

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO CORUMBATAÍ, PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ, NA FOLHA 4 DA MINA DO CRUZEIRO, MUNICÍPIO DE LIMEIRA (SP)

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE SEDIMENTS OF THE CORUMBATAÍ FORMATION, PERMIAN OF THE PARANÁ BASIN, IN THE SHEET 4 OF THE CRUZEIRO MINE, LIMEIRA COUNTY, STATE OF SÃO PAULO

Erasto Boretti de ALMEIDA ¹

Valdomiro ALEGRI ²

Adilson FUGIE ³

Alexandre Romildo ZANDONADI ¹

Marcos Natal de Souza COSTA ¹

Sebastião Gomes de CARVALHO ¹

Ana Cândida de Almeida PRADO ¹

Wendel MIJOLARO ¹

Resumo: A Mina do Cruzeiro está situada no Município de Limeira, no Estado de São Paulo, cerca de 150 km a nordeste da capital paulista. Nesta localidade são exploradas rochas pertencentes à sequência sedimentar paleozóica da Bacia do Paraná, incluindo calcários dolomíticos da Formação Irati e pelitos da Formação Corumbataí. O mapa geológico elaborado, na escala 1:1.000, apresenta dez unidades reconhecidas: solo, siltito variegado, siltito arroxeadado com intercalações de arenito fino, arenito fino, siltito arroxeadado laminado, siltito arroxeadado maciço, siltito amarelo, siltito cinza-esverdeado, siltito esverdeado duro e folhelho betuminoso com intercalações de calcário dolomítico. Veios discordantes de material sílico-carbonático, de espessura milimétrica a centimétrica, estão presentes na mina, embora não apareçam no mapa litológico. As camadas são aparentemente horizontais, devido ao seu pequeno mergulho real. As diferentes unidades foram caracterizadas através de análises químicas, mineralógicas e de ensaios cerâmicos, que evidenciaram variações significativas. A metodologia utilizada mostrou-se importante como ferramenta auxiliar na avaliação preliminar de depósitos, no planejamento das sondagens em pesquisas de detalhe e na orientação das operações em frentes de lavra.

Palavras-Chave: Mapa Litológico; Cerâmica; Calcário; Siltito; Argila.

Abstract: The Cruzeiro Mine is located in the vicinities of the Limeira, São Paulo State, about 150 km from the São Paulo City. The mine comprises sedimentary rocks of the Paraná Basin, including dolomitic limestones of the Irati Formation and pelitic sediments of the Corumbataí Formation. The 1:1.000 litologic map shows ten recognized units: soil, variegated siltstone, purple siltstone interbedded with fine sandstone, fine sandstone, laminated purple siltstone, massive purple siltstone, yellow siltstone, greenish gray siltstone, hard greenish siltstone and betuminous shale interbedded with dolomitic limestones. Milimetric to centimetric, silico-carbonatic veins are also present, although not shown on the litologic map. Due to the low dip the beds are apparently horizontal. Chemical and mineralogical analyses and ceramic tests were made in order to characterize the units, which showed significative variations. The methodology used showed to be an important auxiliary tool for the preliminar evaluation of deposits, planning of drill holes in detailed exploration and orientation of mining operations.

Keywords: Litologic Map; Ceramics; Limestone; Siltstone; Clay.

INTRODUÇÃO

O Neopermiano da Bacia do Paraná representa a fase final de um ciclo transgressivo onde condições de águas paulatinamente mais rasas passaram a predominar no registro

1 - Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista-UNESP. Avenida 24-A, 1.515, Caixa Postal 178, CEP 13.506-970, Rio Claro, São Paulo. (e-mail: dpmsecre@rc.unesp.br).

2 - Superintendência de São Paulo, Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Avenida São João, no. 313, 11º andar, Centro, São Paulo, São Paulo, CEP 01035-000. (e-mail: cprmsp@cprm.gov.br).

3 - União Cerâmicas Ltda. – UNICER. Estrada do Boiadeiro, km 1,5, Caixa Postal 97, CEP 13.490-979, Cordeirópolis, São Paulo. (e-mail: elainebuoro@unicer.ind.br).

sedimentar propiciando a formação de bacias de circulação restrita com grande acúmulo de matéria orgânica (Milani *et al.* 1994). Os sedimentos acumulados neste período estão agrupados no denominado Grupo Passa Dois, cuja unidade de topo, no Estado de São Paulo, é constituída pelos pelitos da Formação Corumbataí, constituídos por uma sucessão de argilitos e siltitos maciços a laminados com contribuição arenosa na sua seção superior (Figura 1).

Tendo em vista suas propriedades químicas, físicas e mineralógicas, estas rochas têm sido, já há algumas décadas, amplamente utilizadas como matéria-prima na indústria cerâmica. Neste particular, a região de Santa Gertrudes-SP tem se tornado um dos mais importantes pólos cerâmicos da América do Sul, agregando um grande número de jazidas minerais além de núcleos industriais e centros tecnológicos.

A Mina do Cruzeiro, uma das importantes jazidas do pólo de Santa Gertrudes, está localizada na periferia da cidade de Limeira, distante cerca de 150 km a nordeste da capital paulista

(Figura 2). Há décadas a jazida vem extraindo calcário dolomítico da Formação Irati para corretivo de solos. Entretanto, há alguns anos, os pelitos suprajacentes da Formação Corumbataí, até então considerados cobertura estéril, passaram a ser utilizados na indústria cerâmica.

O trabalho ora apresentado trata dos estudos químico, mineralógico e cerâmico da matéria-prima argila da Mina Cruzeiro e da caracterização litológica da Formação Corumbataí na área da jazida. São fornecidas informações úteis em situações como avaliação preliminar de áreas de pesquisa, planejamento de sondagens para pesquisa de detalhe e orientação das operações de frentes de lavra. Os dados obtidos são de grande importância no planejamento adequado da extração, otimização do aproveitamento dos recursos minerais, melhoria do controle de qualidade da matéria-prima e diminuição da variabilidade das características das massas cerâmicas, além da minimização da geração de rejeitos causadores de impactos ambientais.

	Geocronologia		Litoestratigrafia
	Período	Época	
	Cretáceo	Inferior	
GRUPO SÃO BENTO	Jurássico	Superior	SERRA GERAL BOTUCATU
		Intermediário	
		Inferior	
GRUPO PASSA DOIS	Triássico	Superior	PIRÂMBOIA ?
		Intermediário	
		Inferior	
GRUPO TUBARÃO	Permiano	Superior	TERESINA CORUMBATAÍ S. ALTA IRATI TATUI
		Inferior	
GRUPO PASSA DOIS	Carbonífero		AQUIDAUANA ITARARÉ

FIGURA 1: Unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste (Modificado de Christofolletti 1999).
FIGURE 1: Lithostratigraphic units of the Paraná Basin in the northeast margin (Modified from Christofolletti 1999).

O trabalho está inserido no Projeto Melhoria da Qualidade das Massas Cerâmicas Básicas da UNICER-MASBAS e foi executado através de parceria entre o Departamento de Petrologia e Metalogenia-DPM, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas-IGCE, da Universidade Estadual Paulista-UNESP e a União Cerâmicas Ltda.-UNICER, com participação do Serviço Geológico do Brasil-CPRM/Superintendência de São Paulo e apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.

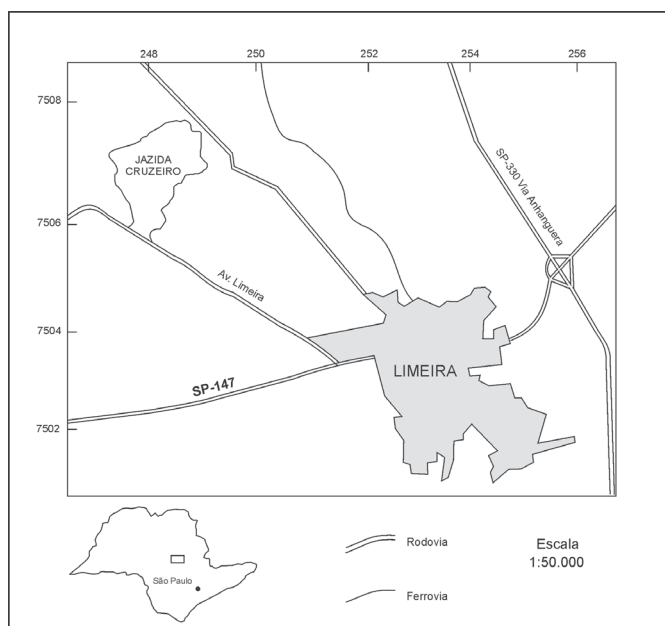


FIGURA 2: Localização da Jazida Cruzeiro no Município de Limeira.
FIGURE 2: Localization of the Cruzeiro Mine in the Limeira County.

FORMAÇÃO CORUMBATAÍ

O termo Corumbataí apareceu pela primeira vez no Relatório da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, referente ao ano de 1916, para designar os “xistos argilosos e xistos betuminosos com fósseis” (Mezzalana 1964).

Em 1960, a Formação Corumbataí foi considerada em São Paulo como equivalente à porção superior da Formação Serra Alta e à inferior da Formação Teresina no Estado de Santa Catarina (Sanford & Lange 1960).

Posteriormente, em 1970, a designação Formação Corumbataí foi utilizada para os sedimentos essencialmente argilosos de coloração arroxeada ou avermelhada com intercalações de lentes de arenitos muito finos, aflorantes no vale do rio Corumbataí (Landim 1970).

No Estado de São Paulo, a Formação Corumbataí apresenta espessura geralmente inferior a 150 metros, que se reduz para norte até se anular próximo ao limite com Minas Gerais. Na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, onde esta unidade tem sido mais estudada, são observados na parte inferior siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo-acinzentados, podendo ocorrer cimentação calcária. Segue-se uma sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas delgadas, cuja

litologia varia entre argilosa e arenosa fina, tanto vertical quanto horizontalmente. As cores vermelha e arroxeada passam a predominar nas partes médias e superiores da formação, onde também se apresentam lentes e bancos calcários com até cerca de 0,5m de espessura (Mendes 1952, Almeida & Barbosa 1953, Barbosa & Gomes 1958, Landim 1970).

As feições sedimentares mais comuns são a estratificação plano-paralela e cruzada de baixo ângulo, estrutura maciça, marcas onduladas, acamamento *flaser*, *hummockys*, diques clásticos e gretas de contração (Souza 1985; Ramos & Formoso 1993; Toledo 2001). As relações de contato da Formação Corumbataí com a unidade subjacente (Formação Irati) é do tipo concordante enquanto que com a unidade suprajacente (Formação Pirambóia) faz-se por discordância erosiva.

As interpretações sobre o ambiente de deposição são controversas: alguns autores consideram que a parte inferior da formação foi depositada em ambiente marinho de águas rasas em condições climáticas redutoras e que a porção superior depositou-se em águas rasas em condições oxidantes sob influência de marés (Schneider *et al.* 1974). Gama Jr. (1979) sugeriu um modelo de sedimentação no qual a Formação Corumbataí constituiria uma planície de maré, relacionada a um sistema deltáico.

Souza (1985) em estudo faciológico e de paleoambientes das formações Estrada Nova e Corumbataí reconhece a presença de depósitos de alto mar (*offshore*), de zona de transição entre alto-mar (*offshore*) e face de praia (*shoreface*) e de planície de maré (*tidal flat*). A Formação Corumbataí, indivisa, teria se depositado preferencialmente em zona de transição entre alto-mar e a face de praia, em condições mais oxidantes do que a da Formação Estrada Nova. Ainda segundo a autora, a evolução de ambientes marinhos para tipicamente continentais desde a base até o topo das formações Estrada Nova e Corumbataí é atestada pela regressão de um mar epicontinental que teria recoberto extensas áreas do Estado de São Paulo durante o Permiano Superior. Estes registros marinhos são evidenciados pela passagem gradual de depósitos de alto-mar para sedimentos de zona de transição entre alto-mar e face de praia, assim como para sedimentos de planície de maré e de laguna costeira.

Mais recentemente, Toledo *et al.* (1997b) com base em estruturas sedimentares (gretas de contração e estratificações cruzadas do tipo *hummocky*) sugerem um ambiente deposicional marinho plataforma para os sedimentos da Formação Corumbataí.

A Formação Corumbataí é relativamente rica em fósseis. Ocorrem pelecípodes, ostracódios, conchostráceos, peixes e restos vegetais, incluindo fragmentos de troncos de *Cordaitales* de tamanho considerado (IPT 1981). Toledo (2001) descreve, principalmente na parte superior da formação, vários níveis de *bone-beds* que, segundo o autor, teriam se formado por eventos de tempestades. Escamas e dentes isolados também seriam comuns e abundantes em certos intervalos da unidade. Rohn (1994), referindo-se a assembléias de bivalves no Grupo Passa Dois, destaca diversas ocorrências de uma coquina com *Pinzonella neotropica* na Formação Corumbataí, sugerindo uma

possível importante fase transgressiva nesta porção da Bacia do Paraná.

Os estudos acerca da idade desta formação ainda são controversos. Dados palinológicos de Daemon & Quadros (1970) sugerem datá-la do Kazaniano. Valencio (1972), segundo Rohn (1994), com base em dados paleomagnéticos posiciona a unidade no limite permo-triássico. Ragonha (1984), através do estudo de elasmobrânquios, considera a formação como de idade triássica. Por outro lado, a identificação de tetrápodes e répteis no membro superior (Morro Pelado) da Formação Rio do Rastro seria mais uma confirmação de que a deposição do Grupo Passa Dois encerrou-se ainda no Paleozóico (IPT 1984). De acordo com dados paleobotânicos, informações bibliográficas sobre tetrápodes e outros dados a respeito da cronoestratigrafia da parte ocidental do continente Gondwana, Rohn (*op. cit.*) sugere para as formações Serra Alta e Terezina, cronocorrelatas da Formação Corumbataí, idades neo-ufimiana e eokazaniana e neokazaniana, respectivamente.

MÉTODOS E TÉCNICAS

Para alcançar os objetivos propostos foram realizadas as seguintes atividades: mapeamento litológico, amostragem, análises laboratoriais e ensaios cerâmicos.

O mapeamento litológico foi efetuado com prancheta e alidade da marca Wild, originalmente na escala 1:1.1000. Após o reconhecimento inicial para identificação macroscópica das principais unidades foi efetuado o levantamento topográfico do topo e da base das bancadas de interesse e dos contatos entre as unidades. A presença de máquinas operando na mina, de material depositado durante as operações, de deslizamentos e taludes íngremes e com grande desnível, dificultou as observações de campo.

A amostragem foi realizada através de *chip samples* e canais perpendiculares ao acamamento. Após limpeza da superfície, os canais foram abertos com 15 cm de espessura e 10 cm de profundidade.

As análises laboratoriais foram efetuadas nos laboratórios do DPM/IGCE - UNESP, em Rio Claro.

As análises químicas dos elementos maiores foram efetuadas por Fluorescência de Raios X (FR-X), em pastilhas. O equipamento utilizado foi o Philips PW 2520.

As análises térmicas foram realizadas nos aparelhos Shimadzu DTA-50 para as análises termodiferenciais e Shimadzu TGA - 50 para as termogravimétricas.

Os minerais argilosos foram estudados por Difração de Raios X. O aparelho utilizado foi o Difractômetro Siemens D - 5000. A interpretação dos difratogramas e o tratamento dos dados utilizou os *softwares* DIFRAC - AT e EVA 2.00.

Os ensaios cerâmicos foram agrupados em ensaios preliminares, ensaios dos corpos de prova secos a 110°C e queimados a várias temperaturas.

Os ensaios preliminares incluíram secagem ao sol, britagem, moagem e umidificação.

Nos corpos de prova secos a 110°C, foram determinadas, densidade de prensagem (DP), retração linear de

secagem (RLS), tensão de ruptura a flexão (TRF - utilizando-se um Flexômetro modelo CRDB - 424) e cor pela observação visual.

Após queima dos corpos de prova a 1.020°C, 1.070°C e 1.120°C num forno marca Maitec, foram determinadas perda ao fogo (PF), retração linear de queima (RLQ), retração linear total (RLT), tensão de ruptura à flexão (TRF), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade aparente (DA) e cor.

CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA

Através do mapeamento foram identificadas, da base para o topo, as seguintes unidades litológicas (Figura 3):

- folhelho betuminoso com intercalações de calcário dolomítico (FC): corresponde à Formação Irati, caracterizada pela alternância de camadas centimétricas a métricas de calcário dolomítico e folhelho cinza-escuro/preto, sem uso cerâmico atualmente;
- siltito esverdeado duro (SED): extremamente resistente ao “pastilhamento”. Aparentemente, o acamamento não é perceptível, acreditando-se tratar da Formação Serra Alta. Não aproveitado atualmente;
- siltito cinza-esverdeado (SCE): corresponde à parte inferior da Formação Corumbataí. Acredita-se tratar da porção não oxidada desta unidade. Apresenta dificuldade para moagem causando, obviamente, elevação do custo de beneficiamento. Não aproveitado atualmente;
- siltito amarelo (SA): ocorre em corpos de forma imprevisível, aparecendo na parte leste da Mina do Cruzeiro. Acredita-se que sua origem esteja relacionada à proximidade de rochas basálticas. Não aproveitado atualmente;
- siltito arroxeadado maciço (SAM): muito valorizado pelos mineradores, caracteriza-se pelo acamamento pouco perceptível;
- siltito arroxeadado laminado (SAL): o corpo de siltito apresenta lâminas milimétricas de material claro, constituídas por areia fina, sendo também muito valorizado;
- arenito fino (AF): aparece principalmente na parte superior da Mina do Cruzeiro, a oeste da área mapeada, onde predominam camadas arenosas, com intercalações de siltito arroxeadado. Não aproveitado atualmente pelas cerâmicas;
- siltito arroxeadado com intercalações de arenito fino (SAA): caracteriza-se pela alternância de horizontes de espessuras irregulares de siltitos e arenitos finos, com predominância dos primeiros, e o seu aproveitamento depende das proporções presentes;
- siltito variegado (SV): ocorre abaixo do solo, representando um estágio menos

Avançado de alteração intempérica, com grande variação de cores, onde não se notam estruturas sedimentares. Não aproveitado atualmente;

- solo avermelhado (S): corresponde ao material superficial, com acentuado intemperismo, sem

estruturas reliquias, normalmente avermelhado, não utilizado pela indústria cerâmica;

Veios sílico-carbonáticos (VSC) com espessura milimétrica a centimétrica e atitudes variáveis cortam discordantemente as camadas sedimentares. São compostos basicamente por quartzo e carbonato, sendo muito problemáticos para a moagem, chegando inclusive a provocar o abandono de algumas jazidas.

As unidades SAA, SAL, SAM, SA e SCE apresentam, após extração e exposição ao tempo, intenso pastilhamento, principalmente ao longo dos planos de acamamento. Este fenômeno desagrega o material, facilitando em muito sua cominuição.

As camadas são aparentemente horizontais por apresentarem baixo ângulo de mergulho. São comuns níveis com fragmentos de escamas de peixes e concreções fosfáticas escuras. Estes níveis são persistentes lateralmente e têm espessura centimétrica. As concreções apresentam diâmetro milimétrico a centimétrico.

Como estruturas sedimentares foram observadas na Folha 4 ou nas suas adjacências, bioturbações, laminação cruzada, marcas ondulares, gretas de contração, dobras não tectônicas, estruturas de carga e *flaser*.

Em vários níveis foram observadas camadas centimétricas de um material vermelho escuro, muito argiloso e persistente lateralmente, com teores de Fe_2O_3 acima de 30%.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA PARA FINS CERÂMICOS

O quadro I apresenta os resultados das análises químicas dos elementos maiores das amostras estudadas. No quadro II são mostrados os resultados dos ensaios cerâmicos. A localização das amostras está indicada na figura 3. A seguir são discutidos os aspectos relevantes das litofácies identificadas.

- folhelho betuminoso com intercalações de calcário (FC): corresponde à Formação Irati, e não foi amostrado, pois só os altos teores de matéria orgânica já inviabilizam o uso cerâmico do material;
- siltito esverdeado duro (SED) - amostras Am-156 e AM-157 (Formação Serra Alta): os mais altos valores de SiO_2 encontrados refletem maior percentual de quartzo e talvez, de outras formas de sílica. Illita e albita foram detectadas em ambas as amostras, além de um mineral magnesiano não claramente identificado. Os valores de TRF são baixos e os de AA altos em relação aos siltitos arroxeados mais comuns. Pelos minerais presentes e pelos teores de álcalis encontrados, seria de se esperar melhores resultados nos ensaios cerâmicos. É possível que este problema esteja ligado à dificuldade de moagem do material;

- siltito cinza esverdeado (SCE): não foi amostrado;
- siltito amarelo (SA) - amostras AM-154 e AM-155: com relação à composição química, o que mais chama a atenção são os teores de álcalis, baixos na AM-154 e altos na AM-155, onde além da illita, foi detectada a presença significativa de feldspato sódico. Os valores de TRF das duas amostras foram os mais altos encontrados (478,16 e 527,75 kgf/cm²) e os de AA os mais baixos (1,47 e 1,98%). Ambas as amostras, entretanto, apresentaram RLT acima de 10%;
- siltito arroxeado laminado ou maciço (SAL/SAM) - amostras AM-145 a AM-148: correspondem ao material em grande parte aproveitado para cerâmica. Embora ocorram variações dependendo do nível de coleta, estas amostras podem ser reunidas em um mesmo grupo. Além do quartzo, a illita tem presença significativa, e juntamente com os feldspatos, possibilita valores adequados para o uso, especialmente de TRF (entre 302,59 e 487,07 kgf/cm²) e de AA (entre 2,47 e 4,43%);
- arenito fino (AF): não foi amostrado, pois o material é inadequado para uso cerâmico pelo excesso de quartzo e pequena percentagem de minerais argilosos;
- siltito arroxeado com intercalações de arenito (SAA) - amostra AM-142: esta amostra foi coletada a oeste da área mapeada, e apresenta significativa percentagem de quartzo. Os teores elevados de CaO e MgO evidenciam a presença de carbonatos, e o de Na_2O reflete a ocorrência de albita. O teor de apenas 1,74% de K_2O indica presença subordinada de illita e possivelmente de feldspato potássico. Esta combinação fornece um valor relativamente alto de AA e baixo de TRF, dificultando o uso deste material isoladamente;
- siltito variegado (SV) - amostras AM-149 e AM-152: mostram as mesmas tendências do solo, porém menos acentuadas, pois representam um estágio menos avançado do intemperismo. A amostra AM-152 apresenta teor de K_2O maior do que a AM-149, o que reflete numa maior TRF, explicada pelo aparecimento de illita, embora subordinada;
- solo avermelhado (S) - amostras AM-150 e AM-153: apresentam valores muito semelhantes e bem diferenciados das demais unidades. Os valores de P.F. Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 são os mais elevados do quadro I, enquanto SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO e MgO correspondem aos mais baixos. Estes dados são compatíveis com os minerais detectados, indicando predomínio de caulinita, quartzo e óxidos e hidróxidos de ferro, fornecendo valores de TRF muito baixos e alta AA.



FIGURA 3: Mapa Geológico da folha 4 da Jazida Cruzeiro (Calcário e Argila para Cerâmica), Limeira, Estado de São Paulo.

Amostra no.	Unidade Mapeada	Perda ao Fogo (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	MnO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
142*	SAA	7.11	61.84	12.33	3.59	0.52	0.12	4.23	4.16	4.20	1.74	0.16
145	SAL/SAM	3.52	68.80	14.14	4.62	0.59	0.03	0.68	2.10	2.40	2.77	0.36
146	SAL/SAM	4.05	67.58	14.44	4.74	0.59	0.03	0.47	2.43	5.57	2.97	0.13
147	SAL/SAM	3.91	68.25	15.04	4.97	0.58	0.03	0.39	2.04	1.58	3.04	0.15
148	SAL/SAM	4.87	67.42	15.87	5.15	0.60	0.02	0.22	2.15	1.11	3.05	0.04
149	SV	9.68	55.83	21.81	9.01	1.62	0.02	0.03	0.80	0.10	1.05	0.06
150	S	10.97	40.78	27.78	16.65	3.15	0.05	0.03	0.30	0.01	0.22	0.08
151	SAL/SAM/AS	6.35	65.32	16.95	5.48	0.64	0.04	0.12	2.05	0.17	2.85	0.04
152	SV	6.52	61.54	20.27	7.17	0.87	0.02	0.01	1.33	0.06	2.17	0.03
153	S	11.62	39.06	28.24	17.03	3.02	0.04	0.08	0.43	0.02	0.36	0.09
154	AS	6.38	66.47	16.10	6.02	0.63	0.02	0.08	1.81	0.10	2.33	0.08
155	AS	5.84	63.93	15.93	4.98	0.60	0.01	0.19	1.87	3.31	3.27	0.07
156	SED	3.00	72.60	10.79	4.67	0.50	0.03	0.61	2.90	2.26	2.30	0.36
157	SED	2.72	70.42	12.24	5.12	0.59	0.03	0.39	3.46	2.41	2.45	0.19

SAA: siltito arroxeadado com intercalações de arenito; SAL: siltito arroxeadado laminado; SAM: siltito arroxeadado maciço; SV: siltito variegado; S: solo avermelhado; SA: siltito amarelo; SED: siltito esverdeado duro. * coletada à oeste da área mapeada.
SAA: purplish siltstone interbedded with sanstone; SAL: laminated purplish siltstone; SAM: massive purplish siltstone; SV: variegated siltstone; S: reddish soil; SA: yellowish siltstone; SED: hard greenish siltstone. * sample collected west of the studied area.

QUADRO I: Resultados de Análises Químicas das Amostras da Mina do Cruzeiro.

TABLE I: Chemical Analyses Results for the Cruzeiro Mine Samples.

Amostra no.	142* SAA	145 SAL/SAM	146 SAL/SAM	147 SAL/SAM	148 SAL/SAM	149 SV	150 S
Perda ao Fogo - %	6.92	3.18	3.26	4.26	4.74	8.38	11.01
Retração Linear de Queima - %	5.99	6.08	5.58	8.49	10.47	7.01	7.53
Retração Linear Total - %	5.99	6.35	5.85	4.74	10.47	6.62	7.53
TRF – kgf/cm ²	240.35	302.59	330.33	338.58	487.07	72.46	32.59
Absorção de água - %	9.46	2.87	2.47	4.43	3.35	17.51	17.83
Porosidade de Aparente - %	18.77	6.05	5.13	9.30	7.54	32.76	34.68
Densidade Aparente – g/cm ³	2.01	2.11	2.07	2.10	2.25	1.87	1.95
Amostra nº	151 SAL/SAM/SA	152 SV	153 S	154 SA	155 SA	156 SED	157 SED
Perda ao Fogo - %	4.79	6.69	12.59	6.15	4.84	4.04	2.93
Retração Linear de Queima - %	11.81	10.70	7.84	10.56	10.86	2.97	4.77
Retração Linear Total - %	11.93	10.45	7.97	10.82	10.99	3.11	4.77
TRF – kgf/cm ²	446.13	318.00	16.80	478.16	527.75	154.22	248.33
Absorção de água - %	4.40	9.27	18.78	1.47	1.98	10.87	5.52
Porosidade de Aparente - %	9.83	19.82	34.05	2.43	4.58	20.37	11.11
Densidade Aparente – g/cm ³	2.24	2.14	1.80	2.43	2.32	1.88	2.01

SAA: siltito arroxeadado com intercalações de arenito; SAL: siltito arroxeadado laminado; SAM: siltito arroxeadado maciço; SV: siltito variegado; S: solo avermelhado; SA: siltito amarelo; SED: siltito esverdeado duro. * coletada à oeste da área mapeada.
SAA: purplish siltstone interbedded with sanstone; SAL: laminated purplish siltstone; SAM: massive purplish siltstone; SV: variegated siltstone; S: reddish soil; SA: yellowish siltstone; SED: hard greenish siltstone. * sample collected west of the studied area.

QUADRO II: Caracterização Cerâmica de Amostras da Mina do Cruzeiro queimadas a 1120°C.

TABLE II: Ceramical Characterization of the Cruzeiro Mine Samples Burnt at 1120°C.

CONCLUSÕES

O trabalho evidenciou a diversidade de litofácies identificadas macroscopicamente na mina da Cerâmica Cruzeiro, contida na Formação Corumbataí. Estas unidades apresentam características químicas, mineralógicas e cerâmicas bastante distintas, atestando assim a validade do mapeamento executado.

O mapeamento ressaltou também a importância da delimitação e caracterização dos horizontes de alteração superficial. A ação do intemperismo tende a prejudicar a qualidade cerâmica do material, conforme pode ser observado nos resultados obtidos com as amostras de solo (S) e solo variegado (SV). Entretanto, uma amostra deste último (AM-152) apresentou, após a queima, um valor razoável de tensão de resistência à flexão, sugerindo que a unidade, pelo menos em alguns locais, poderia ser aproveitada na formulação de massas.

Os materiais de granulação mais fina, como siltito arroxeadado laminado (SAL) e siltito arroxeadado maciço (SAM), são os mais valorizados pelos ceramistas. Porém, há casos como os das amostras AM-148 e AM-151, onde os valores de retração linear total são excessivamente elevados. Estes valores poderiam ser corrigidos através da mistura com material grosso, como o siltito arroxeadado com intercalações de arenito (SAA, AM-142). Este procedimento provocaria também diminuição da tensão de resistência à flexão e aumento da absorção de água do produto final. Caso a mistura seja feita em proporções adequadas, não haverá comprometimento da qualidade da massa formulada.

O mapeamento geológico de detalhe, complementado com sondagens, fornece as informações imprescindíveis para o conhecimento das jazidas e para o planejamento adequado das operações de lavra.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos Srs. Antoninho Pedro e Arnor Barbosa Couto, Jr. da Mina do Cruzeiro, aos Srs. Laércio Bosquero e Luiz Renato Grigoletto da UNICER - União Cerâmicas Ltda., e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq, cujas colaborações foram essenciais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. DE & BARBOSA, O. 1953. Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral*, **143**: 1-97.
- ALMEIDA, F. F.; HASUI, U.; PONÇANO, W. L.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A. 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo. 126p. (IPT. Monografia 6. Nota Explicativa, Vol. I).
- BARBOSA, O. & GOMES, F. DE A. 1958. Pesquisa de Petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral*, **171**: 1-40.
- CHRISTOFOLETTI, S. R. 1999. *Estudo Mineralógico, Químico e Textural das Rochas Sedimentares da Formação Corumbataí "Jazida Cruzeiro" e suas Implicações nos Processos e Produtos Cerâmicos*. Rio Claro. 120p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).
- DAEMON, R. F. & QUADROS, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília, 1970. *Anais...* Brasília, SBG. p. 359-412.
- GAMA JR., E. A. 1979. Sedimentação do Grupo Passa Dois (Exclusive Formação Irati): Um Modelo Geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, **1** (9): 1-16.
- LANDIM, P.M.B. 1970. O Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP). *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional da Produção Mineral*, **252**: 1-103.
- MENDES, J.C. 1952. A Formação Corumbataí na Região do Rio Corumbataí: Estratigrafia e Descrição dos Lamelibrânquios: *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, **145**: 1-19 (Geologia nº 8).
- MEZZALIRA, S. 1964. Grupo Estrada Nova. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, **41**: 63-84.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHENEIDER, R. L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8**: 69-82.
- RAMOS, N.A. & FORMOSO, M.L.L. 1975. Argilominerais das Rochas Sedimentares da Bacia do Paraná. *Publicação da Petrobrás*, **9**: 83 (Resumos).
- RONH, R. & LAVINA, E.L. 1993. Cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois. In: SIMPÓSIO SOBRE A CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, Rio Claro, 1993. *Anais...* Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. p. 83.
- ROHN, R. 1994. *Evolução Ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no Leste de Santa Catarina e do Paraná*. São Paulo. 250 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo).
- SANFORD, R.M. & LANGE, F.W. 1960. Basins Study Approach to Oil Evaluation of Paraná Miogeosyncline. *Bulletin - American Association of Petroleum Geologists*, **44** (8): 1316-1370.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMAN, H.; TOMMAZI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG. v.2. p. 41-66.
- SOUZA, S. H. M. 1985. *Fácies Sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no Estado de São Paulo*. São Paulo. 142 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Da Universidade de São Paulo).
- TOLEDO, C. E. V. 2001. *Análise Paleoiictiológica da Formação Corumbataí na Região de Rio Claro, Estado de São Paulo*. Rio Claro. 146 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista).
- TOLEDO, C. E. V.; MASSON, M. P.; BERTINI, R. J. 1997. Litho-sedimentological analysis of a bone-bed with vertebrate remains from Corumbataí Formation (Upper Permian) near Rio Claro City, State of São Paulo (Brazil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, São Pedro. 1997. *Boletim Resumos...* Rio Claro, SBP. p. 159.