

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAULIM PARA A INDÚSTRIA DE PAPEL

48

*ROSA MALENA FERNANDES LIMA
ADÃO BENVINDO DA LUZ*



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
Fernando Collor de Melo

SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
José Goldemberg

PRESIDENTE DO CNPq
Gerhard Jacob

DIRETORIA DE UNIDADES DE PESQUISA
José Duarte de Araújo

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
Jorge Almeida Guimarães

DIRETORIA DE PROGRAMAS
Augusto Cesar Bittencourt Pires

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

DIRETOR
Roberto C. Villas Bôas

VICE-DIRETOR
Francisco Rego Chaves Fernandes

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
José Antonio Pires de Mello

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES
Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD
Vornei Mendes

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAULIM PARA A INDÚSTRIA DE PAPEL

ROSA MALENA FERNANDES LIMA *
ADAO BENVINDO DA LUZ **

* M.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Minas (UFMG)

** Engenheiro de Minas, Pós-Graduação em Tratamento de
Minérios e Metalurgia Extrativa (COPPE-UFRJ)

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAULIM PARA
A INDÚSTRIA DE PAPEL
SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL
Dayse Lúcia M. Lima

REVISÃO
Milton Torres B. e Silva

EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA

PROGRAMAÇÃO VISUAL
Alessandra S. Wisnerowicz

COMPOSIÇÃO DE TEXTO
Fátima Mello
Suzana Magalhães

APOIO TÉCNICO
Divisão de Informática

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
21949 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
Fone: 260-7222 - Ramal: 127 (BIBLIOTECA)

Solicita-se permuta.
We ask for change.

Lima, Rosa Malena Fernandes

Caracterização tecnológica de caulim para a indústria de
papel / Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da
Luz. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1991

21 p. - (Série Tecnologia Mineral, 48)

1. Caulim 2. Indústria de papel. I. Luz, Adão Benvindo da
II. Título. III. Série.

ISBN - 85-7227-004-3

CDD 622.7

**TECNOLOGIA
MINERAL**

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAULIM PARA A INDÚSTRIA DE PAPEL

48

**ROSA MALENA FERNANDES LIMA
ADÃO BENVINDO DA LUZ**



CETEM

APRESENTAÇÃO

A indústria de papel vem sofrendo maciços investimentos por parte dos empresários do setor que atuam no país.

Em virtude disto, o interesse pelo caulim foi e normemente ampliado nestes últimos anos, todos buscando um produto que atenda às exigências e especificações da indústria.

O presente trabalho, de autoria dos Eng^o de Minas Adão Benvindo da Luz e Eng^o de Minas, M.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Minas Rosa Malena F. Lima, permite ao leitor uma revisão geral da caracterização tecnológica dos caulins para atender às suas aplicações.

ROBERTO C. VILLAS BÔAS
DIRETOR

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Tipos de Depósito e Produção de Caulim	4
2.2 Avaliação do Caulim para a <u>In</u> dústria de Papel	4
2.3 Beneficiamento de Caulim	6
3. ENSAIOS DE LABORATÓRIO	7
4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	13
4.1 Caulim "A"	13
4.2 Caulim "B"	16
5. CONCLUSÕES	19

RESUMO

Neste trabalho foi abordada a caracterização tecnológica de caulins para a indústria de papel (carga e cobertura). Tomaram-se como exemplo os estudos realizados pelo CETEM em duas amostras de caulim, denominadas de "A" e "B". Compararam-se os resultados desses estudos com as características de caulins da Geórgia e Carolina do Sul (EUA) usados pela Huber Kaolin Co. na indústria de papel. Concluiu-se que o caulim "A" poderá ser usado como carga, e o "B" como cobertura de papel.

ABSTRACT

Technological characterization of two kaolin samples ("A" and "B") was carried out in order to obtain a product to be used in the paper industry. The results were compared with kaolins from Georgia and South Carolina used in the Huber Kaolin Co. for paper industry. These studies indicated the technical feasibility of using kaolin "A" and "B" as filler and coating paper industry, respectively.

1. INTRODUÇÃO

O caulim é uma rocha de granulometria fina, geralmente de cor branca e boa inércia química. Devido a estas características, ele pode ser usado como carga ou cobertura na indústria de papel, tintas, cerâmica, produtos farmacêuticos e veterinários, borracha, plásticos, fertilizantes e outros.^[1]

A caulinita é o principal constituinte do caulim, que é formado pela decomposição de granitos. Possui placas diminutas e delgadas configuradas em forma de hexágono. Sua fórmula química é $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$.^[2]

A principal aplicação do caulim é como carga e cobertura na indústria de papel. Para isso, ele deverá possuir especificações (granulometria fina, alvura superior a 79%, viscosidade entre 50 e 150 centipoise etc.) adequadas a essa utilização.

Para se determinar essa possibilidade, faz-se necessário a realização de testes preliminares (análise granulométrica da fração abaixo de $44\mu m$, alvura, pH, análise mineralógica etc.), testes específicos (viscosidade, análise microgranulométrica, melhoramento da alvura através de processos químicos, flotação e separação magnética) e, finalmente, testes de aplicação realizados pela própria indústria de papel.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Tipos de Depósito e Produção de Caulim

Os depósitos de caulim são classificados em primários ou residuais e secundários.^{[3] [4]}

Depósitos primários ou residuais são formados pela alteração de rochas cristalinas, como o granito, e permanecem "in situ". O caulim destes depósitos ocorre associado ao quartzo, mica, feldspato e outras impurezas, apresentando morfologia lamelar, baixa plasticidade e granulometria mais grosseira.^{[3] [4]}

Depósitos secundários são resultantes do transporte, deposição e seleção de caulins primários, por meio de correntes de água doce. Apresentam teores menores de quartzo e mica, mas com contaminações de óxido de ferro e de titânio que podem alterar a cor branca original.^[4]

Os maiores depósitos de caulim se encontram nos Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, Austrália, Alemanha Ocidental, França e Espanha.^[4]

A produção mundial de caulim em 1985 foi de 20 milhões de toneladas, das quais mais de 50% se destinaram à indústria de papel. Os Estados Unidos e a Inglaterra foram responsáveis por mais de 50% dessa produção.^[4] O Brasil é o 5º produtor mundial de caulim.^[5]

2.2 - Avaliação do Caulim para a Indústria de Papel

Para determinação das potencialidades econômicas de um determinado caulim, são realizados testes preliminares, que darão in-

dicativos de sua utilização industrial. A partir desses resultados, realizam-se testes específicos para cada aplicação (papel, cerâmica, tinta, borracha etc).

Os testes preliminares para avaliação econômica de caulins compreendem:^[6]

- análise mineralógica;
- resíduo em $44\mu\text{m}$;
- distribuição de partículas na fração abaixo de $44\mu\text{m}$;
- alvura;
- viscosidade e
- pH

No caso da indústria de papel, os testes mais importantes de avaliação de caulim são:^[6]

- porcentagem recuperada como caulim de cobertura;
- reologia (viscosidade do meio);
- análise microgranulométrica;
- melhoramento da alvura (lixiviação, flotação e separação magnética);
- dispersão e
- desintegração.

Com o produto obtido em laboratório são realizados ensaios de aplicação na indústria, onde são avaliadas as propriedades físicas da folha de papel, tais como, alvura, brilho, maciez, receptividade à tinta etc.^[6]

As principais características dos caulins para carga e cobertura de papel usados pela Huber Kaolin Co., com base nas propriedades dos caulins da Georgia e Carolina do Sul, estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características dos Caulins para Carga e Cobertura de Papel usados pela Huber Kaolin Co.^[7]

Caulim	Resíduo em Peneira U S S Nº 200 (%)	Alvura * (%)	Partículas + 5µm (%)	Partículas - 2µm (%)	Viscosidade ** (Cp)	pH
Carga	0,03 - 0,05	79 - 83,5	12 - 35	30 - 68	-	4,5 - 7,0
Cobertura	0,005 - 0,007	83,5 - 85,5	3 - 8	70 - 80	50 - 150	-

* Alvura em relação ao padrão de óxido de magnésio medido no comprimento de onda 4,580 Å.

** Viscosidade de uma suspensão aquosa contendo 70% em peso de caulim.

2.3 - Beneficiamento de Caulim

Normalmente o caulim ocorre associado a diversas impurezas, não atendendo, portanto, às especificações de mercado. Logo, para o seu aproveitamento, é necessário beneficiá-lo a seco ou a úmido.

O beneficiamento a seco é usado para caulins que já possuem qualidades desejadas de alvura, pouco quartzo e distribuição granulométrica adequada de partículas. O produto final reflete a qualidade do caulim bruto (Figura 1). Como a maioria dos caulins não atende a essas especificações, o seu beneficiamento é feito a úmido (Figura 2).^[8]

O ferro, o titânio e outras impurezas (mica, feldspato etc.) influenciam na cor e alvura do caulim. A remoção dessas impurezas é

feita geralmente através de processos químicos, flotação e separação magnética de alto campo.

Óxidos de ferro podem ser removidos através da redução do ferro trivalente para ferro divalente, com o uso de hipossulfito de sódio, tiossulfato de sódio, sulfito de sódio, zinco metálico, ditionito de sódio e outros, sendo o reagente mais eficiente o ditionito de sódio.^[9]

No caso de caulins contendo matéria orgânica, o branqueamento pode ser feito pela oxidação da matéria orgânica, com solução de peróxido de hidrogênio na presença de catalisadores como o nitrato férrico. Depois, a purificação é feita pela complexação com ácido oxálico.^[9]

O uso de centrífuga no beneficiamento do caulim tem por objetivo separar as partículas mais grosseiras, eliminando principalmente o quartzo, bem como impurezas de ferro e de titânio, tendo como consequência uma melhoria na alvura.

Para caulins que não atendem às especificações para a indústria de papel em termos de granulometria, pode-se fazer delaminação dos mesmos. Davis e colaboradores^[10] desenvolveram um processo de delaminação de caulins grosseiros da Geórgia para produzir partículas com distribuição granulométrica satisfatória para cobertura de papel.

3. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Foram feitos testes preliminares de caracterização tecnológica em duas amostras de caulim ("A" e "B").

A Figura 3 apresenta o fluxograma utilizado na caracterização do caulim "A", visando:

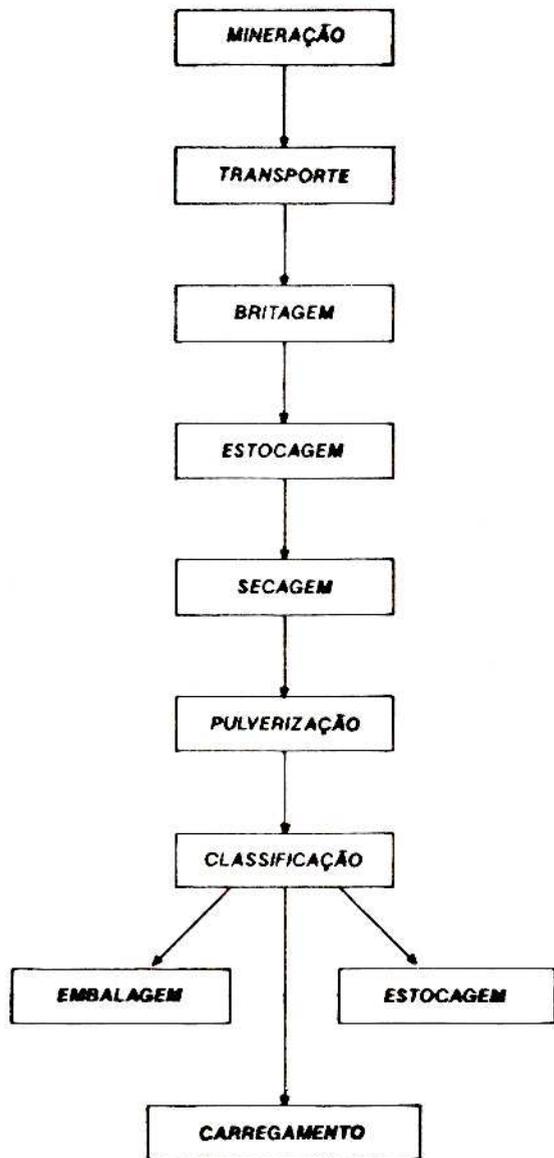


FIG.1 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO A SECO PARA PRODUÇÃO DE CAULIM

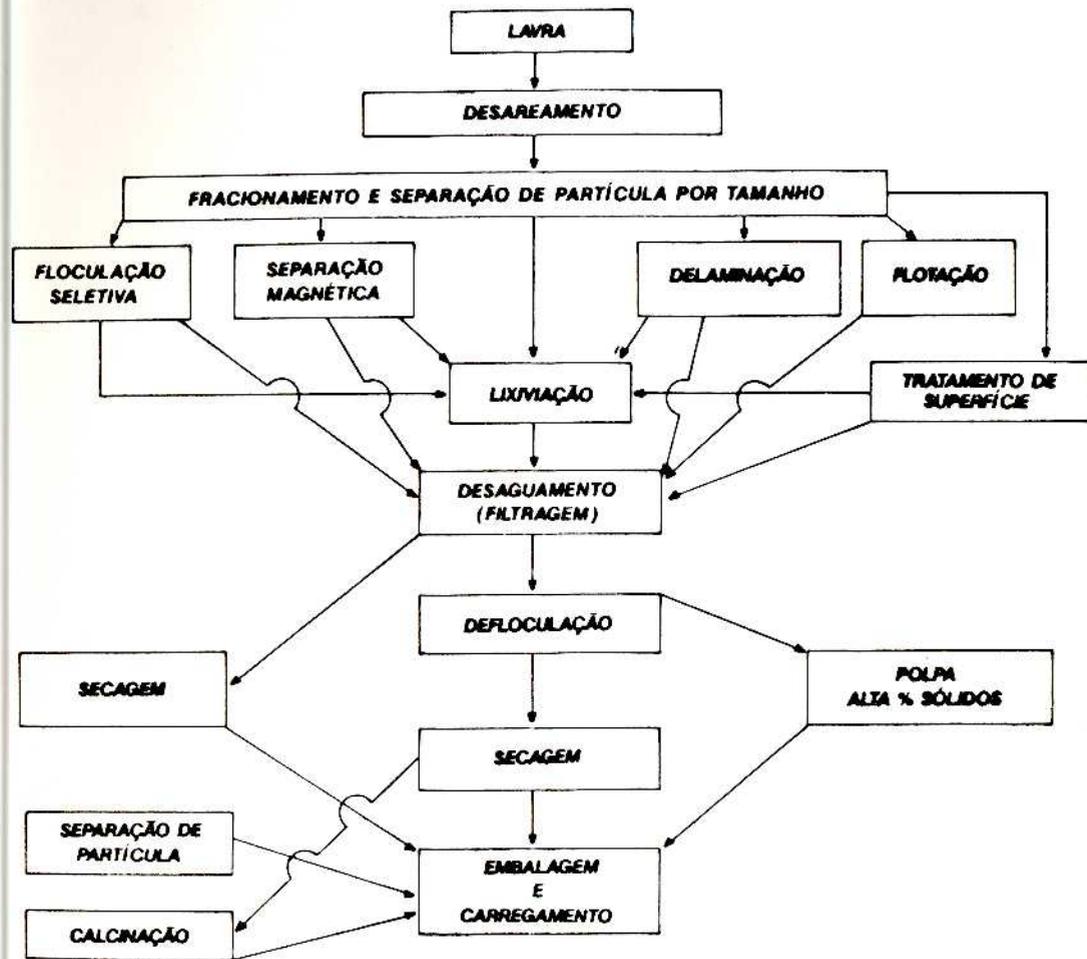


FIGURA 2 - Fluxograma do processo a úmido de caulim para cobertura e carga (8).



FIGURA 3 - Fluxograma utilizado na caracterização do caulim "A".

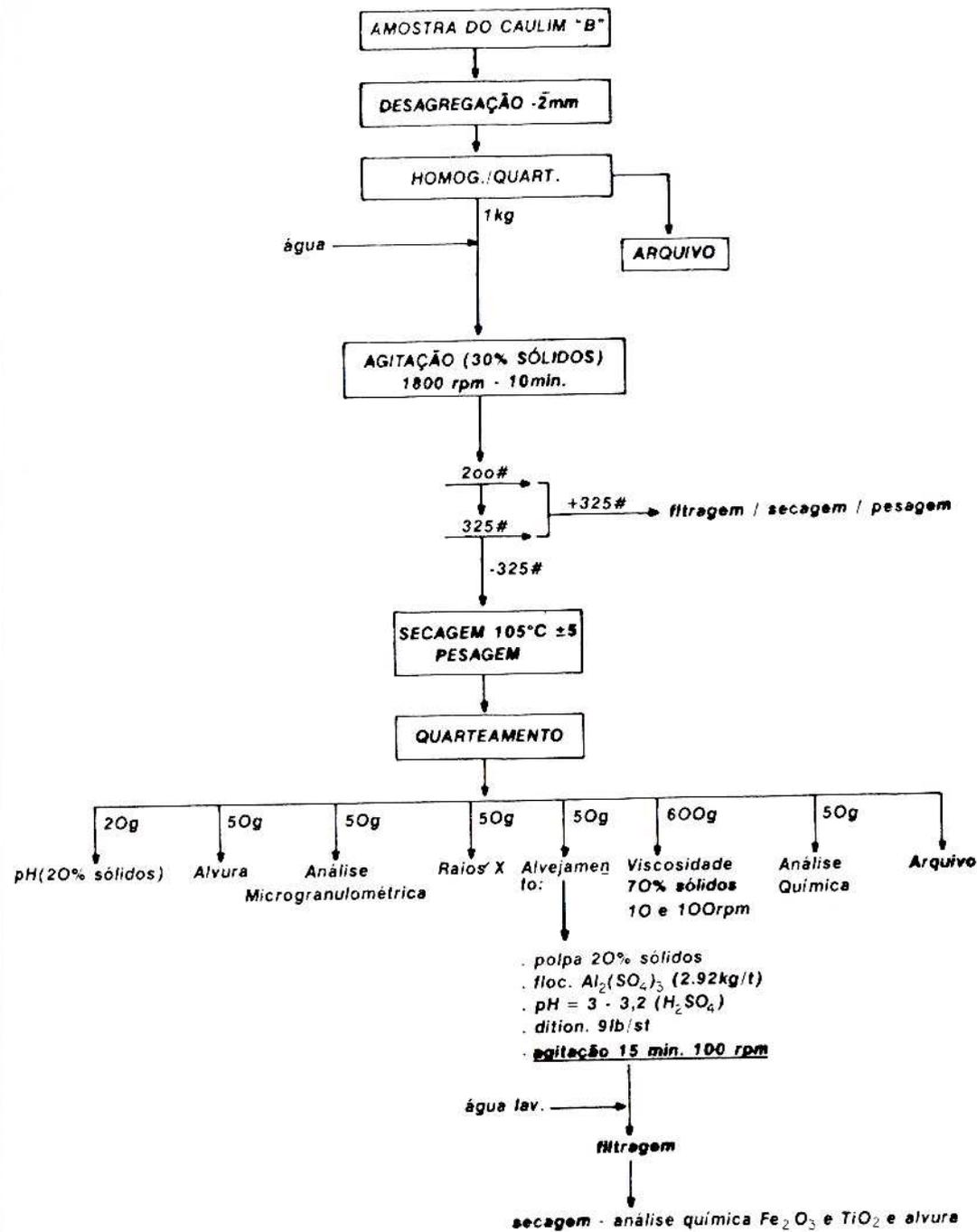


FIGURA 4 - Fluxograma de caracterização e processamento do caulim "B".

- análise granulométrica;
- determinação de alvura;
- composição química e
- composição mineralógica qualitativa.

A Figura 4 apresenta o fluxograma de caracterização e processamento do caulim "B". Os testes realizados foram:

- resíduo na peneira 325 malhas;
- rendimento em caulim (passante na peneira 325 malhas);
- alvura natural;
- ensaios de alveamento;
- alvura após alveamento;
- análise microgranulométrica;
- difração de raios X;
- viscosidade;
- análise química (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O , Na_2O , SiO_2 , CaO , MgO);
- perda ao fogo (p.f.);
- análise química após alveamento (Fe_2O_3 e TiO_2);
- pH.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 - Caulim "A"

4.1.1 - Análise Granulométrica

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise granulométrica da amostra "A".

Tabela 1 - Análise granulométrica da amostra "A".

Malha	Peso %	Acumulada %	Passante %
10	9,1	9,1	90,9
65	8,8	17,9	82,1
200	4,8	22,7	77,3
325	8,2	30,9	69,1
- 325	69,1	100,0	-

Pela Tabela 1 observa-se que a amostra de caulim "A" beneficiada apresentou um rendimento de 69% em peso, na malha 325.

A Tabela 2 apresenta a análise microgranulométrica (pipeta de Andreasen) da fração menor que 325 malhas.

Tabela 2 - Análise microgranulométrica da Amostra "A".

Granulometria μm	Peso (%)
< 5	52
< 2	17

Pelo Quadro 1 do Anexo observa-se que a amostra do caulim "A" possui partículas mais grosseiras que as partículas dos caulins usados pela Huber Kaolin Co. como carga na indústria de papel. Ou seja, a porcentagem de partículas abaixo de $5\mu\text{m}$ e $2\mu\text{m}$ da amostra do caulim "A" é inferior ao padrão americano.

4.1.2 - Alvura

A alvura foi determinada utilizando-se o fotômetro Zeiss tipo Elrepho - 457, obtendo-se 89,87% em relação ao padrão 100 de MgO.

A alvura da amostra do caulim "A" (89,87%) foi bastante superior ao padrão americano (79 - 83,5%).

4.1.3 - Análise Mineralógica

A difração de raios X e a análise termodiferencial identificaram a amostra como sendo constituída, essencialmente, por mineral do grupo da caulinita. Como se trata de um caulim primário, é possível a presença de tubos de haloisita em proporções variáveis, podendo reduzir o brilho do caulim, quando usado na cobertura de papel. A identificação de haloisita, com um certo grau de segurança, só é possível através de microscopia eletrônica.

4.1.4 - Análise Química

A análise química da fração abaixo de 325 malhas está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise química da fração abaixo de 325 malhas.

Elemento ou Composto	Teor (%)
SiO ₂	44,4
Al ₂ O ₃	37,6
Fe ₂ O ₃	0,1
CaO	0,03
Mn	ND
K ₂ O	1,21
Na ₂ O	0,52
Cu	ND
TiO ₂	ND

Obs.: P.f.: 14,1%

O fato do teor de Fe₂O₃ ser de 0,1%, e a não detecção de TiO₂ (Tabela 3), explica o alto valor da alvura (89,87%) da amostra do caulim "A".

4.2 - Caulim "B"

4.2.1 - Análise Microgranulométrica

A amostra do caulim "B" era constituída de 96,7% em peso de partículas abaixo de 325 malhas.

Os resultados da análise microgranulométrica feita pelo Sedi-graph estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise microgranulométrica da amostra "B".

Diâmetro (μm)	Passante (Peso) (%)
10	99
2	92
1	89
0,5	87

Observa-se na Tabela 4 que 92% das partículas estão abaixo de $2\mu\text{m}$, sendo portanto um produto de granulometria mais fina que os caulins usados pela Huber Kaolin Co. como cobertura na indústria de papel (Anexo - Quadro 2).

4.2.2 - Alvura

A alvura natural foi de 82,16%. Após alvejamento com ditio-nito de sódio, atingiu o valor de 85,63%, compatível com a alvura do padrão americano (83,5% - 85,5%) usado como cobertura na indústria de papel (Anexo - Quadro 2).

4.2.3 - Análise Mineralógica

A partir das análises feitas por difratometria semiquantitativa, o caulim "B" mostrou ser constituído por caulinita (82,95%), quartzo (15,05%) e muscovita (< 1%).

4.2.4 - pH

O pH da polpa do caulim "B" foi determinado pela norma TAPPI-T667 05-77. No caso dos caulins usados pela Huber Kaolin Co. como carga na indústria de papel, o pH varia de 4,5 a 7,0 (Anexo - Quadro 1).

4.2.5 - Análise Química

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados das análises químicas realizadas antes e após alvejamento.

Tabela 5 - Análise química da amostra "B" antes do alvejamento.

Composto	Teor (%)
Fe ₂ O ₃	0,49
TiO ₂	0,73
Al ₂ O ₃	39,3
K ₂ O	0,02
Na ₂ O	0,01
SiO ₂	43,9
CaO	0,05
MgO	0,04

Obs.: P.f.: 14,2%

Tabela 6 - Análise química após alveamento.

Composto	Teor (%)
Fe ₂ O ₃	0,44
TiO ₂	0,47

Pelas Tabelas 5 e 6 observa-se diminuição dos teores de Fe₂O₃ e TiO₂, o que explica o aumento da alvura de 82,16% (antes do alveamento) para 85,63% (após alveamento).

4.2.6 - Viscosidade

A determinação da viscosidade foi feita por um viscosímetro Brookfield, segundo norma TAPPI, n° 648 OM-88.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados das medidas de viscosidade realizados em polpa com 70% de sólidos em peso.

Tabela 7 - Viscosidade da amostra do caulim "B"

Dispersante		Spindle	Rotação RPM	Viscosidade (cp)	Observações
Tipo	Massa (g)				
HMFS*	2,85	1	10 100	219,0 -	Determinações sem haste de proteção. Polpa muito fluida para 70% de sólidos
HMFS*	2,85	2	10 100	240,0 133,6	Determinação sem haste de proteção. Polpa muito fluida para 70% de sólidos

*Hexametáfosfato de sódio

A viscosidade de 133,6 cp está dentro dos valores de viscosidade

(50 a 150 cp) dos caulins usados pela Huber Kaolin Co. como cobertura na indústria de papel (Anexo - Quadro 2).

5. CONCLUSÕES

O trabalho de caracterização tecnológica para a indústria de papel desenvolvido com as amostras de caulim "A" e "B" indicou as possibilidades técnicas de:

- o caulim "A", em função de sua alvura (acima de 79%), distribuição granulométrica e mineralogia, ser usado como carga;
- o caulim "B", em função de sua alvura (acima de 83,5%), distribuição granulométrica, viscosidade e mineralogia, ser usado como cobertura.

Referências

- [1] MURRAY, H.H. World Kaolins - Diverse Quality Needs Permit Different Resource Types. In: INDUSTRIAL MINERALS INTERNATIONAL CONGRESS, 8, Boston, 1988. p. 127-130.
- [2] DANA, J.D. & HURLBUT, C.S. Manual de Mineralogia, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.
- [3] SOUZA, D.D.D. de; BUGAJER, S. & SAKA, S. Características Físicas, Químicas e Mineralógicas de Caulins usados como carga nas Indústrias de Papel. In: CONGRESSO NACIONAL DE CERÂMICA, 31, Brasília, 1987. Anais. p. 750-774.
- [4] BRISTOW, C.M. Kaolin Paper Underpins Current Demand. *Industrial Minerals*, p. 62-87, July, 1987.
- [5] BIDWELL, J.I. Atividades com Caulins e Similares da English China Clay. In: ENCONTRO NACIONAL DO TALCO, 4, Ponta Grossa, 1988. Anais. p. 81-92.
- [6] MURRAY, H.H. Diagnostic Test for Evaluation of Kaolin Physical Properties. In: KAOLIN SYMPOSIUM, 10, Budapest, 1979. p.67-77.
- [7] SANTOS, P.S. Caulins para Papel. In: TECNOLOGIA de argilas, aplicada às argilas brasileiras. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. v. 2, cap. 24, p. 544-582.
- [8] MURRAY, H.H. Clays. In: ULMANN Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5 ed., Barcelona: VCH, 1986. p. 109-136.
- [9] STOCH, L.; BADYOCZEK, H.; HOWALSKA - SMOLEN, J.; ABGAROWICZ, E.; STRAUCH, T. Physico - Chemical Methods of Purification of Kaolins and Their Mineral Composition and Orige. In: INTERNATION-

AL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13, Warszawa, 1979. Beneficiation of Clay Raw Materials. p. 215-237.

- [10] DAVIS, E.G.; COLLINS, E. W. & FELD, I.L. Large - Scale Continuous Attrition Grinding of Coarse Kaolin. Washington: Bureau of Mines, 1973. 26p. (Report of Investigations, nº 7771).

ANEXO

Quadro 1 - Comparação do caulim "A" estudado com as especificações de caulim americano usado como carga.

Tipo	Granulometria (% peso) abaixo do diâmetro equivalente		Alvura	pH
	5 μ m	2 μ m		
Caulim americano para carga (Huber Kaolin Co.)	65-88	30-68	79-83,5	4,5-7,0
Amostra do caulim "A" estudado	52	17	89	-

Quadro 2 - Comparação do caulim "B" estudado com as especificações de caulim americano usado como cobertura.

Tipo	Granulometria (% peso) abaixo do diâmetro equivalente		Alvura (%)	Viscosidade ** (Cp)
	5 μ m	2 μ m		
Caulim americano para cobertura (Huber Kaolin Co.)	92-97	70-80	83,5-85,5	50 a 150
Amostra do caulim "B" estudado	-	92	85,63*	133,6

* Alvura após alveamento

** Determinação feita a 100 rpm e sem haste de proteção.

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- 01) - Flotação de carvão; estudos em escala de bancada; (esgotado)
- 02) - Beneficiamento de talco; estudos em escala de bancada; (esgotado)
- 03) - Beneficiamento de talco; estudos em usina piloto;(esgotado)
- 04) - Flotação de cianita da localidade de Boa Esperança (MG);
- 05) - Beneficiamento de diatomita do Ceará; (esgotado)
- 06) - Eletrorefino de zinco; uma revisão das variáveis influentes; (esgotado)
- 07) - Redução da gipsita com carvão vegetal; (esgotado)
- 08) - Beneficiamento de diatomita de Canavieira, Estado do Ceará; (esgotado)
- 09) - Moagem autógena de itabirito em escala piloto; (esgotado)
- 10) - Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor; (esgotado)
- 11) - Estudos de corrente de pulso sobre o eletrorefino de prata; (esgotado)
- 12) - Lixiviação bacteriana do sulfeto de cobre de baixo teor Caraíba; (esgotado)
- 13) - Flotação de minérios oxidados de zinco; uma revisão de literatura; (esgotado)
- 14) - Efeitos de alguns parâmetros operacionais no eletrorefino do ouro; (esgotado)
- 15) - Flotação de carvão de Santa Catarina em escala de bancada e piloto; (esgotado)

- 16) - Aglomeração seletiva de carvão de Santa Catarina, estudos preliminares;
- 17) - Briquetagem e sua importância para a indústria (em revisão); (esgotado)
- 18) - Aplicação de petrografia no beneficiamento de carvão por flotação;
- 19) - Recuperação do cobre do minério oxidado de Caraíba por extração por solventes em escala de bancada; (esgotado)
- 20) - Dynawhirlpool (DWP) e sua aplicação na indústria mineral; (esgotado)
- 21) - Flotação dos rejeitos finos de scheelita em planta piloto; (esgotado)
- 22) - Coque de turfa e suas aplicações;
- 23) - Processo eletrolítico de ouro, processo Wohlwill; (esgotado)
- 24) - Flotação de oxidados de zinco; estudos em escala piloto;
- 25) - Dosagem de ouro;
- 26) - Beneficiamento e extração de ouro e prata de minério sulfetado;
- 27) - Extração por solvente de cobre do minério oxidado de Caraíba;
- 28) - Preparo eletrolítico de solução de ouro;
- 29) - Recuperação de prata de fixadores fotográficos; (esgotado)
- 30) - Amostragem para processamento mineral; (esgotado)
- 31) - Indicador de bibliotecas e centros de documentação em tecnologia mineral e geociências do Rio de Janeiro;
- 32) - Alternativa para o beneficiamento de minério de manganês de Urucum, Corumbá-MS;
- 33) - Biolixiviação de minério de cobre de baixo teor;
- 34) - Beneficiamento do calcário da região de Cantagalo;
- 35) - Aplicação da simulação de hidrociclones em circuitos de moagem;
- 36) - Estudos de um método simplificado para determinação do "Índice de Trabalho" e sua aplicação à remoagem;
- 37) - Metalurgia extrativa do ouro;
- 38) - Estudos de flotação do minério oxidado de zinco de Minas Gerais;
- 39) - Lista de termos para indexação em tecnologia mineral;
- 40) - Distribuição de germânio em frações densimétricas de carvões;
- 41) - Aspectos do beneficiamento de ouro aluvionar;
- 42) - Estudos tecnológicos para o aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI;
- 43) - Tratamento de efluentes de carvão através de espessador de lamelas;
- 44) - Recuperação do ouro por amalgamação e cianetação - problemas ambientais e possíveis alternativas;
- 45) - Geopolítica dos novos materiais;
- 46) - Beneficiamento de calcário para as indústrias de tintas e plásticos;
- 47) - Influência de algumas variáveis físicas na flotação de partículas de ouro;

