58	2,6	1,56
Carb.Calcio	Rômbica	5-44	83-95	6-15	2,7	1,6
Talco	Várias	2,5-13	63-90	29-72	2,85	1,59
Amianto*	Fibrosa	-	85	40-90	2,5	1,5
Barita	Irregular	1-12	-	5-13	4,4	1,64
Mica**	Placas	44-120	-	48	2,7	1,59
Attapulgita	Acicular	0,1	-	80-190	2,3	-
Diatomita	Amorfa	4-8	-	130-170	2,2	1,45
Sílica	Irregular	1-5	85-91	22-32	2,6	1,55
Wollastonita	Acicular	3-8	84-93	26	2,9	-

* Crisotila ** Muscovita P.E.- Peso Especifico I.R.- Índice de Refração

Fonte: Power (1986)

IV.3. Indústria de Plásticos

Os plásticos, segundo O'DRISCOLL (1993), se apresentam sob cerca de 500 resinas diferentes e dividem-se em duas classes principais, os termoplásticos e os "termosets".

Os termoplásticos têm a característica de, sob resfriamento, solidificarem-se e podendo voltar a forma fluída e reformados quando submetidos ao calor e a pressão. Os termoplásticos mais comuns são: polietileno, polipropileno, poliestireno, poliuretano, polivinil, acrílico, policarbonatos e o "nylon".

Os "termosets" têm a característica de sofrer reações químicas quando aquecidos ou sob ação da água impedindo a restauração de suas características originais. Os principais termoendurecidos são os fenólicos e os epoxis.

A produção mundial de plásticos em 1992, de acordo com ROSKILL (1993), foi de 87 milhões t, sendo os Estados Unidos o maior produtor com 29,8 milhões t, ou 33% da produção mundial, seguido do Japão com 9,6 milhões t ou 11% da produção mundial. O crescimento médio anual do setor tem sido de 4,0 a 4,5% a.a., acima, portanto, da média de crescimento econômico mundial.

Alguns grupos de plásticos vêm tendo um desempenho ainda melhor que a média do setor. O polipropileno, o poliéster e o "nylon" tiveram um desempenho ligeiramente superior a média global em relação a 1991, com destaque para o polipropileno que na Europa Ocidental cresceu 16,6% e deverá demandar até o ano 2000, segundo LAYMAN (1992) 14 milhões t²⁵. O poliéster cresceu 16,6% no Japão, e o "nylon" 9,1% nos EUA e 11,3% no Japão, ainda que a faixa de mercado para o "nylon" seja muito pequena.

O PVC teve na última década, um menor crescimento, cerca de 4% a.a. (EUROPEAN PLASTICS NEWS, 1993), devido a falta de conquista de novos mercados. Nos mercados tradicionais está

²⁵ O mesmo autor aponta ainda uma demanda na Europa Ocidental no ano 2000 de 24,5 milhões t de polietileno, 13,9 milhões t de PVC e 6,5 milhões t de poliestirenos (grupo dos poliésteres)

previsto até 1996 um crescimento de 4,6% a.a. na área de construção, 4,1% a.a. em produtos extrudados, 1% a.a. em cabos e conexões e 4,5% a.a. em folhas calandradas.

Segundo GREEK (1989 b) a chave para a conquista de mercado dos polímeros e plásticos em geral é a razão custo/desempenho associadas às inovações contínuas que deram aos plásticos maior participação no mercado de embalagens e na indústria automobilística, substituindo metais, vidros e papel.

Os plásticos também competem entre si, como no caso do PVC que tem perdido mercado para o polietileno na área de cabos e conexões devido a sua toxicidade e a um desempenho inferior.

IV.3.1. Consumo de Minerais em Plásticos

O'DRISCOLL (1993) afirma que a indústria de plásticos tornou-se, nas últimas décadas, um dos mercados mais lucrativos para minerais industriais, tornou-se, também, um dos setores de maior competitividade para os fornecedores de minerais.

Em todo o mundo ocidental são consumidos cerca de 2,9 milhões t de minerais pela indústria de plásticos, sendo esta a terceira maior consumidora de bens minerais depois da indústria de papel e de tintas (ROSKILL, 1993).

Os minerais são aplicados em cerca de vinte resinas diferentes, o PVC, polipropileno, poliéster e o "nylon" respondem por cerca de 90% da demanda (O'DRISCOLL, op cit.). A relação entre essas quatro resinas e aplicação de bens minerais tem mudado com o tempo, devido a fatores como o custo da carga, baixa de preços das resinas e o desempenho. A Figura IIV.10. mostra essa razão em relação a produção de plásticos nos EUA.

São três as categorias de minerais para aplicação em plásticos: como carga inerte visando a diminuição dos custos, como "extender" ou carga ativa para substituição parcial de outros aditivos, podendo aumentar a densidade final, dureza, temperatura de dispersão e módulo de elasticidade, ou como carga de reforço para o aumento de modulo de tensão (O'DRISCOLL, 1993).

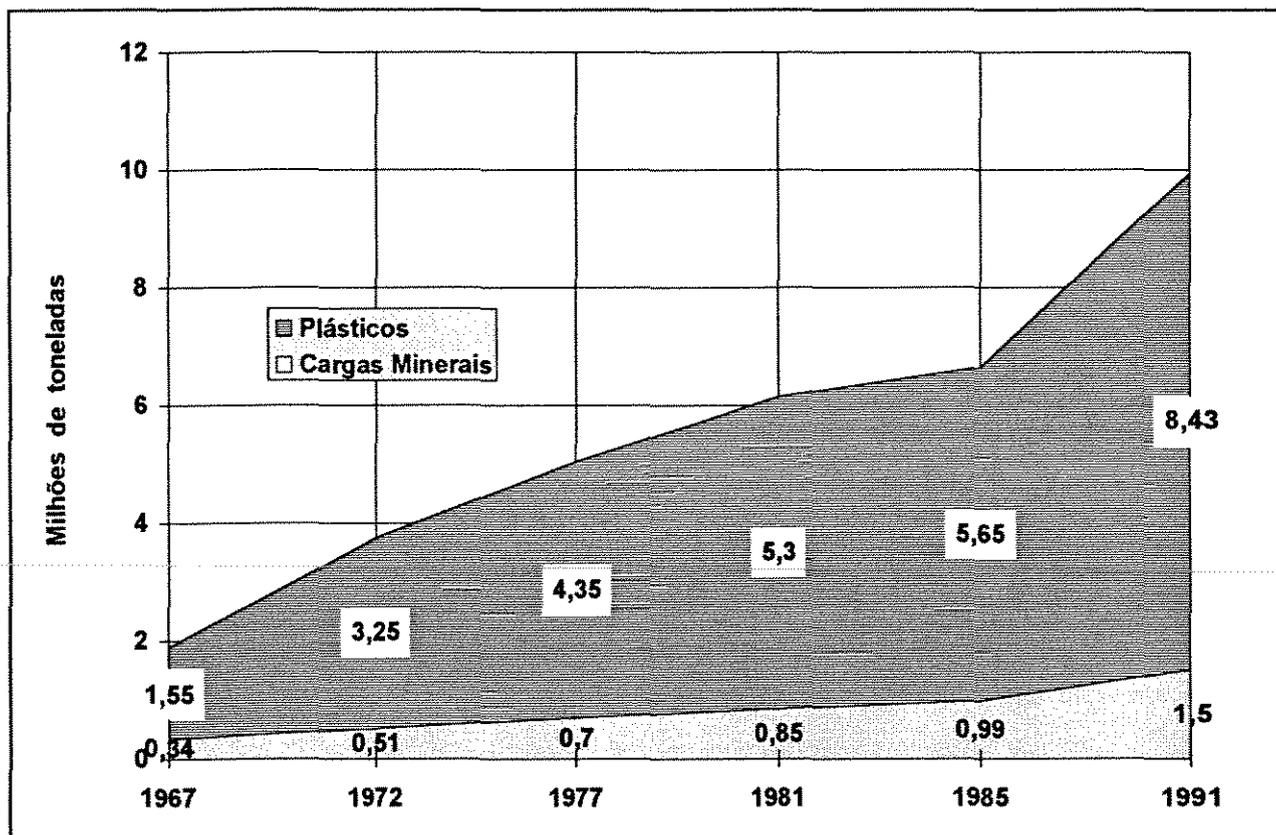


Figura IV.10. Produção de Plásticos e Consumo de Cargas Minerais nos EUA

Fonte: Roskill (1993); Haskin & Eckert (1987)

Muitos minerais são extremamente importantes para a composição de plásticos, podendo ser destacados o carbonato de cálcio natural e precipitado, caulim, dióxido de titânio e talco, a serem tratados nesta dissertação, e ainda a mica, wollastonita, alumina, sílica e amianto. O consumo das principais cargas está representado na Figura IV.11.

Diferentes minerais conferem diferentes propriedades aos plásticos, dependendo da forma e tamanho das partículas (BRISTOW, 1992). As propriedades básicas que tais minerais devem ter a fim de atender a especificação da indústria de plástico estão expressos na Quadro IV.3.

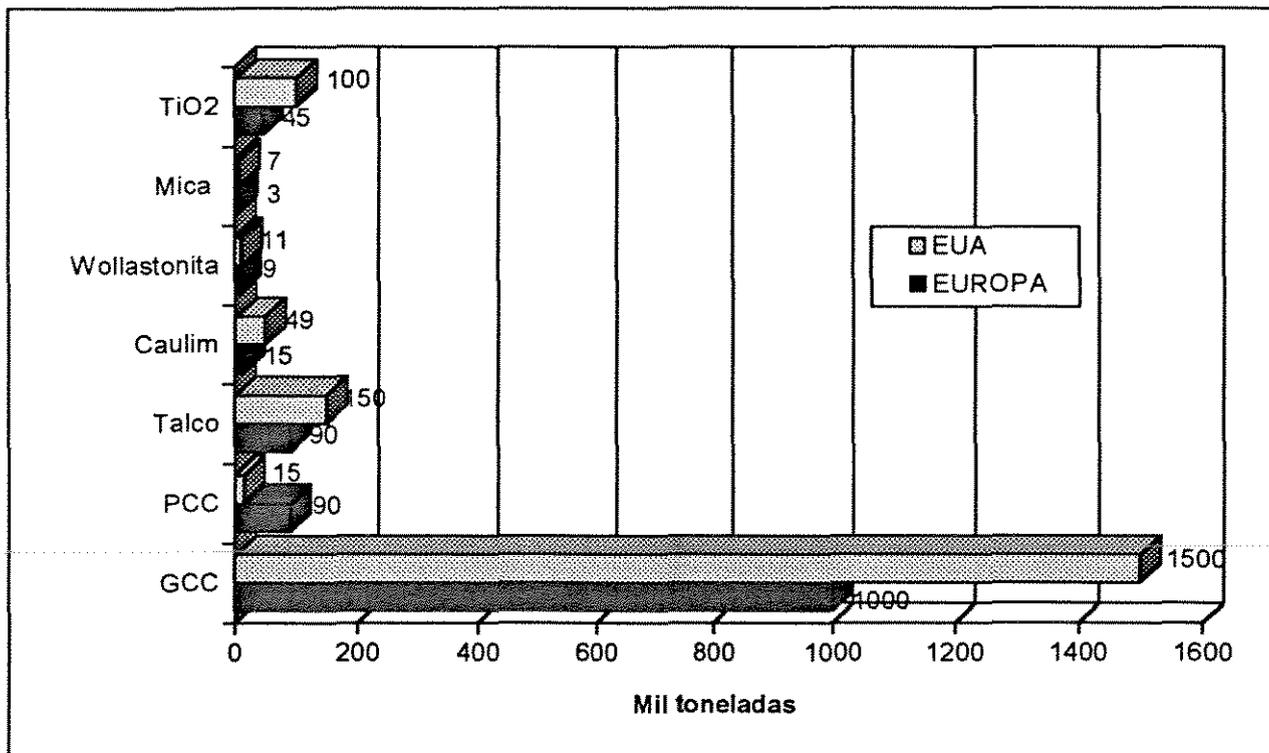


Figura IV.11. Consumo Estimado de Minerais em Plásticos na Europa e EUA em 1993

Fonte: O'Driscoll (1993); Kline & Co. (1990)

Quadro IV.3. Características Requeridas das Cargas e Aditivos Minerais na Indústria de Plásticos

Propriedade	Atributos
Alvura	A maior possível
Distribuição Granulométrica	Dar superfície de acabamento
Tamanho das Partículas	Propriedades de engenharia
Absorção de Óleo	A menor possível
Densidade	A menor possível
Dureza	A menor possível para evitar abrasão
Umidade	A menor possível
Dispersão	Fácil dispersão

Fonte: Roskill (1993); Bristow (1992)

As propriedades principais das cargas minerais aplicadas em plásticos estão mostrados na Tabela IV.7.

O uso de tratamento de superfície em minerais para plásticos é considerado um fator importante na transição de seu papel como "filler" para o de aditivo funcional, com capacidade de melhorar algumas propriedades específicas dos polímeros como os módulos de resistência, flexão e tensão e resistência à deformação térmica.

Minerais quimicamente tratados representam o segmento de mais alta valorização na indústria de aditivos minerais. A necessidade de modificar a superfície do mineral é crucial para permitir que o polímero molhe e cubra a superfície das partículas, desenvolvendo uma mistura íntima entre os dois materiais para a obtenção das propriedades físicas ótimas dos compósitos, além de melhor trabalhabilidade da mistura (HASKIN & ECKERT, 1987).

O'DRISCOLL (1993) destaca entretanto, que o uso de minerais com tratamento de superfície deve levar em consideração alguns aspectos como o custo do tratamento, a aplicação final, o equipamento necessário à aplicação, a agregação de valor ao comportamento do polímero, relação custo/benefício e as características da resina.

Tabela IV.7. Propriedades das Principais Cargas Minerais de Aplicação em Plásticos

M I N E R A L	P R O P R I E D A D E S			
	Partícula (µm)	Superf.Apar (m ² /g)	Peso Espec. (g/cm ³)	Dureza Esc.Mohs
CaCO ₃ Natural	5-15	1-5	2,7	3-3,5
CaCO ₃ Precipitado	0,1-1	5-20	2,6	2,5-3
Alumina Hidratada	1-1,5	5	2,4	2-3
Caulim	0,2-1	10-20	2,6	2-2,5
Mica	N A*	30	2,8	2-2,5
Talco	1-1,5	6-10	2,8	1,5
Sílica	2-6	1-2	2,65	7,5
Wollastonita	N A	1	2,9	2,5-3

* Não Avaliado

Fonte Haskin & Eckert (1987)

As previsões de consumo de cargas minerais ou sintéticas e aditivos na indústria de plásticos, somente para o mercado norte-americano, apontam para um crescimento no consumo de cargas de: 4,5% a.a. até 1996 e 3,6% a.a. até o ano 2000; para aditivos de reforço, 3,5% a.a. até 1996 e 3,4% a.a. para o ano 2000; para retardantes de chama, 5,6% a.a. até 1996 e 3,7% a.a., até o ano 2000; e para aditivos de modificação de impacto e resistência mecânica, 4,0% a.a. até 1996 e 3,7% a.a. até o ano 2000 (AINSWORTH, 1992 b). A evolução do consumo de cargas de 1980 ao ano 2000 é mostrada na Figura IV.12.

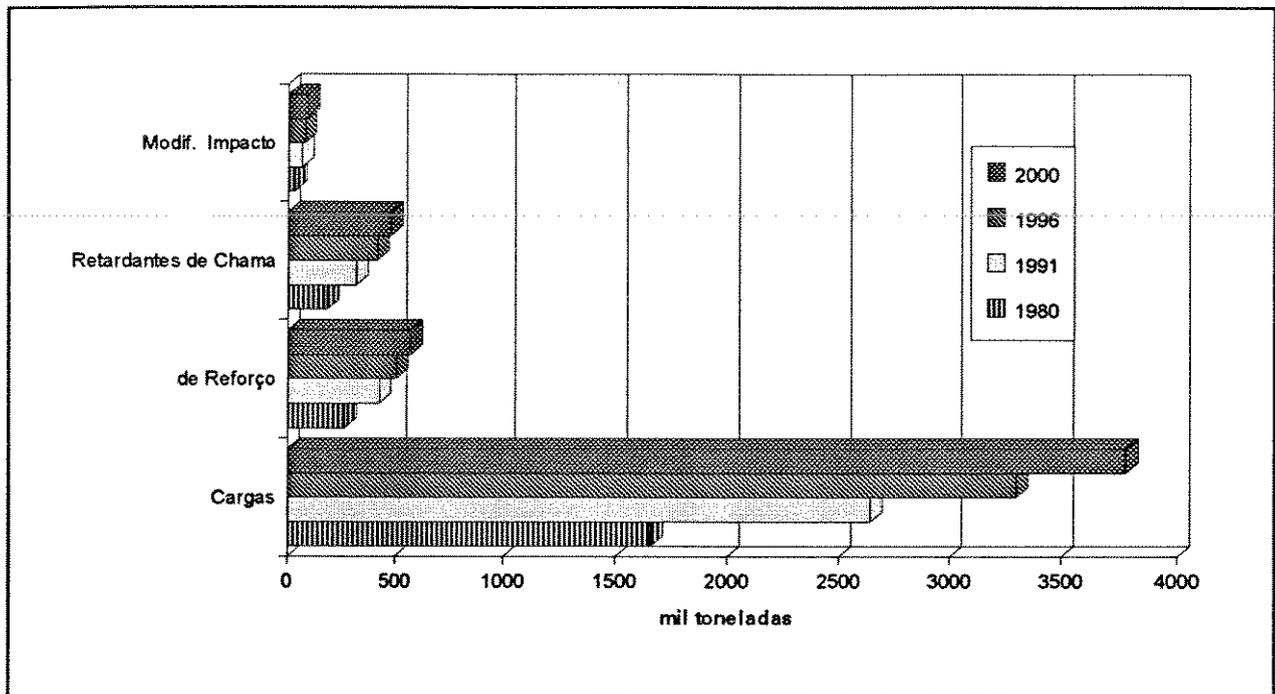


Figura IV.12. Evolução e Previsão do Consumo de Cargas e Aditivos na Indústria Norte-Americana de Plásticos

Fonte: Ainsworth (1992 b)

IV.3.1.1. Caulim

Da produção global, cerca de 4% do caulim são destinados ao setor de plásticos e borrachas. O consumo aproximado é de 200 mil t/a nos EUA (VIRTA, 1992). Funciona basicamente como "extender" pelo baixo custo, porém, confere características importantes ao plástico, como superfície polida, resistência a quebras e trincas (KAOLIN, 1991), melhor estabilidade dimensional, resistência elétrica, elasticidade, tixotropia, além de aumentar a absorção de raios infravermelhos.

Cada tipo de caulim é adequado a uma resina específica. O caulim flotado a ar ("air floated"), com cotação de US\$ 52,00/t (1990), é formulado com o poliéster e sua função é aumentar a tixotropia; o caulim calcinado (US\$ 323/t) é mais usado no PVC para aumento da resistência elétrica e, por sua alvura, substitui o TiO₂ em até 20% (KAOLIN, 1987).

Alguns produtores desenvolvem cargas e aditivos especialmente para esses fins, adequando-se às especificações exigidas pelo mercado consumidor. Um dos maiores produtores mundiais de caulim, a JM Huber Corp., desenvolveu cerca de trinta produtos para tais aplicações, desde cargas a base de processo de flotação a ar até calcinados, aos quais alguns destes estão expressos nas Tabela IV.8.

Tabela IV.8. Padrões de Caulim para a Indústria de Plástico e Elastômeros Produzidos pela J.M. Huber Corp.

Produto	"Air Floated"		Lavado		Calcinado	
	Suprex	Paragon	Polyfil EDL*	Polyfil HG-90	Polyfil 70	Polyfil 90
Peso Específico (g/cm ³)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,63	2,63
Umidade (%)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Resíduo (% 325 mesh)	0,25	0,75	0,01	0,01	0,01	0,01
Alvura (%)	70-80	70-80	85,5-87	88,5-91	88,5-92,5	90,2-93
pH (100g/250 ml H ₂ O)	4,0-5,5	4,0-5,5	6,0-7,5	6,0-7,5	5,0-6,0	5,0-6,0
Diâmetro Médio da Partícula (μ)	0,3	1,1	0,9	0,2	1,4	0,7
Absorção de Óleo (g/100g)	33-38	26-31	38-42	40-45	48-60	75-85
Superfície (m ² /g)	22-26	12-15	11-15	20-24	7-9	13-17

* Caulim lavado e deslaminado

Fonte: J.M. Huber Corp. (1992 c)

O caulim com tratamento de superfície²⁶ tem aplicação no "nylon" e etileno propileno (EPDM) com função de dar estabilidade dimensional, e é cotado a US\$ 510/t (HASKIN & ECKERT, 1987).

A J.M. HUBER CORP. (1992c) também desenvolve produtos da linha de caulim com tratamento de superfície. Alguns deles são desenvolvidos a partir do produto padrão sem a modificação química e tais produtos, segundo a empresa, melhoram o módulo de elongação, aumento da resistência à tensão, aumento da resistência a rasgos, resistência a abrasão e diminuição do módulo de expansão e contração. A Tabela IV.9 mostra comparativamente as propriedades físicas do caulim com tratamento de superfície de acordo com cada tipo de beneficiamento empregado.

Tabela IV.9. Padrões de Caulim com Tratamento de Superfície para Aplicação em Plásticos Produzidos pela J.M. Huber Corp.

Produto ²⁷	Base - "Air Floated"		Base - Lavado		Base - Calcinado	
	Nucap 200	Polyfil PH	Nucap EDL 100	Nulok 390	Nylok 170	Polyfil WC-426
Peso Específico (g/cm ³)	2,60	2,60	2,60	2,60	2,63	2,63
Umidade (%)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Resíduo (% 325 mesh)	0,25	0,30	0,01	0,10	0,02	0,02
Alvura (%)	70-80	70-80	85,5-87	88,5-91	88,5-91	90,5-92
pH (100g/250 ml H ₂ O)	4.0-5.5	5,0-6,5	5,5-7,0	8,0-9,5	8,0-10,0	5,0-6,0
Diâmetro Médio da Partícula (μ)	0,3	1,1	0,9	0,2	1,4	0,7
Superfície (m ² /g)	22-26	22-26	11-15	20-24	7-9	14-16

Fonte: J.M. Huber Corp. (1992 c)

²⁶ Os produtos químicos mais usados em tratamentos de superfície em caulim são: estearato de sódio, os amino silanos (hidrido de sílica), vinil silanos ou tiosilanos

²⁷ Produtos com tratamento de superfície e seus correspondentes sem tratamento

Nucap 200 = base Suprex
 Polyfil PH = base Paragon
 Nucap EDL 100 = base Polyfil EDL
 Nulok 390 = base Polyfil HG-90
 Polyfil WC-426 = base Polyfil 90
 Nylok 170 = base Polyfil 70

IV.3.1.2. Carbonato de Cálcio

A mais importante carga mineral em plásticos, porém pouco usado como "specialty" funcional. O crescimento anual do consumo de carbonato de cálcio tem sido de 4,0% ao ano em média (SMITH, 1984 ; MILLER, 1991).

A indústria automobilística é a que mais usa componentes plásticos contendo CaCO_3 como carga, cujas características principais são: a baixa absorção de óleo, alvura, índice de refração semelhante às principais resinas, alto grau de pureza, partículas inferiores a 10 μm , baixa abrasão; não tóxico, boa dispersão, boa opacidade, alta resistência ao impacto e boas propriedades reológicas (DICKSON, 1981; O'DRISCOLL, 1990; FREAS, 1985).

O carbonato de cálcio natural é aplicado em PVC, epoxi, fenólicos e uretanos. O carbonato de cálcio precipitado com tratamento de superfície pode ser usado em polietileno, ABS e "nylon" pela influência das propriedades reológicas e aumento da resistência a esfolamentos, além da boa alongação de suas partículas.

Os preços oscilam entre US\$ 130/t (carbonato natural) e US\$ 350/t (carbonato de cálcio precipitado com tratamento de superfície) (SCHOBER, 1989).

IV.3.1.3. Dióxido de Titânio

Cerca de 17% da oferta de dióxido de titânio é destinada à indústria plástica. O consumo foi de 479 mil t em 1987, e a taxa média de crescimento tem sido de 4,5% ao ano em todo o mundo, com destaque para a indústria asiática cujo consumo tem crescido 6,0% ao ano (CLARKE, 1988).

As principais características do TiO_2 para uso em plásticos são: o alto índice de refração, altíssima alvura (que dá claridade ao plástico), inércia química e resistência a raios ultravioletas (LOUGHBROUGH, 1992). É usado em poliestirenos, polietileno, polivinil (PVC) e poliolefinas. Apesar dos altos preços (e conseqüente substituição parcial por outros minerais), o dióxido de titânio não tem sofrido restrição de uso importante nos plásticos.

III.3.1.4. Talco

Entre os ramos de plásticos e borrachas o consumo dos EUA em 1987 foi de 120 mil t/a e 6% da produção são destinados para esses fins (O'DRISCOLL, 1992). Tem como características básicas para aplicação o baixo teor de ferro, a forma das partículas, alvura, resistência química e à umidade e grande superfície de reação em resina (GREXA, 1987). Com a adição de talco aumenta a estabilidade dimensional, resistência ao impacto e à tensão.

É usado como reforço em borrachas, fenólicos, polietilenos, polipropileno, poliamida, poliuretano, "nylon" e PVC, onde substitui, parcialmente, o carbonato de cálcio (BURGER, 1991; SCHOBBER, 1989). Como desvantagem o talco tem baixa alvura e por vezes contém minerais pesados.

Os preços variam muito de local para local e de acordo com a função a que se destina: são cotados em média a US\$ 130/t o tipo natural e US\$ 440/t o quimicamente tratado. O Quadro IV.4. traz um resumo do grau de influência da aplicação de um determinado mineral nas propriedades do grupo dos termoplásticos.

Quadro IV.4. Influência das Cargas nos Termoplásticos

	Amianto	Wollastonita	Mica	Talco	Sílica	Caulim
Resistência à Tensão	+		+	O		
Resistência à Compressão				+		
Módulo de Elasticidade	++	++	++	+	+	
Resistência ao Impacto	-	-	- +	-	-	-
Red. Expansão Termal	+		+	+	+	+
Redução de Contração	+	+	+	+	+	+
Aumento Condução Termal	+	+		+	+	
Resistência Elétrica		+	++	+	+	++
Estabilidade Termal		+	+	+	+	+
Resistência Química	+	+	+	O		+

(+ +) Influência Considerável; (+) Influência Moderada; (-) Influência Negativa; (o) Sem Influência

Fonte: Haskin & Eckert (1987)

III.4. Indústria da Borracha

A indústria da borracha se divide em dois grandes grupos: o de borracha natural (látex natural), e o de borracha sintética que tem como grupos principais os estirenos, estirenos-butadienos, polibutadienos, etileno-propileno e policloropreno, tanto na forma sólida como látex. Há ainda um terceiro grupo representado por materiais híbridos que são os elastômeros termoplásticos ou TPEs²⁸ (AINSWORTH, 1992).

A produção mundial de borracha em 1991 foi de 15,1 milhões t (ROSKILL, 1993), sendo a que as borrachas sintéticas representaram 65% dessa produção ou, 9,9 milhões t e as borrachas naturais 35% ou 5,3 milhões t.

Os principais produtores mundiais de borracha natural do mundo são, pela ordem, Tailândia, Indonésia e Malásia que correspondem a 75% da produção mundial. Em relação as borrachas sintéticas a produção está mais distribuída pelo mundo. Os principais produtores são a Rússia e os países da ex-União Soviética que respondem por 27% da produção, a América do Norte 24%, a Europa 21% e o Japão 14%.

Sob o ponto de vista do consumo, devido a recessão mundial, o ano de 1991 apresentou queda de quase 5% em relação a 1990 (7% apenas para as borrachas sintéticas), numa demanda total de 14,2 milhões t num negócio que chega a US\$ 30 bilhões ao ano (REISCH, 1992a).

A demanda mundial de borracha sintética representa cerca de 9,2 milhões t ou 65% do mercado, sendo que os TPEs detém cerca de 5% dessa fatia, num total de 707 mil t. A demanda por borracha natural chega a 5 milhões t/a ou 35% do total (REISCH, op cit.).

As previsões dão conta que para 1996 a demanda mundial de borracha sintética deverá chegar

²⁸ Segundo REISCH (1992b) -Os TPEs(elastômero termoplásticos) correspondem a uma gama de produtos com propriedades de plásticos e borrachas. É processado como plástico convencional, mas com propriedades flexurais, resistência à abrasão e ao dilaceramento das borrachas. Tem como vantagens o custo mais baixo, a facilidade de processamento e reciclagem. Como desvantagem tem uma temperatura de trabalho que situa-se entre -32,5°C e 155°C, inviabilizando sua aplicação em pneus e derivados.

a 10 milhões t (REISCH, 1992a), sendo 3,1 milhões t somente nos EUA (AINSWORTH, 1992), num crescimento mundial a base de 1,5% a.a. A demanda por borracha natural deverá atingir 5,9 milhões t, com crescimento de 3,3% a.a. e os TPEs deverão chegar a 923 mil t alcançando 6% do consumo mundial.

Da imensa gama de produtos de borracha, sem dúvida os principais segundo REISCH (op cit.) são os pneus e derivados, que consomem anualmente quase 75% do total das borrachas naturais e 50% do total das borrachas sintéticas.

IV.4.1. Consumo de Caulim em Borrachas

Os atributos básicos para a aplicação de minerais em borrachas são basicamente os mesmos das descritas para plásticos, definidos por ROSKILL (1993) e BRISTOW (1992) e constantes da Tabela IV.7, bem como também são semelhantes aos minerais aplicados em plásticos e borrachas.

O consumo de caulim em borrachas corresponde a 6% do consumo total de caulim. Em 1991 esse consumo foi de 1,4 milhões t, sendo 220 mil t somente nos EUA, e o consumo específico médio foi de 92 kg/t de borracha (ROSKILL, 1993).

O caulim aplicado em borrachas serve basicamente como carga substituindo parte do elastômero por ser muito mais barato, entretanto pode servir como elemento aditivo, como reforço em borrachas vulcanizadas e como enrijecedor em borrachas sem vulcanização.

O tipo de caulim mais utilizado para esse fim é o natural flotado a ar ("air floated") no qual deve ter, fundamentalmente, partículas com 99,5% < 325 mesh (44µm) e de 55 a 97% < 10µm e um pH entre 4,5 e 5,5²⁹, podendo ainda ser lavado e até calcinado conforme a aplicação. A aplicação de caulim com tratamento de superfície tem sido uma opção emergente da indústria.

²⁹ Cargas muito ácidas aceleram o processo de vulcanização podendo causar a queima do elastômero. Cargas muito alcalinas têm o efeito contrário, atrasando o processo de vulcanização, diminuindo o desempenho e aumentando custos (ROSKILL, 1993).

Para a utilização em borrachas deve-se observar se geneticamente o caulim é tipo "hard" ou "soft" (capítulo I). O tipo "hard" mais fino, serve como enrijecedor de compostos não vulcanizados e aumenta o módulo de tensão, resistência a abrasão e a perda de firmeza em compostos vulcanizados. É usado em solados de calçados, pisos, correias transportadoras e pneus de bicicletas. O caulim do tipo "soft", mais grosseiro é usado em produtos de uso doméstico, além de brinquedos e roupas como o "neoprene" (ROSKILL, 1993).

IV.5. Indústria de Adesivos e Selantes

Segundo O'DRISCOLL (1988), é considerado adesivo qualquer material orgânico ou inorgânico, natural ou sintético capaz de unir outras substâncias através de uma superfície de fixação. O selante por sua vez é todo o material que tem como propriedade atuar como junta elástica atuando como barreira física capaz de impedir a passagem de areia, pó, umidade, etc... (ROSKILL, 1993).

Em 1991 os EUA concentravam 41% do mercado, seguido da Europa com 34% e o Japão com 10%, com um crescimento mundial previsto em menos de 3% a.a. até 1996 (ROSKILL, op cit.). No último dado disponível O'DRISCOLL (1988) afirma que o consumo de adesivos foi cerca de 2,7 milhões t em 1986. O mercado de selantes apontou uma estimativa de consumo para 1991 de 380 mil t.

Os adesivos e selantes têm como mercados principais o ramo de embalagens (21%), construção civil (14%), madeiras (13%), automóveis (6%) e outros usos como sapatos, carpetes, reboques de parede, indústria de navegação, eletro-eletrônica e aeroespacial que movimentam, segundo REISCH (1989a), a cifra de US\$ 4 bilhões anualmente somente nos EUA.

IV.5.1. Consumo de Caulim em Adesivos e Selantes

Basicamente usados como carga de reforço e "extender" do pigmento principal, os minerais também podem atuar como aditivos de desempenho, aumentando a proteção aos raios ultravioleta, como embelezante, controlando a expansão termal, melhorando a tixotropia, a firmeza e evitando trincas e quebras (O'DRISCOLL, 1988).

O consumo de caulim para esses fins chega a 80 mil t/a ano no mundo, 69 mil t/a somente nos EUA (VIRTA, 1993). O caulim compete com o carbonato de cálcio natural, precipitado e ainda com a dolomita, talco, dióxido de titânio, sílica, atapulgita, bentonita, barita, mica, wollastonita, amianto e bauxita tri-hidratada (O'DRISCOLL, 1988).

Os tipos mais utilizados são o "air floated" e o lavado, numa proporção aproximada de 50% para cada um. A granulometria média vai de 0,55 µm a 4,8 µm. São utilizados para acelerar a adesão a seco, para aumento de opacidade e de alvura, redução da selagem prematura em adesivos secos, aumento de sólidos, reduzindo o tempo de secagem, redução da fibrose, além da redução de custos.

IV.6. Indústria de Catalisadores

Os mercado mundial de catalisadores³⁰ movimentou cerca de US\$ 5,6 bilhões em 1991 com uma expectativa de US\$ 7,3 bilhões em 1995. Em 1991 EUA detinham cerca de 41% do mercado com expectativa de alcançar 50% no ano 2000 (GREEK, 1989), seguido da Europa com 21% e o Japão com 14% (ROSKILL, 1993).

Os catalisadores de controle de emissão, também chamados de catalisadores ambientais movimentaram no mundo em 1993 cerca de US\$ 3 bilhões, podendo chegar a US\$ 5 bilhões no ano 2000 (ENGELHARD CORP., 1994). Segundo GREEK (1989) somente os EUA tem uma expectativa de crescimento de consumo de 14,7% a.a. até o ano 2000, quando deverão atingir a cifra de US\$ 2,1 bilhões somente no setor de aplicação automotiva.

O consumo na Europa em 1992 atingiu cifras de US\$ 1,8 bilhões, sendo US\$ 1,1 bilhões somente no setor de controle de emissão, num total de 14 milhões de unidades sendo que expectativa de consumo em 1994 era de 20 milhões (ENGELHARD CORP., 1993).

³⁰ Catalisadores são substâncias capazes de acelerar ou retardar um processo de reação química, sem participação ativa total ou parcial nas reações (ENGELHARD CORP., 1992). Dividem-se em tres grandes grupos: os de controle de emissão, de refino de petróleo e calalizadores para a indústria química em geral (GREEK, 1989).

No setor de catalisadores de refino de petróleo, a partir de 1992 foi introduzido o sistema de catálise FCC³¹ na reformulação de combustíveis, tornando-os ambientalmente menos poluente ou a também chamada "gasolina verde", cujo consumo atual é de 370 mil t (ROSKILL, 1993).

IV.6.1. Consumo de Caulim em Catalisadores

A demanda atual de caulim para esse setor é de 47 mil t/a, muito inferior a 1984 quando foram aplicados 236 mil t/a. Essa queda tem sido sucessiva e é devida a substituição por outros minerais, notadamente a alumina calcinada que vem inibindo a participação do caulim no mercado. A tendência para o restante da década é da diminuição ainda maior dessa participação, a despeito da forte expansão prevista para o setor de catalisadores (ROSKILL, op cit.). Tecnicamente o caulim é utilizado basicamente na produção do FCC, servindo como suporte e expansão do ingrediente catalisador, podendo ser aplicado na forma pulverizada ou em pelotas, devendo o mesmo ser tratado pelo secador de "spray" e calcinado.

IV.7. Indústria Farmacêutica

A utilização de substâncias minerais pela indústria farmacêutica é restrita, porém altamente especializada. As especificações são muito rígidas, de altíssima pureza, boa lubrificidade e alta alvura. Levando-se em consideração que 80% dos produtos são veiculados em comprimidos ou tabletes, de uso interno, essas exigências são mais do que justificáveis (RUSSEL, 1988).

Os minerais são utilizados como excipientes. Na composição de um tablete, de 80% a 90% é carga, podendo ter até 10% de cobertura, 5% de desintegrante, 5 a 10% de "binder", 5% de lubrificante mais a droga em si. Os preços têm cotações "premium", isto é, são de cinco a dez vezes mais altos que os cotados pelo padrão de qualidade máxima do bem.

IV.7.1. Consumo de Caulim na Indústria Farmacêutica

Consumo aproximado de 2.000 t/a, com cotação entre US\$ 300-375/t, sendo usado somente o

³¹ Fluid Cracking Catalysts - catalisador para "cracking" do petróleo

caulim natural, como agente de suspensão, propriedades de adsorção para tratamento de doenças gastro-intestinais. É aplicado ainda como diluente em cápsulas e tabletes, chegando a concentrações de 7,5 a 55% como adsorvente; 25% como "polvilho" cirúrgico para coagulação e proteção dos tecidos; em pomadas pode ter até 53% do peso total principalmente contra queimaduras, devendo sempre ser esterilizado devido a constante presença de microorganismos patogênicos. O Quadro IV.5. traz resumo das especificações da USP (United States Pharmacopea), BP (British Pharmacopea) e EP (European Pharmacopea) para aplicação de caulim.

Quadro IV.5. Especificações de Caulim para Uso Farmacêutico

		Caulim Heavy	Caulim Light	Natural
TESTE	U.S.P.	BP/EP	BP	BP
Identificação	+	+		+
Solubilidade Ácida	<2.0%	<1.0%	<1.0%	<1.0%
Umidade	-	-	<1.5%	<1.5%
Perda ao Fogo	<15.0%	-	<15.0%	<15.0%
Chumbo	<0.001%	-	-	-
Metais Pesados	-	<25ppm	<20ppm	<20ppm
Cloretos	-	<250ppm	<350ppm	<350ppm
Arsênico	-	-	<2ppm	<2ppm
Ferro	+	-	-	-
Cálcio	-	<250ppm	-	-
Sulfatos	-	<0.1%	-	-
Carbonatos	+	-	-	-
Part.Grosseira	-	-	<0.5%	<0.5%
Finos	-	-	+	+
Impurezas Ácidas ou Alcalina	-	+	-	-
Impurezas Orgânicas	-	-		-
Adsorção	-	-	-	-
Expansão	-	1:1 triturado	-	-
Teste Microbial	Neg.E.coli	-	-	-

Fonte: Russel (1988)

(+) teste obrigatório

V. Modelagem e Previsão do Consumo para o Ano 2000

V.1. Objetivos e Metodologia

A importância da quantificação da oferta, da demanda, da resposta do mercado a uma nova realidade econômica tem cada vez mais se intensificado, conforme apontado no capítulo anterior.

Tanto o pesquisador, como o empresário e o especulador têm deixado o empirismo de lado e estudado profundamente o comportamento de toda e qualquer variável endógena ou exógena, às suas necessidades, visando diminuir o risco e a incerteza de suas aspirações, interesses ou investimentos.

O propósito deste capítulo é mostrar o comportamento do mercado consumidor norte-americano de caulim e a previsão dessa demanda até o ano 2000. Os Estados Unidos tem a maior economia do mundo, influência sobre as demais economias, é o maior produtor e consumidor de papel no mundo e também, o maior consumidor mundial de caulim. Dispõe, ainda, de dados estatísticos, tanto macro como microeconômicos, amplos, regulares e confiáveis.

Destaca-se ainda o crescimento da "commodity" caulim como aditivo mineral em seus diversos segmentos de aplicação, sendo bastante pertinente e oportuna a quantificação do comportamento dessa demanda a nível global, em relação ao seu principal mercado, ou seja, na aplicação de papel e em seu uso mais nobre como cobertura de papel. Aliam-se às alterações no comportamento da demanda, as novas tendências tecnológicas por parte do mercado consumidor, e por conseqüência, os reflexos nas especificações do produto e, por sua vez, a modificação o universo de fornecedores. O período de abrangência das séries históricas foi desde 1960 a 1990 num total de 31 anos, com os dados constantes a 1990 representados na Tabela IV.1.

V.2. Modelos e Previsões

A modelagem da demanda foi obtida por meio de técnicas econométricas ("translog"),

utilizando-se a análise de regressão passo a passo ("stepwise") que permite selecionar a melhor combinação de variáveis, de acordo com o seguinte modelo:

$$D_t = f(Y_t, P_t, P_{s_t}, \Gamma_t),$$

onde:

P_t e P_{s_t} = preço do caulim de cobertura e seu substituto principal (CaCO_3)

Y_t = renda (PIB dos EUA)

Γ_t = tempo como fator de mudança tecnológica

A construção do modelo teve como variáveis o PIB norte-americano (GDP); índice de preços de papel e celulose (IPP), índice de produção industrial (IND); valor da produção dos bens não duráveis (PND); consumo americano de caulim em papel (CPAP); consumo de caulim para cobertura de papel (CCOAT); preços caulim de cobertura nº1 (PCOAT) e carbonato de cálcio (PCARB).

Foram geradas oito combinações de variáveis através do cruzamento duas a duas das variáveis originais e selecionadas através da regressão "stepwise", as variáveis com maior valor de R^2 , obtendo-se a seguinte regressão:

$$CTOT = f(\text{GDP}, \text{TECOAT}, \text{TACARB}, \text{TEC}, \text{LIPCARB}, \text{LCCA})$$

onde:

GDP = PIB dos EUA;

TECOAT = tempo * preço caulim coating nº1;

TACARB = tempo * preço carbonato de cálcio;

LIPCARB = \ln (ind. preços de papel de impressão * preço CaCO_3);

LCCA = \ln (preço caulim coating / preço CaCO_3)

TEC = tempo

Segundo os dados da OECD Observer (1994), o GDP norte-americano teve retração de 0,7% em 1991, um crescimento de 1,7% em 1992, 2,8% em 1993 e esperava-se 3,1% em 1994 e 2,7% para 1995. Sobre esses resultados foram criados três cenários de crescimento até o ano 2000. Um cenário mais "realista", definido como Cenário B, baseando-se no crescimento do GDP em função do levantamento desses órgãos até 1994. A partir de 1995 estimou-se um crescimento sucessivo à base de 2,55% a.a. O Cenário A foi obtido através da adição do desvio padrão dos valores previstos em relação ao último valor real obtido e acumulados até o ano 2000. O Cenário C foi obtido através da operação inversa da anterior.

Tabella V.1

Serie Historica: Economia dos EUA, Produção e Consumo de Caulim

ANO	GDP PIB - EUA US\$ bi CONST 90	Índice Preços Papel e Celulose 1990=100	Valor dos Não Duráveis Const.1990	Índice Não Duráveis 1990=100	Produção Caulim mil t	Consumo Em Papel mil t	"Coating" mil t	Total mil t	Caulim em P & W kg / t	Caulim US\$/t Const.1990	Caulim Preço No1 US\$/t Const.1990	Carb.Cálcio US\$/t Const.1990
1960	2131,5	24,1	650,0	53,4	2477	1266	735	2477	N.A.	78,23	83,37	109,20
1961	2212,2	23,4	661,3	54,3	2213	1304	798	2242	N.A.	79,32	85,33	115,78
1962	2339,5	23,7	675,0	55,4	2714	1416	877	2451	N.A.	81,06	86,29	128,33
1963	2426,8	23,5	667,2	56,4	2869	1494	949	2669	N.A.	107,98	107,98	117,73
1964	2541,8	23,4	715,5	58,8	3022	1571	932	3022	N.A.	105,98	105,99	114,24
1965	2702,2	23,6	745,7	61,2	3269	1666	1075	3269	N.A.	100,57	100,57	126,47
1966	2875,8	24,3	784,3	64,4	3978	1836	1197	3978	N.A.	91,92	91,93	132,69
1967	2957,2	24,6	792,8	65,1	3604	1816	1151	3604	N.A.	94,48	139,01	148,80
1968	3102,8	24,8	821,9	67,5	3811	1838	1260	3811	N.A.	94,06	140,70	163,88
1969	3179,6	25,6	836,8	69,7	4299	2167	1532	4299	N.A.	83,31	138,96	160,83
1970	3162,8	26,6	849,0	69,7	4445	2268	1542	4445	N.A.	81,60	135,02	157,53
1971	3269,0	27,0	844,7	69,4	4433	1905	1270	4354	N.A.	84,75	131,48	152,83
1972	3440,0	27,9	867,7	71,3	4824	2022	1300	4145	N.A.	80,62	126,95	148,91
1973	3589,2	30,0	907,7	74,5	5437	2289	1461	4644	N.A.	80,33	119,35	142,93
1974	3529,4	37,3	923,0	75,8	5800	2110	1192	4951	N.A.	87,26	141,56	132,22
1975	3461,1	41,9	919,0	75,5	4839	1862	1310	4018	N.A.	88,65	129,00	122,92
1976	3669,8	44,1	940,1	77,2	5559	2270	1437	4722	194	105,87	141,03	115,81
1977	3676,4	45,8	955,7	78,5	5896	2372	1646	5072	193	100,59	132,11	105,23
1978	4064,1	48,0	980,0	80,5	6326	2725	2031	5456	211	85,26	151,61	97,73
1979	4124,6	53,9	1016,1	83,4	7040	2645	2064	5785	209	108,79	138,79	89,47
1980	4048,1	59,3	1024,0	84,1	7149	3184	2274	5978	228	110,57	125,61	80,97
1981	4137,9	67,3	1020,0	83,8	6949	3256	2182	5808	233	113,98	142,04	86,36
1982	4062,8	71,0	999,4	82,1	5772	2630	1840	4686	189	110,44	134,08	108,70
1983	4269,7	73,3	1023,4	84,0	6534	3014	2106	5435	196	111,99	129,68	91,98
1984	4637,5	78,3	1056,7	86,8	7215	3138	2245	5849	190	106,43	125,43	103,07
1985	4819,0	80,4	1082,5	88,9	7100	3120	2056	5889	189	99,19	122,01	116,68
1986	4992,9	82,4	1094,3	89,9	7700	3318	2101	6430	189	103,09	119,08	112,91
1987	5146,9	86,4	1119,2	91,9	8000	3477	2256	6497	187	107,16	119,57	130,91
1988	5280,6	92,4	1154,1	94,8	8973	3963	2483	7348	203	111,95	118,47	119,67
1989	5476,8	100,0	1197,8	98,4	8974	4130	2569	7367	214	107,57	114,88	109,45
1990	5513,0	100,0	1217,7	100,0	9761	3844	2496	7043	214	103,00	110,00	124,45
1991	5621,0	99,4	1239,4	101,8	8655	3661	2604	7519	214	108,00	110,00	112,62

Fonte: USBM; OECD; Chemical Marketing Reporter; Roskill

V.2.1. Consumo Total de Caulim

Para o consumo total de caulim nos EUA foram selecionadas as variáveis de maior significância e utilizando-se método "translog" "stepwise forward" foi obtida a seguinte equação de regressão:

$$CTOT = 12731 + 2,2165 GDP + 0,1541 TACARB - 1947,5841 LIPCARB$$

$$\text{com}^{32}: R^2 = 0,9658; F = 283,152; \text{Prob. F} = 0,0001; DW = 1,692$$

Os resultados da regressão mostram que o nível de significância são comparáveis a modelos de demanda de outras "commodities" propostos por HOJMAN (1984), CHANG (1987) e SUSLICK & HARRIS (1990).

O modelo mostrou alta correlação em relação à variável GDP e que melhor explicava o comportamento da série histórica, confirmando o papel preponderante da renda como elemento significativo na caracterização da demanda mineral no nível de operação deste trabalho.

O modelo destaca também a influência da penetração do carbonato de cálcio no tempo, o aumento de preços registrados nas últimas décadas, influenciando de maneira positiva no consumo do caulim. Este fato indica o relativo sucesso na política dos produtores na manutenção e até baixas nos preços, como uma das formas de aumentar a competitividade de seus produtos.

O forte aumento de preços da indústria de papel e celulose durante os anos 80 aparece muito bem representado no modelo, onde essa tendência de alta atua como fator inibidor do

³²Segundo Hoffmann & Vieira (1987):

R^2 = Soma dos Quadrados da Regressão / Soma dos Quadrados Total (SQ regr + SQ res); indica a proporção da variável explicada pela regressão

F = Quadrado Médio da Regressão / Quadrado Médio do Resíduo

Quadrado Médio = Soma dos Quadrados / Graus de Liberdade

Prob. F = Probabilidade de $F < F$ crítico (em tabela)

DW = Teste para verificação de autocorrelação dos resíduos da regressão; varia entre 0 (autocorrelação positiva) e 4 (autocorrelação negativa)-(observar Apêndices 2,3 e 4)

consumo, o que de fato ocorreu, representado pelo sinal do coeficiente da variável LIPCARB.

O erro médio na regressão foi de 4,5% no período de 1960 a 1990. Os resíduos apresentam homocedasticidade³³ e ausência de tendência em relação aos valores reais. Os valores reais e os estimados pela função estão expressos na Figura V.1. O processamento estatístico dos dados encontra-se no Apêndice 2.

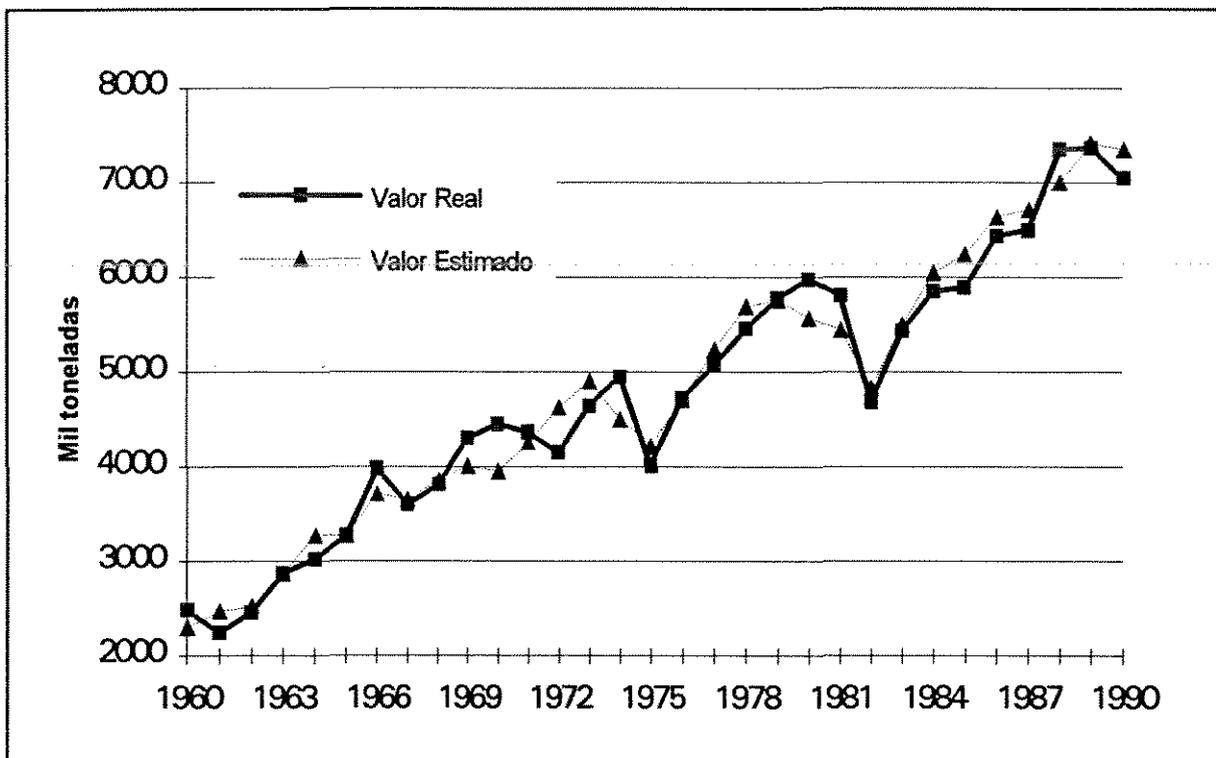


Figura V.1. Valor Real e Valor Estimado para o Consumo Total de Caulim nos EUA

Utilizando-se da função obtida e dos critérios para a elaboração dos cenários de evolução do consumo, obteve-se a curva de previsão do consumo total de caulim nos EUA expresso na Tabela V.2.

O consumo total de caulim nos EUA levantado por VIRTÁ (1993) apontou um total de 7,6 milhões t contra 7,45 milhões t previstas no modelo, um erro de 2,5% em relação ao Cenário

³³ Segundo Hoffmann e Viera (1987): Homocedasticidade ocorre quando a variância dos erros é constante (observar cálculo dos resíduos - Apêndices 2,3 e 4)

B, porém dentro do limite do desvio padrão estabelecido para o Cenário A.

Já em relação a 1992, ROSKILL (1993), aponta um consumo de 6,25 milhões t, devido a queda no consumo de caulim em refratários de 1,7 milhões t em 1991 para apenas 212 mil t em 1992. A publicação cita como causa a reclassificação e reciclagem do material usado como tijolo refratário e a tal evento a modelagem não foi sensível.

Tabela V.2. Cenários de Demanda de Total de Caulim nos EUA
(em mil toneladas)

Ano	Cenário A	Cenário B	Cenário C
1993	8348	8048	7748
1994	8783	8389	7995
1995	9200	8711	8222
1996	9696	9094	8492
1997	10174	9460	8746
1998	10661	9833	9005
1999	11159	10216	9273
2000	11669	10608	9547

Cenário B = valor obtido de acordo com a função; **Cenário A** = Cenário B + desvio padrão acumulado; **Cenário C** = Cenário B - desvio padrão acumulado

V.2.2. Consumo de Caulim em Papel

Para o consumo de caulim pela indústria de papel nos EUA foram selecionadas as variáveis de maior significância e utilizando-se a regressão passo a passo com a opção "forward" do SAS. Foram selecionadas pela ordem: o GDP (renda) e o produto cruzado TACARB, gerando a função:

$$\text{CPAP} = - 621,404 + 1,004 \text{ GDP} - 0,219 \text{ TACARB}$$

com: $R^2 = 0,9563$; $F = 306,378$; Prob. $F = 0,0001$; $DW = 1,073$

Conforme o esperado o modelo indicou a variável GDP como de maior significância e que melhor determina o comportamento da série histórica, confirmando o papel preponderante da renda como elemento significativo na caracterização da demanda mineral no nível de operação deste trabalho. O erro médio da regressão no período levantado (1960 - 1990) foi de 4,7%.

Outro fator que contribui para a representatividade do modelo foi o mesmo ter sido sensível à crise do setor papelero norte-americano em 1990, ano em que predominou no mercado a superoferta, culminando com a queda de preços da celulose e de todos os tipos de papel, conforme descrito por LOUGHBROUGH (1992 b , 1994).

O sinal do coeficiente do produto TACARB é negativo, o inverso do esperado. Essa variável em conjunto com a renda perde a sensibilidade em relação ao modelo devido ao alto grau de significância obtida pela variável GDP. A implantação sistemática do processo alcalino de fabricação do papel possibilitou a penetração crescente do CaCO_3 , notadamente no setor de cargas minerais, com vantagens técnicas em relação aos concorrentes, que mesmo a relação desfavorável de preços desses produtos não tem tido efeito positivo sobre o consumo de caulim. A curva de valor estimado em relação ao valor real de consumo de caulim em papel é mostrada na Figura V.2. e o procedimento de modelagem encontra-se no Apêndice 3.

VIRTA (1993) apurou que em 1991 foram consumidos 3,66 milhões t de caulim em papel, enquanto que a previsão da demanda obteve para o Cenário B um total de 3,83 milhões t, uma margem de erro de 4,5%. Entretanto, se levamos em consideração a previsão pelo Cenário C, esse erro cai para apenas 0,1%.

Em 1992, de acordo com ROSKILL (1993), um total de 3,82 milhões t foram consumidas contra uma previsão de 3,96 milhões t no Cenário B, erro de 3,7%. Levando-se em consideração o Cenário C esse erro cai a zero, mostrando a sensibilidade do modelo para períodos de oscilações e crises de demanda devido à concorrência, especialmente no setor de cargas para papel e da própria crise do setor consumidor como um todo. As previsões de 1993 a 2000 são mostradas na Tabela V.3.

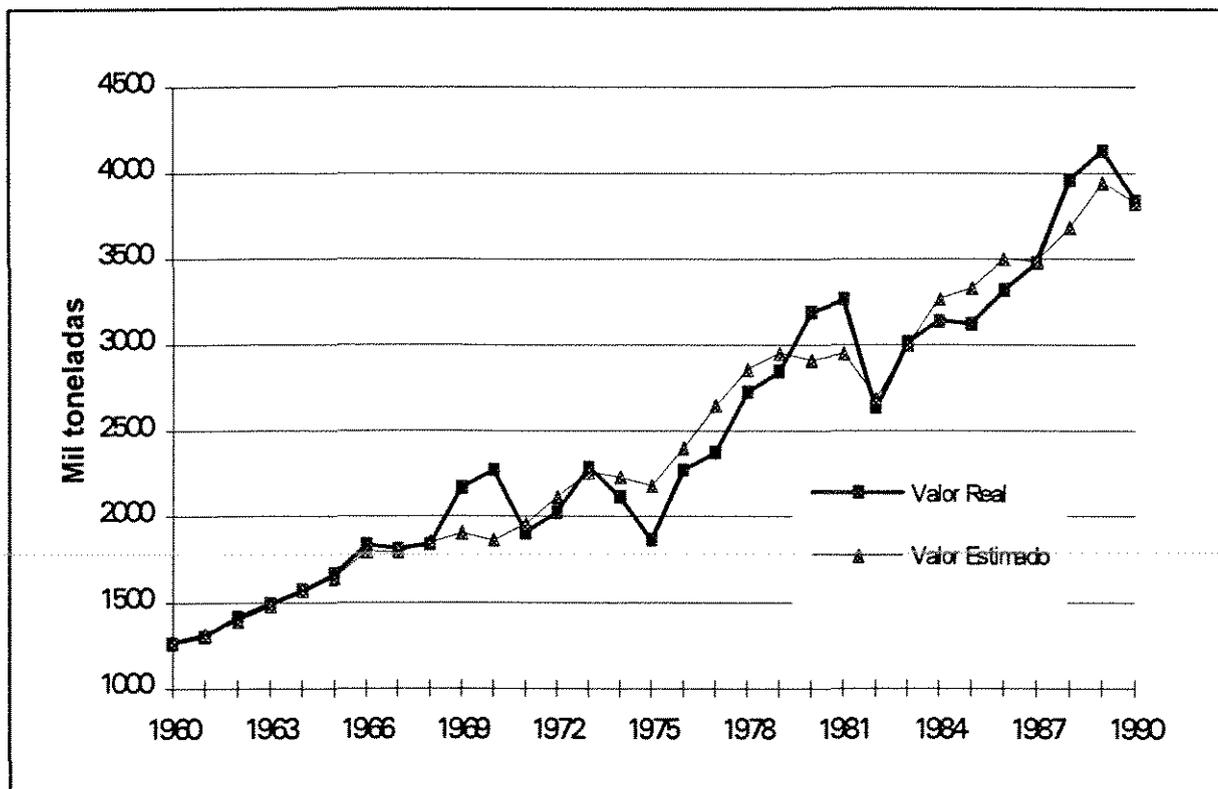


Figura V.2. Curva dos Valores Reais Versus Valores Estimados na Modelagem para o Consumo de Caulim pela Indústria de Papel nos EUA

Tabela V.3. - Cenários de Consumo de Caulim pela Indústria de Papel nos EUA (em mil toneladas)

Ano	Cenário A	Cenário B	Cenário C
1993	4157	4041	3905
1994	4286	4149	4012
1995	4435	4271	4107
1996	4596	4397	4198
1997	4765	4526	4287
1998	4941	4660	4379
1999	5122	4797	4472
2000	5310	4939	4568

Cenário B = valor obtido de acordo com a função; Cenário A = Cenário B + desvio padrão acumulado; Cenário C = Cenário B - desvio padrão acumulado

V.2.3. Consumo de Caulim para Revestimento

Foi também elaborado um modelo ainda mais sensível que buscou uma representação estatística e econômica para a aplicação mais nobre e mais rentável do caulim em termos de mercado consumidor, buscando alternativas de estratégia de médio e longo prazo. A regressão final gerada resultou na seguinte combinação de variáveis dependentes:

$$\text{CCOAT} = - 322,166 + 0,635 \text{ GDP} - 0,139 \text{ TACARB} + 249,261 \text{ LCCA}$$

com: $R^2 = 0,9321$; $F = 138,212$; Prob. $F = 0,0001$; $DW = 1,004$

Neste caso os parâmetros estatísticos igualmente apresentam-se muito satisfatórios tanto em termos de nível de significância, como em termos de auto-correlação e da variância dos erros. Os parâmetros obtidos na modelagem encontram-se no Apêndice 4.

O sinal esperado para as variáveis LCCA e TACARB deveriam ser negativos conforme a teoria econômica. No caso da variável LCCA é a possibilidade de alternância do sinal da variável de acordo com a razão de preços, entretanto como valor da variável é muito pequeno (entre -1 e 1, ver Apêndice 2), a variável foi a última e de menor significância a entrar na equação final do modelo (Apêndice 4 - observar processo de seleção de variáveis passo a passo) e da constante inversão de sinal da variável, não permitiu que o modelo fosse sensível a essas mudanças. Para a variável TACARB vale a mesma justificativa do modelo anterior.

Em que pesem as peculiaridades da demanda de papel revestido, e por sua vez de caulim, a modelagem apresentou um erro médio de 6,6% no período de 1960 a 1990. O modelo não se mostrou sensível a alta surpreendente de consumo nos anos de 1969 e 1970, provavelmente seja explicada pelas campanhas norte-americanas na etapa final da Guerra do Vietnã, bem como a baixa referente à primeira crise do petróleo em 1973. (Figura V.3).

Ocorre com os papéis revestidos e por sua vez com seus insumos, uma característica peculiar de responder muito positivamente ao desempenho econômico global quando este é muito efetivo, notável no período após o segundo choque do petróleo e na política de forte expansão econômica, durante o período de governo Reagan até 1989.

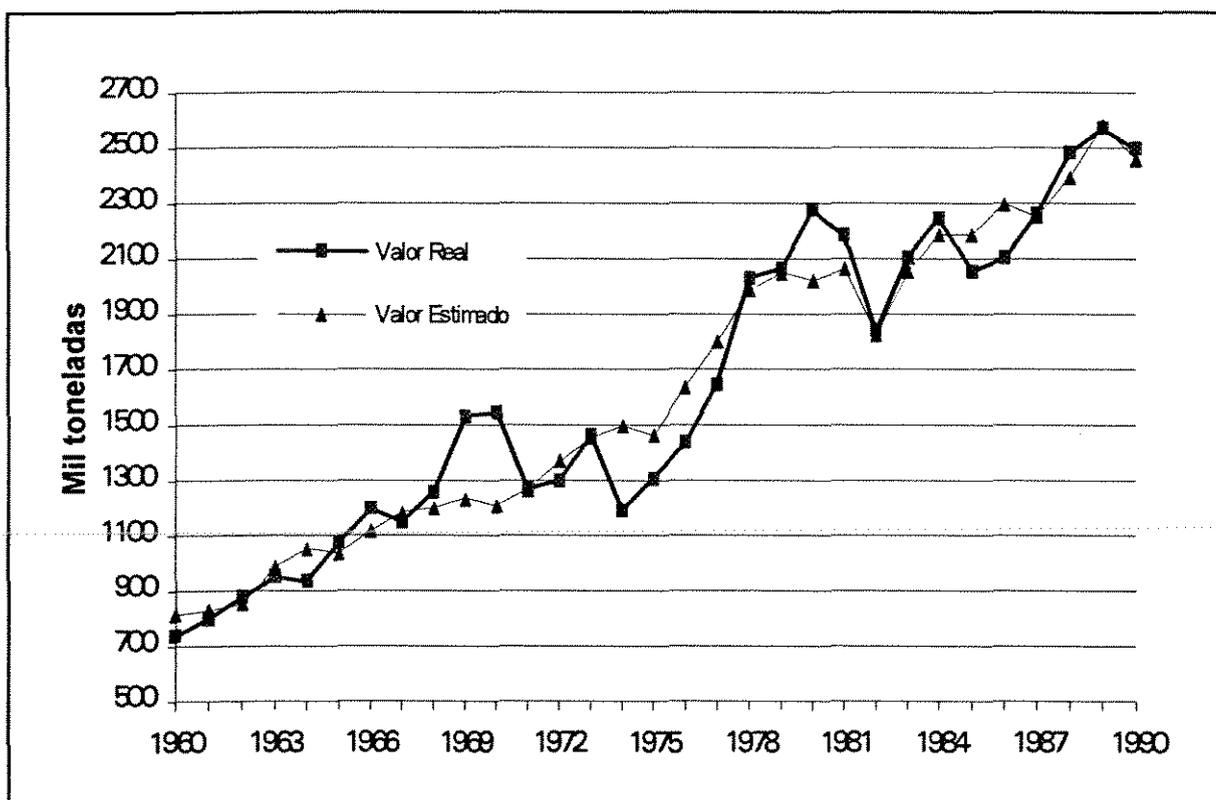


Figura V.3. Comparativo entre o Valor Real e o Valor Estimado para o Consumo de Caulim como Cobertura de Papel

Esse comportamento responde de maneira negativa quando as taxas de crescimento são muito baixas ou negativas, em que parte do consumo de papéis revestidos é muito volátil a essas mudanças. As previsões de consumo de caulim como revestimento estão ilustrados na Tabela V.4.

Foram consumidas 2,60 milhões t de caulim como revestimento de papel em 1991 (VIRTA, 1993). O valor obtido pela previsão foi de 2,56 milhões de toneladas, um erro de 1,7% em relação ao Cenário B. Em 1992 ROSKILL (1993) contabilizou um consumo de 2,68 milhões de toneladas contra um valor previsto de 2,64 milhões no Cenário B e um erro de 1,5% em relação ao valor real, mostrando mais uma vez a eficácia do modelo e das variáveis utilizadas.

**Tabela V.4 - Previsões de Demanda de Caulim para Revestimento nos EUA
(em mil toneladas)**

Ano	Cenário A	Cenário B	Cenário C
1993	2780	2693	2606
1994	2881	2770	2660
1995	2986	2850	2714
1996	3094	2932	2771
1997	3205	3017	2829
1998	3320	3104	2889
1999	3437	3194	2951
2000	3530	3287	3044

Cenário B = valor obtido de acordo com a função; **Cenário A** = Cenário B + desvio padrão acumulado; **Cenário C** = Cenário B - desvio padrão acumulado

Pode-se afirmar ainda, que esses cenários de demanda de caulim para revestimento de papel deverão situar-se dentro do quadro previsto por CODY (1993) para a demanda de papéis revestidos, e de SYNOVEC (1991) para demanda de caulim para revestimento e em cerca de 5% mais moderada do que a situação prevista para o ano 2000 por LOUGHBROUGH (1993).

V.3. Reflexos no Consumo Mundial

A correlação da demanda de caulim em função da renda estimada nos modelos reflete as demandas das indústrias de aplicação. Esta tendência é observada na indústria de papel conforme os comentários de SLATIN (1993), e não se trata de um fenômeno isolado da economia norte-americana, em outras partes do mundo é diagnosticado o mesmo sintoma.

COOK (1993) aponta a recuperação da economia da América do Norte como a principal expectativa de crescimento do setor de papel e celulose no Canadá, uma vez que o ano de 1992 foi marcado pela estagnação em ambos os segmentos.

A relação entre a renda e a demanda é tão estreita no Japão que a JAPAN PAPER ASSOCIATION (1993), utilizou um modelo linear entre a demanda de papel e papelão, em relação ao produto nacional bruto japonês de 1982 a 1992, obtendo, com uma correlação de 99,19%, a seguinte função:

$$\log Y = 1,3310 \log X - 3,0173$$

onde:

Y = Produto Nacional Bruto em valores constantes a 1992 (em trilhões de ienes)

X = Demanda de Papel e Papelão (milhões de toneladas)

Não foi possível a comparação do modelo japonês com o norte-americano devido a indisponibilidade de séries históricas.

A crise da economia do setor de papel em 1992 ocorrida no Japão, em virtude do fraco desempenho da economia japonesa como um todo foi sentida inclusive no Brasil. Neste ano a Caulim da Amazônia S.A., grande fornecedor de caulim de revestimento para o mercado japonês, apresentou queda nas suas exportações para o Japão, tal qual acontecido em 1990 (CADAM, 1994).

Em outras partes do mundo também ocorre o mesmo fenômeno. DÖRING (1993) justifica a queda na produção de celulose e a estagnação da produção de papel na Alemanha como consequência da recessão no continente, fraco desempenho econômico e alta da inflação no ano de 1992. Em outros países europeus o crescimento da indústria de papel apenas refletiu o aumento do crescimento econômico como na Suécia e na Itália (IPP, 1993).

Em relação à economia mundial, a influência norte-americana é notável segundo NORMAN (1994):

"A OECD revisou para cima suas projeções de crescimento no mundo industrializado para este ano, a fim de refletir a expansão dos Estados Unidos, que superou o esperado..."; "A organização prevê um robusto aumento de 4,4% na demanda interna dos EUA em 1994 ...";

A entidade previu para 1994 um crescimento de 2,6%, meio ponto percentual acima do projetado em dezembro de 1993. Vale ainda lembrar que em 1992 esse crescimento foi de

apenas 1,5% (OECD OBSERVER, 1994).

Diante desses fatos pode-se prever que, apesar da concorrência do carbonato de cálcio, a demanda de caulim, principalmente aquela destinada a cobertura de papel, terá grande impulso além dos EUA, na Europa, no Japão e no Sudeste Asiático, que concentram 95% da demanda por papel revestido.

Esta situação já vem estimulando novas expansões e novos projetos na Austrália e, principalmente no Brasil, com a entrada em operação das jazidas do Rio Capim e as expansões previstas da Caulim da Amazônia S.A. no Jari conforme descrito no item III.1 desta dissertação.

Conclusões

O caulim mostrou-se um ótimo bem para a monitoração da oferta primária devido ao caráter heterogêneo da produção e de suas características especiais em relação às propriedades físicas, principalmente alvura e granulometria.

Ainda que o caulim seja uma das substâncias mais comuns no mundo e produzido em mais de setenta países, as reservas de caulim de alto padrão são encontradas somente em quatro países:

- **Inglaterra:** Caracterizadas por extremo envelhecimento de suas reservas, queda na qualidade final do produto e desativação de linhas de produção e de variedades produzidas. A baixa recuperação, os custos crescentes de produção e os problemas ambientais deverão tornar essas operações técnica e financeiramente inviáveis nos próximos anos;

- **EUA:** Continuarão a ser os maiores produtores mundiais ainda por muito tempo, investindo fortemente na diversificação e especialização de seus produtos aos mercados a que se destinam. A médio prazo deverão enfrentar dificuldades com a qualidade de suas reservas, que já dão sinais de avançado estágio de maturidade, com problemas legais de compensação financeira aos proprietários da terra, com a substituição e o rápido crescimento da demanda de carbonato de cálcio natural no mercado interno;

- **Austrália:** Em que pese a ótima localização de suas jazidas em relação aos consumidores asiáticos, barateando o custo dos fretes, e da relativa jovialidade de suas reservas, as jazidas provadas de caulim australiano são muito modestas e ainda sofrem com a baixa alvura. Serão necessários grandes investimentos em pesquisas geológicas para o incremento das reservas e melhoria de qualidade;

- **Brasil:** Detentor da maior reserva mundial de caulim de alto padrão e poderá ser, até o ano 2000, o segundo pólo mundial de produção. É único mineral industrial produzido no país com jazidas de classe internacional ainda virgens a ter, em curto prazo, a implantação de novos empreendimentos. Os projetos do Rio Capim podem ser considerados ainda como os únicos empreendimentos de grande porte e de qualidade superior na área do caulim a entrar em

operação em todo o mundo com capacidade de superar a concorrência. As reservas provadas na região do Jari encontram-se numa etapa intermediária de amadurecimento e, se o produto não chega a ter uma alvura excepcional, é reconhecido como, em termos de granulometria, um dos melhores no mundo.

Será fundamental conhecer muito bem o mercado e suas especificações, bem como as novas oportunidades. Os produtores, em especial os de caulim de alto padrão, terão que ter aptidão ao fornecimento a longo prazo. Para tanto deverão ter quantidade e, principalmente, qualidade de reservas compatível, deverão adotar uma política orientada ao consumidor em produtos e serviços ("tailor-made products") com prestação de assistência técnica. Deverão, ainda, promover a diversificação de seus produtos e, portanto, deve-se ter a expectativa de fortes investimentos em pesquisa e desenvolvimento em novas formulações, aplicações e tecnologias que garantam o espaço do produto.

Como pólo de atração de investimentos, o mercado de caulim tem atraído nos últimos anos outras grandes corporações como Kemira Oy, RTZ Corp., CVRD, que, até então, ainda não detinham a pesquisa e produção de caulim como um de seus ramos de atuação.

O caulim, bem como outras cargas minerais, não é mais simplesmente um elemento de redução do custo final dos produtos, tendo também importante desempenho funcional. A agregação de valor que ocorre com essa especialização nas aplicações industriais é refletida através do incremento nos preços dos minerais com tratamento térmico, químico, de superfície ou produtos de faixas granulométricas específicas. Esse incremento na especificação poderá resultar numa diminuição significativa da importância relativa das jazidas já cubadas e daquelas ainda por ser. Em última instância, vindo a diminuir o portfólio dos compradores, modificando a estrutura atual do mercado.

Um item tecnológico importante é o desenvolvimento de novas formulações com um sistema de blendagem de cargas sem perda de qualidade ou desempenho, baixando o custo final do produto e aumentando ainda mais a concorrência entre os insumos.

O consumo total de caulim nos EUA tem uma expectativa de crescimento da ordem de 4,5%

a.a. até o ano 2000. Entre os estudados, o mercado de pigmentos para revestimento de papel, mais resistente à substituição pelo carbonato de cálcio, será o que mais deverá crescer, com um crescimento ligeiramente inferior às taxas dos papéis revestidos (3,8% a.a.), com 2,9% a.a. em média, podendo chegar a 3,6% num cenário otimista.

De acordo com o modelo econométrico proposto nesta dissertação, o consumo aproximado será de 3,3 milhões t, podendo chegar a 3,5 milhões t num cenário otimista. Outros pólos de demanda de caulim para revestimento continuarão a ser o Japão e a Europa Ocidental. Nesta última, o crescimento será menor devido à alta competitividade do carbonato de cálcio que, ao final do século, já estará dominando cerca de 60% do mercado. Como novos pólos consumidores estarão a China, Coréia do Sul, Taiwan, Malásia, Tailândia, Indonésia, Cingapura e Hong Kong.

O mercado de caulim para cargas em papel apresentará desempenho significativamente menor tanto nos EUA, com um crescimento de, no máximo, 1,1% a.a. até o ano 2000, quanto na Europa Ocidental e Japão, devido à sistemática substituição por carbonato de cálcio.

Os demais segmentos que deverão apresentar um bom desempenho até o final da década serão: o caulim estruturado e o calcinado como "extender" de dióxido de titânio na indústria de tintas e a aplicação de caulins com tratamento de superfície em plásticos e borrachas, devendo diminuir sua participação no mercado de catalisadores. Não há previsões quanto aos mercados de adesivos e selantes e ainda no setor farmacêutico.

Bibliografia

AKW Amberger Kaolinwerke GmbH. Amberger Kaolinwerke GmbH, Hirshau, 50p. 1992

AINSWORTH, S. J. Rubber use expected to bounce back in 1992. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 70, nº5, p.23. Jan., 17th, 1992 a.

_____ **Plastics additives.** **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 70, nº35, p.34-55. Aug., 31th, 1992 b.

BENBOW, J. European Paper - Coated graphics provide market gloss. **Industrial Minerals**. London, nº 243, p.73-89, Dec. 1987.

BOMSEL, O. and ROSS, P. From commodities to evolutionary materials: towards new forms of customer-supplier relationships. **Resources Policy**, London, vol. 16, nº. 2, p.104-114, Jun., 1990.

BOOTH, G.L. Paper coating in the year 2000 and beyond. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 73, nº3, p.92-93, Mar.1990.

BORDONALLI, S.P.; MARTINS, L.A.M. Aplicações de minerais brancos na indústria. **Cadernos do IG, UNICAMP**, Campinas, vol.3, nº2, p.125-149, 1993.

_____ **Bankao - um banco de dados para a "commodity" caulim como instrumento de monitoração da oferta.** in I Encontro de Economia Mineral do Sudeste; Itaguaí, UFRRJ - Setembro 1994.

BRASIL MINERAL - seção Painel, São Paulo, nº 103, p.12, Out.1992.

BRASIL. DNPM. Sumário Mineral Brasileiro, vários anos.

_____ **Anuário Mineral Brasileiro** vários anos.

BRISTOW, C. M. An introduction to the evaluation of mineral filler deposits. **Industrial Minerals**, London, nº 297, p.59-65, Jun. 1992.

_____ **World Kaolins - genesis, exploitation and application.** **Industrial Minerals**, London, nº 240, pp.45-59, Jul. 1987.

_____ **Development of kaolin production and futures perspectives.** Camborne School of Mines, Cornwall, U.K., 19p., 1992.

BURGER, John. Talc - USA & Europe competitive markets. **Industrial Minerals**, London, nº 280, p.17-19, Jan. 1991.

BURKE, D.J. The alkaline revolution. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 76, nº5, May 1993 a (special report).

- _____ Calcium carbonate and the evolution of alkaline papermaking in North America. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 76, nº4, p.40A-40G, Apr.1993 b.
- CADAM. **Caulim da Amazônia S.A.** - CADAM. Rio de Janeiro, 14p. 1994
- CAEMI. **Caemi Mineração e Metalurgia S.A.** - relatório anual 1992, Rio de Janeiro, 48p., 1993
- _____ **Caemi Mineração e Metalurgia S.A.** - relatório anual 1993, Rio de Janeiro, 52p., 1994.
- CALLOT, F. Production et consommation mondiales de minerais en 1983. **Annales des Mines**, Paris, (7/9), p.5-103, juil/aout/sept. 1985.
- CASEY, J.P. **Pulp and paper chemistry and chemical technology**. Tappi Press, Atlanta, 3rd ed., vol. IV, 1983, 314p.
- CAULIM - Investir para crescer. **Minérios Extração & Processamento**, São Paulo, nº 193, p.28, Jul. 1994.
- CHANG, J.C. US chromium market: an econometric presentation. **Resources Policy**, London, vol. 13, nº3, p.207-227, Sept. 1987.
- CHEMICAL Marketing Reporter - Prices, New York (1976-1983)
- CLARKE, Gerry. Titanium dioxide pigment - expressions worldwide. **Industrial Minerals**, London, nº 251, p.17-31, Aug.1988.
- CODY, H.M. The U.S. outlook for coated papers. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 76, nº9, p.145-151, Sep.1993.
- COMALCO Limited. Comalco kaolin. **Comalco Ltd.**, Brisbane, 15p., 1986.
- COMMERCIAL Minerals Profile. **Minerals for industry - company profile**. Sydney, 20p., 1992.
- COOK, F. Canada: North American recovery provides cause for hope. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 35, nº7, p.59; Jul.1993.
- COOPE, B.M. Kaolin: a review of production and processing. **Industrial Minerals**, London, nº 147, p.31-49, Jan. 1979.
- D'ASSUMPÇÃO, L.F.G. Projeto caulim do Rio Capim. **Rio Capim Química S.A. Relatório Interno**, Rio de Janeiro, 1992.
- DAVIS, H.C. and CHERNIACK, H. Interindustry approaches to the analysis of supply. disruption of a critical resource. **Resources Policy**, London, v.13, no.1, p.47-54, Mar. 1987.

DICKSON, T. North American calcium carbonates filling a market demand. **Industrial Minerals**, London, n° 170, p.53-57, Nov. 1981.

_____ White carbonate fillers - An ocean of difference. **Industrial Minerals**, London, n° 230, p. 65-73, Aug. 1987.

DORFNER. **Geschichte gewinnung des kaolins zur steinguthrstellung 1826 - 1894**. Gebrüder-Dorfner H.G., München, 32p., 1972

DÖRING, R. Germany: economic recession spoils reunification party. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 35, n°7, p.30-31; Jul.1993.

ECC do Brasil Mineração S.A. **Apontamentos de visita dos alunos do DARM**, Mogi das Cruzes, Out.1993

ECC international. China clay production. **ECC International Inc.** Cornwall, 24p., a, s.d.

_____ **Origin of kaolin deposits in middle Georgia**. **ECC America Inc.** Atlanta, 4p., b, s.d.

ENGELHARD Corporation Annual Review 1991. Iselin, NJ, **Engelhard Corporation**. 53p. 1992.

_____ Annual Review 1992. Iselin, NJ, **Engelhard Corporation**. 55p. 1993.

_____ Annual Review 1993. Iselin, NJ, **Engelhard Corporation**. 43p. 1994.

ENGLISH China Clays PLC. Annual Report & Accounts 1992. St. Austell, **English China Clays plc**. 48p. 1993.

ERICSSON, M. Minerals and metals production technology: a survey of recent developments. **Resources Policy**, London, vol. 17, n° 4, p.284-300, 1991.

EUROPEAN Plastics News. US PVC consumption to grow by 4%. **European Plastics News**, London, p.10, July/August 1993.

EUA. U.S. Dept. of the Interior - Bureau of Mines. **Minerals Yearbook - 1960**, 61, 62 , Washington, D.C.

FINANCIAL Times Mining Year Books 1994. Essex; Longman, © 1993. 429p.

FORTUNE International. **The Fortune 500. the largest U.S. industrial corporations**. Time Inc., New York, vol. 127, n° 8, p.99-167, Apr. 19th, 1993.

FRANÇA - Ministère de l'Industrie, des Postes, et Télécommunications et du Commerce Extérieur. **Matieres premieres minerales.** , Paris, 169p., 1993

FREAS, R. C. Industrial mineral fillers - a changing perspective. **Industrial Minerals**, London, p.5-9, 1985."IM" Pigments & Extenders Supplement.

- GRANT, R. Coated paper producers look forward to brighter times . **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 36, nº5, p. 18-31, May 1994.
- GREEK, B. Process catalysts enjoy surging market. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 67, nº21, p.29-56, May 20th, 1989a.
- _____ Plastics expect to retain competitive edge. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 67, nº8, p.14, February 20th, 1989b.
- GREXA, R. W. North American talc - competition in every direction. **Industrial Minerals**, London, nº 237, p.52-55, Jun. 1987.
- HARBEN, P.W. and BATES, R.L. **Industrial minerals - geology and world deposits**. Industrial Minerals Division, Metals Bulletin Inc., London, 1984a, 312p.
- _____ **Geology of nonmetallics**, Metal Bulletin, London, p.87-125, 1984 b, 330p.
- HARVEY, C.C.; TOWNSEND, M.G.; EVANS, R.B. The halloysite clays of northland, New Zealand. **The AusIMM Annual Conference**, New Zealand, p.229-238, 1990.
- HASKIN, R. W.; ECKERT, C. Minerals in plastics - meeting the challenge of the future. **Industrial Minerals**, London, nº234, p. 54-59, Mar. 1987.
- HEALING, R.A. and WRIGTH, P.C. **International aspects of kaolin**. In XXIII International Geological Congress, Prague, vol. 14, p.125-135, 1968
- HIGHLEY, D.E. Kaolin. **Metals & Minerals Annual Review 1993**, Mining Journal, London, p.107-108, 1994.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão - uma introdução a econometria**. 2ª edição, São Paulo, Ed. Hucitec, 1977, 397p.
- HOJMAN, D. The economics of bauxite and aluminium - Distributed lags and new econometric estimates. **Resources Policy**, London, vol.10, no.3, p. 177-189, 1984.
- HUMPHREYS, D. Similarities and differences in the economics of metals and industrial minerals. **Resources Policy**, London, vol.17, no.3, p.184-195, 1991.
- HUMPHREYS, D. and BRIGGS, S. Mineral consumption in the U.K., 1945-80 - a statistical analysis. **Resources Policy**, London, vol.9, nº 1, p.14-19, Mar. 1983.
- INDUSTRIAL MINERALS Prices, Metals Bulletin, London, vários.
- JAPAN Paper Association **Pulp & paper statistics 1993**. Japan Paper Association, Tokio, Japan, 1993, 25p.
- J.M. HUBER Corp. Grade equivalents. **J.M. Huber Corp. Clay Division**, Macon (GA), 1992a. 1p.

- _____ Premium pigments for the paint and coatings industry. **J.M. Huber Corp. Clay Division, Macon (GA)**, 1992b. 5p.
- _____ Kaolin clays for elastomerics industry. **J.M. Huber Corp. Clay Division, Macon (GA)**, 1992c. 5p.
- JOHNS, R.E.; BERUBE, R.R. and SLEPETYS, R.A. Chemically structured kaolin: a new coating pigment. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 73, no.2, p.77-84, Fev. 1990.
- KAOLIN A production review - coating clays provide optimism. **Industrial Minerals**, London, nº 281, p.35-37, Feb. 1991.
- _____ Paper underpins current demand. **Industrial Minerals**, London, nº 238, p. 78-87, Jul. 1987.
- KAOLINS D'ARVOR. **Kaolins d'Arvor**. Société des Kaolins d'Arvor, Ploemeur, 16p., s.d.
- KLINE & CO. **Extender and filler minerals - North America 1990**. Fairfield, vol. 3, 4p., 1991.
- KRAMER, D.A. Titanium - **Annual Report 1990**. U.S. Dept. of the Interior. Bureau of Mines, Washington, D.C. - Apr. 1992.
- LAYMAN, P.L. Market researchers probe European chemicals' future. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 70, nº44, p. 16-17, November 2nd, 1992.
- LEFOND, S.J. **Industrial minerals and rocks**. AIME, New York, N.Y., 4th ed.; p.550-551. 1975.
- LEVANDOSKY, E.J. A look toward the future of coated papers. **Tappi Journal**, Atlanta, vol. 75, nº5, p.57-59, May 1992.
- LOUGHBROUGH, R. European paper - overcapacity crumples profit. **Industrial Minerals**, London, nº 316, p.32-34, Jan. 1994.
- _____ Kaolin producers move upmarket. **Industrial Minerals**, London, nº 313, p.51-55, Oct. 1993.
- _____ North American paper industry - showing the strain. **Industrial Minerals**, London, nº 303, p.39-45, Dec.1992a.
- _____ TiO₂ pigment - over capacity hits again. **Industrial Minerals**, London, nº 297, p.50-53, Jun. 1992b.
- MACHADO, I.F. (coordenador) **GT 18 - Cenários da mineração brasileira - Relatório apresentado ao Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral**. IG-UNICAMP, 1994.

- _____, BORDONALLI, S.P. and HEGENBERG, F.E.N. Virgin versus mature reserves a crucial dilemma for new investment; **Raw Materials Report**, vol 10, no.1, Stockholm 1994.
- McCONNELL, D. Minerals in paper - a quality paradox. **Industrial Minerals**, London, nº 247, p. 155-157. Apr.1988.
- McVEY, H; HARBEN, P. Industrial minerals in paper - a chase for technical superiority. **Industrial Minerals**, London, nº 267, p.41-47, Dec. 1989.
- MELLVIN, N. and WHITLEY, J.H. Method of reducing clay viscosity. **U.S. Patent Office**, # 3,104,476, Patented Oct. 8, 1963.
- MILLER, M. Calcium and calcium compounds. **Annual Report 1990**. U.S. Dept. of the Interior - Bureau of Mines. Washington, D.C., July 1991.
- MINING Annual Review**. Mining Journal, London, 1981-1993.
- MITCHELL, A.; MATUSSEK, H; MARCUS, A; Annual review - p&b production hits new high. **Pulp and Paper International**, Brussels; vol. 36, nº7, p.17-21, July 1994.
- MURRAY, H.H. World kaolins - Diverse quality needs permit different resource types. "8th **Industrial Minerals International Congress**", Boston, 1988, **Industrial Minerals**, p.127-131.
- _____ **Clay**. Tappi Monograph Series nº 38, Atlanta, 1976, 255p.
- _____ **Paper coating pigments**. Tappi Monograph Series nº 30, Atlanta, 1966, 255p.
- NATIONAL PAINT & COATINGS ASSOCIATION Pigments in Paint**. s.c.p., Washington, p.107-127, 1993.
- NEY, P. The whitest clay in the world - halloysite clay from Matauri Bay, New Zealand. **Ber.Dt.Keramicke Ges.,s.l.p.**, vol. 9, no.10, 1983.
- NORMAN, P. Economias da OCDE deverão crescer mais. Artigo traduzido do Financial Times in **Gazeta Mercantil**, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, p.1-2, 7 de Junho, 1994.
- NIKU, P. P&B demand: slower but going strong. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 34, nº5, p.37-39, May 1992.
- NORD RESOURCES CORP. Nord Resources Corporation - 1992 annual report**. Dayton, 42p., 1993.
- NORMANDY POSEIDON LIMITED. Normandy Poseidon Limited - 1992 report to shareholders**. Western Australia, 92p., 1993.
- NÖTSTALLER, R. Non-metallic minerals and the developing countries: patterns, constraints, initiatives. **Natural Resources Forum**, New York, v.12, no.2, p. 137-148, 1988.

O'DRISCOLL, M. Minerals in European plastics - polypropilene in the driving seat. **Industrial Minerals**, London, n° 307, p.19-35, Apr. 1993.

_____ Talc review - consolidation and competition. **Industrial Minerals**, London, n° 294, p.29-37, Mar 1992.

_____ Fine carbonate fillers. PCC breaks ground in paper. **Industrial Minerals**, London, n° 276, p.21-43, Sep. 1990.

_____ Minerals in adhesives and sealants - solving a sticky problem. **Industrial Minerals**, London, n° 245, p.32-51, Fev. 1988.

OECD Indicators. **OECD Observer**, Paris, n° 187, p.40, Apr./May1994

_____ **Main economic indications**. Economics and Statistics Department, Paris, Sept. 1992.

_____ **Main economic indications - historical series 1964-1983**. Economics and Statistics Department, Paris, Aug. 1984.

_____ **Indications of industrial activity**. Economics and Statistics Department, n° 4, Paris, 1991.

_____ **Quarterly national accounts**. Economics and Statistics Department, n° 4, Paris, 1991.

PAINTMAKERS Association OF Great Britain Ltd. - UK paint industry - facts and figures 1991 - Paintmakers Association of Great Britain Ltd. London, 1991, 31p.

PAYNE, M. Asia - Australasia limbers up for the twenty-first century. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 36, n° 6, p. 59-61, Jun. 1994.

PICKERING, S.M.; HURST; V.J. Commercial kaolins in Georgia - occurrence, mineralogy, origin, use. **Georgia Geological Society Guidebooks**, Atlanta, vol. 9, n° 1, p. 29-75, Apr.1989.

POWER, T. Wollastonite - performance filler potential. **Industrial Minerals**, London, n° 220, p.24-32, Jan. 1986.

PPI - Annual review - world trend end trades - closing a decade of P&B growth. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 35, n°7, p. 23-30; Jul.1993.

RAW MATERIALS GROUP LTD. Raw materials data. Raw Materials Group Ltd.; Stockolm; March; 1994

REDLAND PLC. Redland PLC report and accounts 1992. Surrey, 62p., 1993

REISCH, M. S. Thermoplastics elastomers bring new vigor to rubber industry. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol. 70, n°19, p. 29-42, May. 4th, 1992a.

_____ Paints and coatings sales top \$ 11 billion. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol. 70, n° 42, p. 36-75, Oct. 12th, 1992b.

_____ Demand puts paint sales at record level. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol. 67, n° 44 p.29-60, Oct 30th, 1989a.

_____ Adhesives and sealants formulators look to specialties to grow. **Chemical & Engineering News**, Houston, vol 67, n° 8, p. 31-51, Feb 27th, 1989b.

ROGICH, D.C. Technological changes, new materials, and other impacts on the demand for minerals. **Materials and Society**, v.15, no.4, p. 283-301, 1991.

ROSKILL Information Services Ltd. **The economics of kaolin**. 7th ed., London, Roskill Information Services Ltd., 1991, 443p.

_____ **The economics of kaolin**. 8th ed., London, Roskill Information Services Ltd., 1993. 310p.

RUSSELL, A. Minerals in pharmaceuticals - the key is quality assurance. **Industrial Minerals**, London, n° 251, p. 32-43, Aug. 1988.

SANTOS, P.S.; **Tecnologia de argilas - aplicados as argilas brasileiras**. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1975, 802p.

SAS, Inst. Inc. **SAS/STAT™. User's guide**, Release 6.03 ed., Cary, NC. SAS Institute Inc. 1990, 1028 p.

SCHOBER, W. Calcium carbonate demand set to soar. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 34, n° 6, p.24-27, Jun.1992.

_____ Talc - consumption looks set to grow. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 33, n° 3, p.64-67, Mar.1991.

_____ Precipitated calcium carbonate - A quiet market expects excellence. **Industrial Minerals**, London, n° 265, p. 70-77, Oct. 1989.

_____ Talc in Europe - optimistic views are prevailing. **Industrial Minerals**, London, n° 237, p.40-51, 1987.

SEDDON, M. Kaolin producers target coated papers. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 33, n° 2, p.50, Feb.1991.

SLATIN, B. USA: P&P industry responds to steady economic growth. **Pulp and Paper International**, Brussels, vol. 35, n°7, p.59; Jul.1993.

SMITH, M. Calcium carbonate fillers - plastics and paper to grow? **Industrial Minerals**, London, nº 198, p.23-26. Mar. 1984.

SUSLICK, S.B. and HARRIS, D.P.; Long range metal consumption forecasts using innovative methods: the case of aluminium in Brazil to the year 2000. **Resources Policy**, London, vol. 16, nº3, p.194-199

SYNOVEC, M. Alkaline conversions in North America gain momentum as mills take advantage of high quality, lower cost papermaking. **Tappi Journal**, Atlanta, vol 74, nº 4, p.95-99, Apr. 1991.

TOON, S. Minerals for paint. **Industrial Minerals**, London, nº 219, p. 9-73, Dec. 1985.

THIELE Kaolin Co. **Thiele - the clay company for the long run**. Thiele Kaolin Co., Sandersville, 26p., 1993.

TEIXEIRA, H.R. **Novas qualificações para cargas e aditivos minerais, repercussões na indústria extrativa mineral e efeitos econômicos adjacentes**. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, UNICAMP, 1991.

UNITED NATIONS Organization **Industrial statistics yearbook 1989**. New York, United Nations, Vol. I, © 1991, 660p.

VALERY Jr, W. & CHAVES, A. P. Processo de beneficiamento para obtenção de uma carga mineral nobre a partir do fosfogesso. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP** - Depto. de Engenharia de Minas. São Paulo, BT/PMI/013, 20p. 1992.

VIRTA, R.L. Talc - Pyrophyllite. **Annual Report 1990**. U.S. Dept. of the Interior - Bureau of Mines. Washington, D.C., Sept. 1991.

_____ **Clays Annual Report 1991**. U.S. dept. of the Interior - Bureau of Mines. Washington, D.C., Apr. 1993.

_____ **Clays Annual Report 1990**. U.S. dept. of the Interior - Bureau of Mines. Washington, D.C., Mar. 1992.

WATSON, I. Kaolin - low growthmarkets put emphasis on quality. **Raw Materials for the Pulp and Paper Industry**, 'IM Pulp and Paper Survey', London, p.27-38, 1984.

WITTE, G.J. An Introduction to china clay (kaolin) - geology, mineralogy and production. **WBB Fact Sheet nº2**, Watts Blake & Bearne Co. Plc, Devon, 9 p., 1993

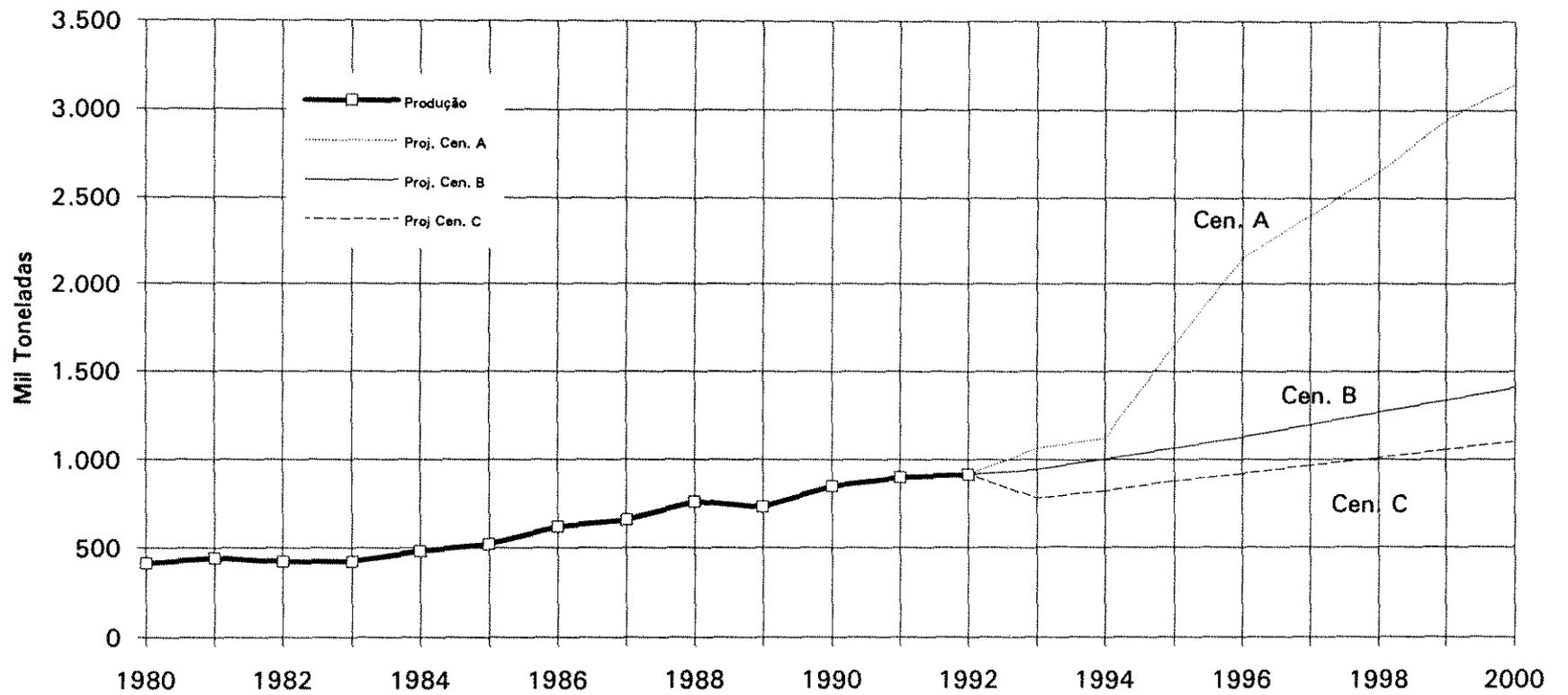
Anexo 1

**Produção Brasileira de Caulim e Projeção de Cenários
para o Ano 2000**

Produção Mineral Brasileira

Caulim Beneficiado	Cenário A	Cenário B	Cenário C
t x 1000			
1980	410		
1981	440		
1982	420		
1983	420		
1984	480		
1985	520		
1986	620		
1987	660		
1988	760		
1989	730		
1990	850		
1991	900		
1992	915	915	915
1993		1.065	947
1994		1.120	1.005
1995		1.650	1.064
1996		2.150	1.129
1997		2.400	1.195
1998		2.650	1.264
1999		2.950	1.335
2000		3.150	1.407
Coeficiente			
Intercept	-1090,02205		
IP Ind FMI	19,5835521		
R Square	0,93744951		
F Value	164,857927		
Prob F	5,7873E-08		
Fonte: Anuário Mineral Brasileiro; Sumário Mineral Brasileiro; World Bank			
Obs: Modelo de Previsão			
Prod. = f (Índice de Prod. Industrial)			
Cenário B = Previsão do Ind. Prod. Industrial - FMI			
Cenário A = Entrada em Operação dos Projetos no Rio Capim e Expansão da Cadam			
Cenário C = Cenário B - desvio padrão			

Produção Brasileira de Caulim 1980 - 2000



Apêndice 1

Relatórios de Saída Banco de Dados BANKAO

MINA SUMÁRIO

EMPRESA: Engelhard Corporation
MINA: Daveyville; Edgar; Gardner; Gibraltar; Gordon; Griffin; Klondyke; Scott; Toddville; Washington

CONTINENTE: América do Norte **ESTADO:** Georgia
PAIS: EUA **REGIAO:** McIntyre/Gordon

ENDEREÇO: Box 37 Gordon, GA 31031

FONE/FAX: (912)628-7011 **DATA:** 01/06/93

START - UP: 1902 **PRODUÇÃO :** 1.300.000 **STATUS:**

DESTAQUES: 14% Prod.EUA: 1980 Exp.US\$20 mi. au/o prod. em 150.000t; 1986 - Implant.SPC ; introd. FCC(grau cataliz.); 1988 - Invest.US\$80 mi.exp. prod. em 270.000 t e capac. calcin. p/ 250.000; 1991 - Planta de polpa Kotka-FIN, Introd. Spectrafil & HP-95; 1994 - Aumento da capacidade em 25%; Abre uma unidade de distribuição de caulim no porto Etajima no Japão para 22,6 mil toneladas; Desloca a unidade de desenvolvimento de produtos de Iselin para Gordon; Adquire as operações de attapulgita (Floridin Co.) da US Silica; investimentos de US\$ 40Mi. na expansão das operações da caulim lavado e calcinado para as linhas Spectrafil LA e Ansilex 93, inclui instalação de novo forno e espera iniciar a implantação em março de 1995; 1995 - Em processo de investigação pela divisão anti-trust por práticas anti-competitivas e possível acordo de preços

FONTES: ROS;91,47; ECR;92,26; ECR;91,14; IMS;245,14; IMS;242,19; IMS;322,19; IMS;326,71; IMS;328,17

GEOLOGIA e DEPÓSITO

MINA: Quessoy

EMPRESA: Societé Kaolinere Armoricaine

TIPO de DEPÓSITO: Primário Hidrotermal

IDADE: Terciário

RESERVA Med. (t): 60.000.000

MINERALOGIA: CAL QZT MIC

GEO-AMBIENTAL

MINA:	Tamazert				
EMPRESA:	Enterprise National des Produits				
CONTINENTE:	África				
PAIS:	Argélia				
ESTADO:	Jijel				
REGIAO:	El Milia				
TEMPERATURA:	30	VEGETACAO:	EST		
CLIMA:	BS	Per.OPERAC.:	12		
PRECIPIT.PLUV.(mm):	250				
SOLO:	N	FLORA:	N	FAUNA:	S
AGUA:	S	AR:	N	SOM:	N

OPERAÇÕES - EXTRAÇÃO e BENEFICIAMENTO

MINA:

Hirshau

STATUS:

0

PROPRIEDADE:

Amberger Kaolinwerke GmbH

PRODUÇÃO ANUAL:

170.000

RESERVA MEDIDA:

13.600.000

START-UP:

1901

METODO de LAVRA:

SFTB

ALIMENTAÇÃO

1.307.692

PRODUTIV.MINA:

0,0

REL. EST/MIN:

1:03

VIDA UTIL

11

PER. OPER.:

9

CUSTO MINA:

UNIDADE DE BENEFICIAMENTO:

Penr; Disp; Hidr; Esps; Flot; Delam; Smg; Tqm; Filt; Pulv; Secg

CAPACIDADE NOMINAL

180.000

Ociosidade:

5,6

RECUPERAÇÃO:

13,0

PRODUTIVIDADE:

0,0

CUSTO BENEF:

CUSTO TOTAL:

PRODUTOS E INFRA-ESTRUTURA

MINA: Cornwall (18); Devon (2) **STATUS:** 0

PROPRIEDADE: ECC International Ltd.

PRODUTO PRINCIPAL: Specialty Coating SPS

%<2MICRA: 80 **ALVURA(ISO):** 87,0 **Cert Qualidade Total:** Sim

AL2O3: 37,00 **CAO:** 0,04 **FORMA:** Granel; Polpa; Big & Paper Bags; Container

SiO2: 47,90 **MGO:** 0,16 **INSTALÇÃO CARGA e ESTOCAGEM:** 250.000

FE2O3: 0,58 **K2O:** 1,10

TiO2: 0,03 **NA2O:** 0,10

LOI: 13,10

OUTROS PRODUTOS:
COAT- Superclay ; FILLER - Grade B,C,D,M ;
Superfill ; ESTR.- M100; FARMA- BP

PORTO: Fowey; Par; Plymouth

VAGOES: Tremonha; Caçamba; Tanque

CALADO(FT):

CAPACIDADE E PESO:

CAPACIDADE:

SUMÁRIO COMPANHIA

COMPANHIA: Nord Kaolin Co.

ENDEREÇO: 8150 Washington Village Drive, Dayton, Ohio 45458

FAX: 513-435-7282

1992:	103.114	LCT92:	-7,10	TAX92:	
1991:	108.407	LCT91:	-6,70	TAX91:	
1990:	101.241	LCT90:	2,40	TAX90:	25,00
1989:	88.393	LCT89:	13,80	TAX89:	18,82
1988:	67.799	LCT88:	15,70	TAX88:	8,72

LPA92:	-0,6	DPA92:	0,00
LPA91:	-0,9	DPA91:	0,00
LPA90:	0,01	DPA90:	0,00
LPA89:	0,91	DPA89:	0,00
LPA88:	1,05	DPA88:	0,00

DESTAQUES:

1977 - Nord Resources Corp. adquire as ações da Cyprus Minerals Corp. (80%), por US\$2,5 Mi. as reservas de caulim em Jeffersonville;
 1988 - Nord Resources Corp. adquire 20% restantes da Glikenhous and Co.;
 1993 - Venda de 20% ações p/ Kemira Oy Inc. US\$10Mi à vista; Venda de 50% das ações da Sierra Rutile para Consolidated Rutile of Australia

Fontes: IMS;307,17; ROS;91,46; NKR;92,16; MJL; 8304,298

ESTRUTURA EMPRESARIAL

HOLDING:

Groupe Mineral Harwanne SA

SUBSIDIÁRIA:

Sté. Kaolines du Finistere SA; Sté. Nouvelle
des Kaolins du Morbihan SA; Cauliminas
Limitada

COMPANHIA:

Société das Kaolines du Finistere SA

TIPO DE CAPITAL:

Fechado

LUCROS E PERDAS

HOLDING: Redland PLC

COMPANHIA: Redland Minerals Co.

EXERCICIO: 1992

FATURAMENTO: 3.155.700

CUSTOS
OPERACIONAIS: 1.957.100

LUCRO
OPERACIONAL: 374.300

LUCRO ANTES
TRIBUTAÇÃO: 334.500

LUCRO NO ANO: 124.600

DIVIDENDOS: 167.900

SALDO ANUAL: -43.300

BALANÇO

HOLDING:	Normandy Poseidon Limited		
COMPANHIA:	Commercial Minerals Ltd.		
EXERCICIO:	1992	MARGEM DE LUCRO:	15,41
ATIVOS FIXOS:	1.248.095	LIQUIDEZ	2,27
ATIVOS CIRCUL:	484.397	RENT.OP.GLOBAL:	7,81
ATIVO TOTAL:	1.732.492	RENT.OP.LÍQUIDA:	13,08
PASSIVO CIRCL:	213.796	RENTABILIDADE FINAL:	5,25
EXIG.L.PRAZO:	403.782	LUCRO TOTAL/VENDAS:	6,16
PASSIVO TOTAL:	700.401	LUCRO TOT.JAT. TOTAL:	3,13
PATRIM. LÍQUIDO:	1.032.401	ENDIVIDAMENTO:	0,37
		IMOBILIZAÇÃO:	0,72
		Produtividade: US\$/Empregados:	236.000,0

Apêndice 2

**Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem
do Consumo Total de Caulim nos EUA**

The SAS System

15:03 Monday, November 21, 1994

OBS	ANO	GDP	IPP	PND	IND	KPROD	CPAP	CTOT	CCOAT	PCOAT	PCOAT	PCARB
1	1960	2132	24	650	53	2477	1266	2477	735	78	83	109
2	1961	2212	23	661	54	2213	1304	2242	798	79	85	116
3	1962	2340	24	675	55	2714	1416	2451	877	81	86	128
4	1963	2429	24	687	56	2869	1494	2869	949	108	108	118
5	1964	2542	23	716	59	3022	1571	3022	932	106	106	114
6	1965	2702	24	746	61	3269	1666	3269	1075	101	101	136
7	1966	2876	24	784	64	3978	1836	3978	1197	92	92	133
8	1967	2957	25	793	65	3604	1816	3604	1151	94	139	149
9	1968	3103	25	822	67	3811	1838	3811	1260	94	141	164
10	1969	3180	26	837	69	4299	2167	4299	1532	83	139	161
11	1970	3163	27	849	70	4445	2268	4445	1542	82	135	158
12	1971	3269	27	845	69	4433	1905	4354	1270	85	131	153
13	1972	3440	28	868	71	4824	2022	4145	1300	81	127	149
14	1973	3589	30	908	75	5437	2289	4644	1461	80	119	143
15	1974	3529	37	923	76	5800	2110	4951	1192	87	142	132
16	1975	3461	42	919	75	4839	1862	4018	1310	99	129	123
17	1976	3670	44	940	77	5559	2270	4722	1437	106	141	116
18	1977	3875	46	956	78	5886	2372	5072	1646	101	132	105
19	1978	4064	48	980	80	6326	2725	5456	2031	85	152	98
20	1979	4125	54	1016	83	7040	2845	5785	2064	109	139	89
21	1980	4048	59	1024	84	7149	3184	5978	2274	111	126	81
22	1981	4138	67	1020	84	6949	3258	5808	2182	114	142	86
23	1982	4063	71	999	82	5772	2630	4686	1840	110	134	109
24	1983	4270	73	1023	84	6534	3014	5435	2106	112	130	92
25	1984	4638	78	1057	87	7215	3138	5849	2245	106	125	103
26	1985	4819	80	1083	89	7100	3120	5889	2056	99	122	116
27	1986	4993	82	1094	90	7700	3318	6430	2101	103	119	113
28	1987	5147	86	1119	92	8000	3477	6497	2256	107	120	131
29	1988	5281	98	1154	95	8973	3963	7348	2483	112	118	120
30	1989	5477	98	1198	98	8974	4130	7367	2569	108	115	109
31	1990	5513	100	1218	100	9761	3844	7713	2496	103	110	124

OBS	TEC	TACARB	IPPC	IPCARB	PCPCA	TECOAT	LIPCARB	LCCA
1	10	1090	1992	2616	9047	830	7.86940	-0.27251
2	11	1276	1955	2668	9860	935	7.88908	-0.31094
3	12	1536	2064	3072	11008	1032	8.03008	-0.39768
4	13	1534	2592	2832	12744	1404	7.94874	-0.08855
5	14	1596	2438	2622	12084	1484	7.87169	-0.07276
6	15	2040	2424	3264	13736	1515	8.09071	-0.29753
7	16	2128	2208	3192	12236	1472	8.06840	-0.36856
8	17	2533	3475	3725	20711	2363	8.22282	-0.06947
9	18	2952	3525	4100	23124	2538	8.31874	-0.15111
10	19	3059	3614	4186	22379	2641	8.33950	-0.14693
11	20	3160	3645	4266	21330	2700	8.35843	-0.15732
12	21	3213	3537	4131	20043	2751	8.32627	-0.15524
13	22	3278	3556	4172	18923	2794	8.33615	-0.15976
14	23	3289	3570	4290	17017	2737	8.36404	-0.18372
15	24	3168	5254	4884	18744	3408	8.49372	0.07303
16	25	3075	5418	5166	15867	3225	8.54985	0.04763
17	26	3016	6204	5104	16356	3666	8.53778	0.19517
18	27	2835	6072	4830	13860	3564	8.48260	0.22884
19	28	2744	7296	4704	14896	4256	8.45617	0.43891
20	29	2581	7506	4806	12371	4031	8.47762	0.44584
21	30	2430	7434	4779	10206	3780	8.47199	0.44183
22	31	2666	9514	5762	12212	4402	8.65904	0.50148
23	32	3488	9514	7739	14606	4288	8.95403	0.20649
24	33	3036	9490	6716	11960	4290	8.81225	0.34575
25	34	3502	9750	8034	12875	4250	8.99144	0.19358
26	35	4060	9760	9280	14152	4270	9.13562	0.05043
27	36	4068	9758	9266	13447	4284	9.13411	0.05174
28	37	4847	10320	11266	15720	4440	9.32954	-0.08771
29	38	4560	11564	11760	14160	4484	9.37246	-0.01681
30	39	4251	11270	10682	12535	4485	9.27632	0.05358
31	40	4960	11000	12400	13640	4400	9.42545	-0.11980

Forward Selection Procedure for Dependent Variable CTOT

Step 1 Variable GDP Entered R-square = 0.95209538 C(p) = 10.85317249

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	62009233.168963	62009233.168963	576.37	0.0001
Error	29	3119990.8310368	107585.89072541		
Total	30	65129224.000000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-639.68899539	233.87236861	804887.62598489	7.48	0.0105
GDP	1.46416062	0.06098713	62009233.168963	576.3	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable LIPCARB Entered R-square = 0.96767830 C(p) = 0.53989608

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	63024136.464413	31512068.232206	419.15	0.0001
Error	28	2105087.5355874	75181.69769955		
Total	30	65129224.000000			

Parameter Variable	Standard Estimate	Type II Error	Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	10428.20861016	3018.71134389	897198.16288942	11.93	0.0018
GDP	2.20611947	0.20827662	8435078.8751707	112.20	0.0001
LIPCARB	-1619.58696114	440.80651494	1014903.2954494	13.50	0.0010

Bounds on condition number: 16.68967, 66.75869

Step 3 Variable TACARB Entered R-square = 0.96919413 C(p) = 1.34211988

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	63122861.366729	21040953.788910	283.15	0.0001
Error	27	2006362.6332706	74309.72715817		
Total	30	65129224.000000			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	12731.48040728	3605.55413076	926529.89926689	12.47	0.0015
GDP	2.21653587	0.20726239	8498732.9569161	114.37	0.0001
TACARB	0.15409454	0.13368933	98724.90231677	1.33	0.2592
LIPCARB	-1947.58414810	522.52585885	1032339.5200135	13.89	0.0009

Bounds on condition number: 23.72651, 142.7983

No other variable met the 0.5000 significance level for entry into the model.

Summary of Forward Selection Procedure for Dependent Variable CTOT

Step	Variable Entered	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	GDP	1	0.9521	0.9521	10.8532	576.3696	0.0001
2	LIPCARB	2	0.0156	0.9677	0.5399	13.4993	0.0010
3	TACARB	3	0.0015	0.9692	1.3421	1.3286	0.2592

Model: MODEL1
 Dependent Variable: CTOT

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	63122861.367	21040953.789	283.152	0.0001
Error	27	2006362.6333	74309.727158		
C Total	30	65129224			

Root MSE	272.59811	R-square	0.9692
Dep Mean	4794.00000	Adj R-sq	0.9658
C.V.	5.68623		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	12731	3605.5541308	3.531	0.0015
GDP	1	2.216536	0.20726239	10.694	0.0001
LIPCARB	1	-1947.584148	522.52585885	-3.727	0.0009
TACARB	1	0.154095	0.13368933	1.153	0.2592

Durbin-Watson D 1.692
 (For Number of Obs.) 31
 1st Order Autocorrelation 0.115

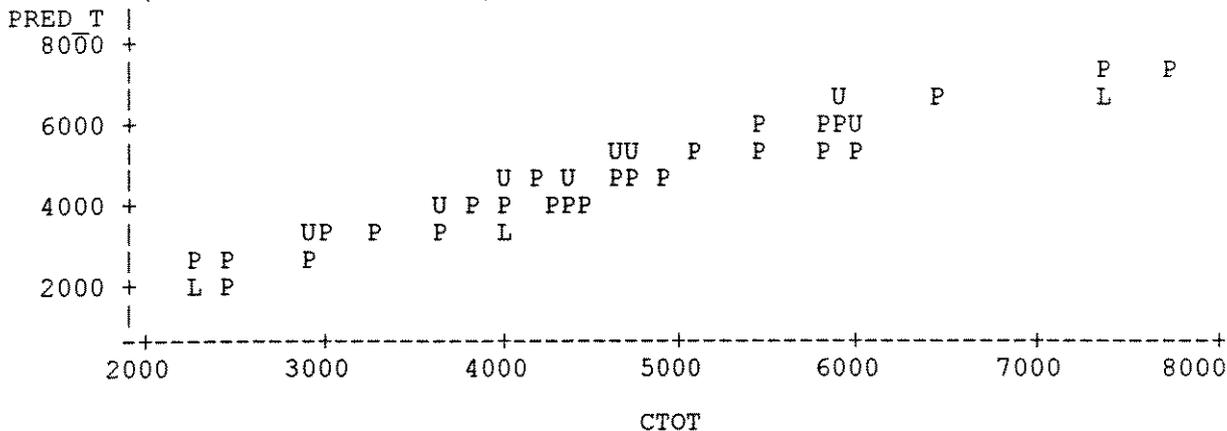
Obs	Dep Var CTOT	Predict Value	Std Err Predict	Residual	Std Err Residual	Student Residual
1	2477.0	2298.8	123.528	178.2	243.003	0.733
2	2242.0	2466.4	107.961	-224.4	250.308	-0.897
3	2451.0	2515.6	117.608	-64.5991	245.923	-0.263
4	2869.0	2871.0	89.231	-1.9901	257.580	-0.008
5	3022.0	3281.1	94.956	-259.1	255.525	-1.014
6	3269.0	3277.6	71.631	-8.5772	263.019	-0.033
7	3978.0	3720.3	75.316	257.7	261.987	0.984
8	3604.0	3661.5	68.173	-57.4604	263.936	-0.218
9	3811.0	3862.8	83.721	-51.8278	259.423	-0.200
10	4299.0	4009.6	86.781	289.4	258.416	1.120
11	4445.0	3950.6	96.340	494.4	255.007	1.939
12	4354.0	4256.3	103.192	97.6788	252.312	0.387
13	4145.0	4626.1	112.832	-481.1	248.150	-1.939
14	4644.0	4903.8	114.381	-259.8	247.440	-1.050
15	4951.0	4499.6	64.711	451.4	264.806	1.705
16	4018.0	4225.2	76.741	-207.2	261.573	-0.792
17	4722.0	4702.9	50.265	19.1284	267.924	0.071
18	5072.0	5236.8	74.403	-164.8	262.248	-0.629
19	5456.0	5693.2	117.233	-237.2	246.102	-0.964
20	5785.0	5761.5	124.344	23.4702	242.587	0.097
21	5978.0	5578.6	119.503	399.4	245.008	1.630
22	5808.0	5450.1	94.851	357.9	255.564	1.400
23	4686.0	4836.0	133.309	-150.0	237.778	-0.631
24	5435.0	5501.3	86.648	-66.3251	258.461	-0.257
25	5849.0	6039.8	85.670	-190.8	258.786	-0.737
26	5889.0	6246.2	86.491	-357.2	258.513	-1.382
27	6430.0	6636.1	82.429	-206.1	259.837	-0.793
28	6497.0	6716.8	113.055	-219.8	248.049	-0.886
29	7348.0	7009.1	96.838	338.9	254.818	1.330
30	7367.0	7420.8	108.090	-53.7521	250.252	-0.215
31	7713.0	7358.7	111.448	354.3	248.775	1.424

Obs	-2	-1	0	1	2	Cook's D
1				*		0.035
2		*				0.037
3						0.004
4						0.000
5		**				0.035
6						0.000
7				*		0.020
8						0.001
9						0.001
10				**		0.035
11				***		0.134
12						0.006
13		***				0.194
14		**				0.059
15				***		0.043
16		*				0.014
17						0.000
18		*				0.008
19		*				0.053
20						0.001
21				***		0.158
22				**		0.068
23		*				0.031
24						0.002
25		*				0.015
26		**				0.053
27		*				0.016
28		*				0.041
29				**		0.064
30						0.002
31				**		0.102

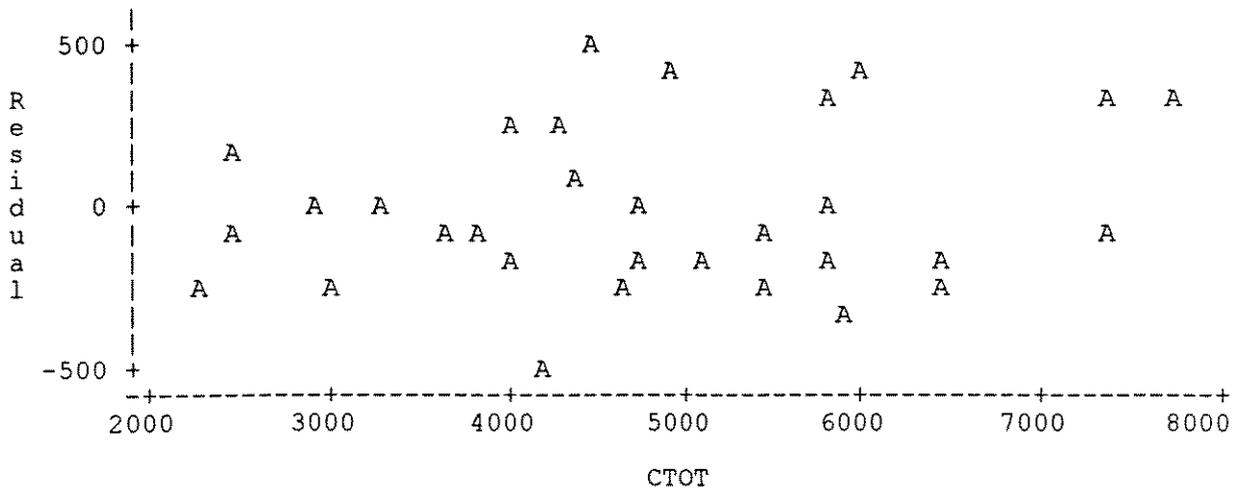
Sum of Residuals 0
Sum of Squared Residuals 2006362.6333
Predicted Resid SS (Press) 2683639.7470

Plot of $\overline{PRED T} * CTOT$. Symbol used is 'P'.
Plot of $L T * \overline{CTOT}$. Symbol used is 'L'.
Plot of $U T * CTOT$. Symbol used is 'U'.

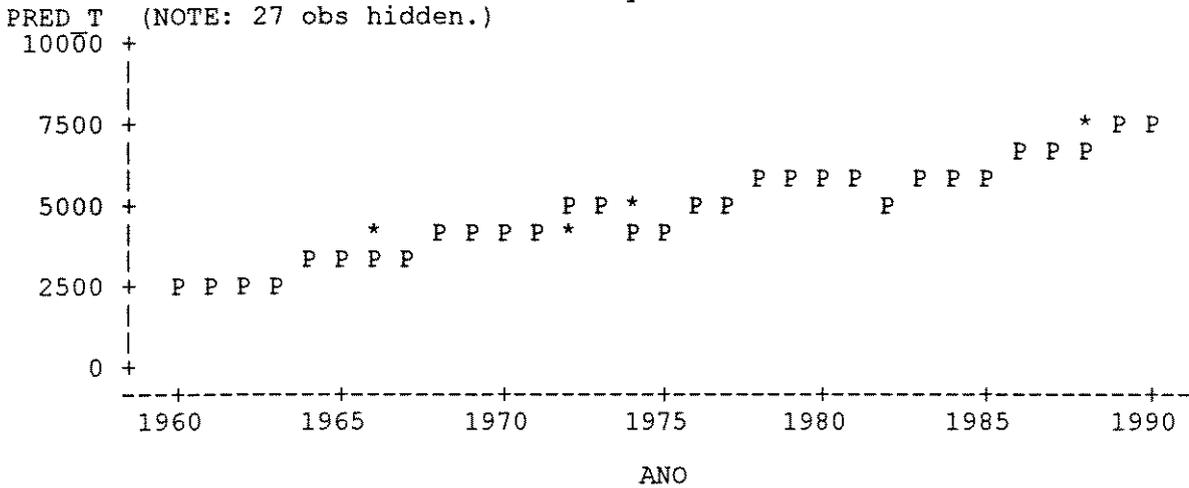
(NOTE: 56 obs hidden.)



Plot of RES_T*CTOT. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



Plot of PRED_T*ANO. Symbol used is 'P'.
Plot of CTOT*ANO. Symbol used is '*'.
(NOTE: 27 obs hidden.)



Variable	Label	N	Mean	Std Dev
ERRO4		31	0.0455742	0.0327125
PRED_T	Predicted Value of CTOT	31	4794.00	1450.55

Variable	Label	Minimum	Maximum
ERRO4		0.000693643	0.1160749
PRED_T	Predicted Value of CTOT	2298.78	7420.75

Apêndice 3

**Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem do Consumo de
Caulim em Papel nos EUA**

The SAS System

06:01 Thursday, November 10, 1994

Forward Selection Procedure for Dependent Variable CPAP

Step 1 Variable GDP Entered R-square = 0.94201907 C(p) = 15.43060703

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	18761520.854381	18761520.854381	471.16	0.0001
Error	29	1154764.6940057	39819.47220709		
Total	30	19916285.548387			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-533.40653979	142.28168634	559646.97884552	14.05	0.0008
GDP	0.80536836	0.03710294	18761520.854381	471.16	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable TACARB Entered R-square = 0.95630155 C(p) = 6.97864872

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	19045974.772969	9522987.3864843	306.38	0.0001
Error	28	870310.77541851	31082.52769352		
Total	30	19916285.548387			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-621.40426319	129.02866562	720928.79831276	23.19	0.0001
GDP	1.00445614	0.07352300	5801387.6088919	186.64	0.0001
TACARB	-0.21937486	0.07251687	284453.91858717	9.15	0.0053

Bounds on condition number: 5.030475, 20.1219

No other variable met the 0.5000 significance level for entry into the model.

Summary of Forward Selection Procedure for Dependent Variable CPAP

Step	Variable Entered	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	GDP	1	0.9420	0.9420	15.4306	471.1645	0.0001
2	TACARB	2	0.0143	0.9563	6.9786	9.1516	0.0053

Model: MODEL1
 Dependent Variable: CPAP

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	19057608.049	6352536.0162	199.747	0.0001
Error	27	858677.49979	31802.87036		
C Total	30	19916285.548			

Root MSE	178.33359	R-square	0.9569
Dep Mean	2455.41935	Adj R-sq	0.9521
C.V.	7.26286		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-688.412604	171.19941847	-4.021	0.0004
GDP	1	1.049999	0.10583530	9.921	0.0001
TACARB	1	-0.253486	0.09252896	-2.740	0.0108
LCCA	1	-114.276184	188.94607764	-0.605	0.5504

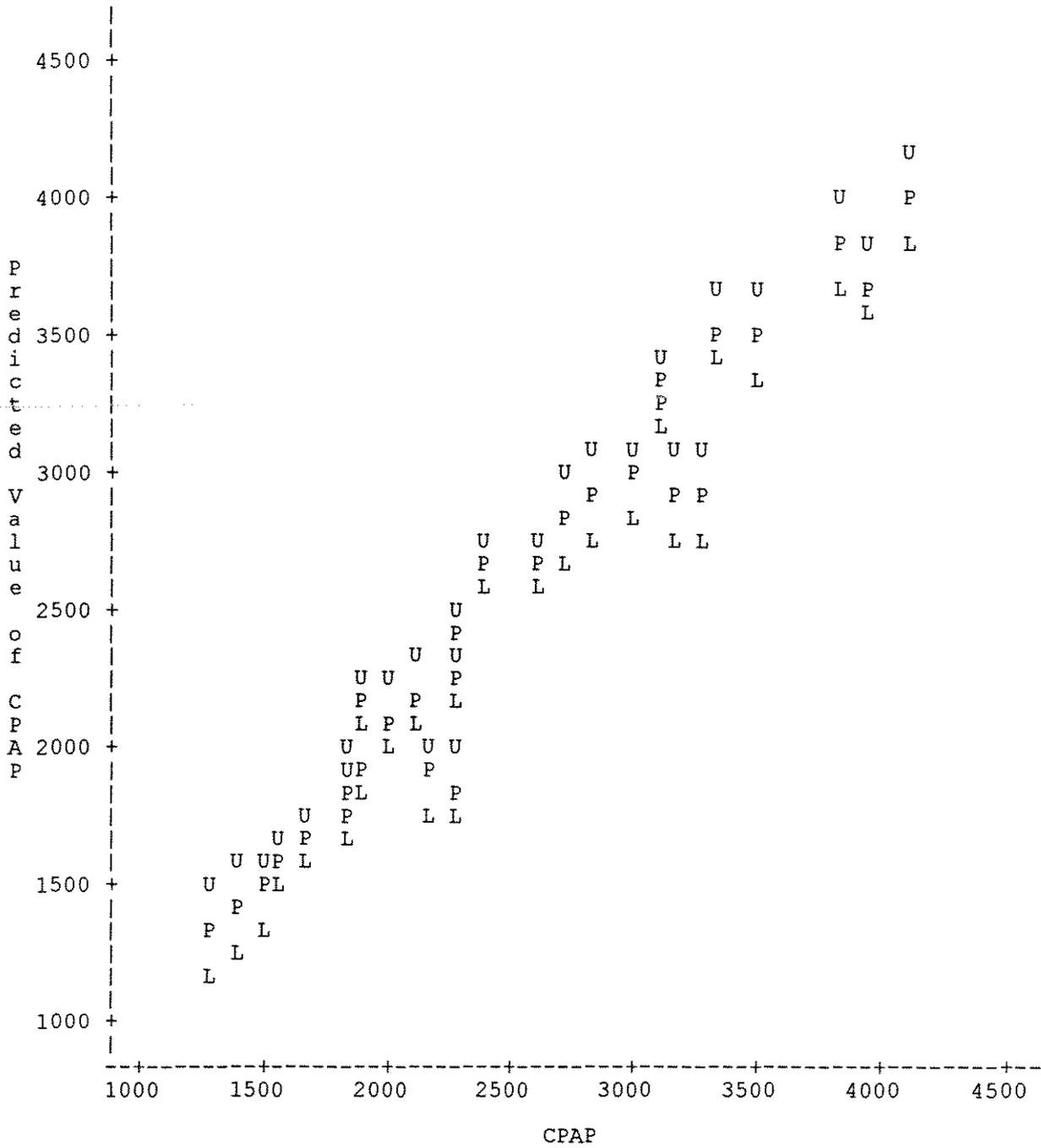
Durbin-Watson D 1.098
 (For Number of Obs.) 31
 1st Order Autocorrelation 0.450

Obs	Dep Var CPAP	Predict Value	Std Err Predict	Residual	Std Err Residual	Student Residual
1	1266.0	1305.0	80.049	-39.0254	159.358	-0.245
2	1304.0	1346.3	76.778	-42.2686	160.959	-0.263
3	1416.0	1424.7	78.660	-8.6747	160.048	-0.054
4	1494.0	1483.3	56.822	10.6946	169.039	0.063
5	1571.0	1584.4	55.354	-13.4342	169.525	-0.079
6	1666.0	1665.6	57.365	0.4275	168.855	0.003
7	1836.0	1834.1	69.971	1.9180	164.033	0.012
8	1816.0	1782.3	48.044	33.7088	171.740	0.196
9	1838.0	1838.7	56.674	-0.7090	169.089	-0.004
10	2167.0	1892.0	58.047	275.0	168.622	1.631
11	2268.0	1849.7	66.095	418.3	165.633	2.526
12	1905.0	1947.3	61.393	-42.3213	167.433	-0.253
13	2022.0	2110.9	53.096	-88.9108	170.246	-0.522
14	2289.0	2267.3	46.113	21.6895	172.268	0.126
15	2110.0	2205.6	56.512	-95.6425	169.143	-0.565
16	1862.0	2160.7	52.560	-298.7	170.412	-1.753
17	2270.0	2378.3	52.760	-108.3	170.350	-0.636
18	2372.0	2635.5	44.372	-263.5	172.725	-1.526
19	2725.0	2833.1	67.474	-108.1	165.076	-0.655
20	2845.0	2937.6	72.338	-92.6347	163.003	-0.568
21	3184.0	2895.5	75.319	288.5	161.648	1.785
22	3258.0	2923.4	75.752	334.6	161.445	2.073
23	2630.0	2670.0	55.033	-39.9740	169.630	-0.236
24	3014.0	2986.0	55.390	28.0138	169.513	0.165
25	3138.0	3271.6	49.931	-133.6	171.201	-0.781
26	3120.0	3336.6	50.999	-216.6	170.886	-1.268
27	3318.0	3517.1	59.395	-199.1	168.152	-1.184
28	3477.0	3497.3	74.053	-20.3042	162.231	-0.125
29	3963.0	3702.7	70.484	260.3	163.813	1.589
30	4130.0	3978.7	87.621	151.3	155.324	0.974
31	3844.0	3856.6	86.693	-12.6275	155.844	-0.081

Obs	-2	-1	0	1	2	Cook's D
1						0.004
2						0.004
3						0.000
4						0.000
5						0.000
6						0.000
7						0.000
8						0.001
9						0.000
10				***		0.079
11				*****		0.254
12						0.002
13		*				0.007
14						0.000
15		*				0.009
16		***				0.073
17		*				0.010
18		***				0.038
19		*				0.018
20		*				0.016
21				***		0.173
22				****		0.236
23						0.001
24						0.001
25		*				0.013
26		**				0.036
27		**				0.044
28						0.001
29				***		0.117
30				*		0.075
31						0.001

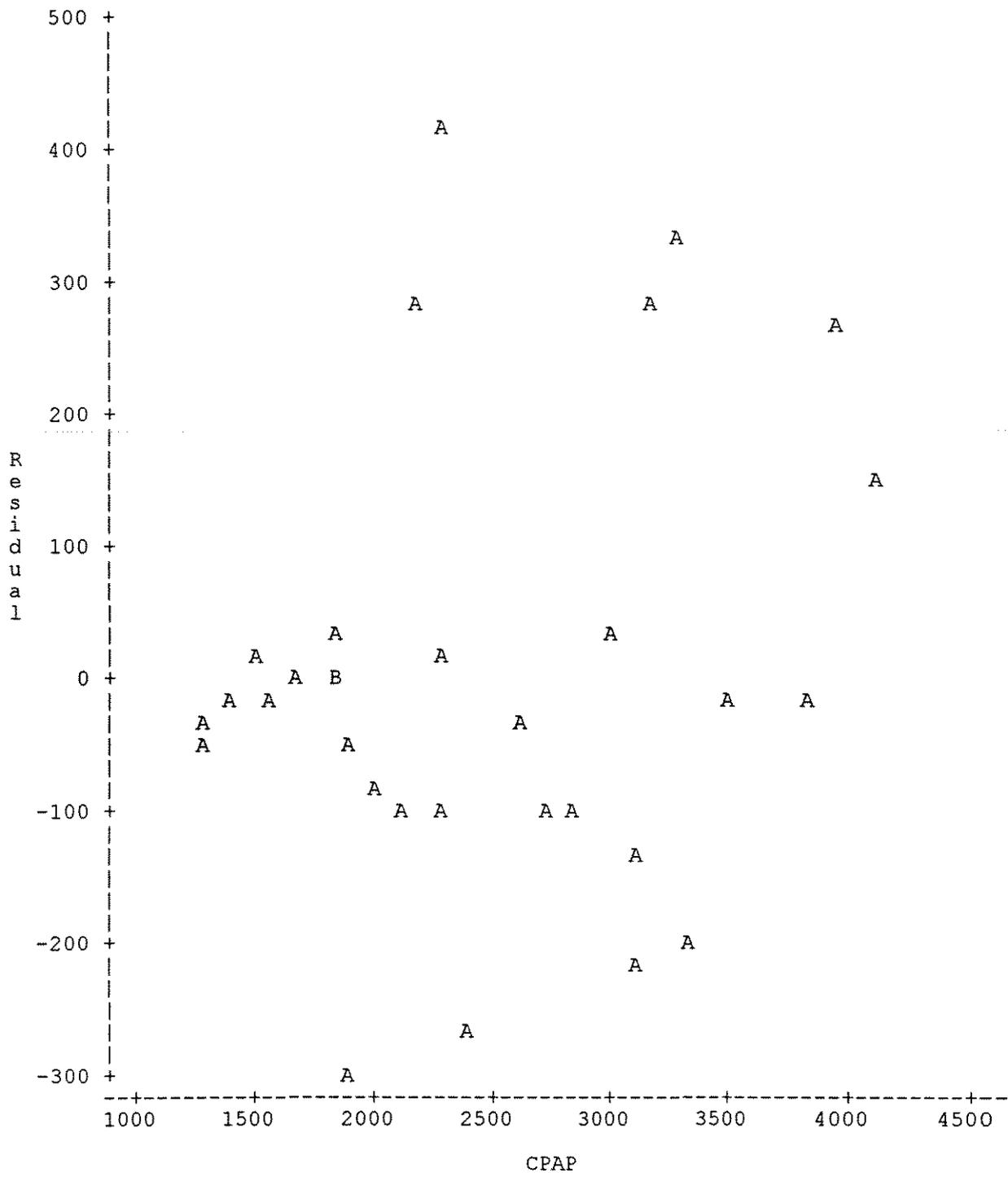
Sum of Residuals 0
Sum of Squared Residuals 858677.4998
Predicted Resid SS (Press) 1144136.8623

Plot of PRED_T8*CPAP. Symbol used is 'P'.
 Plot of L_T8*CPAP. Symbol used is 'L'.
 Plot of U_T8*CPAP. Symbol used is 'U'.



NOTE: 11 obs hidden.

Plot of RES_T8*CPAP. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



Variable	Label	N	Mean	Std Dev
ERRO8		31	0.0461421	0.0480306
PRED_T8	Predicted Value of CPAP	31	2455.42	797.0279804

Variable	Label	Minimum	Maximum
ERRO8		0.000256624	0.1844383
PRED_T8	Predicted Value of CPAP	1305.03	3978.74

Apêndice 4

**Regressão "Stepwise" e Parâmetros Estatísticos para a Modelagem
do Consumo de Caulim em Revestimento de Papel nos EUA**

Forward Selection Procedure for Dependent Variable CCOAT

Step 1 Variable GDP Entered R-square = 0.90413612 C(p) = 13.03018074

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	8463035.9162984	8463035.9162984	273.51	0.0001
Error	29	897320.01918548	30942.06962709		
Total	30	9360355.9354839			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-382.63850884	125.42263879	287988.29882110	9.31	0.0048
GDP	0.54090829	0.03270659	8463035.9162984	273.51	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable TACARB Entered R-square = 0.93295074 C(p) = 2.99797194

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	8732750.9570824	4366375.4785412	194.80	0.0001
Error	28	627604.97840151	22414.46351434		
Total	30	9360355.9354839			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-468.32612464	109.57013976	409487.53559999	18.27	0.0002
GDP	0.73476964	0.06243516	3104361.7912597	138.50	0.0001
TACARB	-0.21361585	0.06158076	269715.04078397	12.03	0.0017

Bounds on condition number: 5.030475, 20.1219

Step 3 Variable LCCA Entered R-square = 0.93886375 C(p) = 2.52885475

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	8788098.9033146	2929366.3011049	138.21	0.0001
Error	27	572257.03216929	21194.70489516		
Total	30	9360355.9354839			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-322.16609859	139.75997448	112621.53033977	5.31	0.0291
GDP	0.63543130	0.08639947	1146416.6182466	54.09	0.0001
LCCA	249.26165629	154.24759749	55347.94623223	2.61	0.1177
TACARB	-0.13921083	0.07553674	71987.48441302	3.40	0.0763

Bounds on condition number: 10.18764, 60.93702

No other variable met the 0.5000 significance level for entry into the model.

Summary of Forward Selection Procedure for Dependent Variable CCOAT

Step	Variable Entered	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	GDP	1	0.9041	0.9041	13.0302	273.5123	0.0001
2	TACARB	2	0.0288	0.9330	2.9980	12.0331	0.0017
3	LCCA	3	0.0059	0.9389	2.5289	2.6114	0.1177

Model: MODEL1
 Dependent Variable: CCOAT

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	8788098.9033	2929366.3011	138.212	0.0001
Error	27	572257.03217	21194.70490		
C. Total	30	9360355.9355			

Root MSE	145.58401	R-square	0.9389
Dep Mean	1624.74194	Adj R-sq	0.9321
C.V.	8.96044		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-322.166099	139.75997448	-2.305	0.0291
GDP	1	0.635431	0.08639947	7.355	0.0001
LCCA	1	249.261656	154.24759749	1.616	0.1177
TACARB	1	-0.139211	0.07553674	-1.843	0.0763

Durbin-Watson D 1.044
 (For Number of Obs.) 31
 1st Order Autocorrelation 0.472

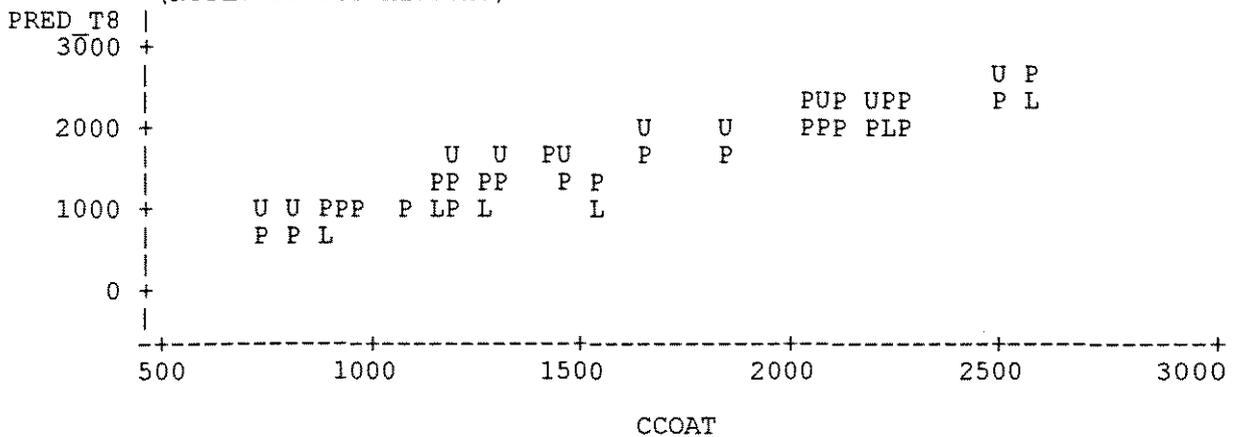
Obs	Dep Var CCOAT	Predict Value	Std Err Predict	Residual	Std Err Residual	Student Residual
1	735.0	812.9	65.349	-77.9080	130.093	-0.599
2	798.0	828.3	62.679	-30.2698	131.401	-0.230
3	877.0	851.8	64.215	25.2118	130.657	0.193
4	949.0	985.7	46.387	-36.6742	137.996	-0.266
5	932.0	1052.8	45.189	-120.8	138.393	-0.873
6	1075.0	1036.6	46.830	38.3847	137.846	0.278
7	1197.0	1117.2	57.121	79.7743	133.910	0.596
8	1151.0	1186.9	39.221	-35.8664	140.201	-0.256
9	1260.0	1201.0	46.266	59.0382	138.037	0.428
10	1532.0	1236.0	47.387	296.0	137.656	2.150
11	1542.0	1208.6	53.957	333.4	135.216	2.466
12	1270.0	1269.1	50.118	0.9211	136.685	0.007
13	1300.0	1367.6	43.345	-67.5626	138.982	-0.486
14	1461.0	1454.7	37.645	6.2622	140.633	0.045
15	1192.0	1497.5	46.134	-305.5	138.081	-2.212
16	1310.0	1460.9	42.907	-150.9	139.117	-1.084
17	1437.0	1638.7	43.071	-201.7	139.067	-1.450
18	1646.0	1802.5	36.224	-156.5	141.006	-1.110
19	2031.0	1987.6	55.083	43.3636	134.761	0.322
20	2064.0	2050.8	59.053	13.1849	133.069	0.099
21	2274.0	2021.9	61.487	252.1	131.962	1.910
22	2182.0	2061.1	61.841	120.9	131.797	0.917
23	1840.0	1825.5	44.926	14.5056	138.479	0.105
24	2106.0	2054.7	45.218	51.3373	138.384	0.371
25	2245.0	2185.7	40.762	59.2988	139.761	0.424
26	2056.0	2187.4	41.633	-131.4	139.504	-0.942
27	2101.0	2297.1	48.488	-196.1	137.272	-1.429
28	2256.0	2251.8	60.454	4.2177	132.439	0.032
29	2483.0	2394.6	57.540	88.4441	133.730	0.661
30	2569.0	2579.7	71.530	-10.6624	126.800	-0.084
31	2496.0	2460.6	70.772	35.3809	127.224	0.278

Obs	-2	-1	0	1	2	Cook's D
1		*				0.023
2						0.003
3						0.002
4						0.002
5		*				0.020
6						0.002
7				*		0.016
8						0.001
9						0.005
10				****		0.137
11				****		0.242
12						0.000
13						0.006
14						0.000
15		****				0.137
16		**				0.028
17		**				0.050
18		**				0.020
19						0.004
20						0.000
21				***		0.198
22				*		0.046
23						0.000
24						0.004
25						0.004
26		*				0.020
27		**				0.064
28						0.000
29				*		0.020
30						0.001
31						0.006

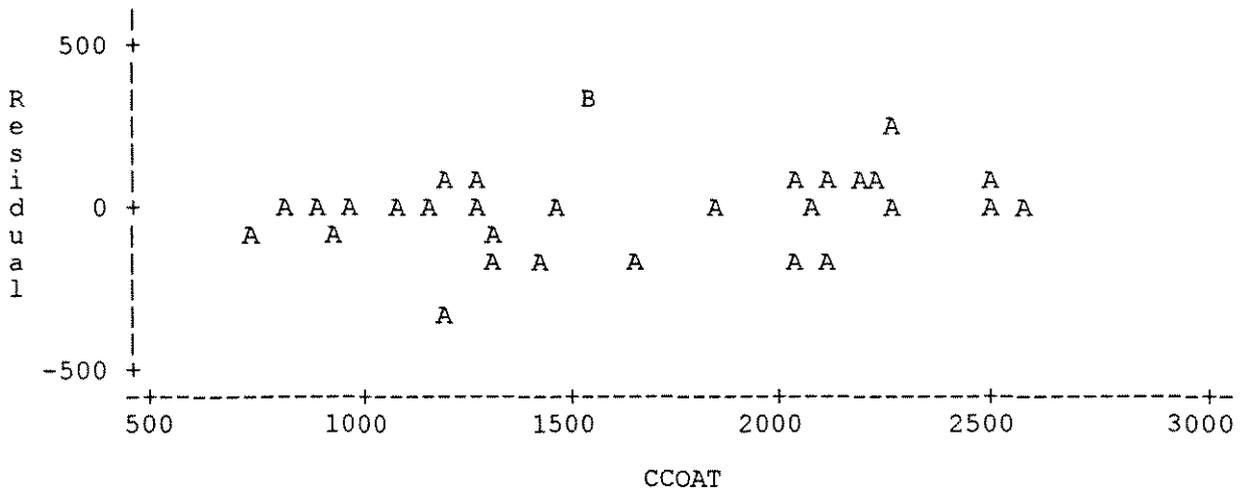
Sum of Residuals 0
Sum of Squared Residuals 572257.0322
Predicted Resid SS (Press) 740541.1683

Plot of PRED T8*CCOAT. Symbol used is 'P'.
Plot of L T8*CCOAT. Symbol used is 'L'.
Plot of U T8*CCOAT. Symbol used is 'U'.

(NOTE: 50 obs hidden.)



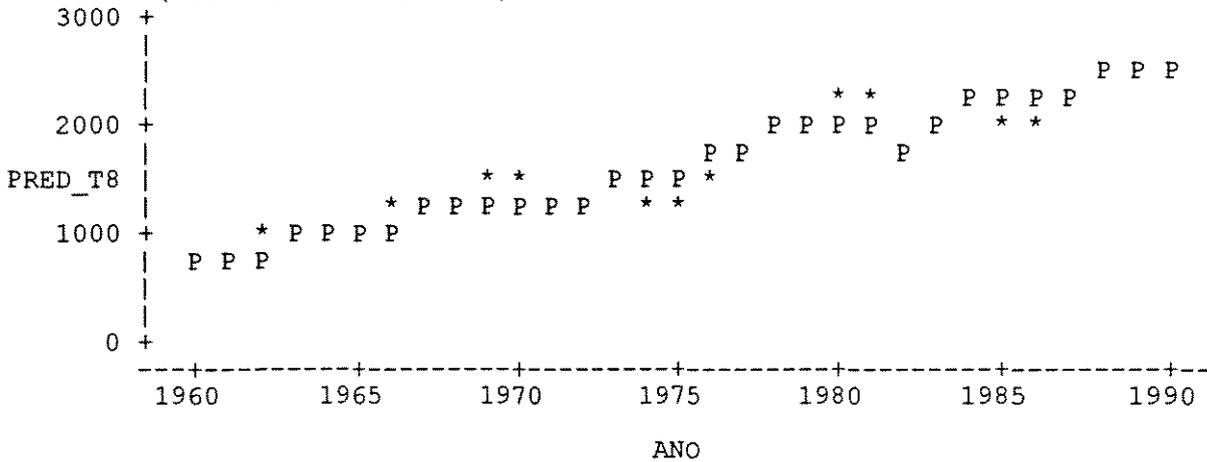
Plot of RES_T8*CCOAT. Legend: A = 1 obs, B = 2 obs, etc.



Plot of PRED_T8*ANO. Symbol used is 'P'.

Plot of CCOAT*ANO. Symbol used is '*'.

(NOTE: 20 obs hidden.)



Variable	Label	N	Mean	Std Dev
ERRO8		31	0.0664592	0.0657526
PRED_T8	Predicted Value of CCOAT	31	1624.74	541.2362055

Variable	Label	Minimum	Maximum
ERRO8		0.000725271	0.2562529
PRED_T8	Predicted Value of CCOAT	812.9080211	2579.66