



## Aspectos geológicos e tipológicos dos depósitos de caulim da região de Campos Sales (CE) e adjacências

C.V. Parente, C.U.V. Veríssimo & A.C.S. Barcelos

Departamento de Geologia, UFC, Bloco 912, Campus Universitário do Pici, E-mail: clovis@ufc.br; verissim@ufc.br

**Abstract** Two types of kaolin deposits occur in the Campos Sales region: (1) residual deposits formed in situ from three distinct lithologic associations: (i) metarhyolite; (ii) metabasalt, (iii) gneiss of the crystalline basement; (2) the secondary or sedimentary deposits, subdivided into: (a) the Al-rich laterite deposits associated with the recent tectonic depressions, (b) sand to argillaceous deposits located in valleys of the basement, containing a vast field of paleothermites. In the first case, the deposits show perfect gradation in depth, of the kaolinitic material for the three above mentioned lithologic associations. The large extension of the occurrences, the gradation between the different protorees and ores and a located kaolinization, indicate that residual kaolin deposits are products of weathering and not of hidrothermal processes. This allows characterizing for the first time in the south of Ceará a residual deposit of kaolin, formed under influence of tropical climate, probably related with microregions existing in the past with completely different climatic conditions. In the sedimentary kaolin deposits associated with the lateritization, the presence of irregular beds of laterite concretions, clay balls and fragments of quartz and saprolites in the base of the profile suggest the kaolin deposits to be sedimentary, which suffered erosion, transportation and deposition in proximal areas, characteristic of colluvial deposits. The sand argillaceous deposits, marked for the fields of paleothermites, seem to have been developed over plateau surface with lateritic crust or in hillsides and valleys or soft depressions that could mark old lacustrine environments, corresponding to the younger kaolin deposits of the region. The vast distribution of these deposits, in areas of tens of square kilometers, makes these occurrences the main target for exploration of kaolin deposits in the region.

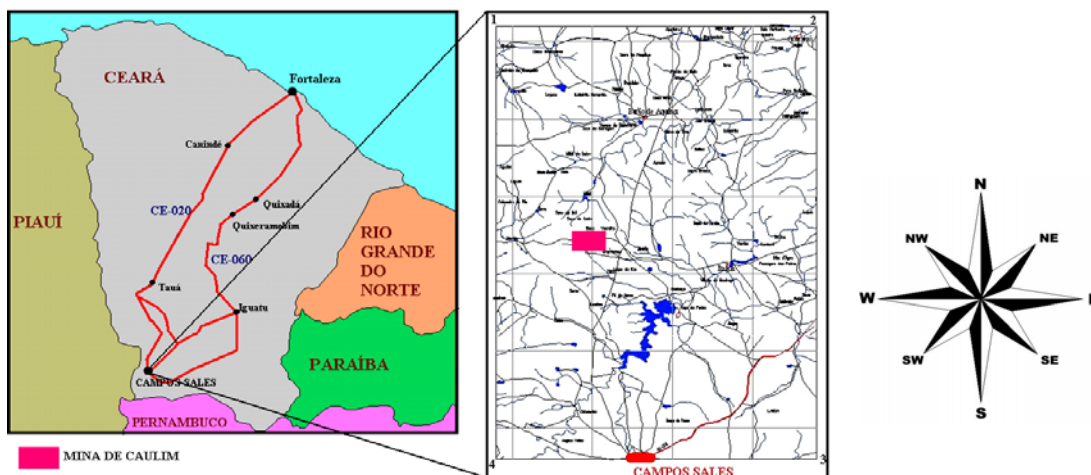
**Palavras-chave:** Depósito de caulim, lateritas, geomorfologia, Faixa Móvel Orós.

**INTRODUÇÃO** Os depósitos e/ou ocorrências de caulim de Campos Sales, estão localizados na região SW do Ceará (Fig.1). Geologicamente, situam-se no setor sudoeste da Faixa Móvel Orós, de idade paleoproterozóica (~1,8 Ga), próximo à região de Pio IX, Piauí, onde essa desaparece abaixo da discordância da Formação Serra Grande, de idade paleozóica (Landim 2000). A Faixa Móvel Orós, nessa região, é caracterizada por espessa sequência de rochas metavulcânicas bimodais, (metariolitos e metabasaltos, em parte amigdaloidais), com ocorrências menores de mármore calcítico e rochas metassedimentares terrígenas (filitos e/ou xistos), que se sobrepõem em discordância sobre terrenos granítico-gnáissicos do Paleoproterozóico (~2,3 Ga), cujo conjunto encontra-se afetado pela Zona de Cisalhamento Dúctil do Jordão. Dois tipos de jazimentos e/ou ocorrências de caulim podem ser identificados: (1) os jazimentos ou ocorrências residuais formados *in situ* a partir de três associações litológicas distintas: (i) rochas metariolíticas; (ii) rochas metabasálticas amigdaloidais ou não e (iii) rochas gnáissicas do embasamento cristalino; (2) os depósitos secundários ou sedimentares resultados da erosão dos depósitos residuais e, posterior deposição, que em função do ambiente de deposição podem ser subdivididos em: (a) depósitos desenvolvidos em depressões tectônicas de idade recente, às margens

das faixas de rochas metavulcânicas caulinizadas que se encontram arqueadas, em cujo perfil basal ocorrem leitos irregulares de concreções lateríticas, associados a bolas de argilas e fragmentos de quartzo e de saprólito, (b) depósitos formados em áreas deprimidas da cobertura areno-argilosa do embasamento, constituídos de solos areno-argilosos de cor amarelada a esbranquiçada, contendo um vasto campo de paleotérmitas.

**ASPECTOS FISIOGRAFICOS E GEOMORFOLÓGICOS** A área estudada está inserida na região conhecida como polígono das secas, marcada por clima semi-árido e intensa insolação ou forte radiação solar, cuja temperatura média anual é normalmente superior a 29°C. A pluviometria é bastante irregular, entretanto, em período de boas chuvas, restrito aos meses de janeiro a maio, a média é de 600 mm. Normalmente é inferior a isso, de modo que a região possui *déficit* hídrico.

Geomorfologicamente é possível reconhecer ao menos três superfícies geomórficas distintas. A primeira corresponde às zonas peneplanizadas formando platôs, com altitude entre 640 e 660m, cujo topo é esculpido em cobertura sedimentar residual, recobertas em parte por concreções lateríticas, cujas bordas são normalmente dissecadas.



*Figura 1. Mapa de localização*

A segunda superfície prolonga-se a partir das bordas da primeira na forma de plano inclinado em direção aos vales dos córregos principais. Trata-se de uma superfície peneplanizada, de conformação suave, com cotas entre 640 e 600. A terceira, é representada por uma topografia mais irregular, marcada por relevos irregulares e ondulados, na maioria das vezes, expondo as rochas originais, correspondendo, portanto as áreas de dissecação mais recentes, com cotas entre 600 e 500 metros. O modelo digital de terreno (MDT) ressalta essas superfícies morfológicas. As principais ocorrências de caulim da região estão localizadas nos dois primeiros patamares, os quais recobrem em forma de platôs grande parte das rochas metavulcânicas ácidas (Fig.3) e metabásicas pertencente à Faixa Móvel Orós e do próprio embasamento.

**ASPECTOS GEOLÓGICOS** As principais jazidas e/ou ocorrências de caulim residual desenvolvem-se sobre metariolitos e metabasaltos amigdaloidais da Faixa Móvel Orós e sobre o Embasamento Cristalino, os quais se encontram deformados e milonitizados por um corredor de cisalhamento dúctil de direção NE - SW, sobreposto por um sistema de zonas frágeis, às vezes conjugado, de direção NW-SE.

Na área da principal mina da região, o depósito de caulim, desenvolvido sobre metavulcânicas ácidas (metariolitos), ocupa uma superfície arrasada de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>, mas, pode ultrapassar esses limites, por várias centenas de metros ou dezenas de quilômetros (Fig. 2). Sua espessura é bastante irregular, acompanhando em geral, a morfologia do substrato rochoso, atingindo nas partes mais profundas valores da ordem de 7m. Os metariolitos milonitizados e brechados encontram-se em parte, substituídos progressivamente por tipos litológicos

caulinizados, que se apresentam em geral, maciços, sem orientação, de granulação fina, em que se destacam, a olho nu, inúmeros cristais e/ou fragmentos de cristais de quartzo, muitas vezes aciculares, imersos em matriz argilosa. Assim, tem-se toda a evolução, indo do metariolito tectonizado a um horizonte argiloso mosqueado, de cor creme esbranquiçado com manchas de tonalidades amarela a vermelho tijolo, distribuídas irregularmente, resultado da dispersão de micropartículas de oxi-hidróxidos de ferro segundo os planos de foliação e fraturas (Fig. 4).



*Figura 2. Metariolito parcialmente alterado exibindo dois sistemas de fraturamento. Um vertical, que coincide com a foliação milonítica, e um sub-horizontal. Notar ao longo desses fraturamentos o desenvolvimento do material caulinizado*

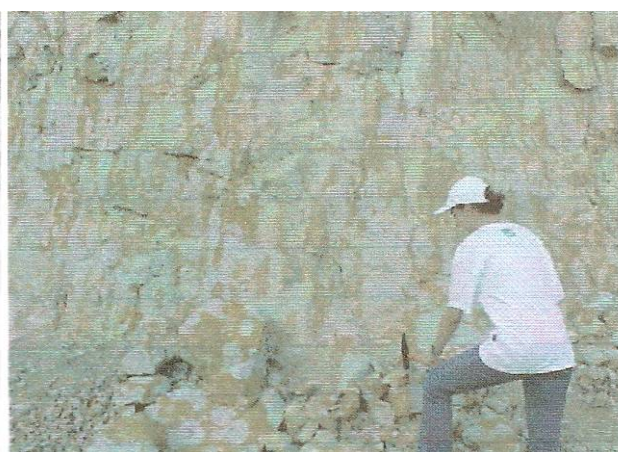
Em zonas menos deformadas, observa-se localizadamente a transformação das manchas em nódulos irregulares a subcirculares de goetita em nítido processo de individualização de dois domínios:



o do ferro (goetita+hematita) e o do alumínio (caulinita).



*Figura 3. Vista geral da principal mina de caulim a céu aberto, localizada no segundo patamar geomorfológico*



*Figura 4. Saprólito caulinizado com manchas de hidróxido de ferro orientadas verticalmente, acompanhando a estruturação milonítica dos metariolitos*

As jazidas de caulim sedimentar desenvolvem-se próximas às zonas de bordas arqueadas das faixas metariolíticas. Apresentam na base leitos irregulares de concreções lateríticas, associados às bolas de argilas e fragmentos do saprólito (Figs 5 e 6). A passagem desse depósito para o depósito de alteração residual é marcada por fragmentos de quartzo de dimensão que variam de um 2 a 20 cm, associado aos nódulos hematíticos e cauliniticos de tamanho que varia de 1 a 5 cm respectivamente, em meio a uma matriz argilosa-limonitizada, cujo tamanho dos grãos

diminui em direção ao topo. A presença dessas concreções na forma de linhas de pedras, sugere tratar-se de depósitos de caulim sedimentar que sofreu erosão, transporte e deposição em área proximal, correspondendo a depósitos coluviais, provenientes de erosão de áreas mais elevadas.

Os depósitos areno-argilosos, marcados pelos campos de paleotermitas, parecem se desenvolver tanto na superfície de platôs com crosta laterítica ou em suas encostas (Fig. 7) quanto em vales ou suaves depressões localizadas em meio ao platô laterítico, que poderiam marcar antigos ambientes lacustres. A presença de gretas de ressecção junto ao substrato é um argumento complementar.



*Figura 5. Base do depósito da jazida de caulim sedimentar exibindo fragmentos do saprólito caulinizado, veios de quartzo e concreções de hematita e goetita*



*Figura 6. Nódulos hematíticos e cauliniticos de tamanho entre 1 e 5cm em meio a matriz argilosa-limonitizada, cujo tamanho diminuem em direção ao topo*



Figura 7. Campo de montículos de paleotermítas em vales e platôs lateríticos. Alguns desses montículos chegam a ter 1,50m de altura e 5m de diâmetro

**ASPECTOS GEOQUÍMICOS** O minério caulínítico oriundo dos metariolitos apresenta teor em  $\text{SiO}_2$  relativamente alto (entre 64 a 70,7%), teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  razoavelmente baixo (<20%), sobretudo para a indústria de cerâmica, que requer valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  superiores  $\geq 36\%$ . Entretanto, mostra baixos teores nos elementos alcalinos e alcalinos terrosos ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{CaO}$ ), (<1,0%) principalmente quando comparados aos metariolitos assinalados. Isso indica que o minério caulínítico é resultado de uma forte alteração intempérica, acompanhada de lixiviação dos elementos alcalinos e alcalinos terrosos e de enriquecimento dos elementos imóveis, particularmente,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . No diagrama triangular  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$ , verifica-se que as amostras plotam-se no campo dos depósitos de caulim, semelhante àqueles depósitos de caulim da Amazônia, desenvolvidos sobre rochas gnáissicas do Complexo Guianense de idade arqueana e/ou paleoproterozóica, estudados por Costa *et al.* (1998).

Quanto ao minério caulínítico, oriundo das rochas metabásicas/intermediárias, apresenta teor em  $\text{SiO}_2$  relativamente baixo (entre 41 e 58%), teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oscilando entre 16 e 20% e teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  razoavelmente elevado, variando entre 16 e 30%. Entretanto, mostra baixos teores nos elementos alcalinos e alcalinos terrosos ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{CaO}$ ), (<1,0%). Quando comparado ao minério caulínítico oriundo dos metariolitos apresenta teor menor de  $\text{SiO}_2$  e teor maior  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , enquanto o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ocorre em igual ou superior proporção ao do minério caulínítico oriundo dos metariolitos.

O terceiro tipo de minério é o minério laterítico aluminoso que apresenta baixos teores de  $\text{SiO}_2$  (43-52%), elementos alcalinos ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  <0,5%) e alcalinos terrosos ( $\text{CaO}+\text{MgO}$  <0,5%). O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e o

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  apresentam teores razoavelmente elevados entre 20 e 30% e 4,5 e 31%, respectivamente. O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mostra uma forte correlação negativa com o  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  indicando que sua formação está mais na forma de óxido e/ou hidróxido de ferro do que em forma de silicato aluminoso ferrífero.

**DISCUSSÃO E CONCLUSÕES** Na região estudada, as observações de campo, assim como, as análises petrográficas, químicas e de difratometria de raios X do material “caulinítico” coletado, mostram que existe uma perfeita gradação, em profundidade, do material caulínítico para as três associações litológicas: i-) rochas metariolíticas; ii-) rochas metabásicas amigdaloidais ou não e iii-) rochas gnáissicas do embasamento cristalino. No caso das rochas metabásicas, a transição estabelecida entre as metabásicas e o material argiloso ferruginoso é dominada, por caulinita. Em se tratando de produtos intempéricos de rochas básicas, era de esperar que houvesse maior quantidade de esmectitas ou montmorilonitas. O que se constatou é que o produto argiloso é dominado por caulinita, cuja sílica encontra-se na forma combinada e não na forma livre. A presença dessas jazidas ou ocorrências residuais dominadas por uma matriz argilosa (caulinítica) sugere que sua formação está ligada a processos de alteração secundária, seja ela do tipo alteração supergênica, seja do tipo hidrotermal

Considerando a vasta extensão de exposição das ocorrências, toda uma gradação entre os diferentes protominérios e minérios e uma caulinitização não localizada, acreditamos que os depósitos e/ou ocorrências de caulim residuais sejam produtos de ações intempéricas e não hidrotermais. Isso permite caracterizar pela primeira vez, no sul do estado do Ceará, uma jazida de caulim residual, formada sob influência de um clima tropical bastante pronunciado, provavelmente microregiões com chuvas orográficas ou ambiente lacustre ou pantanoso, existente no passado, totalmente diferente das condições climáticas atuais.

Quanto aos depósitos de caulim sedimentar associados à laterização dois fatos se destacam: primeiro, é a formação da jazida de caulim sedimentar, em cujo perfil basal ocorrem leitos irregulares de concreções lateríticas, associados a bolas de argilas, e fragmentos de quartzo e do saprólito. A passagem desse depósito para o depósito de alteração residual, marcada por fragmentos de quartzo, associado aos nódulos hematíticos e caulíníticos, em meio a matriz argilosa-limonitizada, com concreções na forma de linhas de pedras, sugere tratar-se de depósitos de caulim sedimentar que sofreu erosão transporte e deposição em área proximal,





característicos de depósitos coluviais, provenientes de erosão de áreas mais elevadas.

O conjunto dessas feições sugere mais de uma fase de laterização, marcada por alternâncias de fases climáticas úmidas e quentes, propícias à alteração em profundidades, e fases secas, associadas provavelmente a vegetação rarefeita, submetida a erosão, transporte e deposição, gerando um aplainamento do terreno. Isso foi acompanhado por um processo de desferificação em direção ao topo. Pode-se pensar também que essas modificações na estrutura e textura dos horizontes inferiores para os superiores podem ser equivalentes àsquelas observadas em perfis de intemperismo de rochas primárias, de modo que se teve inicialmente uma crosta laterítica que representaria a rocha mãe que foi desmantelada durante o intemperismo.

O segundo fator importante é a presença dos depósitos areno-argilosos, marcados pelos campos de paleotermitas, que parecem se desenvolver tanto na superfície de platôs com crosta laterítica ou em suas encostas quanto em vales ou suaves depressões localizadas em meio ao platô laterítico, que poderiam marcar antigos ambientes lacustres. A ocorrência de gretas de ressecção junto ao substrato dos vales vem reforçar essa proposição. Tudo isso indica que se trata dos depósitos de caulim mais jovens da região. Entretanto, o que chama atenção é a vasta distribuição desses depósitos, em áreas superiores a algumas dezenas de quilômetros quadrados, o que faz desta ocorrência o principal alvo para exploração de depósitos de caulim na região.

Assim, essa região possui condições singulares em termos morfo-estrutural e morfo-climático. É um setor de coalescência entre as depressões sul e oeste desenvolvidas, respectivamente, a partir da chapada do Araripe e Ibiapaba. Segundo Souza (1981 *apud* Pereira & Souza 1990), essas depressões começaram

a se formar após a elaboração da superfície de aplainamento dos topos do Planalto Ibiapaba e Chapada Araripe (fase de pediplanização) no Plioceno. O desmonte dessa superfície pliocênica se realizou em condições úmidas, com ocorrência de processos de laterização. Com a sucessão de climas mais secos, voltaram a prevalecer a morfogênese mecânica e como consequência iniciou-se o recuo agudo das encostas, ocorrendo assim a abertura de depressões interplanálticas, que culminam com a elaboração da Superfície Sertaneja no Pleistoceno (fase de dissecação). Portanto, a região teria sido submetida a fases alternadas de pediplanização, predominando clima seco, e de dissecação do relevo, sob condições de climas mais úmidos.

Como se pode observar, um dos principais controles de formação dos depósitos de caulim da região é o geomorfológico, que esteve sob influência do intemperismo químico (alteração supergênica) em condições adversas da atual.

Considerando a proximidade desses depósitos com os arenitos do tipo *red beds* da Bacia do Araripe (Formação Exu) do Cretáceo Superior, isso nos leva a pensar que o desenvolvimento dos depósitos de alteração residual ocorreu entre o final do Cretáceo e o início do Terciário, enquanto os de origem sedimentar seriam um pouco mais jovens. Nesse caso isso confirmaria a tese de Sgarbi & Dardenne (1996), que essas variações climáticas ocorreram predominantemente no Meso-Cenozóico.

Tudo isso permite caracterizar a região de Campos Sales e adjacência como um distrito caulínico.

**Agradecimentos** Os autores deste trabalho agradecem a FUNCAP pelo apoio financeiro do trabalho (Proc. 254/02) e a Fábrica de Cimento Itapessuna, do Grupo Industrial João Santos, pelo acesso à região da mina de caulim.

### Referências

- COSTA M.L. & MORAES E.L. 1998. Mineralogy, geochemistry and genesis of kaolins from the Amazon region. *Mineralium Deposita*, **33** (3):283-297.
- LANDIM D.F. 2000. *Caracterização geológica e geoquímica da região SW da Faixa Orós*. Dissertação de Mestrado do Departamento de Geologia da UFC. (inédita) 160p.
- PEREIRA R.C.M. & SOUZA M.J.N. 1990. Caracterização morfoedológica da Estação Ecológica de Aiuaba-CE. *Revista de Geologia*, **3**:67-78.
- SCARBI G.N.C. & DARDENNE M.A. 1996. Evolução climática do Gondwana nas regiões centro-sul do Brasil e seus registros geológicos continentais durante o Mesozóico, enfatizando o Arco do Alto Parnaíba, a borda NNE da Bacia do Paraná e a porção meridional da Bacia Sanfranciscana, no oeste do estado de Minas Gerais. *Geonomos*, **4**(1):21-49.