

# CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO CAULIM DA REGIÃO DE PRADO, BAHIA<sup>(1)</sup>

Luiz Carlos Bertolino<sup>(2)</sup>  
Ana Claudia Campos Pacheco<sup>(3)</sup>  
Maurício Leonardo Torem<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Nos últimos anos o caulim tem se destacado muito no setor dos minerais industriais, principalmente pelos seus diferentes usos na indústria. A principal utilização do caulim é na indústria do papel como cobertura e carga, além de ser utilizado em cerâmicas, tintas, plásticos, borrachas, catalisadores, entre outros. O Brasil vem conquistando um importante espaço no cenário mundial, podendo em breve tornar-se o segundo maior produtor de caulim do mundo.

Uma importante jazida de caulim localizada na região de Prado, Bahia, tem se destacado no mercado interno pela qualidade do seu minério e pela proximidade do mercado consumidor.

O caulim desta região é constituído principalmente por caulinita bem cristalizada, tendo como impurezas mineralógicas: quartzo, ilmenita, rutilo, óxidos de ferro, micas e feldspato. A fração beneficiada é constituída essencialmente por caulinita, distribuída homogeneamente na forma de plaquetas hexagonais com diâmetro em torno de 1  $\mu\text{m}$ .

Os resultados da caracterização mineralógica indicam que grande parte das impurezas presentes no caulim são eliminadas após a classificação granulométrica e beneficiamento químico com agente redutor, proporcionando considerável aumento no índice de alvura.

Palavras chaves: caulim, beneficiamento, caracterização mineralógica.

---

(1) Trabalho a ser apresentado ao XVII Encontro Nac. de Tratamento de Minérios e Met. Extrativa e I Seminário de Química de Colóides Aplicada à Tec. Mineral. Águas de São Pedro, S.P. 23 a 26 de agosto de 1998.

(2) Geólogo, MSc. Aluno de doutorado do DCMM, PUC -Rio.

(3) Engenheira Química. Aluna de mestrado do DCMM, PUC-Rio.

(4) Engenheiro Metalúrgico, MSc, DSc, Professor Assistente do DCMM, PUC-Rio.

## 1. INTRODUÇÃO

O caulim é um mineral industrial importante nos vários mercados mundiais incluindo aplicações em cobertura e carga de papel, cerâmica, tintas, plásticos, borracha, fibras de vidro, catalisadores de fracionamento e muitas outras utilizações. Os minerais que constituem o caulim - caulinita, haloisita, dickita e nacrita, possuem composição química essencialmente similar, porém, cada um deles tem diferenças estruturais importantes. O mineral do caulim mais comum e mais importante industrialmente é a caulinita  $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$ . A caulinita pode ser formada como um produto do intemperismo residual, por alteração hidrotermal, e como um mineral sedimentar autígeno. As ocorrências residuais e hidrotermais são classificadas como primárias e as ocorrências sedimentares como secundárias [1, 2].

Os caulins primários são aqueles formados in situ normalmente pela alteração de rochas como granitos e riolitos. Os caulins secundários são sedimentos que foram erodidos, transportados e depositados como leitos associados a outras rochas sedimentares. A maior parte das ocorrências de caulim de origem secundária foi formada pela deposição de caulinita que se formou em outro lugar. Existem mais depósitos de caulins primários no mundo do que secundários, uma vez que são necessárias condições geológicas especiais tanto para deposição como para preservação desses caulins.

## 2. PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

A caulinita possui uma composição química teórica de 39,8% de alumina, 46,3% de sílica e 13,9% de água. Os caulins que são utilizados industrialmente têm uma composição química consideravelmente próxima aos valores teóricos da caulinita.

As principais impurezas presentes nos caulins comerciais são o ferro e o titânio. O ferro está presente em grande parte nos minerais goethita e ilmenita e o titânio nos minerais rutilo, anatásio e ilmenita.

Os caulins são de cor branca ou quase branca e após beneficiamento poderão apresentar viscosidade adequada para cobertura de papel. A indústria de papel lidera o consumo de caulim. Calcula-se que o consumo total de caulim nos mercados mundiais seja de aproximadamente 25 milhões de toneladas [1].

O caulim ocorre associado a diversas impurezas, sendo necessários processos de beneficiamento eficientes para adequá-lo ao uso industrial. Existem basicamente dois processos de beneficiamento, a seco e a úmido. O processo a úmido permite a obtenção de produto mais uniforme e, as principais etapas de beneficiamento são: dispersão, classificação granulométrica, separação magnética, alveijamento químico, filtragem e secagem.

## 3. PERSPECTIVAS DO CAULIM BRASILEIRO

O setor de beneficiamento de caulim vem recebendo grandes investimentos visando notadamente a produção de caulim de alta qualidade para a utilização na indústria do papel, destinada, principalmente, ao mercado externo. Com a conclusão dos programas

de expansão e abertura de novas áreas produtoras, as perspectivas são de que em breve o Brasil seja o 2º produtor mundial de caulim.

O Brasil nos últimos anos tem se mostrado como uma boa opção de investimento no setor mineral, motivado basicamente pela estabilidade econômica que o país vem passando e, pelas mudanças implementadas pelo governo federal, no sentido de por fim as restrições à atuação do capital estrangeiro no setor mineral [3].

O mercado dos minerais industriais, principalmente o do caulim, nas últimas décadas tem apresentado um grande dinamismo, requerendo maiores investimentos tanto no setor de produção como no de beneficiamento. Avaliações recentes indicam que o Brasil apresenta reservas disponíveis suficientes para sustentar um aumento na demanda de caulim e receber novos investimento no setor de produção [4].

Segundo os dados fornecidos pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), a produção brasileira de caulim bruto no ano de 1996 ficou em torno de 1,105 milhão t, contra 1,067 milhão t produzidas em 1995. As projeções são de que até o ano 2.000 o Brasil se torne o segundo maior produtor de caulim, ficando atrás apenas dos Estados Unidos [5].

A produção de caulim brasileira vem aumentando nos últimos anos visando basicamente a produção de caulim do tipo "coating" destinado ao mercado externo (Tabela 1). Os principais compradores do Brasil no ano de 1996 foram a Bélgica (54%), Japão (16%), Itália (13%) e Finlândia (9%) [5]. Esforços vêm sendo desenvolvidos no sentido de conquistar novos mercados, principalmente dos países asiáticos.

As principais reservas de caulim localizam-se nos estados do Pará e Amapá, na região dos rios Capim e Jari, respectivamente, sendo seus depósitos de origem secundária e de idade do Terciário. Essas ocorrências representam cerca de 80% das reservas brasileiras de caulim (Tabela 2), sendo a região que vem recebendo maior aporte de investimento.

Os depósitos de caulim existentes nas regiões sul e sudeste são menos significativos e, na sua maioria de origens primária. As mineradoras desta região produzem basicamente caulim do tipo "filler", e ainda para a utilização em indústrias de cerâmicas, fibra de vidro, tinta, borracha, entre outros.

**Tabela 1. Produção de caulim brasileiro destinada ao mercado externo [6].**

Ano	Quantidade (t)	Valor FOB (US\$ x 1.000)
1993	613.484	74.109
1994	533.796	65.195
1995	588.295	71.117

**Tabela 2. Reservas de caulim por estado. Ano de 1995 [6].**

Estado	Minério (t)	Reserva Indicada (t)	Reserva Inferida (t)	Produção (t)	Valor da Produção (US\$)
Pará	262.455.260	296.220.300	259.358.178		
Amapá	245.016.701	115.783.000		807.702	67.304.453
Bahia	42.761.080			4.733	242.850
São Paulo	37.818.388	23.850.803	27.778.254	585.073	36.623.530
Santa Catarina	31.785.807	7.917.409	5.978.272	77.827	1.006.770
Paraná	14.442.635	10.877.556	15.466.261	117.452	1.838.236
Rio Grande do Sul	10.230.029	5.334.462	8.402.642	62.879	3.110.813
Minas Gerais	8.935.520	4.665.627	2.390.346	269.639	11.403.741
Total	676.518.539	479.651.386	371.964.649	1.957.750	124.973.317

#### 4. CAULIM DE PRADO

Na região de Prado, Bahia, ocorrem extensos depósitos de caulins de origens primária e secundária, utilizados principalmente na indústria de papel como enchimento e cobertura e na produção de catalisadores para o craqueamento de petróleo. A jazida estudada é formada por um espesso depósito de caulim contendo aproximadamente 100 milhões de toneladas do minério. Industrialmente o minério é classificado em quatro tipos, dependendo das suas características mineralógica e física.

A metodologia empregada na caracterização do caulim consistiu em estudos de beneficiamento, envolvendo etapas de dispersão, classificação granulométrica e caracterização mineralógica. Esta metodologia visa a identificação dos argilominerais presentes e as impurezas mineralógicas que possam influenciar na qualidade do caulim [7, 8].

#### 5. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

Foram estudadas duas amostras de caulins fornecidas pela Mineração de Caulim Monte Pascoal Ltda., uma de minério bruto (ROM) e uma de minério beneficiado. A caracterização mineralógica compreendeu etapas de análise em lupa binocular, difratometria de raios-X e microscopia eletrônica de varredura/EDS.

A amostra "Run of Mine" (ROM) foi beneficiada a úmido, consistindo nas etapas de dispersão e classificação granulométrica. A dispersão com hexametáfosfato de sódio (5 kg/ton.) é importante para o beneficiamento e caracterização mineralógica, pois evita que os agregados de caulim retenham partículas finas de impurezas minerais, tais como quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro e óxidos de titânio, que prejudicam o beneficiamento e influenciam na abrasividade e na alvura do produto. Os subprodutos do beneficiamento estudados consistiram em 6 frações (Tabela 3).

As frações grossas (maior que 0,062 mm) são constituídas essencialmente por quartzo, biotita, muscovita, óxidos e hidróxidos de ferro, rutilo, agregados de caulinita e feldspato parcialmente alterado (Fotos 1 e 2 e figura 1).

**Tabela 3. Distribuição granulométrica da amostra "Run of Mine" do caulim da região de Prado, Bahia.**

Frações (mm)	Peso (%)
+0,500	26,0
-0,500 +0,250	9,3
-0,250 +0,088	8,3
-0,088 +0,062	1,4
-0,062 +0,020	1,9
-0,020	53,1
Total	100



**Foto 1. Fotomicrografia da fração +0,062 mm do caulim com aumento de 200x. Observa-se a presença de grãos de K-feldspato em processo de caulinitização (1), grãos de quartzo (2) e mica (3).**



Foto 2. Detalhe de um grão de feldspato (1) e um grão de quartzo (2) com um aumento de 200x.

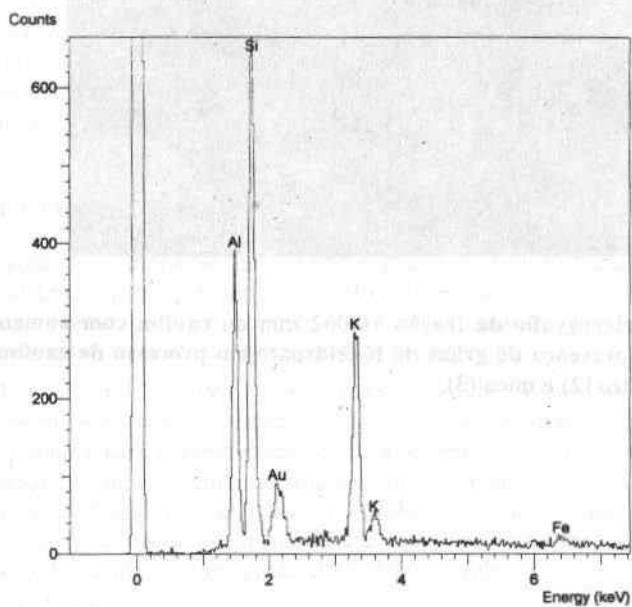


Figura 1. EDS de um grão de K-feldspato.

Observa-se que à medida que diminui a granulometria há um aumento considerável na concentração de caulinita nas frações finas, e uma diminuição na quantidade de quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro, muscovita, rutilo e feldspato (Figura 2). Constatou-se através do microscópio eletrônico de varredura/EDS e da difração de raios-X que a fração -0,020 mm é constituída essencialmente de caulinita.

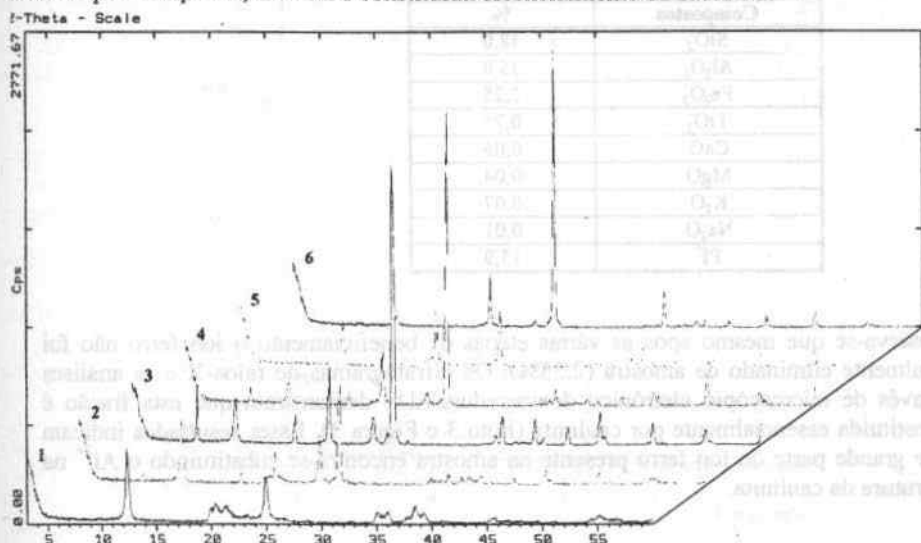


Figura 2. Difratograma de raios-X das frações -0,020 mm (1), -0,062 mm +0,020 mm (2), -0,088 mm +0,062 mm (3), -0,250 mm +0,088 mm (4), -0,500 mm +0,250 mm (5) e +0,500 mm (6). Ocorre uma redução do pico característico do quartzo em direção às frações mais finas, enquanto que ocorre um acréscimo da intensidade do pico da caulinita.

Na fração menor que 0,020 mm a caulinita se distribui homogeneamente na forma de plaquetas hexagonais com diâmetro inferior a 2µm. Nesta fração não foi observada a presença de impurezas mineralógicas. Estes resultados confirmam que o processo de beneficiamento do minério foi efetivo no sentido de remover as impurezas.

Industrialmente o caulim passa por várias etapas de beneficiamento para eliminar as impurezas mineralógicas e elevar o índice de alvura. A operação de alvejamento químico com agente redutor, ditionito de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), visa reduzir o teor de ferro presente no minério através da redução do Fe<sup>3+</sup> insolúvel a Fe<sup>2+</sup> solúvel. O tratamento com ditionito de sódio é um processo de alvejamento usado na maiorias das empresas produtoras de caulim. A reação de redução do ferro com ditionito de sódio é representada da seguinte maneira:

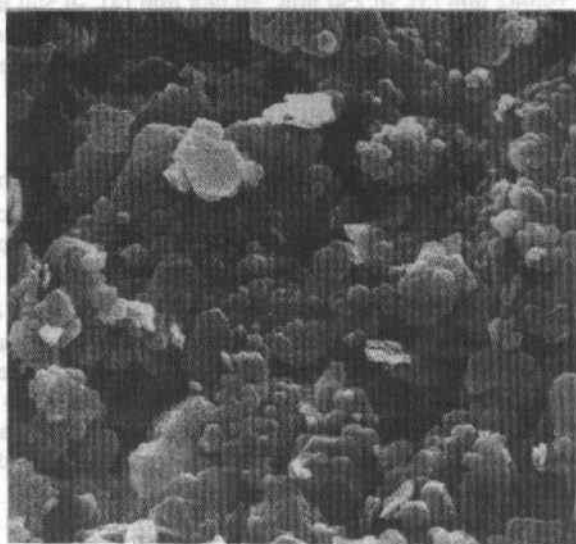


Após a etapa de beneficiamento o caulim apresentou um considerável aumento no índice de alvura, 87,0% GE, e baixa viscosidade. A análise química da amostra beneficiada é apresentada na tabela 4.

**Tabela 4. Análise química da amostra beneficiada (% em peso).**

Compostos	%
SiO <sub>2</sub>	48,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,25
TiO <sub>2</sub>	0,75
CaO	0,05
MgO	0,04
K <sub>2</sub> O	0,07
Na <sub>2</sub> O	0,01
PF	13,9

Observa-se que mesmo após as várias etapas de beneficiamento o íon ferro não foi totalmente eliminado da amostra (2,25%). Os difratogramas de raios-X e as análises através de microscópio eletrônico de varredura/EDS demonstram que esta fração é constituída essencialmente por caulinita (Foto 3 e Figura 3). Esses resultados indicam que grande parte do íon ferro presente na amostra encontra-se substituindo o Al<sup>3+</sup> na estrutura da caulinita.



**Foto 3. Fotomicrografia da amostra de caulim beneficiado, observando-se as formas pseudo-hexagonais da caulinita e sua distribuição granulométrica. 10.000x.**



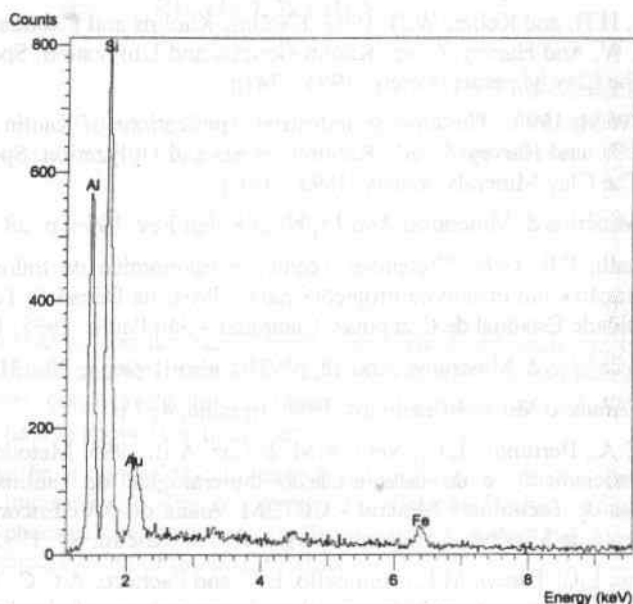


Figura 3. MEV/EDS da caulinita.

### CONCLUSÕES

O caulim da região de Prado, Bahia, é constituído principalmente por caulinita bem cristalizada, tendo como impurezas mineralógicas: quartzo, ilmenita, rutilo, óxidos de ferro, micas e feldspato. O caulim beneficiado é constituído essencialmente por caulinita, distribuída homogeneamente na forma de plaquetas hexagonais com diâmetro em torno de 1 $\mu$ m.

Os resultados da caracterização mineralógica indicam que grande parte das impurezas presentes no caulim são eliminadas após a classificação granulométrica e beneficiamento químico com agente redutor, proporcionando considerável aumento no índice de alvura do produto final.

Devido às suas características físico-químicas e composição mineralógica, o caulim de Prado tem se mostrado como uma nova opção para as indústrias de papel, tinta e catalisador.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Mineração Monte Pascoal Ltda. pelo fornecimento das amostras e apoio durante a etapa de campo. Ao CNPq pelo apoio financeiro e à Isabel Pacheco pela colaboração na etapa final do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murray, H.H. and Keller, W.D. 1993. Kaolins, Kaolins and Kaolins. In Murray, H. , Bundy, W. And Harvey, C. ed. Kaolin Genesis and Utilyization. Special Publication N° 1. The Clay Minerals Society. 1993 - 341p.
2. Bundy, W.M. 1993. The Diverse Industrial Applications of Kaolin. In Murray, H., Bundy, W. and Harvey, C. ed. Kaolin Genesis and Utilyization. Special Publication N° 1. The Clay Minerals Society, 1993 - 341 p.
3. Anon. Minérios & Minerales, Ano 18, N° 208, Jan/Fev. 1996, p. 28 - 29.
4. Bordonalli, S.P. 1995, "Potencial Técnico e Econômico da Indústria do Caulim: Monitoração e um Ensaio de Projeções para a Próxima Década", Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - São Paulo -1995, 130 p.
5. Anon. Minérios & Minerales, Ano 18, N° 210, abril 1996, p. 30 - 31.
6. DNPM Anuário Mineral Brasileiro, 1996. Brasília, 457 p.
7. Ávila, C.A.; Bertolino, L.C.; Neto, A.M. & Luz, A.B. 1995. Metodologia das etapas de beneficiamento e de caracterização mineralógica de caulins no Centro de Pesquisas de Tecnologia Mineral - CETEM. Anais do XVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia. Rio de Janeiro, RJ. 1995. p. 37-49
8. Bertolino, L.C; Torem, M.L.; Antonello, L.L. and Pacheco, A.C.C. 1997. The use of scanning electron microscopy in the determination of kaolin mineralogical impurities. *Acta Microscopica*, Vol. 6 Supl. A, September 1997, p. 102-103.

# MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF KAOLIN FROM PRADO, BAHIA

Luiz Carlos Bertolino  
Ana Claudia Campos Pacheco  
Maurício Leonardo Torem

## ABSTRACT

Kaolin from Prado, Bahia, consists basically of well crystallized kaolinite, having as mineralogical impurities: quartz, ilmenite, rutile, iron oxides, micas and feldspar. The beneficiated fraction consists mainly of kaolinite, homogeneously distributed as hexagonal crystals having about  $1\mu\text{m}$  in diameter.

The results obtained from mineralogical characterization have shown that a great deal of mineralogical impurities in Prado's kaolin is eliminated after granulometric classification and chemical treatment with reducing agents, providing a significant increase in the brightness index of the final product.

Key words: kaolin, beneficiation, mineralogical characterization.