

**TECNOLOGIA
MINERAL**

CAULIM: UM MINERAL INDUSTRIAL IMPORTANTE

65

ADÃO BENVINDO DA LUZ

EDUARDO CAMILHER DAMASCENO



CETEM

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Itamar Franco

MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

José Israel Vargas

PRESIDENTE DO CNPq

Lindolpho de Carvalho Dias

DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

José Ubirajara Alves

DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA

Luiz Bevilacqua

DIRETOR DE PROGRAMAS

Eduardo Moreira da Costa

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

Roberto C. Villas Bôas (Presidente); Peter Rudolf Seidl (Vice-presidente); Antonio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Octávio Elísio Alves de Brito; Saul Barisnik Suslick; Ronaldo Luiz Correa dos Santos; João Alves Sampaio; Fernando Antonio Freitas Lins e Luiz Alberto C. Teixeira (Suplente).

DIRETOR

Roberto C. Villas Bôas

DIRETOR ADJUNTO

Peter Rudolf Seidl

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM

Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME

Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI

Roberto Rodrigues Coelho

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES

Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD

Denyr Pereira da Silva

CAULIM: UM MINERAL INDUSTRIAL IMPORTANTE

Adão Benvindo da Luz*
Eduardo Camilher Damasceno**

*Engenheiro de Minas, Especialista em Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Pesquisador Títular.

**Geólogo, D.Sc. em Geologia Econômica, Prof. Titular da USP, Coordenador Acadêmico da Pós-Graduação em Engenharia Mineral da EPUSP.

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Francisco R. C. Fernandes

REVISÃO

Dayse Lúcia M. Lima

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Maria de Fatima Mello

Valéria Cristina de Souza

ILUSTRAÇÃO

Jacinto Frangella

Pedidos ao:

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do Fundão

21541590 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Fone: (021) 260-7222 - Ramal: 218 (BIBLIOTECA)

Fax: (021) 2602837 / 2909196

Solicita-se permuta.

We ask for change.

Luz, Adão Benvindo da

Caulim: um mineral industrial importante./ Adão Benvindo da Luz e Eduardo Camilher Damasceno. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1993.

29 p. - (Série Tecnologia Mineral, 65)

1. Caulim. 2. Minerais industriais. I. Damasceno, Eduardo Camilher. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título. IV. Série.

ISBN 85-7227-041-8

ISSN 0103-7382

CDD 553.6

CAULIM: UM MINERAL INDUSTRIAL IMPORTANTE

65

ADÃO BENVINDO DA LUZ

EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

APRESENTAÇÃO

Com os novos investimentos voltados à ampliação da produção brasileira de caulim, representados pela expansão da CADAM, no Jari, e implantação dos projetos da Rio Capim Química S.A., empresa surgida da "joint-venture" CADAM/CVRD, no Rio Capim, e da Rio Capim Caulim S.A., empresa do Grupo Mendes Junior, também em Rio Capim, esta monografia, escrita por dois renomados profissionais da área mínero-metalúrgica, encontra-se revestida de atualidade e interesse.

Os leitores cujas atenções estão voltadas para o setor dos "minerais industriais" encontrarão nesta publicação sobre o caulim importante referência para leituras futuras.

Rio de Janeiro, 07 de janeiro de 1994

ROBERTO C. VILLAS BÔAS

SUMÁRIO

Resumo	1
Abstract	1
1. Introdução	3
2. Mineralogia dos Caulins	3
3. Gênese e Tipos de Depósito de Caulim	5
3.1 Caulim Primário	5
3.2 Caulins Secundários	7
3.3 Distribuição Geográfica dos Depósitos de Caulim	8
4. Usos do Caulim	11
5. Suprimento e Demanda de Caulim	12
5.1 Produção e Reservas Mundiais	12
5.2 Produção e Reservas Nacionais	12
5.3 Demanda de Caulim	14
5.4 Novos Projetos no Brasil	20
6. Beneficiamento de Caulim	21
6.1 Avanços Tecnológicos	23
7. Tendências do Uso do Caulim	24
8. Considerações Finais	28
Referências Bibliográficas	30

RESUMO

No presente trabalho é feita uma apreciação sobre o caulim, envolvendo a sua mineralogia, gênese e tipos de depósito, usos, suprimento e demanda, processos industriais de beneficiamento e tendências de mercado. Os dados levantados revelaram que o caulim é o mineral de maior uso na indústria de papel, tanto como carga quanto como cobertura; no entanto a sua participação no mercado total reduziu-se a menos de 60%, em função do rápido crescimento da utilização do CaCO_3 como carga, decorrente da mudança dos processos ácidos de produção de papel para a rota alcalina.

ABSTRACT

An appraisal on kaolin has been carried out discussing the main aspects related with its mineralogy, genesis and types of deposit, uses, supply and demand, industrial processes of beneficiation, recent technological advances and trends of market. Kaolin is the most important mineral in the paper industry as filler and coating, nevertheless its participation in the total market has been reduced to less than 60% due to some tendencies to change the industrial paper acid process to alkaline process in order to improve some paper properties by using CaCO_3 as filler instead of kaolin.

1. INTRODUÇÃO

No presente trabalho é apresentada uma análise sobre o caulim, envolvendo a sua mineralogia, tipos de depósito, usos, suprimento/demanda, tecnologia de processamento e tendências de mercado.

O caulim, por suas propriedades químicas e físicas, apresenta um vasto campo de utilização e pode ser considerado como um dos mais sofisticados minerais industriais.⁽¹⁾ Os termos "kaolin" e "kaolinita" tiveram origem na localidade conhecida como "Kau-ling" (significando colina alta), na província de Jiangxi, hoje República Popular da China. No século XVIII, missionários e exploradores europeus fazem referência a uma argila branca, obtida naquela localidade, e que era usada pelos chineses para fazer porcelana. A caulinita, silicato hidratado de alumínio, é um argilo-mineral branco, e o termo caulim é usado tanto para denominar a rocha que contém a caulinita quanto o produto resultante do beneficiamento da mesma. Os caulins produzidos nos depósitos primários no Sudoeste da Inglaterra são também chamados de "China Clay".^(2,3)

2. MINERALOGIA DOS CAULINS

Segundo Grim, citado por Santos⁽⁴⁾, define-se caulim como sendo uma rocha constituída de material argiloso, com baixo teor de ferro, cor branca ou quase branca; os caulins são silicatos de alumínio hidratado cuja composição química aproxima-se de $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, contendo outros metais como impureza. Dentre os grupos de argilo-minerais e seus constituintes, encontra-se o da caulinita, que inclui: caulinita; halloysita - $4\text{H}_2\text{O}$; halloysita - $2\text{H}_2\text{O}$ ou meta-halloysita; alofano; nacrita e diquita.⁽⁴⁾

A caulinita é um silicato de alumínio hidratado, expresso pela fórmula química - $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$. A halloysita e a metahalloysita são variedades polimorfas da caulinita, com diferentes sistemas de cristalização. Há uma classificação, na indústria cerâmica, para as argilas cauliniticas, que leva em consideração seu grau de cristalinização e impurezas:⁽⁵⁾

- *plásticas*, com impureza de illita;
- *flint*, variedade bem cristalizada e pura;
- *semi-flint*;
- *flint modular*, contendo bohemita e diásporo; as duas últimas variedades são altamente refratárias, não são plásticas e são denominadas de "fire-clays" e
- *ball-clays*, variedades de caulinita/halloysita muito puras com elevada plasticidade, adesividade e resistência mecânica natural seca.

A halloysita apresenta a mesma composição química da caulinita; é, no entanto, a sua forma mais rara, tendo uma camada adicional de moléculas d'água ($4 H_2O$) e, por isso, desidratando-se facilmente. Esse mineral, ao ser aquecido a $100^\circ C$, perde a água e a composição volta à forma normal caulinita/halloysita. ⁽²⁾ Através de microscópio eletrônico de transmissão é possível identificar a halloysita, pelo seu hábito tubular. Para certas aplicações cerâmicas, a presença da halloysita apresenta vantagens; no entanto, em outras, como cobertura de papel, é extremamente prejudicial.

3. GÊNESE E TIPOS DE DEPÓSITO DE CAULIM

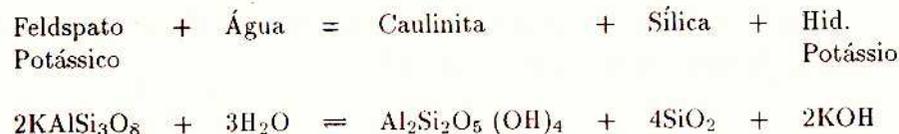
Os caulins são resultantes da alteração de silicatos de alumínio, particularmente dos feldspatos e podem ocorrer em dois tipos de depósito: primário ou residual (eluvial) e secundário.

3.1. - Caulim Primário

Os caulins primários são resultantes da alteração de rochas "in situ", e de acordo com sua origem são classificados em⁽²⁾: intemperizados, hidrotermais e solfataras.

a) Intemperizado

Este tipo de depósito ocorre em região de clima tropical (quente e úmido), cujas condições físico-químicas favorecem a decomposição dos feldspatos, e de outros alumino-silicatos presentes em granitos e rochas metamórficas. Até mesmo outras argilas e folhelhos podem também ser alterados para uma mistura constituída de caulinita e quartzo. Do ponto de vista do processo, o que ocorre é hidratação de um silicato anidro de alumínio, seguido de remoção de álcalis, conforme a reação:



b) Hidrotermal

Neste tipo de depósito a alteração da rocha ocorre pela circulação de fluidos quentes, provenientes do interior da crosta (ou água juvenil). Para que haja circulação desse fluido (água quente) é necessário que a rocha tenha porosidade e permeabilidade adequada. Os granitos são as "rochas-mãe" mais comuns na formação dos depósitos hidrotermais de caulins primários. Se esses granitos apresentam, por exemplo, baixo ou pequeno conteúdo em biotita, tanto melhor, pois assim será menor o efeito da liberação do ferro sobre a coloração (avermelhada) do caulim, durante o processo de caulinização. Os depósitos de caulim em St. Austell, no sul da Inglaterra, são aceitos como um tipo de caulim primário, proveniente da alteração (hidrotermal) de granitos.

c) "Solfataras"

Neste tipo de depósito as rochas são alteradas pela ação de emanações vulcânicas ácidas, constituídas de vapores ou água, ricos em enxofre. Esse tipo de depósito é característico das imediações de Roma, Itália. Devido à presença do enxofre, normalmente na forma nativa, é comum a formação da caulinita em grande quantidade. Nas rochas vulcânicas o quartzo se encontra em granulometria fina, comparável à da caulinita, sendo portanto extremamente difícil a sua remoção por uma simples classificação granulométrica, o que torna o produto rico em quartzo e, portanto, abrasivo. O principal uso do caulim "solfataras" dá-se na fabricação do cimento branco, onde a presença da sílica e sulfato, mesmo em altos teores, não afeta as características do produto final.

3.2. - Caulins Secundários

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.⁽⁴⁾ Os caulins secundários apresentam teores menores de quartzo e mica, mas têm contaminação de óxido de ferro e titânio, que podem alterar a cor branca original.⁽⁶⁾ Outro efeito que também merece registro é a granulometria mais fina dos argilo-minerais.

Os caulins secundários são classificados em 3 grupos⁽²⁾: caulins sedimentares, areias caulínicas e argilas plásticas, refratárias e silicosas.

a) Caulim Sedimentar

O caulim sedimentar, cuja característica é a alta percentagem de caulinita, normalmente acima de 60% após beneficiamento, resulta em um produto com especificações adequadas à indústria de papel.

b) Areia Caulínica

Os caulins extraídos deste tipo de material contêm menos de 20% de caulinita, e normalmente a areia rejeitada no processo de beneficiamento é destinada à construção civil.

c) Argilas plásticas, refratárias e silicosas

As argilas plásticas ("ball clays") são constituídas essencialmente de caulinita, com a presença de illita e material carbonoso. São usadas essencialmente na indústria cerâmica. A argila refratária tem uma composição química similar às argilas plásticas, no entanto vem

associada à gibbsita e halloysita. Quanto maior o teor de alumina de uma argila refratária, maior a sua refratariedade. Esta diminui com a presença de impurezas do tipo ferro e CaO. A argila silicosa ("flint clay") é composta de caulinita contendo ferro e outros componentes de fundentes. Geralmente são bastante refratárias, e em algumas situações podem suportar condições mais adversas do que as argilas ordinárias de base refratária.

3.3. - Distribuição Geográfica dos Depósitos de Caulim^(2,7)

Os principais depósitos de caulim brasileiros estão localizados nos estados do Amapá, Pará, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Norte. (Figura 1)

Os mais importantes depósitos mundiais de caulim situam-se na Georgia e Carolina do Sul (EUA), Cornwall (sul da Inglaterra), na Criméia (Ex-URSS), e Coréia do Sul, dentre outros países. (Figura 2)

Depósitos primários são típicos do sudoeste da Inglaterra (Cornwall) e Shangai (China) - variedade hidrotermal; da Criméia (Ex-URSS) e oeste da Espanha (Galícia) - tipo intemperizado; do Brasil (Equador-RN; Mogi das Cruzes-SP) - intemperizado.

Depósitos secundários são comuns na Georgia e Carolina do Sul, EUA e Jari (AP) e Rio Capim (PA), Brasil - caulim sedimentar. No oeste da Alemanha e Guadalajara (Espanha) são conhecidos como areias caulíníticas.



FIG. 1 - PRINCIPAIS DEPÓSITOS DE CAULIM DO BRASIL

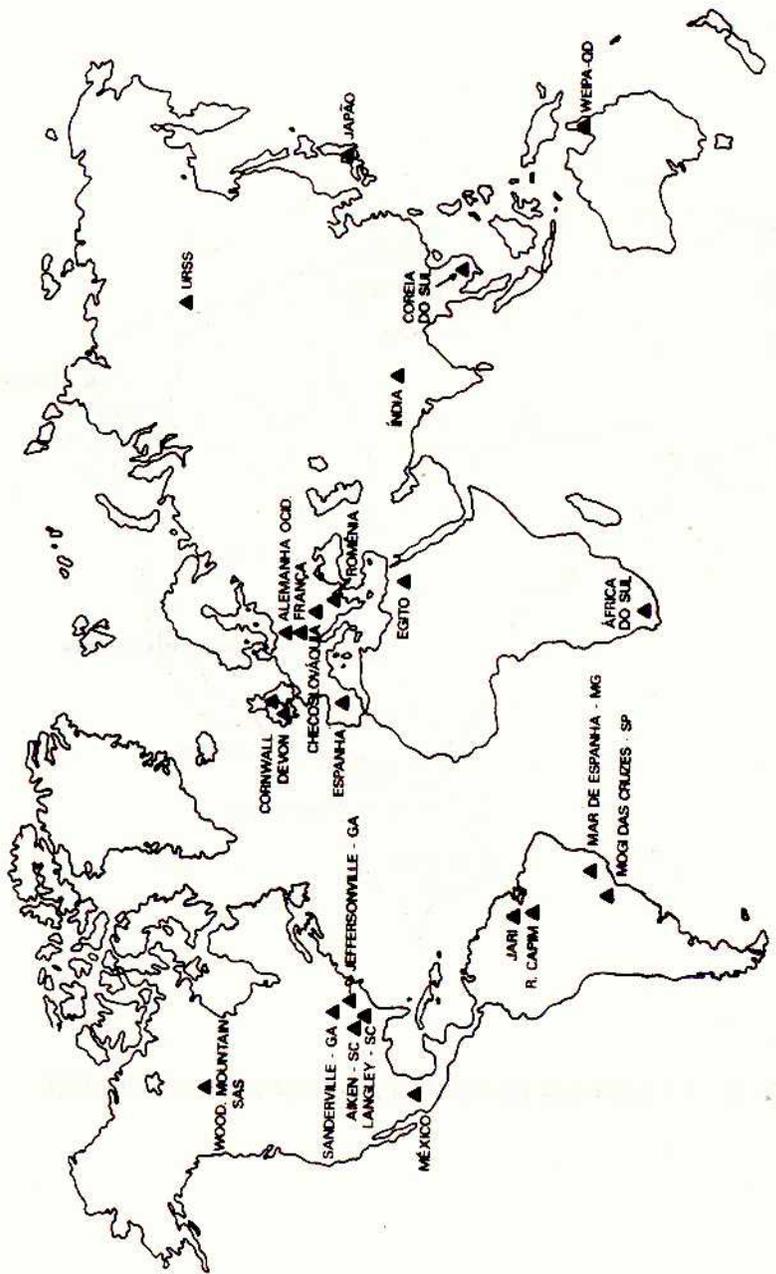


FIG. 2 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS DEPÓSITOS MUNDIAIS DE CAULIM

4. USOS DO CAULIM

Sendo o caulim um bem mineral extremamente versátil, apresenta um vasto campo de aplicações industriais, em função de suas características tecnológicas⁽⁸⁾:

- . é quimicamente inerte;
- . é branco ou quase branco;
- . tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para as aplicações de carga;
- . possui baixa condutividade térmica e elétrica;
- . é macio e não abrasivo e
- . é competitivo do ponto de vista de preços com os materiais alternativos.

A rigidez nas especificações dos caulins depende do uso a que se destinam. Na indústria de papel, por exemplo, requerem-se especificações rígidas quanto à granulometria, alvura e viscosidade. Para a indústria de cimento as especificações são menos rígidas, sendo a composição química importante. Para as aplicações em cerâmica, são requeridas: plasticidade, cor, ponto de vitrificação (PCE), retração linear e resistência mecânica à deformação.⁽⁹⁾

Foram registrados nos EUA, no ano de 1980, cerca de 35 diferentes utilizações para o caulim. São consideradas aplicações industriais mais importantes: papel, tinta, refratário, borracha, plástico e cerâmica.

5. SUPRIMENTO E DEMANDA DE CAULIM^(10,11,12)

5.1. Produção e Reservas Mundiais

Existem depósitos de caulim em vários países do mundo; no entanto, são poucas as jazidas de boa qualidade e com volume adequado para suportar uma escala de produção competitiva. A produção de caulim beneficiado é dominada pelos Estados Unidos da América, Inglaterra e ex-União Soviética. O Brasil e a Coreia do Sul produzem caulim de boa qualidade e encontram-se em processo de aumento da produção. Os Estados Unidos e a Inglaterra mostraram um crescimento da produção nos últimos 5 anos. O terceiro produtor mundial é a ex-URSS, mas, apenas uma parte dessa produção entra no mercado mundial. A produção e as reservas mundiais estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

5.2. Produção e Reservas Nacionais

Os depósitos de caulim do Jari-AP e Rio Capim-PA, de alta qualidade para a indústria de papel, representam cerca de 80% das reservas nacionais (Tabela 3).

Tabela 1 - Produção Mundial de Caulim (x 1000 t curta)

País	1984	1985	1986	1987	1988	%
Estados Unidos	7593	7793	8549	8827	9891	35,1
Inglaterra	3296	3472	3211	3372	3750	13,3
Ex-URSS	3100	3200	3300	3300	3300	11,7
Tchecoslováquia	736	720	768	768	756	2,7
Brasil	536	578	750	750	849	3,0
Coreia do Sul	795	726	695	695	917	3,3
Outros países	5239	6334	8658	8658	8691	30,9
Total	22751	24606	25765	26455	28365	100

Fonte: Minerals Yearbook - USBM - 1988

Tabela 2 - Reservas Mundiais de Caulim

Países	Reservas*	
	(10 ⁶ t)	(%)
Brasil	1.100	9,3
Estados Unidos	3.500	29,7
Inglaterra	1.800	15,2
União Soviética	2.250	19,1
Outros	3.150	26,7
Total	11.800	100,0

Fonte: Sumário Mineral 1991/DNPM

Tabela 3 - Reservas* Brasileiras de Caulim

Local	(10 ⁶ t)	(%)
Pará	700	52,0
Amapá	366	27,2
São Paulo	87	6,5
Goiás	67	5,0
Espírito Santo	43	3,2
Santa Catarina	24	1,8
Rio Grande do Sul	19	1,4
Minas Gerais	15	1,1
Outros	24	1,8
Total	1345	100,0

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro/1990

(*) medida + indicada + inferida

A produção brasileira de caulim (bruta e beneficiada) apresentou crescimento no período de 1984 a 1987. (Figura 3) A seguir, praticamente, se estabilizou; a partir de 90 a produção do caulim beneficiado voltou a crescer, atingindo, em 1991, 839600. (13) Em relação a 1990, o crescimento foi de 18%, resultante da melhoria no desempenho da Caulim da Amazônia S.A-CADAM, responsável por quase 50% do total da produção brasileira. Os outros produtores de caulim que se destacam no país são a English China Clay do Brasil Mineração Ltda. e a Empresa de Mineração Horii Ltda. Ambas estão localizadas no Estado de S. Paulo e atendem somente ao mercado interno. A ECC fornece o seu produto na forma de polpa, destinado ao segmento de carga de papel e a Horii atende aos mercados de cerâmica, fertilizante e fibra de vidro. (14)

5.3. Demanda de Caulim⁽¹⁴⁾

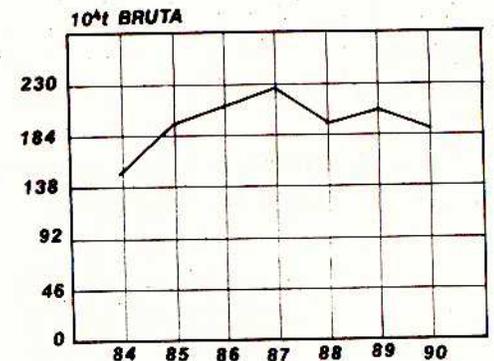
É bastante difícil levantar dados do consumo mundial de caulim, porque a maioria dos países não registra essas informações. A partir da produção, exportação e importação, é possível estimar o consumo mundial de caulim em duas dezenas de milhão de toneladas (Tabela 4). No período de 1982 a 1986 o consumo aumentou de 17,1 para 20,8 milhões de toneladas.

Tabela 4 - Estimativa do Consumo Mundial de Caulim (10³t)

Região	1982	1983	1984	1985	1986
América do Norte	4878	5630	6301	6191	6917
Europa Ocidental	4946	4479	5112	5302	5313
Ásia/Austrália	1727	1744	1916	2076	2239
América Latina	1035	1056	982	1228	1144
África/Oriente Médio	461	440	511	464	469
Países do Leste					
Europeu	4148	4249	4448	4607	4723
Total	17196	17598	19271	19876	20805

Fonte: Roskill (1988) - citada por Odriscoll⁽¹⁴⁾

ANOS	BRUTA
1984	1.569063
1985	2.156787
1986	2.207606
1987	2.259777
1988	2.093481
1989	2.167000
1990	1.960000



ANOS	BENEFICIADA
1984	486359
1985	524182
1986	623822
1987	661149
1988	760569
1989	714647
1990	710000
1991	839000

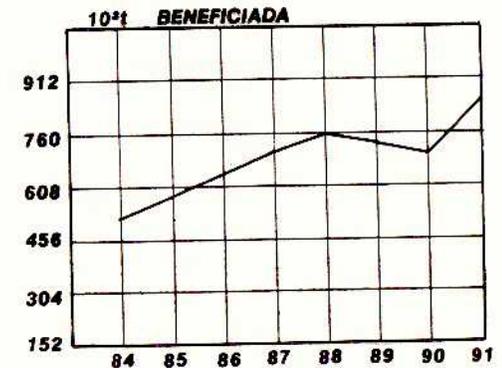


FIG. 3 - PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CAULIM.

Fontes: Sumário Mineral - 1991 - DNPM

Anuário Mineral - 1990 - DNPM

Cerca de 50% do caulim produzido no mundo destina-se à indústria de papel⁽¹⁵⁾.

Nos Estados Unidos, o maior produtor mundial de caulim, esse percentual é de 54% (Tabela 5 e Figura 4).

Tabela 5 - Usos domésticos e exportação de caulim nos Estados Unidos.

Uso	(t curta)
Doméstico	
cobertura de papel	2.737.396
carga de papel	1.631.224
cerâmica e refratário	1.324.565
fibra de vidro e isolantes	508.246
tijolo	410.326
tinta	324.465
borracha	224.197
louça sanitária	26.847
plástico	61.332
usos diversos	850.966
Exportação	
cobertura de papel	1.208.145
carga de papel	325.602
borracha	98.093
tinta	34.236
outros	125.236
Total	9.891.135

Fonte: Minerals Yearbook vol.1 (1988)

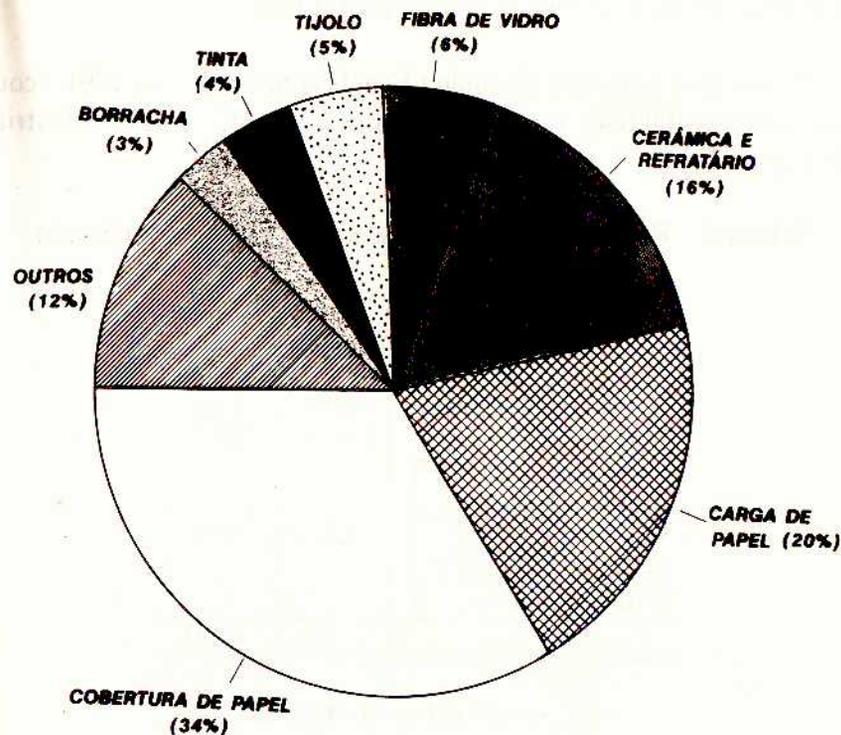


FIG. 4 - PERFIL DE CONSUMO DOMÉSTICO DE CAULIM NOS ESTADOS UNIDOS.

Fonte: (SARKIS - 1988) citada por ODRISCOLL (14)

A projeção da produção de caulim beneficiado da Caulim da Amazônia-CADAM para 1993 é de 450 mil toneladas. Cerca de 90% desta produção destinar-se-á ao mercado internacional, representando U\$ 40 milhões em divisas para o país.

O consumo brasileiro de caulim beneficiado no ano de 1991 ficou em torno de 400.000t e cerca de 50% deste, destinou-se à indústria de papel (Tabela 6 e Figura 5).

Tabela 6 - Perfil do consumo brasileiro de caulim beneficiado no ano de 1991.

	t/ano	% Pêso
Revestimento de papel	60.000	15,0
Carga de papel	138.000	34,5
Cerâmica	202.000	50,5
Tinta		
Fibra de vidro		
Defensivo agrícola		
Catalisador		
	400.000	100,0

Fonte: Sumário Mineral 1992/DNPM

O mercado consumidor da CADAM tem apresentado a seguinte distribuição: Europa (60%), Japão (26%), Brasil (10%) e Argentina (4%).

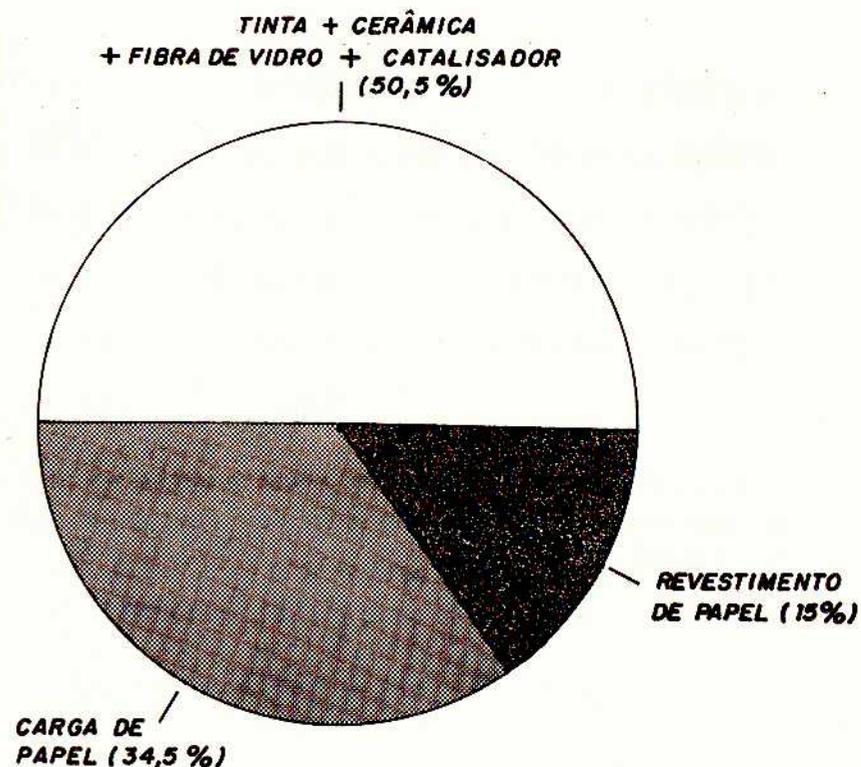


FIG. 5 - PERFIL DO CONSUMO BRASILEIRO DE CAULIM NO ANO DE 1991.

Fonte: Sumário Mineral 1992 / DNPM

5.4. Novos Projetos no Brasil

Nos próximos cinco anos, está prevista a implantação de novos projetos para produção do caulim do Rio Capim, através da Rio Capim Química S.A. (associação CADAM/CVRD) e Rio Capim Caulim S.A. (Mendes Junior), bem como expansão da CADAM no Jari.

<u>EMPRESA</u>	<u>LOCAL</u>	<u>PRODUÇÃO</u> (t/ano)
CVRD/CADAM (1ª etapa - 1995)	R. Capim-PA	500.000
CVRD/CADAM (2ª etapa - 1997)	R. Capim-PA	500.000
<u>Rio Capim Caulim S.A.</u>	R. Capim-PA	500.000
CADAM(Expansão-1995)	Jari-AP	300.000
	Total	1.800.000

A ampliação da CADAM e os novos projetos em implantação deverão elevar a capacidade brasileira de produção para 1,8 milhão t/a a partir de 1997.

6. BENEFICIAMENTO DE CAULIM

Os caulins ocorrem associados a várias impurezas, não atendendo, no seu estado natural, às especificações de mercado. Dessa forma, o seu aproveitamento exige um beneficiamento, via seca ou via úmida.

O beneficiamento a seco é muito simples e consta principalmente, de britagem, pulverização e classificação. É usado para caulins que, de certa forma, já possuem qualidades de alvura, distribuição granulométrica e baixo teor em quartzo. Como a maioria dos caulins no estado bruto não possui esses pré-requisitos, o seu beneficiamento é feito via úmida.

O ferro, o titânio e outras impurezas minerais (mica, feldspato) influenciam diretamente na cor e alvura do caulim. A remoção dessas impurezas e de outras é feita através de classificação, centrifugação, separação magnética de alta intensidade, flotação e lixiviação. (Figura 6)

A remoção dos óxidos de ferro (branqueamento) dos caulins é feita através da redução do ferro trivalente para o ferro divalente, com o uso de redutores, como hipossulfito de sódio, tiosulfato de sódio, sulfito de sódio, zinco metálico e ditonito de sódio. Esse último é o reagente mais utilizado pela indústria. O potencial redox do Fe^{+3} para Fe^{+2} é favorecido em meio ácido.⁽¹⁶⁾

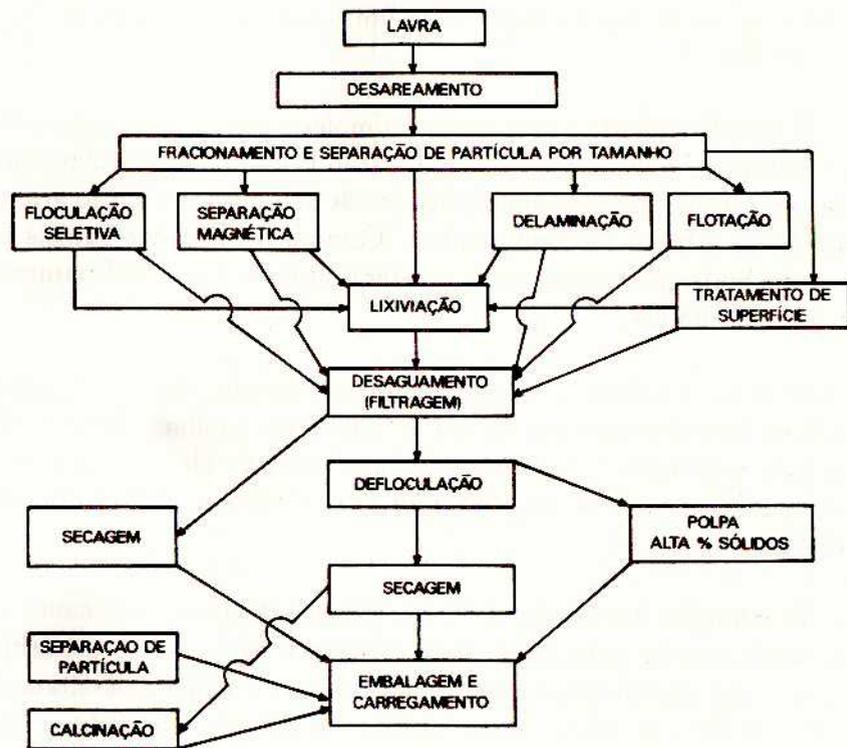


FIG. 5 - FLUXOGRAMA UTILIZADO NO PROCESSAMENTO DE CAULIM

Alguns caulins residuais podem ter a sua alvura reduzida devido à presença de matéria orgânica. Neste caso, a primeira etapa do branqueamento pode ser feita pela oxidação da matéria orgânica, com solução de peróxido de hidrogênio, na presença de catalisadores, como nitrato de ferro.⁽¹⁶⁾

O uso de centrífugas horizontais contínuas, do tipo "Bowl", no beneficiamento de caulim, tem por objetivo a obtenção de um produto com granulometria de, no mínimo, 80% abaixo de $2\mu\text{m}$. Nessa etapa de classificação, tem-se a remoção de partículas grosseiras, principalmente quartzo, minimizando a abrasividade do caulim, bem como a remoção de impurezas de óxidos de ferro e de titânio, com a conseqüente melhoria na alvura do produto final.

6.1 - Avanços Tecnológicos

Vários processos foram desenvolvidos⁽¹⁷⁾ nos últimos anos para a obtenção de caulins especiais, destacando-se:

Delaminação - Davis e colaboradores desenvolveram um processo de delaminação aplicável aos caulins grosseiros da Georgia-EUA.⁽¹⁸⁾ Nesse processo, as partículas grosseiras de caulim em forma de pilha são separadas em várias placas. Estas, com um fator de forma elevado (relação entre o diâmetro da placa e a sua espessura), têm um excelente poder de cobertura do papel, sendo usadas para produzir coberturas leves, de alta qualidade.

Flotação Carreadora - Consiste na remoção de óxidos de ferro e de titânio, usando, por exemplo, calcita como carreadora na flotação dessas impurezas, com vistas à obtenção de um caulim com alvura em torno de 90%, para usos especiais. Os reagentes residuais da flotação contaminam o produto e interferem nas propriedades reológicas do caulim, prejudicando a sua aplicação

como cobertura de papel.

Separação Magnética - A separação magnética de alta intensidade (campo de cerca de 15.000 Gauss) é uma técnica convencional empregada no beneficiamento de caulim, para remoção de óxidos de ferro, óxidos de titânio (rutilo ou anatásio) e alguns tipos de mica. Mais recentemente e com essa mesma finalidade, vêm sendo testados separadores magnéticos à base de supercondutores e com sistema de criogenia, com densidade de fluxo de até 50.000 Gauss.^(19,20)

Calcinação - Os caulins são calcinados a temperaturas entre 650 e 700°C para retirada da hidroxila. Os produtos assim obtidos são usados como aditivos para melhorar a opacidade na cobertura de papel. Os caulins são também calcinados a temperaturas entre 1000 e 1050°C, sendo o produto resultante caracterizado pela baixa abrasividade e alvura elevada (92-95%), e usado como extensor para o TiO_2 na cobertura de papel e como carga na formulação de tintas e plásticos.⁽¹⁷⁾

Tratamento Superficial - Consiste em tornar a superfície do caulim hidrofóbica e organofílica, através da utilização de surfatantes. Esses caulins com superfície modificada são usados na indústria de papel, plástico e borracha.^(12,17)

Biotecnologia - Encontra-se em desenvolvimento, a nível de laboratório, a biolixiviação de ferro contido nos caulins, como alternativa ao processo convencional que utiliza ditionito de sódio. Os resultados são bastante encorajadores.⁽²⁶⁾

7. TENDÊNCIAS DO USO DO CAULIM

A aplicação mais importante do caulim é na indústria de papel. No entanto vem se observando, principalmente na Europa, um crescimento na substituição parcial do caulim, pelo carbonato de

cálcio, em virtude deste conferir ao papel melhor alvura, opacidade, lisura e maior capacidade de absorção de tinta.⁽²¹⁾

Nos últimos anos, o caulim vem apresentando nos EUA uma demanda praticamente estabilizada para os segmentos refratário, borracha e cerâmico. No entanto, para a indústria de papel a demanda vem crescendo de maneira significativa. (Figura 7)

No ano de 1989, os insumos minerais utilizados na fabricação do papel tiveram o seguinte perfil de distribuição:⁽²²⁾

- Europa
 - caulim: 55%
 - CaCO₃ natural: 33%
 - talco: 10%
 - outros (TiO₂, CaCO₃ precipitado) : 2%
- Estados Unidos da América
 - caulim: 82%
 - CaCO₃ (natural e precipitado): 11%
 - outros (TiO₂, silicatos sintéticos): 7%
- Brasil
 - caulim: quase 100%

O talco não chega a se configurar como um concorrente do caulim, apesar de muito usado como carga em indústrias de papel no Japão, Finlândia, França e Espanha. Como componente de cobertura ainda se encontra em fase de estudos, em virtude de possuir três características desvantajosas ao processo de produção de papel.⁽²²⁾

- Hidrofobia - dificuldade de formação de suspensões com alta percentagem de sólidos;
- Oleofilia - possibilidade do talco desestabilizar os agentes de retenção;
- Aerofilia - aprisionamento de bolhas de ar nas suas partículas, reduzindo a quantidade de meio dispersante (água) e conferindo um comportamento dilatante à suspensão.

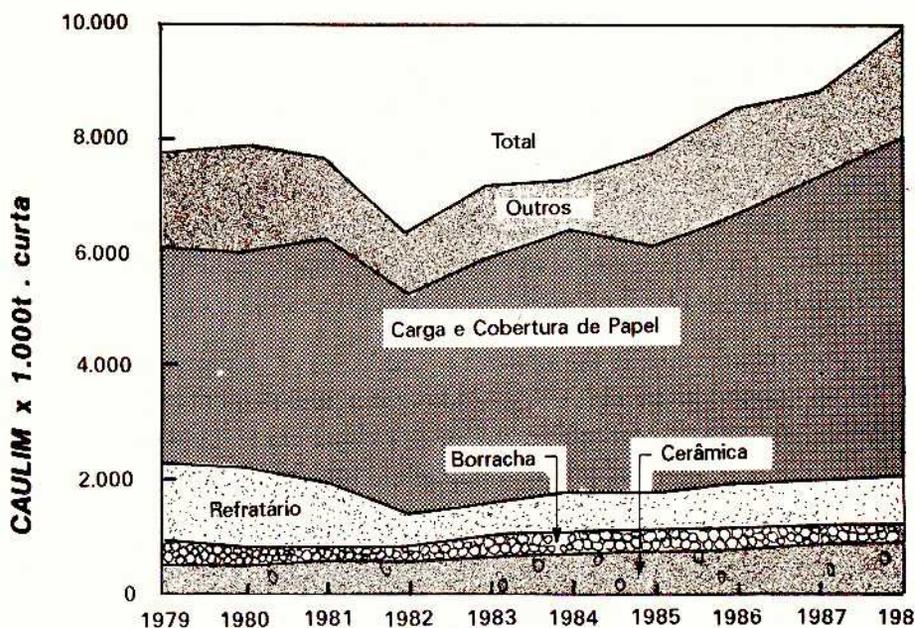


FIG. 7 - CAULIM VENDIDO OU USADO NOS EUA PELOS PRODUTORES DOMÉSTICOS PARA USOS ESPECÍFICOS

Fonte: Minerals Yearbook vol. I (1988)

A utilização da mica e do gesso vem sendo estudada na indústria de papel, mas até o momento não apresentam muita importância para o setor. A Serrana S.A. de Mineração desenvolveu, recentemente, processo de tratamento do fosfogesso - um resíduo da solubilização de concentrados de apatita na indústria de fertilizantes - tendo obtido uma carga mineral "nobre", já em uso por algumas indústrias de papel no Estado de São Paulo. A demanda desse gesso purificado é da ordem de 15 a 20000t/a. ⁽⁵⁾

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do presente trabalho possibilitou fazer as seguintes constatações:

- a indústria de papel apresenta-se como um mercado crescente para os minerais brancos, sendo o caulim o mais importante.
- o caulim é o mineral de maior uso nessa indústria, tanto como carga como cobertura, porém a sua participação no mercado total tem se reduzido a menos de 60%, devido ao rápido crescimento da utilização do CaCO_3 como carga, decorrente da mudança dos processos de produção de papel da rota "ácida" para "alcalina". ⁽²⁵⁾
- observa-se uma tendência geral, entre os grandes produtores mundiais de caulim (English China Clay, Engelhard, Georgia Kaolim, CADAM, etc.) no sentido de introduzir no mercado, cada vez mais, produtos de melhor qualidade, e como os custos de transporte continuam crescendo, há motivação (EUA e Canadá) para a definição de depósitos e desenvolvimento de minas de caulim, o mais próximo possível do mercado consumidor. ^(23,24)
- para manter o caulim mais competitivo, prevê-se que na década de 90 muitos depósitos de caulim já conhecidos estarão sendo

reavaliados, do ponto de vista de melhoria ou introdução de novos processos, para aumentar a alvura e diminuir a viscosidade e abrasividade. ⁽²¹⁾

No Brasil, considera-se que, pela disponibilidade de caulins de boa qualidade, estes deverão continuar a ser utilizados na indústria de papel, como carga e cobertura; CaCO_3 precipitado é mais caro ($> \text{US\$ } 200,00/\text{t}$) e por isso dificilmente concorrerá, como carga com o caulim ($\text{US\$ } 100,00/\text{t}$), na indústria de papel; quanto ao CaCO_3 natural, mesmo que existisse no país disponibilidade de reservas de boa qualidade (baixo índice de impurezas), haveria necessidade de moagem e micronização, o que contribuiria certamente para onerar os custos de produção, tornando-o não competitivo com o caulim; utilizar insumos que contribuam para onerar os custos de produção de papel, parece estar em desacordo com os fabricantes, que, para o mercado interno, consideram que a qualidade não seria a prioridade, mas sim produzir a mais baixo custo; por outro lado, tem-se informações de que os calcários mais puros do estado do Espírito Santo estariam sendo moídos e colocados no mercado para carga de papel.

Finalmente, sendo o caulim um mineral industrial extremamente versátil, os seus produtores têm um vasto campo de manobra para colocar no mercado produtos de alta qualidade a preços competitivos com os outros minerais considerados alternativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) WATSON, IAN. Kaolin Review, Industrial Minerals, n 176, p. 17-39, May 1982.
- 2) BRISTOW, C.M. World Kaolins - Genesis, exploitation and application, Industrial Minerals, p.45-87, July 1987.
- 3) DANA; HURLBUT - Manual de Mineralogia. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1970. v.2, p.507.
- 4) SANTOS, P.S. e SANTOS, H.L.S., Estudos sobre a composição mineralógica de caulins primários e secundários do Brasil, Cerâmica, v.15, (n. 57 e 58), p.21-44, janeiro a junho-1959.
- 5) DAMASCENO, E.C. - Notas de Aula - Cap VII [s.n.t.] cap.7, minerais industriais (não metálicos).
- 6) BRISTOW, C.M. Kaolin paper underpins current demand. Industrial minerals, p. 62-67, 1987.
- 7) CORREA, W.L.P. e SANTOS, P.S. - Estudo sobre os caulins de S.Paulo como matéria-prima cerâmica, Cerâmica, v.24, n. 101, p. 169-214, maio/1976.
- 8) AMPIAM, S.G., Clays, Washington: Bureau of Mines, July 1979, p. 16. (Mineral Commodity Profiles).
- 9) MURRAY, H.H., Diagnostics tests for evaluation of kaolin physical properties. Acta mineralógica petrographica, v. 24, p. 67-77, 1980. Suplemento do KAOLIN SYMPOSIUM, Budapest, 10, Sept. 1979. Proceedings.
- 10) DAVID, A. Clark, A review of kaolin markets in the U.S.A. Industrial minerals, n. 176, p. 27-77, May 1982.
- 11) SILVA, S.P. Caulim, Sumário mineral, DNPM - Brasília v.11 p. 32-33, 1991.

- 12) PRASADA, M.S.; REID, K.J.; MURRAY, H.H. Kaolin: processing, properties and application. Applied clay science, v. 6, p. 87-119, 1991.
- 13) BARBOSA, F.L.M. Brazil, Mining Annual Review, 1992.
- 14) O'DRISCOLL, M.J. An overview of selected minerals and their markets. In: CIMINELLI, R.R. (ed). Industrial minerals '92. Belo Horizonte: ABTM, 1992. p. 1-19 (BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL MINERALS, 1., São Lourenço, Sept.13-16, 1992. Proceedings).
- 15) LIMA, R.M.F.; LUZ, A.B. - Caracterização tecnológica de caulim para a indústria de papel. Rio de Janeiro: CETEM - CNPq, 1991. p. 21 (Série Tecnologia Mineral; 48).
- 16) STOCH, L.; BADIYOCZER, H.; HOWALSKA SMOLEN, J.; ABGAROWICZ, E.; STRAUCH, T. Physico-chemical methods of purification of kaolins and their mineral composition and origin. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13., Waszawa, 1979. Beneficiation of Clay Raw Materials; round table seminar. Waszawa: Polish Scientific Publishers, 1979. p. 215/237.
- 17) MURRAY, H.H. Clay. In: ULMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry 5 ed. Barcelona: VCH, 1986 p. 109-136.
- 18) DAVIS, E.G.; COLLINS, E.W.; FELD, I.L. Large-scale continuous attrition grinding of coarse kaolim. U.S. Bureau of Mines 1973 (Report of Investigations n. 7777).
- 19) KOUBA, M.; KOVA, J.; FERROX, J.S. Magnetic separation with a superconducting magnetic and a reciprocating matrix I.I.R. - I.I.F. Comission A 1/2 - Prague: [s.n.], 1986.
- 20) WINTERS, A.J., SELVAGGI, J.H. Large-scale superconducting separator of kaolin processing, Chemical engineering progress, p. 26-40, Jan. 1990.

- 21) CAHEN, R.; DANEALT, C. Carbonato de cálcio, como pigmento em tintas de revestimento de papel. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL da ABCTP, 23 S. Paulo, 1990, p. 567-585.
- 22) VELHO, J.A.G.L.; GOMES, C.S.F. Matérias-primas alternativas do caulim para carga e cobertura de papel. O Papel, p. 33-44, jul. 1992.
- 23) McVEY, H.; HARBEN, P. Industrial minerals in paper. Industrial minerals, n. 267, p. 26-47, Dec. 1989.
- 24) MURRAY, H.H. World Kaolins: diverse quality needs permit different resources types. In: INDUSTRIAL MINERALS INTERNATIONAL CONGRESS, Boston, 1988, p. 127-130.
- 25) DAVID, A.C. - Mineral markets in the next decade. Industrial Minerals, n. 278, p. 59-63, Nov. 1990.
- 26) GROUDEV, S.N. et al. Biological removal of iron from quartz sands, kaolins and clay. In: Congres International de Mineralurgie, 15, Cannes, 1985. t.l.p. 378-387.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- 01 - Flotação de Carvão Estudos em Escala de Bancada - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
- 02 - Beneficiamento de Talco Estudos em Escala de Bancada - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 03 - Beneficiamento de Talco Estudos em Usina Piloto - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 04 - Flotação de Cianita da Localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Tulio Herman Araya Luco, 1979.
- 05 - Beneficiamento de Diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
- 06 - Eletrorecuperação de Zinco uma Revisão das Variáveis Influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
- 07 - Redução da Gipsita com Carvão Vegetal - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
- 08 - Beneficiamento do Diatomito de Canavieira do Estado do Ceará - Franz Xaver Horn Filho e Marcello Mariz da Veiga, 1980. (esgotado)
- 09 - 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 Santos Sobral, Ronaldo Luiz Correia 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 Magalhães 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 Rodrigues de Campos e Salvador L. Matos de Almeida, 1981. (esgotado)
- 16 - Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.
- 17 - Briquetagem e a sua Importância para a Indústria (em revisão) - Walter Shinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
- 18 - Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porphirio, 1981.
- 19 - Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sergio 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, 1982. (esgotado)
- 22 - Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia Monteiro 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 Oxidatos 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 - Extração por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio Moreira 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.
- 29 - Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
- 30 - Amostragem para Processamento Mineral - Mário Valente Possa e Adão Benvindo 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 Lélío Fellows Filho, 1984.
- 33 - Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha Rodrigues 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.
- 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.
- 37 - Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986.
- 38 - Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco Wilson Hollanda Vidal, Carlos Adolfo Magalhães Baltar, José Ignácio de Andrade Gomes, Leonardo Apparício da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão Benvindo da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
- 39 - Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lucia 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 Antonio Freitas Lins e Leonardo Apparício da Silva, 1987.
- 42 - Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão Benvindo da Luz, Salvador Luiz M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
- 43 - Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lamelas - Francisco Wilson Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
- 44 - Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando Antonio Freitas Lins, 1989. (esgotado)
- 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 Rodrigues de Campos, 1990.
- 47 - Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando Antonio Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
- 48 - Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 49 - Amostragem de Minérios - Maria Alice Cabral Goes, Mario Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 50 - Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 51- Eletrôrecuperação 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 Benvindo da Luz e Ivan Falcão Fontes, 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 Benvindo da Luz, Marcello Mariz 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.
- 56- Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 57- O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionízia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
- 58- Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra Mato Grosso - Ney Hamilton Porfírio 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.
- 60- Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
- 61- Paládio: Extração e Refino, uma Esperiência Industrial - Luís Gonzaga S. Sobral, Marcos 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. Carrisso 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.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

01- Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco Rego Chaves Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987

02- A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987

03- Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987 (esgotado)

04- Política Mineral do Brasil - Dois Ensaio Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987 (esgotado)

05- A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaio Críticos - Francisco Rego Chaves Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Isabel Marques, 1987 (esgotado)

06- Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987

07- Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988 (esgotado)

08- A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988 (esgotado)

09- Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989 (esgotado)

10- Política Científica e Tecnológica: No Japão, Coréia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989 (esgotado)

- 11- Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque, (organizadores) 1990
- 12- Ensaio Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha, (organizadora) 1991
- 13- Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991
- 14- Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. Chaves Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991
- 15- Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991
- 16- Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991
- 17- Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991
- 18- Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991
- 19- Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967 - 1989 - Maria Laura Barreto, 1993
- 20- Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

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

- 02 - 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 Nelson 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.
- 03 - Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química ? - Luis Drude Lacerda e Win Salomons, 1992.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

- 01- Qualidade na Formulação de Misturas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 02- La Importância Del Método En La Investigación Tecnológica - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
- 03- Normalización Minerometalúrgica e Integración Latinoamericana - Romulo Genuino de Oliveira, 1993.
- 04- A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas - James M. G. Weiss, 1993

