

CAULIM E CARBONATO DE CÁLCIO: COMPETIÇÃO NA INDÚSTRIA DE PAPEL

*Eduardo Augusto de Carvalho
Salvador Luiz M. de Almeida*

MCT

CNPq

CETEM

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antonio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: José Israel Vargas

PRESIDENTE DO CNPq: José Galizia Tundisi
DIRETOR DE DESENV. CIENT. E TECNOLÓGICO: Marisa B. Cassim
DIRETOR DE PROGRAMAS ESPECIAIS: Ruy de Araújo Caldas
DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA: José Ubyrajara Alves
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO: Edmundo Antonio Taveira Pereira

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

Presidente: Roberto C. Villas Bôas

Vice-presidente: Juliano Peres Barbosa

Membros Internos: Fernando Freitas Lins; Paulo Sérgio M. Soares; Vicente Paulo de Souza

Membros Externos: Antonio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Antônio Eduardo Clark Peres; Celso Pinto Ferraz e Achilles J. Bourdot Dutra (suplente)

DIRETOR: Roberto C. Villas Bôas

DIRETOR ADJUNTO: Juliano Peres Barbosa

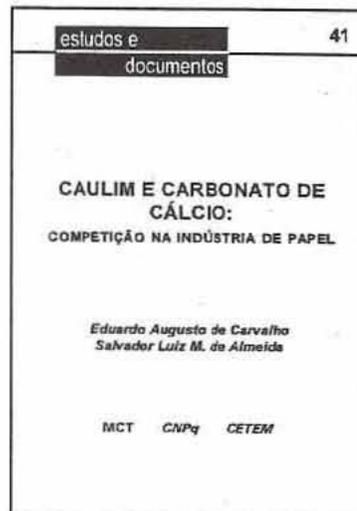
DEPTº DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (DTM): Fernando Freitas Lins

DEPTº DE METALURGIA EXTRATIVA (DME): Ronaldo Luiz C. dos Santos

DEPTº DE QUÍMICA ANALÍTICA E INSTRUMENTAL (DQI): Maria Alice C. de Góes

DEPTº DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (DES): Carlos César Peiter

DEPTº DE ADMINISTRAÇÃO (DAD): Antônio Gonçalves Dias



ISSN - 0103-6319

Eduardo Augusto de Carvalho
*Engenheiro Metalúrgico, 1994, UFRJ e M.Sc., 1996,
COPPE/UFRJ. Bolsista PCI do CETEM.*

Salvador Luiz M. de Almeida
*Engenheiro Metalúrgico 1966, UFRJ, M.Sc., 1994,
EPUSP, USP. Pesquisador-Titular do CETEM.*

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

 **CNPq**
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

1997

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Ronaldo Luiz C. dos Santos

Conselheiros Internos

Maria Laura T. M.G. C. Barreto, Carlos César Peiter, Francisco E. de Vries Lapidó Loureiro, Francisco R. C. Fernandes

Conselheiros Externos

Luís Henrique Sanchez (USP), J. R. Andrade Ramos (UFRJ), Eduardo C. Damasceno (USP), Saul Barisnik Suslick (UNICAMP), Abraham Benzaquem Sicsu (Fundação Joaquim Nabuco), Helena Maria Lastres (IBICT), Hildebrando Herrmann (UNICAMP), Rupen Adamian (COPPE/UFRJ)

A **Série Estudos e Documentos** publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos e de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minero-metalúrgica.

Celso de O. Santos COORDENAÇÃO EDITORIAL
Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Carvalho, Eduardo Augusto de

Caulim e carbonato de cálcio: competição na Indústria de papel/Eduardo Augusto de Carvalho/Salvador L. M. de Almeida - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1997.

26 p. (Série Estudos e Documentos, 41)

1. Papel-Indústria. 2. Carbonato de Cálcio. 3. Caulim. I. Salvador Luiz Matos de Almeida. II Centro de Tecnologia Mineral. III. Título. IV. Série.

ISBN 85-7227-114-7

ISSN 0103-6319

CDD 676.2

APRESENTAÇÃO

Caulim e carbonato de cálcio são insumos da indústria papelreira. Esta monografia apresenta uma discussão bastante abrangente voltada para o leitor técnico, e mesmo leigo, que tenha um interesse específico sobre suas aplicações, suas razões de utilização e tendências de aumento de consumo, levando em conta alterações tecnológicas e restrições ambientais.

Rio de Janeiro, dezembro de 1997.

Roberto C. Villas Bôas
Diretor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. CAULIM	5
3. CARBONATO DE CÁLCIO	10
4. UTILIZAÇÃO DO PAPEL	13
4.1 Carga (filler)	13
4.2 Cobertura (coating)	14
5. OFERTA E DEMANDA	15
5.1 Caulim	15
5.2 Carbonato de Cálcio	20
6. CAULIM X CARBONATO DE CÁLCIO	23
7. PREÇOS	25
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

Até bem pouco tempo atrás, o carbonato de cálcio, apesar de possuir alvura, viscosidade e granulometria condizentes para utilização como carga e/ou cobertura de papéis, não era utilizado pela indústria de papel em virtude de sua instabilidade em meios ácidos. Quando a indústria de papel, visando um papel mais branco, de melhor qualidade e que não degradasse com o tempo, modificou a sua rota de produção de papel de um meio ácido para um meio alcalino, o caminho para utilização do carbonato de cálcio foi aberto. Por ser mais branco, menos viscoso e, principalmente, por ser mais barato do que os seus competidores, as indústrias européias passaram a substituir o caulim, até então o mineral industrial mais utilizado, pelo carbonato de cálcio, ocasionando uma acirrada disputa de mercado pelos fabricantes desses dois minerais.

Com o passar do tempo, começou a se observar que a substituição não poderia ser completa, apesar da maior alvura (reflexão a uma luz de comprimento de onda de 457 nm) o papel revestido apenas com carbonato de cálcio, não possui brilho, uma das características principais desse tipo de papel, tornando necessária uma mistura dos dois minerais, em proporções definidas pelo próprio fabricante de papel.

No Brasil, a mudança para a produção em meio alcalino é mais recente. Tal mudança, aliada ao início de operações de novos produtores de caulim para revestimento (Mineração de Caulim Monte Pascoal, Rio Capim Caulim e Pará Pigmentos), fez com que o fabricante de papel brasileiro não ficasse restrito a apenas uma formulação da tinta de revestimento. Hoje, ele pode fazer a mistura que melhor se adapte a sua máquina de revestimento e ao tipo de papel que deseja produzir, podendo utilizar diferentes tipos e proporções de caulim e de carbonato de cálcio, produzidos no Brasil.

Este ensaio tem como objetivo comparar o uso do caulim e do carbonato de cálcio na fabricação do papel, levando em consideração, além do aspecto final do produto, aspectos econômicos e ambientais. São descritas as definições, os tipos, as características, as propriedades e as principais funções de ambos minerais no processo de fabricação do papel comum e/ou revestido. São mostrados dados de oferta, demanda, reservas, produção e consumo. Por fim, apresenta-se os preços praticados e uma previsão para a divisão do mercado no início do próximo século.

2. CAULIM

O termo caulim é utilizado tanto para denominar a rocha que contém o mineral caulinita, quanto ao produto resultante do beneficiamento da mesma. A caulinita, seu principal constituinte, é um silicato de alumínio hidratado que apresenta a seguinte fórmula química: $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$.

Os caulins são resultantes da alteração de silicatos de alumínio, particularmente dos feldspatos e podem ocorrer em dois tipos de depósitos: primário ou residual e secundário.

Os caulins primários são resultantes da alteração de rochas "in situ". A alteração pode ser decorrente da circulação de fluídos quentes provenientes do interior da crosta, da ação de emanções vulcânicas ácidas ou da hidratação de um silicato anidro de alumínio, seguido da remoção de alcális.

Os caulins secundários são formados pela deposição de materiais transportados por correntes de água doce. As várias origens geológicas do caulim resultam em diferenças notáveis na composição mineralógica, principalmente nos componentes não argilo-minerais^[1]. Outra característica dos caulins secundários é a granulometria mais fina dos argilos-minerais (maior quantidade de partículas abaixo de 2 μ m).

As características que fazem com que o caulim seja bastante utilizado na produção do papel são apresentadas a seguir:

- é quimicamente inerte numa faixa considerável de pH (3 a 9);
- é praticamente branco;
- possui alvura elevada;
- apresenta baixa condutividade térmica e elétrica;

- é macio e pouco abrasivo;
- é facilmente disperso em água;
- apresenta capacidade de cobertura quando utilizado como pigmento, e pode substituir as fibras da celulose quando aplicado na forma de carga, e
- é compatível com praticamente todos os adesivos (proteína, caseína), devido à sua insolubilidade e inércia química.

Os caulins utilizados pela indústria de papel podem ser classificados em quatro categorias: *Premium*, *Standard*, *Especiais* e *Carga*.

Os caulins do tipo *Premium* são utilizados em papéis revestidos dos tipos # 1 e # 2. Esses papéis são utilizados em impressões de elevada qualidade, alta definição de cores e alto brilho, como por exemplo em capas de revistas de circulação mais restrita, *folders* de empresas e outros. A Tabela 1 apresenta as propriedades necessárias para os caulins utilizados nesses tipos de papéis.

Tabela 1 - Propriedades dos Caulins, de elevada alvura, do tipo *Premium* [2]

Propriedades	nº 1	nº 1, fino	nº 2
Alvura, ISO, %	88,0-89,5	88;5-90,5	88,0-89,0
Tamanho da partícula, % < 2 µm	90-92	96-100	80-84
Área superficial, m ² /g	13	22	12
Resíduo máximo em 44 µm, %	0,01	0,01	0,01
Umidade máxima, %	1,0	1,0	1,0
pH (28 % de sólidos)	6,0-7,5	6,0-7,5	6,0-7,5
Viscosidade Brookfield, 20 rpm, mPa.s	350	350	350
% de sólidos	70,0	70,0	70,0

As propriedades necessárias para os papéis revestidos dos tipos # 3 e # 4 são menos críticas, no entanto ainda é necessária uma boa superfície de impressão. Caulins do tipo *Standard*, Tabela 2, são usados neste tipos de papéis.

Para utilização no papel revestido do tipo # 5, a alvura não é necessariamente tão elevada quanto nos tipos anteriores, no entanto deve apresentar melhores propriedades de cobertura, suavidade e impressão. Um exemplo deste tipo de papel é o LWC (*Lightweight coated paper*). Os papéis LWC são muito utilizados nas revistas de grande circulação e em catálogos de venda por correio, sendo necessária uma menor gramatura do papel devido a custos de postagem. O caulim utilizado neste tipo de papel deve ser capaz de: produzir um revestimento mais fino; apresentar um bom poder de cobertura e boa suavidade; e gerar uma boa qualidade de impressão, tudo isso a um baixo custo.

Tabela 2 - Propriedades dos Caulins do tipo *Standard* [2]

Propriedades	nº 1	nº 1, fino	nº 2
Alvura, ISO, %	84,0-85,0	85,0-86,5	84,0-85,0
Tamanho da partícula, % < 2 µm	90-92	94,97	80-84
Área superficial, m ² /g	13	22	12
Resíduo máximo em 44 µm, %	0,01	0,01	0,01
Umidade máxima, %	1,0	1,0	1,0
pH (28 % de sólidos)	6,0-7,5	6,0-7,5	6,0-7,5
Viscosidade Brookfield, 20 rpm, mPa.s	350	350	350
% de sólidos	70,0	70,0	70,0

Os caulins especiais podem ser de dois tipos: delaminado e calcinado. Os caulins delaminados são resultantes do cisalhamento de partículas agrupadas na forma de pilhas, sendo que estas são separadas através de uma moagem a úmido, sendo a carga moedora constituída de esferas de sílica. A delaminação produz um caulim com um alto fator forma (*aspect ratio*), além de apresentar uma melhor capacidade de

cobertura, propriedades estas muito importantes na produção de papéis do tipo LWC.

Os caulins calcinados são produzidos através do tratamento térmico do caulim. É possível a obtenção de dois produtos: o caulim parcialmente calcinado e o caulim de calcinação completa.

O caulim parcialmente calcinado é obtido após um tratamento térmico entre 650-700°C, procurando remover, apenas, os grupos estruturais de hidroxila. A alta viscosidade do produto gerado limita a utilização em 30 % do total da tinta de revestimento. A adição do caulim parcialmente calcinado provoca um aumento da opacidade, reduz a queda de alvura e da opacidade ocorridas durante a calandragem e melhora a absorção da tinta e a impressão final. Estas propriedades são muito vantajosas no papel LWC, onde a maior opacidade gerada se mostra extremamente atraente.

O caulim de calcinação completa - é obtido quando o tratamento térmico ocorre entre 1000 e 1050°C. Nesta temperatura, a caulinita muda de fase passando para uma mistura de mulita, cristobalita e sílica-alumina. Essa mudança de fase provoca um aumento no índice de refração (de 1,56 para 1,62), na opacidade e principalmente na alvura do caulim. Porém, observa-se uma elevação na viscosidade e na abrasividade, limitando assim a sua aplicação.

O caulim utilizado como carga apresenta propriedades distintas daquele utilizado como cobertura. A principal razão para utilização da carga no papel é a melhoria das propriedades óticas do papel, como alvura e opacidade. Outro ponto importante é a redução do custo de fabricação do papel, visto que a carga mineral pode substituir as fibras de celulose, gerando, inclusive, uma folha de papel de melhor qualidade. A Tabela 3 apresenta propriedades típicas de caulins utilizados como carga.

Tabela 3 - Propriedades típicas de caulins utilizados como carga na indústria de papel

Propriedades	Carga
Alvura, ISO, (%)	76-82
Tamanho de partícula, % <2 µm	62-95
Área superficial, m ² /g	15-22
Resíduo máximo em 44 µm, %	0,3-0,4
pH (28 % de sólidos)	5,0-8,0

3. CARBONATO DE CÁLCIO

O carbonato de cálcio utilizado pela indústria de papel apresenta duas origens: o natural, moído a partir do carbonato de cálcio natural (mais conhecido como GCC - *Ground Calcium Carbonate*) e o precipitado (mais conhecido como PCC - *Precipitate Calcium Carbonate*).

O carbonato de cálcio natural (GCC) é formado essencialmente por calcita (CaCO_3) e/ou aragonita, mineral esse com a mesma composição química da calcita, mas com estrutura cristalina ortorrômbica ao invés da hexagonal da calcita. Além de apresentar partículas maiores, o carbonato de cálcio natural apresenta uma distribuição granulométrica mais grossa do que o carbonato de cálcio precipitado. As propriedades que fazem com que o carbonato de cálcio natural seja utilizado pela indústria de papel são apresentadas a seguir:

- fácil dispersão;
- superfície hidrofílica;
- alto valor de alvura;
- poder elevado de reforçador, quando utilizado como carga;
- baixos índices de dureza e abrasão;
- baixa viscosidade a alto cisalhamento, e
- boa opacidade.

Por muito tempo, a utilização do carbonato de cálcio na produção do papel ficou limitada pela sua instabilidade em meio ácido. As aparas de papel e as sobras resultantes da parada da máquina produtora de papel para manutenção, são normalmente reprocessadas. Quando tal material, conhecido como quebra, apresenta carbonato de cálcio, torna-se necessário um tratamento especial, em meio ácido, para a sua

reciclagem. No entanto, a mudança do processo de fabricação do papel, de ácido para alcalino, eliminou a necessidade desse tratamento, diminuindo os custos e permitindo a utilização do carbonato de cálcio, tanto como carga quanto cobertura, no processo de fabricação do papel.

A obtenção do GCC pode ser feita por um beneficiamento, tanto a seco quanto a úmido, dependendo do destino final do produto. O processamento a seco é utilizado quando se deseja um produto na faixa de 2-3 μm , sendo que abaixo deste tamanho o material tende a se aglomerar, o que torna difícil o manuseio e a classificação. Já o processamento a úmido é utilizado quando se deseja obter um produto ultrafino (<2 μm) ou quando o produto final é utilizado na forma de polpa, como aquela também utilizada na indústria de tintas. O beneficiamento do GCC envolve as etapas de britagem, moagem, classificação granulométrica, moagem autógena, flotação e tratamento de superfície.

O carbonato de cálcio precipitado (PCC) é obtido através da hidratação da cal (CaO), obtendo-se um produto denominado leite de cal (Ca(OH)_2). Logo após, é feita a carbonatação (CO_2) do leite de cal, obtendo-se um produto que pode ser aragonita ou calcita. A rocha calcária, que mediante a calcinação deu origem à cal, não necessita inicialmente de uma alvura natural elevada (até 80%, ISO) no entanto, deve apresentar uma boa pureza química, ou seja, deve ser isenta de minerais multivalentes como manganês e ferro, responsáveis pela redução da alvura^[3].

A Tabela 4 apresenta um resumo das propriedades físicas dos dois tipos de carbonato utilizados pela indústria de papel: o GCC e o PCC.

Tabela 4 - Propriedades físicas dos pigmentos de carbonato de cálcio^[4]

Propriedades	Natural (GCC)		Precipitado (PCC)	
	fino	ultrafino	calcita	aragonita
Peso específico (g/cm ³)	2,71	2,71	2,71	2,93
Dureza (Mohs)	3,0	3,0	3,0	3,5
Temperatura de decomposição (°C)	800-900	800-900	800-900	800-900
Abrasão (mg)	25	10	5	8
Alvura (% , ISO)	93,5	94,5	96,5	97,5
Absorção de óleo (cm ³ /100g)	13	23	30	55
Área Superficial (m ² /g)	3,2	9,6	6,8	8,5

4. UTILIZAÇÃO NO PAPEL

4.1 Carga (*filler*)

Na produção de papel, o caulim e o carbonato de cálcio são incorporados à massa fibrosa, de modo a reduzir a quantidade de polpa de celulose necessária para produção do papel, além de ocasionar melhorias nas características de impressão, como receptividade à tinta e impermeabilidade.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de carga utilizada para diferentes tipos de papel. A quantidade de carga a ser adicionada à massa fibrosa é limitada. A partir de um certo nível de adição, a resistência do papel diminui devido a interferência dos minerais com as ligações das fibras. Tal fato também pode existir quando ocorre a presença de partículas com tamanhos excessivamente pequenos^[1], ou seja menores que 2 µm.

Tabela 5 - Quantidade de carga utilizada em diferentes tipos de papel^[5]

Tipo de papel	Quantidade de carga (%)
Papel para revistas e jornais	0-12
Oriundo de pasta mecânica, não-revestido	0-35
Oriundo de pasta mecânica, revestido	30-50
Oriundo de pasta química, revestido	25-50
Oriundo de pasta química, não revestido	15-30

4.2 Cobertura (coating)

A cobertura mineral é utilizada quando se torna necessária uma superfície menos absorvente e rugosa, e, também, mais branca, brilhante, opaca (ou seja, que no verso do papel não se observe a tinta de impressão) e com maior receptividade à tinta do que o papel sem cobertura. Essa é aplicada à superfície do papel na forma de uma polpa, denominada tinta, constituída por uma suspensão água/caulim (cerca de 70 % de sólidos) e um ligante sintético.

O tamanho das partículas é, sem dúvida, um dos parâmetros mais importantes para que os minerais sejam utilizados como cobertura, já que esta é responsável pela maciez, brilho e capacidade de impressão da folha acabada. A viscosidade é outro parâmetro também importante. As modernas máquinas de revestimento do papel utilizam velocidades elevadas, 1000-1500 m/min, o que torna necessário uma cobertura de baixa viscosidade a alto cisalhamento, evitando assim rasgos e revestimentos não homogêneos.

Apesar da possibilidade de uso do carbonato de cálcio em papéis alcalinos, para papéis revestidos é necessária uma mistura com caulim, uma vez que o revestimento apenas com carbonato de cálcio se apresenta muito fosco, diferente daquele revestido com caulim. Uma cobertura contendo 70 % de carbonato e 30 % de um caulim de alto brilho, apresenta o mesmo efeito de uma folha revestida com 100 % de caulim, além de custar menos. Esta é uma das principais razões, pelas quais os caulins americanos e brasileiros são importados pelas indústrias de papel da Europa. Isto também mostra um grau de interdependência desses dois minerais^[5].

5. OFERTA E DEMANDA

5.1 Caulim

As reservas mundiais de caulim estão concentradas principalmente em cinco países: Estados Unidos, Brasil, Inglaterra, Austrália e Rússia. Na Tabela 6 são apresentadas as reservas estimadas de caulim nas diversas regiões do mundo.

Os Estados Unidos apresentam a maior e mais significativa reserva de caulim do mundo^[6], sendo que as principais se concentram principalmente no estado da Georgia.

No Brasil, as reservas estão localizadas principalmente nos estados do Amapá, Pará, São Paulo, Bahia e Minas Gerais. As reservas de caulim do tipo carga estão localizadas principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais, enquanto que para o caulim do tipo cobertura as reservas se situam nos estados do Amapá, do Pará e Bahia. A Tabela 7 apresenta as principais reservas nacionais de caulim do tipo cobertura.

Tabela 6 - Reservas mundiais de caulim^[7]

Regiões	Reservas	
	(10 ⁹ t)	(%)
América do Norte	7,2	36,5
América Latina	1,3	6,6
Ásia	1,2	6,1
Oceania	0,4	2,1
Europa	3,0	15,2
Outros	6,6	33,5
Total	19,7	100,0

Tabela 7 - Principais reservas brasileiras de caulim do tipo cobertura^[6]

Jazida	Município	Estado	Titular do direito de lavra	Reserva (10 ⁶ t)
Morro do Felipe	Laranjal do Jari	Amapá	CADAM	260
Berenice/Serra Azul /Almeirim/Caracuru	Almeirim	Pará	CVRD	117
Rio Capim	Ipixuna	Pará	CPRM (DNPM)	105
Rio Capim	Ipixuna	Pará	Pará Pigmentos	70
Rio Capim	Ipixuna	Pará	Rio Capim Caulim	120
Fazenda Vale Verde	Prado	Bahia	Monte Pascoal	60
Total				732

A produção mundial de caulim destinado à indústria de papel, em 1994, foi da ordem de 23 milhões de toneladas, valor considerado como razoável, mas ainda abaixo dos 25 milhões de toneladas ocorrido em 1989. A recessão global e a mudança do processo de fabricação do papel, de ácido para neutro ou alcalino, foram as principais razões para a redução do crescimento da produção^[8]. A Tabela 8 apresenta os dados da produção mundial de 89 a 94, onde pode-se verificar o crescimento de 33% da produção brasileira nesse período, representando cerca de 3,0% da produção mundial de caulim, em 1994. Vale ressaltar que a Tabela 8 apresenta dados globais de caulins, e não apenas aqueles destinados à indústria de papel.

Existe uma tendência entre os atuais produtores de caulim, principalmente nos Estados Unidos, em intensificar os estudos no desenvolvimento de produtos especiais de alta qualidade, direcionados para a indústria de papel. Tal estratégia deve-se à tentativa de manter o domínio dos produtores americanos no mercado, pressionados ultimamente pelo crescimento acelerado da mudança do processo de produção de papel para rota alcalina, e também pelo surgimento de dois novos produtores, Rio Capim Caulim S.A. (RCC) e Pará Pigmentos S.A. (PPSA), de caulim de alta qualidade no Brasil.

Tabela 8 - Produção mundial de caulim beneficiado no período de 1989 a 1994 (10³ t)^[9, 10]

País	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Estados Unidos	8.974	9.143	9.553	8.064	8.830	8.770
Inglaterra	3.139	3.037	2.911	2.502	2.577	2.654
Brasil	714	710	730	811	900	953
Rússia	2.000	1.800	1.600	1.300	1.000	800
Austrália	260	363	376	300	241	250
Outros	12.173	12.475	12.475	13.047	13.002	18.133
Total	27.260	27.528	27.645	26.024	26.550	31.310

A produção brasileira de caulim, dos tipos carga e cobertura, utilizados pela indústria de papel, em 1995, foi de 1,1 milhão de toneladas, o que representou um crescimento de cerca de 12 % em relação ao ano anterior. Os principais produtores de caulim, em 1995, foram: CADAM¹ (50%), localizada na divisa dos estados do Amapá e do Pará; ECC do Brasil e Horii, localizados em Mogi das Cruzes, SP; Caulisa, PB; e Empresa de Caulim, MG. A Tabela 9 apresenta a produção em 1995 dos principais produtores brasileiros de caulim. A produção brasileira de caulim cresceu recentemente, devido, principalmente, à expansão da capacidade de produção da CADAM, maior produtor brasileiro de caulim, para 800.000 tpa^[11] e o início de operação, na segunda metade de 1996, dos dois novos produtores brasileiros de caulim de alta qualidade: PPSA e RCC, com produções previstas para 1997 de 200.000 tpa e 560.000 tpa^[12], respectivamente.

Tabela 9 - Produção de caulim beneficiado das principais empresas produtoras de caulim no Brasil, em 1995^[10]

Empresa	Localização	Aplicação	Produção (t)
CADAM	Monte Dourado, PA	Cobertura	632.882
ECC do Brasil	Mogi das Cruzes, SP	Carga, cerâmica	128.000
Horii	Mogi das Cruzes, SP	Carga	119.000
Caolim	Ubá, MG	Carga	66.255

A Europa se apresenta como a maior região consumidora de caulim no mundo. Tal fato é atribuído à grande concentração de indústrias de papel, principal consumidora, nessa região. Pode-se observar também, na Tabela 10, que, além da Europa, a América do Norte, a América Latina e a Ásia apresentam um papel de destaque. Na América Latina, no entanto, o consumo de caulim para cerâmicas e refratárias é maior do que o consumo das indústrias de papel.

Tabela 10 - Consumo mundial total de caulim por região, em 1994^[7]

Consumo total: 31 milhões de toneladas	
Região	(%)
Europa	31
América do Norte	20
América Latina	24
Ásia	20
Outros	5

Em termos de países, os Estados Unidos são de longe o maior consumidor de caulim no mundo, com um consumo aparente em 1994 de 6,5 milhões de toneladas. O consumo de caulim nos Estados Unidos se recuperou fortemente da recessão econômica ocorrida no início da década de 80. A demanda cresceu de 4,7 milhões de toneladas, em 1982, para um pico de 7,7 milhões de toneladas, ocorrido em 1990. Após 1991, o consumo caiu ligeiramente, como consequência novamente da recessão ocorrida nos principais países industrializados. A Tabela 11 apresenta o consumo da indústria

de papel, por tipo, nos Estados Unidos, e o consumo mundial de caulim, no período de 1986 a 1994.

A Coréia do Sul se apresenta como a maior consumidora de caulim na Ásia, com um consumo de 2,8 milhões de toneladas em 1994^[7], utilizados principalmente para produção de papéis de alta qualidade, sendo a produção de papel do tipo LWC muito reduzida. Além da Coréia do Sul, Taiwan e o Japão são fortes consumidores de caulim na Ásia, com consumos de 1,8 e 0,7 milhão de toneladas, respectivamente.

Tabela 11 - Consumo de caulim pela indústria de papel, nos Estados Unidos e no mundo, no período de 1986 a 1994^[7]

Período	EUA			Mundo
	Cobertura (10 ³ t)	Carga (10 ³ t)	Indústria de Papel carga + cobertura (10 ³ t)	Total (10 ³ t)
1986	2.101	1.217	3.318	6.417
1987	2.256	1.220	3.476	6.493
1988	2.483	1.480	3.963	7.348
1989	2.569	1.561	4.130	7.360
1990	2.496	1.358	3.854	7.713
1991	2.604	1.057	3.661	7.621
1992	2.675	1.144	3.819	6.257
1993	2.510	878	3.388	6.630
1994	2.630	917	3.547	6.500

No Brasil, o consumo interno aparente vem apresentando crescimento desde 1993, sendo que a produção de papéis e cartões revestidos cresceu aproximadamente 19%, devido à melhoria da atividade econômica do país e ao início das operações da INPACEL, primeira fábrica brasileira de grande porte a produzir papel do tipo LWC^[13]. A Tabela 12 apresenta o consumo brasileiro aparente de caulim nos últimos três anos.

Estima-se para o ano 2002 uma demanda mundial de aproximadamente 9 milhões de toneladas de caulim. A Tabela 13 apresenta uma estimativa de demanda mundial para o ano de 2002. Pode-se observar que a Europa e América do Norte, juntas, representarão 80 % do consumo mundial de caulim.

Tabela 12 - Consumo aparente de caulim no Brasil, no período de 1993 a 1995^[9]

Período	Consumo Aparente ¹ (t)
1993	244.761
1994	339.504
1995	492.854

¹ Consumo aparente = Produção + Importação - Exportação

Tabela 13 - Estimativa da demanda mundial de caulim como cobertura no ano 2002^[14]

Região	Demanda (10 ⁶ t)	(%)
Europa	3,60	40,6
América do Norte	3,50	39,4
Ásia	1,42	16,0
Outros	0,35	4,0
Total	8,87	100,0

5.2 Carbonato de Cálcio

Na Europa, a utilização do processo alcalino na produção do papel teve início já na década de 70, enquanto que, nos Estados Unidos, a mudança passou a ter impulso a partir do final da década de 80. Em 1990, 86 % dos papéis revestidos (4 milhões de toneladas) nos Estados Unidos eram originários do processo alcalino, enquanto 66 % dos papéis sem revestimento (cerca de 9 milhões de toneladas) eram igualmente produzidos via esse processo^[3].

Existe uma grande dificuldade de se obter dados precisos sobre a produção de carbonato de cálcio no mundo. Estima-se que, na Europa, o consumo de carbonato de cálcio como carga na produção de papel é da ordem de 1,5-2,0 milhões de toneladas, dos quais estima-se que 450 mil toneladas sejam de carbonato de cálcio precipitado (PCC). Nos próximos cinco anos, espera-se que a produção de PCC seja superior a 1

milhão de toneladas. Nos Estados Unidos, a demanda continuará a crescer até o ano 2000, apesar de não apresentar a mesma taxa de crescimento da última década, quando a produção foi quadruplicada. Na Europa, a demanda pelo PCC também será maior, no entanto em uma escala bem menor, devido à alta qualidade do carbonato de cálcio natural (GCC) europeu. A Tabela 14 apresenta uma comparação do consumo de carbonato de cálcio como carga e cobertura na indústria de papel da Europa Ocidental em 1980 e 1994.

Tabela 14 - Consumo de carbonato de cálcio na indústria de papel da Europa Ocidental, em 1980 e 1994^[14]

Uso de carbonato de cálcio	Consumo		Crescimento médio anual (%)
	1980 (10 ³ t)	1994(10 ³ t)	
Carga	200	1.500	15,5
Cobertura	300	2.200	15,3

Os principais produtores de GCC na Europa são ECC International, Inglaterra, e Plüss-Staufner AG, Suíça^[15]. Em termos de PCC, há um grande número de produtores cuja produção é destinada mais para a aplicação em polímeros e plásticos do que no papel.

Cerca de 2/3 da produção de GCC nos Estados Unidos estão concentrados em 10 empresas. Algumas dessas empresas, além de serem produtoras de GCC, são também produtoras de caulim, como a ECCI e J.M. Huber. Os dois maiores produtores de GCC, com capacidade de produção superior a 1 milhão tpa, são a ECC International e a Georgia Marble Co.^[15]. No que diz respeito ao PCC, o mercado americano é controlado pela Specialty Minerals, que apresenta uma capacidade de produção de aproximadamente 1,2 milhão tpa, distribuídas ao longo de suas 40 usinas existentes nos Estados Unidos. Além dessa, destacam-se como produtores de PCC: a ECC International, com 5 usinas em operação; a Continental Lime; Faxe Kall; Mississippi Lime Co., e Solvay Cie SA.

O consumo projetado de GCC para a indústria de papel, em 1994, foi de 450 mil toneladas, tendo um crescimento previsto de 10 % ao ano para os próximos cinco anos^[16].

No Brasil, as principais empresas que controlam a produção de carbonato de cálcio utilizado pela indústria de papel são: ECC do Brasil, MTI (Mineral Technologies Inc.)^[16], QUIMBARRA (Química Industrial Barra do Piraí), Pulver do Nordeste Ltda, Minerosul Indústria e Comércio^[17] e a Empresa de Mineração Horii Ltda. A Tabela 15 apresenta a produção brasileira de 1995 de carbonato de cálcio.

Tabela 15 - Produção brasileira de carbonato de cálcio, GCC e PCC, em 1995 ^[16, 17, 18]

Empresa	Planta	GCC (tpa)	PCC (tpa)
ECC do Brasil	Mogi das Cruzes, SP e Campos, RJ	32.000	
Horii	Bodoquema, MS	24.100	
Minerosul	C. de Itapemirim, ES	84.000	
Pulver do Nordeste	Maruím	24.000	
Quimbarra	Barra do Piraí, RJ	24.000	24.000
	Árcos, MG		96.000
	RIPASA*, SP		60.000
	PIRAÍ*, RJ		22.000

* usinas satélites

A ECC do Brasil até bem pouco tempo atrás era a única empresa brasileira capaz de fornecer, ao mesmo tempo, GCC e PCC. As suas reservas de carbonato de cálcio estão localizadas em Cachoeiro de Itapemirim, ES, no entanto, o beneficiamento é realizado em Mogi das Cruzes. A MTI opera no Brasil com três usinas satélites de PCC^[17].

6. CAULIM X CARBONATO DE CÁLCIO

Em 1990, o caulim foi responsável por 65% dos insumos minerais necessários para produção de papel. Estima-se que, no ano 2000, esse nível cairá para 35 %, enquanto o carbonato de cálcio será responsável por 42% desses insumos^[13]. Na Europa, o carbonato já responde, hoje, por 50% do consumo de minerais pela indústria de papel, e espera-se, para o ano 2000, que esse valor passe para 60%^[6].

A tendência por um papel com mais brilho, mais claro e mais opaco tem como consequência um aumento do consumo dos minerais responsáveis por tais propriedades, como o caulim e o carbonato de cálcio. Na utilização dos minerais como carga de papel, o baixo custo e a maior alvura fez com que o carbonato de cálcio passasse a dominar esse segmento, na maior parte do mundo. Já para utilização como cobertura, o carbonato de cálcio não é capaz de fornecer brilho ao papel, propriedade muito importante quando se trata de papéis revestidos de alta qualidade. Faz-se necessário então, uma mistura com caulim, em proporções que podem variar de acordo com o tipo de papel que se deseja. A Tabela 16 apresenta um perfil da mistura Caulim - Carbonato de Cálcio utilizada nas diversas partes do mundo.

Tabela 16 - Perfil, atual e previsto para o ano 2000, da mistura Caulim - Carbonato de Cálcio nas diversas partes do mundo^[14]

Região	Caulim - Carbonato de Cálcio	
	Atual	Ano 2000
Japão	70:30	60:40
Coréia	70:30	50:50
Taiwan	80:20	50:50
Estados Unidos	60:40	50:50
Europa	40:60	30:70

No entanto a disputa não ficou restrita apenas ao caulim e ao carbonato de cálcio. Uma outra batalha surgiu entre os dois tipos de carbonatos: o GCC e o PCC. O PCC apresenta como principais vantagens: melhores propriedades físicas, como alvura e opacidade, e a possibilidade de produção em usinas satélites localizadas dentro da indústria de papel. Essas propriedades físicas do PCC permitem que este seja utilizado em menor quantidade como carga do que se fosse utilizado apenas o GCC, além de apresentar uma maior opacidade. As usinas satélites apresentam, como grande vantagem, a possibilidade de se alterar as especificações do produto de acordo com as necessidades do cliente. Além disso, as usinas satélites representam uma grande redução dos custos, eliminando a necessidade de transportar o carbonato de cálcio na forma de polpa para a indústria de papel. A elevada viscosidade impede a utilização do PCC no revestimento do papel, já que problemas de retenção e secagem ocorrem quando se torna necessário a utilização de tintas de revestimento com baixas concentrações de sólidos. No entanto, estudos de modificação da estrutura cristalina estão sendo realizados, de modo que o PCC possa competir com o GCC, também como cobertura de papel. Outro problema em relação ao PCC é que para um papel produzido com uma quantidade superior a 15 % de carga mineral, ocorrem problemas de secagem e aumento da retenção de água, o que conduz a uma produção menor e um aumento no custo de secagem. A tendência atual é de misturar o GCC com o PCC. O PCC é utilizado devido à melhor opacidade, enquanto o GCC é utilizado para reduzir os custos e manter as velocidades de produção, devido à sua baixa viscosidade. A proporção GCC:PCC varia de acordo com o tipo de papel que se deseja. Para papéis comuns, utiliza-se uma proporção de 75:25, enquanto que para papéis revestidos, a proporção é de 50:50.^[17]

7. PREÇOS

A grande concentração de jazidas de carbonato de cálcio, de boa qualidade, é a principal razão do baixo preço do GCC praticado na Europa. A Tabela 15 apresenta um perfil dos preços, de caulim e do carbonato de cálcio, praticados na Europa, Ásia e nos Estados Unidos.

Tabela 15 - Perfil dos preços de caulim e carbonato de cálcio praticados nos Estados Unidos, Europa e Ásia^[14]

Tipo	Estados Unidos (US\$/t)	Europa (US\$/t)	Ásia (US\$/t)
Caulim Hidratado	66-171	140-200	140
Caulim Delaminado	88-105		226-247
Caulim Carga	75-90		
Caulim Calcinado	385-496	450-650	510-575
Carbonato de cálcio			
PCC cobertura	165-218		
GCC cobertura	110-141	85-190	

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo os autores, devido à melhor qualidade do produto final e também por questões ambientais, é previsível que, em breve, o processo de produção de papel será apenas por meio alcalino ou neutro. Este fato apresenta como consequência um aumento considerável do consumo de carbonato de cálcio e uma diminuição do consumo de caulim por esse segmento da indústria, quando utilizado como carga de papel. Para a cobertura do papel, pode-se observar que, atualmente, não é possível fazer uma substituição completa do caulim pelo carbonato de cálcio; pelo contrário, é necessário a presença do caulim, uma vez que o carbonato de cálcio não é capaz de fornecer brilho ao papel, apesar dos excelentes valores de alvura, opacidade e receptividade de tinta. A proporção de cada um na tinta de revestimento será determinada de acordo com o produto que se deseja, podendo chegar a uma mistura de 70 % de carbonato de cálcio - 30 % de caulim.

Em vista das alterações ocorridas, os produtores de caulim irão concentrar os seus esforços em produtos de alta qualidade, ou seja, de elevada alvura, distribuição granulométrica fina e baixa viscosidade a alto cisalhamento. Os caulins ditos especiais - calcinado e delaminado - não sofrerão concorrência muito grande do carbonato de cálcio, uma vez que são de uso praticamente específico para determinados tipos de papéis, como o LWC, cartões revestidos e papéis não calandrados.

Devido a problemas de retenção de água e aumento dos custos de secagem, a quantidade de PCC na carga do papel é limitada a 15 %. Algumas fábricas já utilizam uma mistura de GCC e PCC, sendo este responsável principalmente pela opacidade da folha, enquanto o GCC pela economia e manutenção da velocidade de produção.

Já existem, no Brasil, duas fábricas operando em meio alcalino, a Suzano e a Votorantim. A perspectiva de alterações neste setor é muito grande, já que, além da esperada mudança para o processo alcalino, os produtores brasileiros de papéis revestidos, que antes usavam apenas o AMAZON 88, da CADAM, terão em mãos, em muito breve, uma maior gama de caulins para revestimento, já que tanto a PPSA quanto a FCC, dois novos produtores de caulim, apresentam planos para o mercado brasileiro. Além destes, pode-se observar também a presença da Mineração de Caulim Monte Pascoal, com produtos para esse segmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LUZ, A. B.; DAMASCENO, E.C.;Caulim: um mineral industrial importante. Série Tecnologia Mineral, n.65, CETEM/CNPq,1993, p.5-8.
2. TRIVEDI, N.C.; HAGEMeyer, R.W.; Fillers and Coatings. Industrial Minerals and Rocks, 6th edition, D.D. Carr, ed. Society For Mining, Metallurgy and Exploration, 1994, p.483-494.
3. O'DRISCOLL, M.; Fine Carbonate fillers. PCC breaks ground in paper. Industrial Minerals, sep., 1990, p.21-37.
4. SKILLEN, A.; European calcium carbonate. Raw materials for pigments, fillers & extenders, Industrial Minerals,1995.
5. HANSON, A. European GCC. A fine, fine filler. Industrial Minerals, Jun., 1996, p.49-57.
6. ANDRADE, M. L. A.; CUNHA, L. M. S; VIEIRA, J. R. M.; MARTINS, A.K. Caulim. Relatório Setorial do BNDES, fev., 1994.
7. ROSKILL. The economics of kaolin, 1996, p.16-205.
8. KENDALL, T. Kaolin, competition intensifying. Raw materials for pigments, fillers & extenders, Industrial Minerals,1995.
9. SILVA, S.P. Caulim. Sumário Mineral. p.30-31, 1996.
10. KENDALL,T. Brazil, dancing to a new tune. Industrial Minerals, Nov., 1996, p.27-36.
11. CADAM completes kaolin expansion, Industrial Minerals, Jan., 1996, p.8.
12. DRY BRANCH's stake in Rio Capim Caulim up to 49 %. Industrial Minerals, May., 1996, p.11.
13. INVESTIR para crescer. Minérios/Minerales, n. 193, jul., 1994, p.28-29.
14. Informações pessoais dos autores.

15. FATTAH, H.; North American GCC. The finer, brighter side of life. Industrial Minerals, Feb., 1995, p.33- 47.
16. PRESCOTT, P.I.; PRUETT, R.J. Ground calcium carbonate: Ore mineralogy, processing and markets. Mining Engineering, Jun., 1996, p. 79-84.
17. MTI building its third Brazilian PCC plant, Industrial Minerals, p.10, Feb., 1996.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE
TECNOLOGIA MINERAL

1. Flotação de Carvão: Estudos em Escala de Bancada - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
2. Beneficiamento de Talco: Estudos em Escala de Bancada - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
3. Beneficiamento de Talco: Estudos em Usina Piloto - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
4. Flotação de Cianita da Localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Tulio Herman A. Luco, 1979. (esgotado)
5. Beneficiamento de Diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
6. Eletrorecuperação de Zinco: uma Revisão das Variáveis Influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
7. Redução da Gipsita com Carvão Vegetal - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
8. Beneficiamento do Diatomito de Canaveira do Estado do Ceará - Franz Xavier H. Filho e Marcello M. da Veiga, 1980. (esgotado)
9. Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
10. Flotação de Minério Oxidado de Zinco de Baixo Teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
11. Estudo dos Efeitos de Corrente de Pulso Sobre o Eletrorefino de Prata - Luiz Gonzaga dos S. Sobral, Ronaldo Luiz C. dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
12. Lixiviação Bacteriana do Sulfeto de Cobre de Baixo Teor Caraíba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
13. Flotação de Minérios Oxidados de Zinco: uma Revisão de Literatura - Carlos Adolpho M. Baltar, 1980. (esgotado)
14. Efeito de Alguns Parâmetros Operacionais no Eletrorefino do Ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
15. Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto - Antonio R. de Campos e Salvador L. M. de Almeida, 1981. (esgotado)
16. Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina: Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981. (esgotado)
17. Briquetagem e a sua Importância para a Indústria - Walter Schinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
18. Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porphúrio, 1981. (esgotado)
19. Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sérgio M. Soares, 1981. (esgotado)
20. Dynawhirpool (DWP) e sua Aplicação na Indústria Mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
21. Flotação de Rejeitos Finos de Scheelita em Planta Piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1981. (esgotado)
22. Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia M. da Silva e Walter Schinzel, 1982.
23. Refino Eletrolítico de Ouro, Processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
24. Flotação de Oxidados de Zinco: Estudos em Escala Piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
25. Dosagem de Ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
26. Beneficiamento e Extração de Ouro e Prata de Minério Sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
27. Extrações por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio M. Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
28. Preparo Eletrolítico de Solução de Ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983. (esgotado)
29. Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga dos Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
30. Amostragem para Processamento Mineral - Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1984. (esgotado)
31. Indicador de Bibliotecas e Centros de Documentação em Tecnologia Mineral e Geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
32. Alternativa para o Beneficiamento do Minério de Manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélcio Fellows Filho, 1984.
33. Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha R. de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
34. Beneficiamento do Calcário da Região de Cantagalo-RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
35. Aplicação da Simulação de Hidrociclones em Circuitos de Moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carriso, 1985. (esgotado)
36. Estudo de um Método Simplificado para Determinação do "Índice de Trabalho" e sua Aplicação à Remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985. (esgotado)
37. Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986. (esgotado)
38. Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco W. Hollanda Vidal, Carlos Adolpho M. Baltar, José Ignácio de A. Gomes, Leonardo A. da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão B. da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
39. Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lúcia Vianna de Carvalho, 1987.
40. Distribuição de Germânio em Frações Densimétricas de Carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
41. Aspectos do Beneficiamento de Ouro Aluvionar - Fernando A. Freitas Lins e Leonardo A. da Silva, 1987. (esgotado)
42. Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão B. da Luz, Salvador L. M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
43. Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lameias - Francisco W. Hollanda Vidal e Franz Xavier Horn Filho, 1988.
44. Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando A. Freitas Lins, 1989. (esgotado)

MERCURY EXPOSURE
AND HEALTH EFFECTS
AMONG URBAN
RESIDENTS DUE TO GOLD
COMERCIALIZATION IN
POCONÉ, MT, BRAZIL

19

Volney de M. Câmara
Alexandre Pessoa da Silva
Marcus Vinicius Maciel
Fátima Pivetta
Maurício Andrade Perez

NCT CNPq CETEM

1. Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. da Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Néelson Luiz S. Ferreira, Saete Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza (2ª edição), 1991. (esgotado)

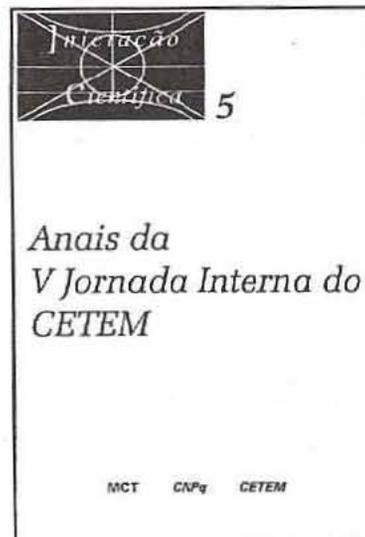
2. Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT: Estudo de Caso (versão Português/Inglês) - Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos, Néelson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso, Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.

3. Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química? - Laís Drude Lacerda e Win Salomons, 1992. (esgotado)

4. Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós - Pré-Diagnóstico - Rita Maria Rodrigues et al., 1994.
5. Utilização do Aguapé no Tratamento de Efluentes com Cianetos - Marcus Granato, 1995.
6. Are Tropical Estuaries Environmental Sinks or Sources? - Egbert K. Duursma, 1995.
7. Assessment of the Heavy Metal Pollution in a Gold "Garimpo" - Saulo Rodrigues Filho e John Edmund L. Maddock, 1995.
8. Instrumental Multielement Analysis in Plant Materials - A Modern Method in Environmental Chemistry and Tropical Systems Research - Bernd Market, 1995.
9. Heavy Metals in Estuarine Sediments: Mangrove Swamps of the Subaé and Paraguaçu Tributary Rivers of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil - J. F. Paredes, A. F. S. Queiroz, I. G. Carvalho, M. A. S. B. Ramos, A. L. F. Santos e C. Mosser, 1995.
10. Metais Pesados nas Sub-bacias Hidrográficas de Poconé e Alta Floresta - Saulo Rodrigues Pereira Filho, 1995.
11. Diagnóstico Ambiental das Áreas Submetidas à Garimpagem de Ouro em Rio Preto - MG - Antonio José L. de A. Ramos e Saulo Rodrigues Pereira Filho, 1996.
12. Batch and Continuous Heavy Metals Biosorption by a Brown Seaweed - Antonio Carlos A. da Costa, Luciana Maria S. de Mesquita e João Tomovsky, 1996.
13. Emissões de Mercúrio na Queima de Amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em Poconé, MT - Alexandre Pessoa da Silva, Volney Câmara, Osmar da Cruz N. Nascimento, Lázaro J. Oliveira, Edinaldo C. Silva, Fátima Pivetta e Paulo R. G. e Barrocas, 1996.
14. Desativação de Minas - Adão Benvido da Luz e Eduardo Camilher Damasceno, 1996.
15. Determinação Potenciométrica de Cianetos em Efluentes de Mineração - Rozane Valente Marins, 1997.
16. Transport of Toxic Chemicals Through Soils: an environmental challenge for the mining industry - Ricardo Melamed, 1997.
17. An Emerging Biotechnology for Metal Containing Waste Water Treatment - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1997.
18. Projeto Itaituba: Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental - Alexandre Pessoa da Silva, 1997.

45. Geopolítica dos Novos Materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)
46. Beneficiamento de Calcário para as Indústrias de Tintas e Plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio R. de Campos, 1990. (esgotado)
47. Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando A. Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
48. Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão B. da Luz, 1991.
49. Amostragem de Minérios - Maria Alice C. de Goes, Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1991.
50. Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991. (esgotado)
51. Eletrorecuperação de Ouro a partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
52. Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão B. da Luz e Ivan F. Pontes, 1991.
53. Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
54. Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão B. da Luz, Marcello M. da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992. (esgotado)
55. Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutierrez, 1992. (esgotado)
56. Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992. (esgotado)
57. O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionísia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
58. Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra-Mato Grosso - Ney Hamilton Porphírio e Fernando Freitas Lins, 1992.
59. Geopolitics of the New Materials: The Case of the Small Scale Mining and New Materials Developments - Roberto C. Villas Bôas, 1992. (esgotado)
60. Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
61. Paládio: Extração e Refino, uma Experiência Industrial - Luís Gonzaga S. Sobral, Marcus Granato e Roberto B. Ogando, 1992.
62. Desempenho de Ciclones e Hidrociclones - Giulio Massarani, 1992.
63. Simulação de Moagem de Talco Utilizando Seixos - Regina Coeli C. Carriso e Mário Valente Possa, 1993.
64. Atapulgita do Piauí para a Indústria Farmacêutica - José Pereira Neto, Salvador L. M. de Almeida e Ronaldo de Miranda Carvalho, 1993.
65. Caulim: um mineral industrial importante - Adão B. da Luz e Eduardo C. Damasceno, 1993.
66. Química e Tecnologia das Terras-Raras - Alcídio Abrão, 1994.
67. Tiouréia e Bromo como Lixivantes Alternativos à Cianetação do Ouro. Roberto de Barros E. Trindade, 1994.
68. Zeólitas: Propriedades e Usos Industriais - Adão Benvido da Luz, 1994.
69. Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzo - Marília Inês Mendes Barbosa e Ney Hamilton Porphírio, 1994.
70. Froth Flotation: Relevant Facts and the Brazilian Case - Armando Corrêa de Araújo e Antônio Eduardo Clark Peres, 1995.
71. Uma revisão da Síntese de Pós Cerâmicos Via Alcóxidos - Estudo de Caso: alcóxidos de Terras-Raras - Plínio Eduardo Praes e Maurício Moutinho da Silva, 1995.
72. Bleaching of Brazilian Kaolins by using Organic Acids and Fermented Medium - Luciana Maria S. de Mesquita, Terezinha Rodrigues e Sandro de S. Gomes, 1996.

19. Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967-1989 - Maria Laura Barreto, 1993. (esgotado)
20. Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993. (esgotado)
21. Terras-raras no Brasil: depósitos, recursos identificados e reservas - Francisco Eduardo de V. Lápido Loureiro, 1994.
22. Aspectos Tecnológicos e Econômicos da Indústria de Alumínio, Marisa B. de Mello Monte e Rupen Adamian, 1994
23. Indústria Carbonífera Brasileira: conveniência e viabilidade - Gildo de A. Sá C. de Albuquerque, 1995.
24. Carvão Mineral: Aspectos Gerais e Econômicos - Regina Coeli C. Carrisso e Mário Valente Possa, 1995.
25. "Sustainable Development: materials technology and industrial development in Brazil" - Roberto C. Villas Bôas, 1995.
26. Minerais e Materiais Avançados - Heloísa Vasconcellos de Medina e Luis Alberto Almeida Reis, 1995.
27. Poluição Mercurial: parâmetros técnico-jurídicos - Maria Laura Barreto e Anna Christiana Marinho, 1995.
28. Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais - Cid Chiodi Filho, 1995.
29. Mineração e Desenvolvimento Econômico: a questão nacional nas estratégias de desenvolvimento do setor mineral (1930-1964), Vol. I - Ana Lucia Villas-Bôas, 1995.
29. Mineração e Desenvolvimento Econômico: o projeto nacional no contexto da globalização (1964-1994), Vol. II - Ana Lúcia Villas-Bôas, 1995.
30. Elementos Estratégicos e Geopolíticos da Evolução Recente dos Materiais - Sarita Albagli, 1996.
31. A Produção de Fosfato no Brasil: uma apreciação histórica das condicionantes envolvidas - Gildo de A. Sá C. de Albuquerque, 1996.
32. Pequena Empresa: a base para o desenvolvimento da mineração nacional - Gilson Ezequiel Ferreira, 1996.
33. Gestão Ambiental: uma avaliação das negociações para a implantação da ISO 14.000 - Gisela A. Pires, do Rio, 1996.
34. Guias Prospectivos para Mineralizações em Rochas Granitoides - Cid Chiodi Filho, 1997.
35. Política e Administração da Exploração e Produção de Petróleo - Luiz Augusto Milani Martins, 1997.
36. Quartzo: efeitos da tecnologia sob sua demanda - Adão Benvindo da Luz e Eliezer Bras, 1997.
37. Magnesita: aspectos tecnológicos e econômicos - Mario Valente Possa e Eduardo Camilher Damasceno, 1997.
38. Atividades Garimpeiras no Brasil: aspectos técnicos, econômicos e sociais - Joicy Gonçalo de Miranda, Moacir Cipriani, Raimundo Augusto C. Mártires e Wagner José Giacconi, 1997.
39. Tecnologia Alternativa para Produção de Berílio Metálico - Roberto Ottoni Portela Couto, 1997.
40. A importância das Tarifas de Energia Elétrica para a Indústria do Alumínio - Maria Helena M. Rocha Lima, 1998.



NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

1. Anais da I Jornada Interna do CETEM, 1994.
2. Anais da II Jornada Interna do CETEM, 1994.
3. Anais da III Jornada Interna do CETEM, 1995.
4. Anais da IV Jornada Interna do CETEM, 1996.
5. Anais da V Jornada Interna do CETEM, 1997