

**CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE INTEMPERISMO E SUA RELAÇÃO COM AS
PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS MATÉRIAS-PRIMAS CERÂMICAS DA
FORMAÇÃO CORUMBATAÍ (REGIÃO DE RIO CLARO – SP)**

A. ZANARDO ⁽¹⁾; M. M. T. MORENO ⁽¹⁾; C. D. ROVERI ⁽¹⁾; R. R. ROCHA ⁽¹⁾.

Avenida 24-A, 1515 – 13506-900 – Rio Claro – SP – Caixa Postal 178

Fone: (19) 3526-2832– azanardo@rc.unesp.br

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

Departamento de Petrologia e Metalogenia

RESUMO

Na região de Rio Claro-SP, a Formação Corumbataí possui papel de destaque na economia local por ser a unidade geológica da qual se extrai a matéria-prima que abastece o Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes. Sua espessura é superior a 100 metros, apresentando grande variação mineralógica e textural, com as porções mais profundas das minas predominantemente illíticas (material mais duro) e a porção superior mais rica em veios e leitões carbonáticos. Este trabalho teve como objetivo apresentar critérios para a avaliação do grau de intemperismo em minas da região, para direcionar trabalhos de mistura e aproveitamento racional da argila. Observou-se que a alteração inicial é marcada pelo empastilhamento nos bancos e leitões de granulação mais fina e dissolução do carbonato nos leitões arenosos das porções intermediárias e de topo da seqüência. Ocorrem também dissolução e argilização dos feldspatos, alteração dos argilominerais e casos de lixiviação, formando caulinita.

Palavras-chave: argila, Formação Corumbataí, intemperismo, cerâmica

INTRODUÇÃO

As indústrias cerâmicas buscam inovação tecnológica constantemente, visando a competitividade de mercado, aliando a isto redução de custos e tempo de produção e aumento do desempenho produtivo. Com isso, a matéria-prima utilizada na fabricação das placas cerâmicas torna-se um fator que influencia diretamente os custos de produção (ROCHA, 2007).

Os siltitos e argilitos, provenientes da Formação Corumbataí, são a principal matéria-prima que abastece quase que a totalidade das indústrias integrantes do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes (SP) (MASSON, 1998), Sistema Produtivo Local responsável por cerca de 50% da fabricação nacional de pisos e revestimentos cerâmicos que vem buscando espaço no mercado internacional.

A unidade possui espessura em torno de 100 metros e um difuso zoneamento mineralógico e textural. A porção basal é predominantemente illítica (denominada, na prática, como “argila dura”), a porção intermediária com maior quantidade de albita neoformada e intercalações síltico-arenosas com ou sem cimento carbonático e a porção de topo mais rica em carbonato e leitos síltico-arenosos e mesmo de calcário (ZANARDO, 2003). Em diversas áreas, este pacote se encontra em diferentes graus de alteração, em função do posicionamento da mina no relevo, percolação de água, proximidade com as rochas intrusivas encontradas na região, presença de carbonatos, muitas vezes gerando as denominadas “argilas moles”.

Assim, argilas de algumas minas da região de Rio Claro (SP) podem apresentar comportamentos frente à moagem e, principalmente, relacionados com o processo de sinterização, diferenciados em função da profundidade de extração e assim, do grau de alteração do material. Muitas vezes, as propriedades apresentadas forçam o abandono de minas e/ou descarte de material, acarretando em problemas ambientais e desperdício de matéria-prima por falta de conhecimento prévio desta (ZANARDO et al, 2008).

Assim, foram identificados os diferentes tipos de alteração encontrados em materiais que abastecem o Pólo de Santa Gertrudes, buscando estabelecer critérios para auxiliar a direcionar a extração e uso destas matérias-primas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o reconhecimento dos diferentes tipos de alteração encontrados em materiais da Formação Corumbataí foram realizados trabalhos de campo, que consistiram na observação e caracterização dos tipos de alteração e sua relação com os materiais frescos.

Foram realizadas análises por fluorescência de raios X e difração de raios X de elementos maiores de algumas amostras, com a finalidade de detectar diferenças químicas e mineralógicas entre materiais alterados e frescos.

Para tecer considerações preliminares sobre o assunto, do ponto de vista cerâmico, foram realizados ensaios de defloculação (curvas de consumo de defloculante), buscando variações no comportamento das barbotinas, em função do grau de alteração destas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas atividades de campo realizadas no período pode-se confeccionar um empilhamento simplificado da Formação Corumbataí na área de estudo. Não foi dada ênfase a estruturas sedimentares e presença de fósseis, mas sim, principalmente à litologia, buscando relacioná-la com a mineralogia encontrada e aspectos gerais que possam influenciar o comportamento cerâmico dos materiais.

A coloração é predominantemente avermelhada com diferentes tonalidades (arroxeadas, amarronzadas, alaranjadas e amareladas), sendo que nos estratos basais aparecem níveis de coloração cinza e por toda a coluna aparecem cores esverdeadas, também de diferentes tonalidades (acinzentadas a amareladas). As cores esverdeadas em alguns casos evidenciam ser primárias e em outros casos, nitidamente, substituem as cores avermelhadas ao longo de descontinuidades. No segundo caso estão associadas a processos supérgenos decorrentes da lixiviação anaeróbica ao longo de descontinuidades com mergulhos altos a moderados (fratura, falhas e veios) e, em outros casos, aparentam estar ligadas a processos hidrotermais possivelmente ligados ao resfriamento dos corpos intrusivos de magma básico. Nesse caso os bancos mais

arenosos adquirem cores esverdeadas em decorrência de sua porosidade, sendo que a mudança de coloração pode estar acompanhada da deposição de carbonatos dispostos intersticialmente.

De maneira geral, os bancos basais (Figura 1), como os encontrados nas minas Cruzeiro, Paganotti, Partezani, são mais illíticos, maciços e homogêneos. Quando se sobe na estratigrafia se observa materiais como os encontrados nas minas Tute, Savane, Morro Alto do Bosque, verifica-se que há maior quantidade de leitos arenosos e carbonáticos, assim como maior presença de veios e fraturas preenchidas, por quartzo e calcita. Assim, se tratam de matérias-primas mais heterogêneas (Figura 2).

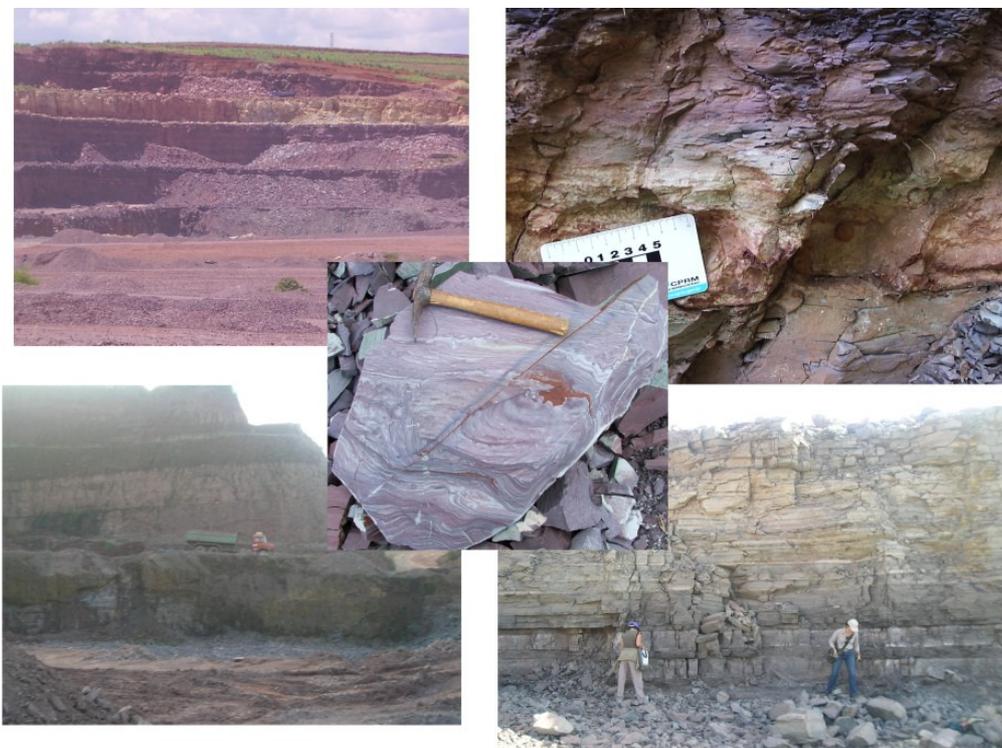


Figura 1: Diversos materiais representativos das matérias-primas encontradas na base da Formação Corumbataí.



Figura 2: Diversos materiais representativos das matérias-primas encontradas no topo da Formação Corumbataí.

Nas etapas de campo observou-se que a alteração inicial é marcada pelo empastilhamento nos bancos e leitos de granulação mais fina e dissolução do carbonato intersticial nos leitos síltico-arenosos das porções intermediárias e de topo da seqüência. O empastilhamento resulta da descompressão associada presença de microporos fechados preenchidos por fluidos sob pressão superior a uma atmosfera e alteração da illita para minerais do grupo da montmorillonita. Com a evolução do processo ocorrem a dissolução e argilização dos feldspatos, alteração da illita e clorita para argilominerais interestratificados, esmectita e em casos de lixiviação mais intensa para caulinita, em paralelo com a destruição parcial a total da laminação e bandamento, bem como das pastilhas geradas nos estágios iniciais (Figura 3). Isto gera um material de granulação fina, cor vermelha a arroxeadada, facilmente desagregável, com ótima plasticidade e aparência similar sobre as três zonas mencionadas. Constitui camada irregular, com forma e espessura variada (menos de um metro até cerca de 10 metros), dependente da evolução geomorfológica, com contato gradacional com a porção menos alterada que ainda apresenta laminação e bandamento bem definidos.



Figura 3: Diferentes tipos de alteração em materiais da Formação Corumbataí. (A) e (B) Empastilhamento; (C) Lavagem do material, com remoção de ferro.

Este produto de alteração constitui-se em matéria-prima de ótima qualidade para fabricação de cerâmica estrutural, aspecto demonstrado pela história da indústria cerâmica na região de estudo e propriedades tecnológicas e, é necessário para dar resistência mecânica ao revestimento cerâmico obtido por prensagem, com umidade ao redor de 8%, além de contribuir com a estabilidade dimensional durante a queima.

Outros tipos de alteração superficial encontradas são: degradação de carbonatos e formação de argilas expansivas por percolação de água (Figura 4). Essa alteração influencia diretamente a sinterização das peças cerâmicas, uma vez que se relaciona com a retração linear de queima e absorção de água.

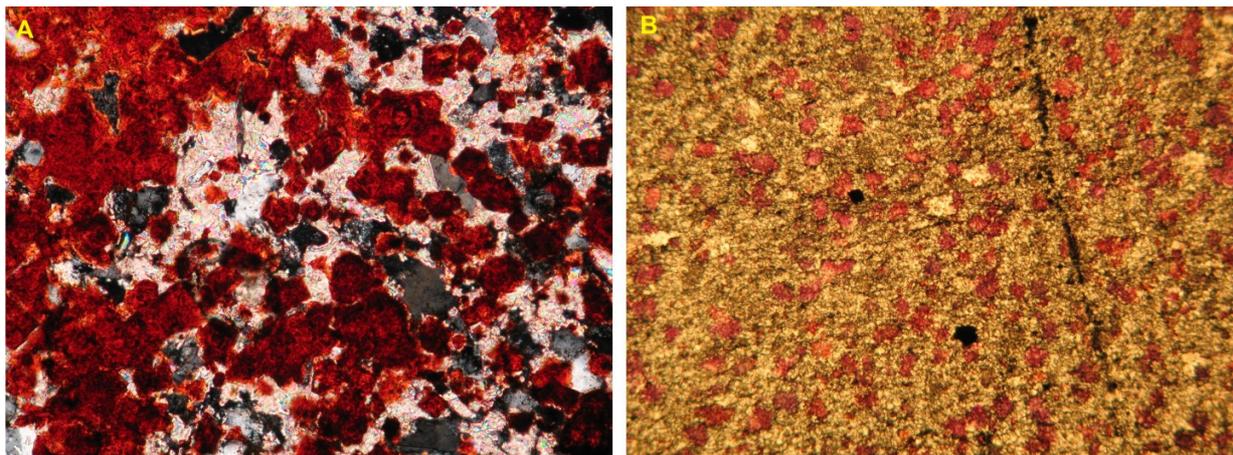


Figura 4: Observação de processos de alteração superficial ao microscópio óptico, em aumento de 100 X. (A) Alteração de Carbonatos, que gera material com aspecto vermelho terroso; (B) Formação de Esmectitas.

A caracterização geoquímica de diversas amostras (Figura 5), coletadas em toda a extensão mostra variação considerável. Diferentes graus de alteração podem ser verificados principalmente quando se observa os óxidos de silício e alumínio (relacionados a processos de lixiviação), assim como de cálcio e magnésio, comumente relacionados à presença de carbonatos.

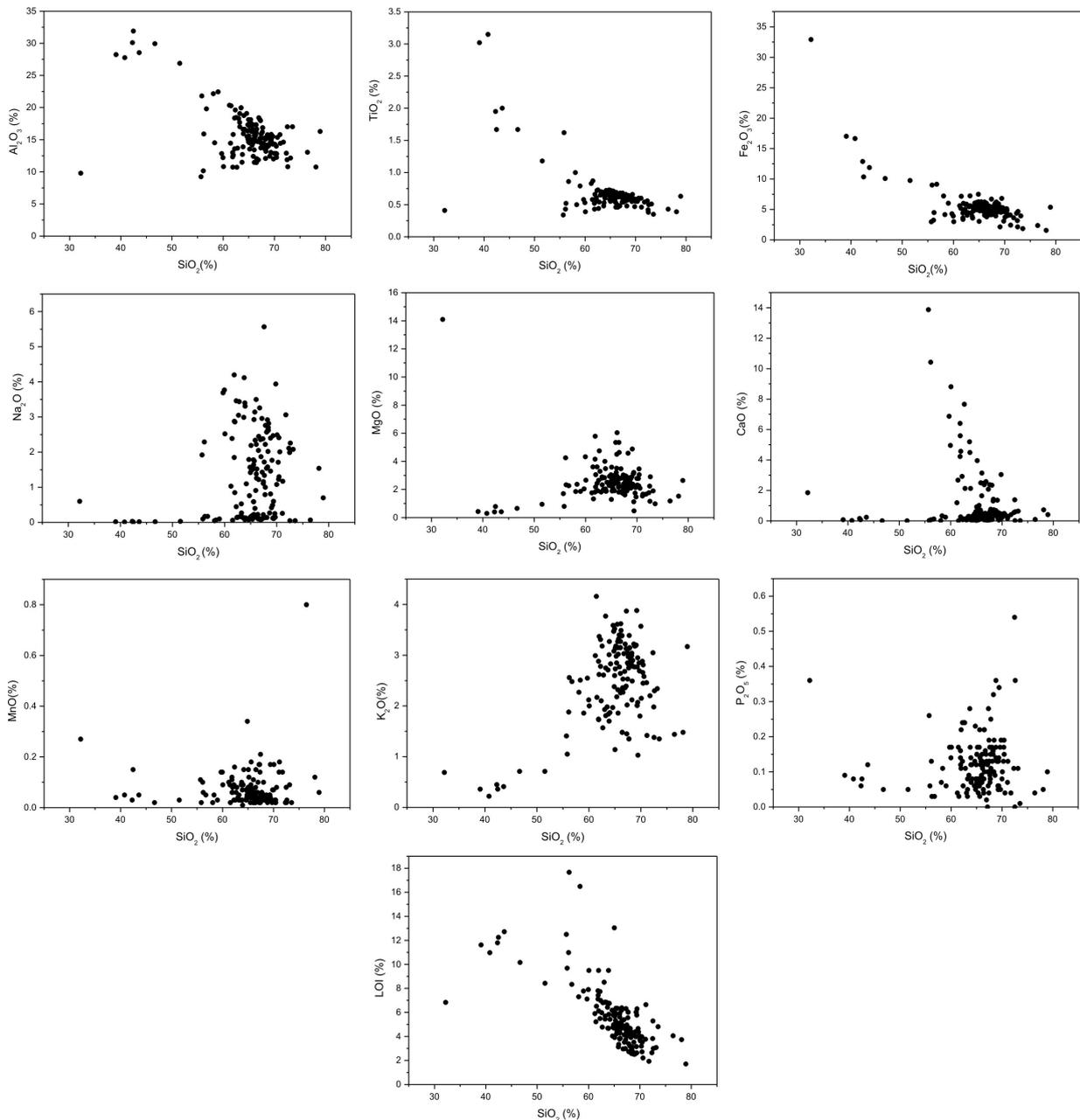


Figura 5: Diagramas de Variação de Elementos Maiores para Amostras provenientes de diferentes estratos da Formação Corumbataí.

A difração de raios X, em associação com microscopia óptica, mostra que a rocha sã, não afetada por alteração hidrotermal, é constituída pelos seguintes filossilicatos: illita di e trioctaédrica, clorita, interstratificado illita-clorita e micas detríticas (muscovita e biotita). Nos termos afetados por alteração hidrotermal pode aparecer esmectita e interstratificado clorita-esmectita e esmectita illita, enquanto que a alteração supérgena gera minerais do grupo da montmorillonita, interstratificados regulares e irregulares diversos e caulinita no caso extremo de intemperismo. Dessa forma, a alteração supérgena e hidrotermal pode ser qualificada pela difração de raios X, com base na mineralogia presente, conforme exemplos mostrados nas figuras abaixo.

Na figura 6 se observa a presença de caulinita, que confere aos materiais maior refratariedade, em associação com illita e hidromicas.

Na figura 7 pode se observar argilomineral do grupo da montmorillonita em associação com illita e clorita, que podem gerar problemas de secagem, como trincas e expansões e provocar defeitos na queima das peças cerâmicas.

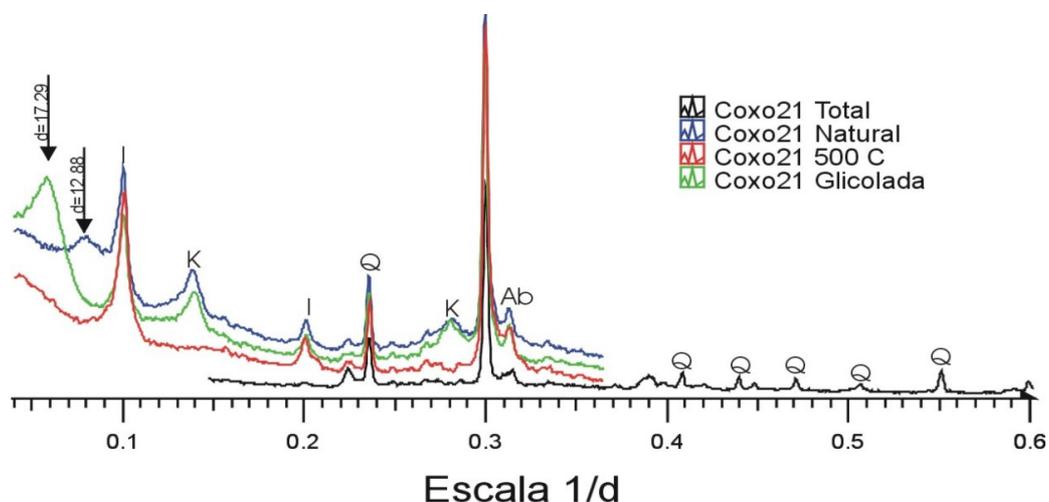
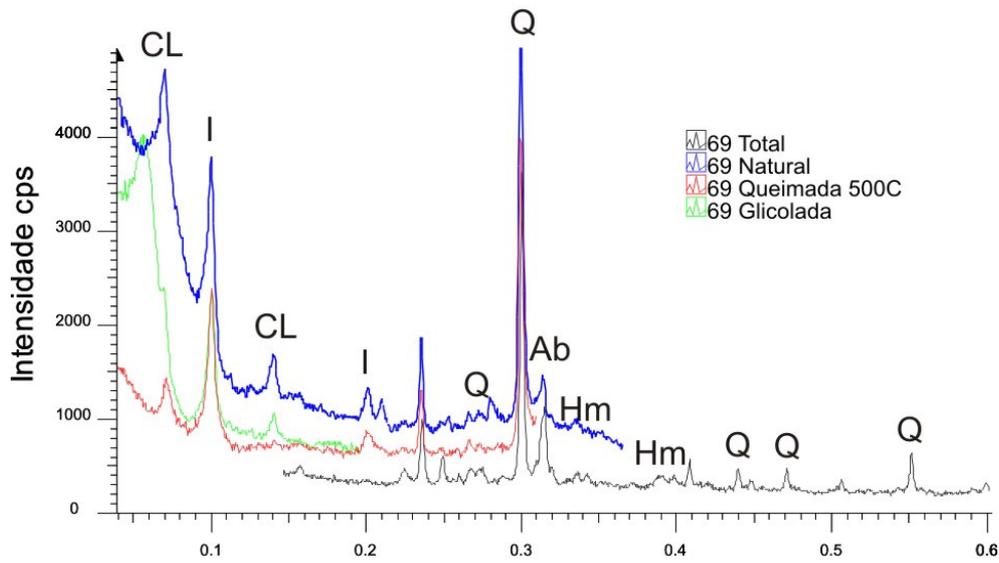


Figura 6: Difratograma de amostra da Formação Corumbataí mostrando presença de caulinita. Siglas: I=illita; K=caulinita; Q=quartzo; Ab=albita.



Escala 1/d - Radiação $\text{CoK}\alpha$

Figura 7: Difratoograma de amostra da Formação Corumbataí mostrando presença de illita e clorita. Siglas: I=Illita; CL=Clorita; I=Illita; Q=Quartzo; Hm=Hematita.

Quando se realiza ensaios de defloculação utilizando amostras de diferentes porções da Formação Corumbataí, verifica-se a influência da alteração. Na figura seguinte são apresentados dados relativos a alguns destes ensaios.

Amostras	A1	A2	A3	A4	B1	B2	C1	C2
Parâmetros								
Maior velocidade(RPM)	30	30	12	1,5	1	1	20	6
Viscosidade na maior veloc. (cP)	70,4	70,5	183	1998	2283	2531	140,1	397,4



Figura 8: Resultados de Ensaios de Defloculação de amostras da Formação Corumbataí. Para efeito de comparação, são apresentados os valores de viscosidade na máxima velocidade atingida no ensaio.

Na figura 8 cada cor representa uma mina que explora argilas da Formação Corumbataí. Assim, A3 e A4 indicam as bancadas mais alteradas da mina representadas pela cor azul e B2 e C2 indicam as bancadas mais alteradas das minas representadas em verde e marrom, respectivamente. Nos três casos, é verificado que a viscosidade da barbotina aumenta drasticamente com o grau de alteração dos materiais.

De um modo geral, a alteração aumenta a plasticidade do material em função da desagregação dos constituintes, ao mesmo tempo em que aumenta a refratariedade devido à remoção dos álcalis e sílica, aumentando o teor de alumínio e, às vezes, do ferro. A viscosidade da barbotina também aumenta proporcionalmente a alteração intempérica em função do aparecimento de argilominerais expansivos e, principalmente, desbalanceamento das cargas da illita, em função da remoção de cátions.

CONCLUSÕES

Com os resultados preliminares apresentados neste trabalho pode-se verificar que existem diferentes tipos de alteração superficiais nas matérias-primas da Formação Corumbataí, que devem ser avaliadas no momento de realizar o planejamento de lavra para exploração de argila, assim como nos controles de processo. Um aspecto positivo que deve ser mais bem estudado é o fato de que o material alterado gera maior refratariedade, que em misturas adequadas, pode contribuir para retardar a fusão intersticial do material mais fino, possibilitando estabilidade em ciclos rápidos de queima.

Como inconveniente para a produção por via seca é a geração de uma quantidade muito grande de finos, que dificulta a conformação. Na via úmida a granulação fina em associação com filossilicatos interestratificados, minerais do grupo das esmectitas e, principalmente, o desbalanceamento das cargas de illitas pela lixiviação de parte dos álcalis intercamadas, aumenta de forma excessiva a viscosidade, chegando a impossibilitar a formação de barbotina estável, com densidade superior a $1,6\text{g/cm}^3$.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP e ao CNPQ pelos projetos de pesquisa concedidos.

BIBLIOGRAFIA

MASSON, M.R. 1998. Rochas sedimentares da formação Corumbataí como matéria prima para a indústria Colombini Ltda em Araras (SP). Rio Claro. 92p. Dissertação de Mestrado em Geologia Regional, IGCE, UNESP.

ROCHA, R.R. Estudo do comportamento reológico de suspensões argilosas da Formação Corumbataí, 2007, 172f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

ZANARDO, A.; ROVERI, C.D.; MORENO, M.M.T.; ROCHA, R.R., Ana Candidade Almeida Prado, Marcos Roberto Masson. Influência da Alteração Supérgena na Trabalhabilidade das Argilas da Formação Corumbataí, na Região de Rio Claro (SP), In: 44º Congresso Brasileiro de Geologia, 2008, Curitiba. Anais. Sociedade Brasileira de Geologia v.1, p. 142.

ZANARDO, A. “Pesquisa Geológica e de Matérias Primas Cerâmicas do Centro Nordeste do Estado de São Paulo e Vizinhanças - Sistematização Crítica da Produção Técnico – Científica”. 2003 Concurso Público para Livre Docência na Disciplina Petrologia. IGCE – UNESP / Rio Claro.

EVALUATION CRITERIA OF WEATHERING AND ITS RELATION WITH THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE CERAMIC RAW MATERIALS FROM CORUMBATAÍ FORMATION (RIO CLARO REGION – SP)

ABSTRACT

The Corumbataí Formation, in the region of Rio Claro-SP, plays a prominent role in the local economy as it is a geological unit from which raw material is being extracted to supply the ceramic industry of Santa Gertrudes. The Corumbataí Formation is over 100m thick and it presents great mineralogical and textural variations, with the deeper portions of the mines being predominantly illitics (harder material), and the upper portion, richer in veins and beds of carbonates. This study aimed to present criteria for evaluating the degree of weathering in the mine area, in order to shed light on clays mixture and rational exploitation. It was observed that the initial change is marked by tablet aspect in the banks and beds of thinner granulation and dissolution of carbonate in sandy beds of intermediate and top portions of the sequence. It was observed that clay mineral transformation and dissolution of feldspars, alteration of clay minerals and leaching cases occur, forming kaolinite.

Keywords: clays, Corumbataí Formation, weathering, ceramic.