



Caracterização Mineralógica e Tecnológica do Caulim de Silvânia, Estado de Goiás Mineralogical and Technological Characterization of Kaolin From Silvânia, Goiás State

Luiz Carlos Bertolino¹; Bruno Carvalho Mendonça²; Sérgio Botelho de Oliveira³;
Adão Benvido da Luz¹ & Fabrício Ribeiro Freire⁴

¹ CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - MCT. Av. Pedro Calmon, 900
Cidade Universitária - 21941-908 - Rio de Janeiro - RJ

² Rua SB 27 QD 29 LT 13. Portal do Sol 2. Goiânia, GO, 74.884637

³ CEFETGO - Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Rua 75, n.º. 46,
Setor Central, Goiânia, GO, 74055-110

⁴ UERJ - Faculdade de Geologia. Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco A
Rio de Janeiro, RJ, 20.550-900,

e-mails: lcbertolino@cetem.gov.br; brunoc_m@yahoo.com.br;

dr_botelho@yahoo.com.br; fabricao.geologia@gmail.com

Recebido em: 22/07/2009 Aprovado em: 13/10/2009

Resumo

O estudo teve como objetivo a caracterização mineralógica e tecnológica dos diversos tipos de caulins da região de Silvânia - Goiás a partir difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura e fluorescência de raios X, bem como seu beneficiamento físico e químico, visando eliminar as impurezas mineralógicas e elevar o índice de alvura do caulim. O caulim dessa região apresentou-se essencialmente caulínítico, com granulometria média a fina e, após o alvejamento químico, o índice de alvura chegou a 68,10% ISO. Os resultados obtidos indicam que o caulim da região de Silvânia pode ser utilizado como carga na indústria de papel ou na produção de cerâmica branca.

Palavras-chave: caulim; beneficiamento; caracterização mineralógica

Abstract

The study aimed the mineralogical and technological characterization of various types of kaolin in the region of Silvânia - Goiás, as well as its physical and chemical processing to eliminate mineralogical impurities and upgrade the level of whiteness of kaolin. The kaolin of this region presented kaolin absolute properties, is fine to medium grained, after chemical bleaching, its whiteness reached 68.10% ISO. The results indicated that the kaolin of the region of Silvânia can be used as filler in the paper industry or in the production of ceramics.

Keywords: Kaolin; processing; mineralogical characterization

1 Introdução

O termo caulim é usado para denominar a rocha que contém a caulinita, assim como para o produto resultante do seu beneficiamento. O caulim é formado por um grupo de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita, secundariamente por diquita e nacrita (Murray, 1988; Grim, 1968). Além disso, o caulim sempre contém outras substâncias sob a forma de impurezas, tais como, quartzo, micas, feldspatos, óxidos de ferro e titânio, etc.

Em função de suas propriedades físicas e químicas, o caulim pode ser utilizado em uma grande variedade de produtos desde carga e cobertura para papel, pigmentos, catalisadores, matéria-prima para indústria de cerâmica, e outros (Luz *et al.*, 2008; Pereira, 2001; Murray & Keller, 1993). No entanto, para ser empregado industrialmente, são necessários diversos processos de beneficiamento, de modo a proporcionar o aumento de propriedades como alvura, opacidade, pureza, abrasividade, entre outras (Trawinski, 1980).

No Brasil, um dos pontos mais desfavoráveis para a utilização do caulim está no fato de que a grande maioria das jazidas de prospecção deste minério está situada na região Norte, o que eleva o custo com transporte deste minério para as demais regiões. Com o estudo e exploração de jazidas do minério em regiões estrategicamente mais favoráveis, como a região Centro-Oeste, pode-se reduzir o custo de transporte e viabilizar a aplicação do caulim em segmentos industriais em outras regiões do Brasil.

Este estudo tem como objetivo a caracterização mineralógica e tecnológica dos diversos tipos de caulim que ocorrem na região da Fazenda Gameleira, município de Silvânia, Goiás, contribuindo de forma significativa para o melhor aproveitamento dos depósitos.

1.1 Geologia Local

No centro leste do Estado de Goiás, no município de Silvânia, ocorre uma espessa seqüência de rochas metassedimentares de composição caulínica, às vezes quartzito caulínico e quartzito micácio. Essas rochas foram mapeadas, como pertencentes ao Grupo Paranoá de idade meso-neoproterozóica (Moreira *et al.*, 2008).

Os dados sobre litoestratigrafia, sistemas deposicionais e geotectônica do Grupo Paranoá são apresentados por Faria & Dardenne (1995) que o caracterizam como uma seqüência depositada originalmente em ambiente marinho, subdividida em doze litofácies e agrupadas em cinco megaciclos sedimentares. Os dois primeiros transgressivos, um intermediário, um regressivo, com várias oscilações e o último novamente transgressivo. Esses megaciclos foram denominados, da base para o topo: Unidade Conglomerática Quartzítica Rítmica Inferior; Unidade Siltico-Ardosiana; Unidade Rítmica Quartzítica Intermediária; e Unidade Rítmica Pelito-Carbonatada.

Na região também aflora a Sequência Metavulcano-Sedimentar Silvânia, constituída por epidoto e granada anfíbolitos, xistos, quartzitos e mármore; o Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, uma associação de supracrustais granulitizadas e ortogranulitos (Moreira *et al.*, 2008).

As rochas do embasamento são recobertas por detrito-lateríticos e Latossolo Vermelho-amarronzado, constituído por perfis maduros e imaturos com níveis de cascalhos. Geomorfologicamente a região é formada por grandes planaltos e vales dissecados.

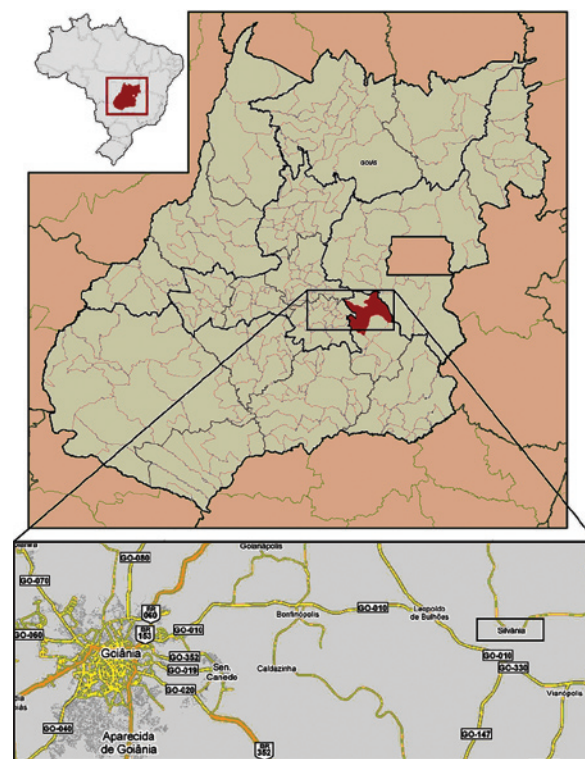


Figura 1 Mapa de localização e acesso à área de estudo.

As ocorrências de caulim estão situadas na Fazenda Gameleira, Município de Silvânia-GO, latitude 16°24'25,8" e longitude 48°25'7,2" (Figura 1) e pertencem à Mineração Silvânia. Desde 2005 o caulim vem sendo extraído e destina-se basicamente à indústria da construção civil.

2 Materiais e Métodos

Durante o reconhecimento geológico foram coletadas 07 amostras representativas de cada tipo de caulim (Tabela 1) na frente de lavra e no seu entorno. O caulim extraído nesta jazida destina-se principalmente à indústria de cerâmica e à construção civil. Com base na textura e coloração, foram individualizados três tipos distintos de caulim: caulim branco macio, caulim amarelo (Figura 2) e caulim branco silicoso (Figura 3).

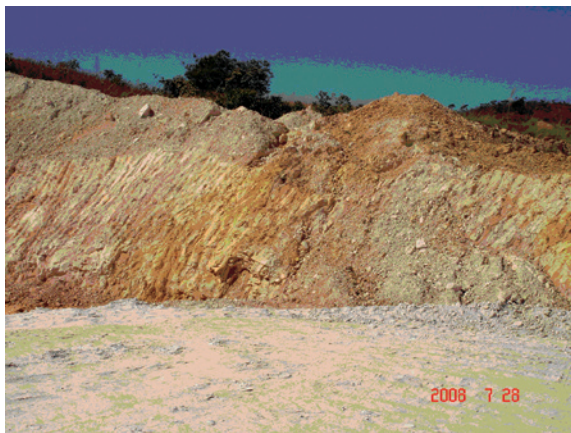


Figura 3 Afloramento do caulim branco silicoso dobrado. Mineração Silvânia.

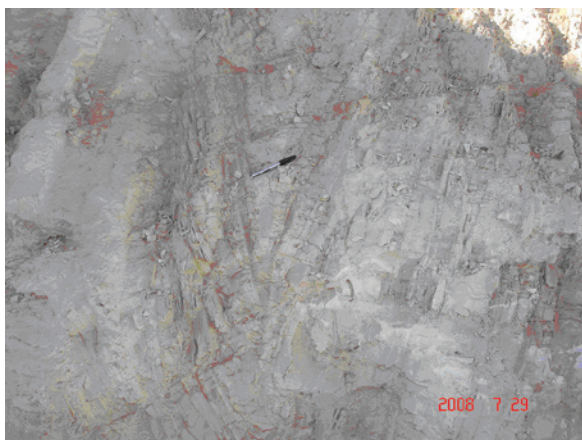


Figura 2 Visão da frente de lavra da Mineração Silvânia com afloramento do caulim branco macio e caulim amarelo.

Amostra	Localização e Tipo de caulim
Am – 1	Ponto - 01 Caulim Amarelo
Am – 2	Ponto - 01 Caulim Branco Macio
Am – 3	Ponto - 01 Caulim Branco Macio
Am – 4	Ponto - 03 Caulim Amarelo
Am – 5	Ponto – 05 Caulim Branco Silicoso
Am – 6	Ponto – 06 Caulim Branco Silicoso
Am – 7	Ponto – 07 Caulim Branco Silicoso

Tabela 1 Identificação e localização das amostras de caulim estudadas.

2.1 Beneficiamento do Caulim

Em geral, o caulim se apresenta associado a várias impurezas mineralógicas, não atendendo, dessa forma, às especificações de mercado. São necessárias, muitas vezes, operações de beneficiamento para o seu melhor aproveitamento (Bertolino, 2000; Prasad *et al.*, 1991). Nos laboratórios do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM-MCT), as amostras passaram pelas seguintes etapas de beneficiamento: secagem, desagregação, homogeneização, classificação granulométrica a úmido, alveijamento químico com ditionito de sódio, caracterização mineralógica e análises químicas.

As amostras foram secas em estufas a uma temperatura média de 70 °C, posteriormente foram desagregadas, cominuídas, homogeneizadas em pilhas prismáticas e quarteadas. Posteriormente as amostras foram submetidas ao ensaio de classificação granulométrica a úmido, utilizando a peneira 44 µm. A classificação granulométrica na peneira 44 µm visa remover as impurezas mineralógicas (quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro, entre outros) presentes no caulim e adequá-lo aos parâmetros usados na indústria.

Na etapa de alveijamento químico utilizou-se a lixiviação redutora em meio ácido. O processo consiste basicamente na redução do Fe³⁺ para Fe²⁺, que é a forma mais solúvel em água e que possibilita sua remoção após a operação de filtragem (Luz, 1998). Utilizou-se da fração abaixo de 44 µm, em polpa a 30% de sólido e pH entre 3,0 e 3,5 na proporção de 4 kg/t de ditionito de sódio e agitação a uma rotação de aproximadamente 90 rpm. Durante a realização dos ensaios, alíquotas de 40 mL foram retiradas a cada 30 minutos, filtradas e secas em estufa. O índice de alvura das amostras foi determinado com o uso do

colorímetro *Color Touch 2* modelo ISO, da marca *Tecnidyne*.

Os difratogramas de raios X (DRX) das amostras foram obtidos através do método do pó utilizando um equipamento *Brüker-D4 Endeavor*, nas seguintes condições de operação: radiação $Co K\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ 2\theta$ por passo com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 4 a $80^\circ 2\theta$. As interpretações qualitativas dos espectros foram realizadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em *software* *Brüker Diffrac Plus*.

3 Resultados

Os resultados obtidos na classificação granulométrica (Tabela 2) indicam que o caulim branco macio (Am - 3) apresenta o melhor rendimento de material $< 44 \mu m$ (82,15%), enquanto que as amostras Am - 5 e Am - 6 (branco silicoso) obtiveram o menor rendimento de material $< 44 \mu m$ (17,61 e 69,34%). O baixo rendimento do caulim na peneira $< 44 \mu m$ pode inviabilizar o seu uso industrial, além de gerar uma grande quantidade de rejeito.

Amostras	Massa Total (g)	$> 44 \mu m$ (g)	$< 44 \mu m$ (g)	Rendimento $< 44 \mu m$ (%)
Am - 1	300,72	55,73	234,60	78,01
Am - 2	363,44	61,89	294,59	81,05
Am - 3	474,03	70,23	389,44	82,15
Am - 4	324,89	79,20	240,40	73,99
Am - 5	482,04	388,02	84,93	17,61
Am - 6	579,71	170,74	402,01	69,34
Am - 7	585,06	117,92	458,21	78,31

Tabela 2 Classificação granulométrica e rendimento da fração $< 44 \mu m$ do caulim da região de Silvânia - GO.

3.1 Alveamento Químico

Na Tabela 3 são apresentados os resultados do índice de alvura do caulim após o alveamento químico com ditionito de sódio em intervalos de 30 minutos. Antes do beneficiamento o caulim apresenta baixa alvura, sendo o maior valor 67,12% (Am - 4) e o menor valor 42,94% (Am 1). O incremento da alvura com o beneficiamento foi muito baixo quando comparado com caulins de outras regiões do Brasil. Após quatro horas de alveamento a amostra Am - 4 foi a que apresentou maior índice de alvura (68,10%).

	Alvura (% ISO)								
	Bruta	30 min	1,0h	1h30 min	2,0h	2h30 min	3,0h	3h30 min	4,0h
Am - 1	42,94	45,14	45,02	44,96	44,87	45,02	44,80	44,88	45,07
Am - 2	64,79	68,84	66,89	66,75	66,95	66,79	66,84	66,72	67,02
Am - 3	66,06	66,50	66,77	67,39	67,43	67,39	67,44	67,15	67,55
Am - 4	67,12	68,74	68,82	68,69	68,53	68,45	68,13	-	68,10
Am - 6	43,71	44,70	44,54	44,80	44,43	44,78	44,51	44,62	44,70
Am - 7	51,13	58,39	58,59	58,53	58,50	58,37	58,66	58,40	58,54

Tabela 3 Índice de alvura do caulim da Mineração Silvânia (% ISO) das amostras brutas e após diferentes intervalos de tratamento com ditionito de sódio.

3.2 Caracterização Mineralógica

A composição mineralógica das amostras foi determinada através da difratometria de raios X e microscopia eletrônica de varredura. A difratometria de raios X foi a principal técnica utilizada na identificação mineralógica do caulim. Os difratogramas das amostras brutas apresentam picos característicos da caulinita, e quartzo, e secundariamente picos da muscovita, haloisita e sericita, demonstrando que o caulim é essencialmente caulinitico. As amostras $< 44 \mu m$ tratadas com ditionito de sódio apresentam picos característicos da caulinita, haloisita e do quartzo (Figura 4).

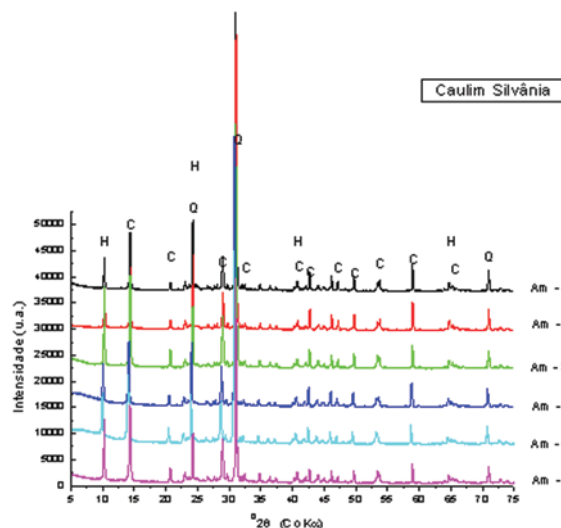


Figura 4 Difratogramas de raios X das amostras $< 44 \mu m$ tratadas com ditionito de sódio Am 01, 02, 03, 04, 06 e 07. $Co K\alpha$ (35 kV/40 mA). C - caulinita, Q - quartzo, H - Haloisita.

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

As análises no microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmaram que as amostras < 44 µm, após o beneficiamento, são constituídas essencialmente por caulinita e secundariamente por quartzo. Os grãos de caulinita são pseudo-hexagonais e eventualmente apresentam-se na forma de finos agregados (Figuras 5, 6 e 7).

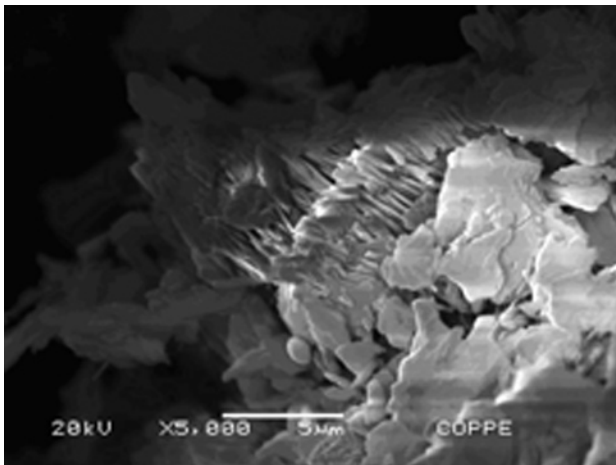


Figura 5 Imagem do caulim Am - 4 mostrando grãos de caulinita. Elétrons secundários.

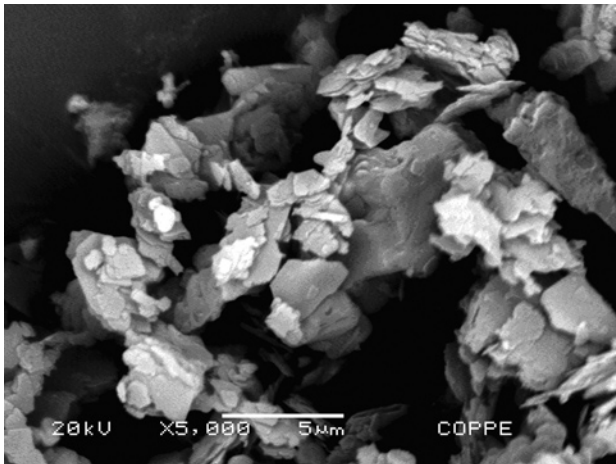


Figura 6 Imagem do caulim Am - 3 mostrando grãos de caulinita. Elétrons secundários.

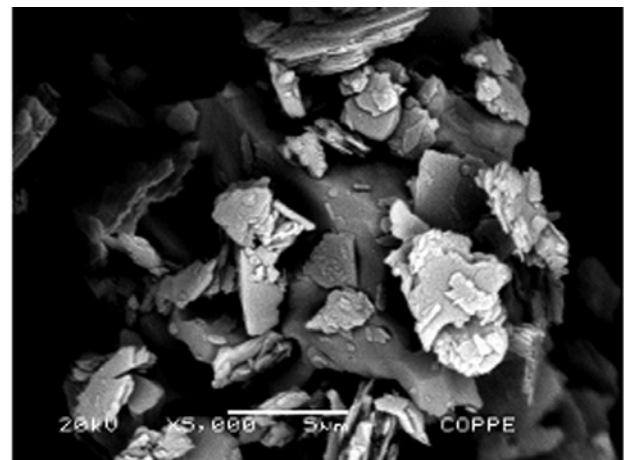
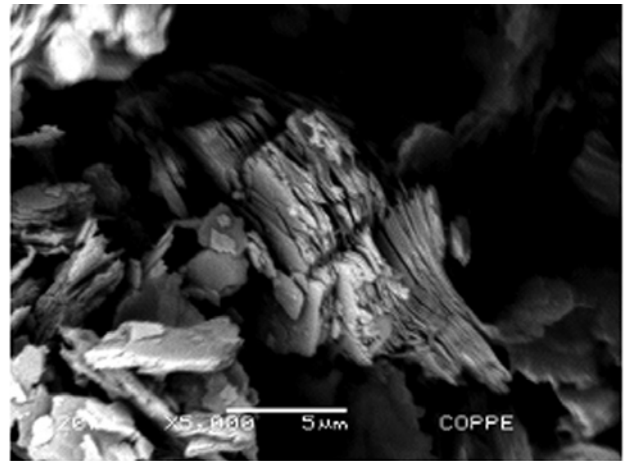


Figura 7 Imagens do caulim Am - 7 mostrando grãos de caulinita e quartzo. Elétrons secundários.

frações < 44 µm e < 44 µm após o tratamento com ditionito (Trat.) estão apresentados na Tabela 4. Observa-se uma pequena variação no teor de óxido de alumínio, porém com valores abaixo do esperado para caulinita (22%). Somente a amostra Am 07 apresentou concentração de óxido de alumínio acima de 22%. A elevada concentração relativa de óxido de ferro encontrada nas amostras reduz a alvura e compromete a aplicação do caulim beneficiado. Observam-se também altos teores de SiO₂ (62,59 a 72,65%) indicando grande concentração de quartzo no caulim.

O alveamento com ditionito de sódio não foi muito eficiente na redução do teor de Fe₂O₃. Estes resultados indicam que parte do íon ferro pode estar na estrutura da caulinita substituindo o alumínio.

3.4 Análises Químicas

Os resultados das análises químicas por espectrometria de fluorescência de raios X, das

Amostra	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.F.	Total
Am - 1	17,17	70,84	2,21	0,92	0,08	0,05	0,86	0,08	2,89	4,79	99,90
Am - 2	17,14	72,53	1,15	0,79	0,09	0,03	0,85	0,08	3,00	4,58	100,24
Am - 3	18,97	69,57	0,96	0,97	0,1	0,04	1,02	0,07	3,43	4,95	100,10
Am - 4	17,12	71,95	1,14	0,91	0,08	0,04	0,78	0,08	2,87	4,62	99,59
Am - 6	19,90	66,11	2,77	0,97	0,07	0,03	1,05	0,07	3,50	5,68	100,15
Am - 7	22,47	62,59	1,75	1,29	0,11	0,05	1,21	0,09	4,18	6,10	99,85
Am - 2Trat	16,99	72,59	1,10	0,80	0,09	0,04	0,87	0,07	2,99	4,43	99,97
Am - 3Trat	19,13	68,88	1,24	0,97	0,10	0,03	1,02	0,08	3,53	4,97	99,95
Am - 4Trat	17,11	72,65	1,10	0,91	0,08	0,04	0,81	0,08	2,89	4,55	100,21
Am - 7Trat	21,03	64,67	1,67	1,21	0,11	0,04	1,13	0,09	3,88	5,89	99,72

Tabela 4 Análises químicas das frações < 44 µm e < 44 µm após o tratamento com ditionito de sódio (Trat.) (% em peso). P.F.: Perda ao Fogo.

4 Conclusões

Os testes de beneficiamento com o caulim da região de Silvânia apresentaram baixo rendimento abaixo de 44 µm, e alto teor de SiO₂, indicando uma grande concentração de quartzo. A amostra Am - 3 (Caulim Macio), apresentou o melhor rendimento (82,15%), enquanto as amostras Am - 5 e Am - 6 apresentaram o menor rendimento (17,61 e 69,34%).

As amostras brutas possuem baixo índice de alvura, sendo o maior valor 67,12% e o menor valor 41,10%. Depois de 4 horas de alveamento químico com ditionito de sódio, verificou-se um pequeno incremento na alvura entre 0,98% e 7,41% (respectivamente Am - 4 e Am - 7).

As análises por difratometria de raios X das amostras brutas apresentam picos característicos da caulinita, haloisita e quartzo, e secundariamente picos da muscovita e sericita, demonstrando que o caulim é essencialmente caulinitico.

As análises no microscópio eletrônico de varredura (MEV) confirmaram que as amostras após o beneficiamento são constituídas essencialmente por caulinita e secundariamente por quartzo, não sendo possível identificar a presença de óxidos e/ou hidróxidos de ferro.

As análises químicas do caulim por espectrometria de fluorescência de raios-X revelaram baixo teor de óxido de alumínio, e elevada

concentração relativa de óxido de ferro (Fe₂O₃) e sílica (SiO₂). A presença de ferro nas amostras após o tratamento com ditionito de sódio indica que parte do ferro encontra-se na estrutura da caulinita substituindo o alumínio.

O caulim da região de Silvânia não apresentou índice de alvura para utilização como cobertura na indústria de papel, porém poderá ser utilizado para outros fins, como, carga na indústria de papel, cerâmica branca, borracha, fibra de vidro e concreto de alto desempenho.

5 Agradecimentos

Ao CETEM pelo suporte científico, técnico e laboratorial durante a execução do trabalho. À Mineração Silvânia SA pelo apoio e fornecimento das amostras. Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica da COPPE/UFRJ pela realização das análises. Ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio financeiro.

6 Referências

- Bertolino, L.C. 2000. *Caracterização mineralógica e tecnológica do caulim da região de Prado - BA, visando a sua utilização na indústria de papel*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 149 p.
- Grim, R.E. 1968. *Clay Mineralogy*. Second edition, International Series in the Earth and Planetary Sciences. New York, McGraw-Hill Book Company. 596 p.
- Faria, A. & Dardenne, M.A. 1995. Estratigrafia do Grupo Paranoá na região de Alto Paraíso de Goiás - São João D'aliança GO. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE. Goiânia, 5, 1995. p. 75-77.
- Luz, A.B. 1998. *Estudo de reoxidação e redução de ferro contido em caulins*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Tese de doutorado. São Paulo. 121 p.
- Luz, A.B.; Campos, A.R.; Carvalho, E.A.; Bertolino, L.C. & Scorzelli, R.B. 2008. Argila - Caulim. In: LUZ, A.B. & LINS, F.A.F (ed.) *Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações*. 2ª Edição, CETEM/MCT, Rio de Janeiro, p. 255-294.
- Moreira, M.L.; Moreton, L.C.; Araújo, V.A.; Lacerda Filho, J.V. & Costa, H.F. 2008. *Geologia do*

- Estado de Goiás e Distrito Federal. CPRM/SIC – FUNMINERAL, Goiânia, 143 P.*
- Murray, H.H. 1988. Kaolin Minerals: Their Genesis and Occurrences. *In: BAILEY, S.W. (ed.), Reviews in Mineralogy: Hydrous Phyllosilicates, 19: p. 67–89.*
- Murray, H.H. & Keller, W. 1993. Kaolins, kaolins, and kaolins. *In: MURRAY, H.H.; BUNDY, W. & HARVEY, C. (ed.) Kaolin Genesis and Utilization, The Clay Minerals Society: Boulder, p. 1-24.*
- Pereira, S. 2001. DNPM - Balanço Mineral Brasileiro 2001. Caulim 1-13. *In: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/caulim.pdf>. acessado em 10/11/2209.*
- Prasad, M.S.; Reid, K.J. & Murray, H.H. 1991. Kaolin: processing, properties and applications. *Applied Clay Science, 6: 87-119.*
- Trawinski, H. 1980. O beneficiamento de caulim, 1ª parte. *Cerâmica, 26 (122): 25- 33.*