

MATÉRIA-PRIMA CERÂMICA PROVENIENTE DA FORMAÇÃO AQUIDAUANA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

C. D. Roveri ⁽¹⁾; L. H. Godoy ⁽¹⁾; A. Zanardo ⁽¹⁾; M. M. T. Moreno ⁽¹⁾

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

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

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

Departamento de Petrologia e Metalogenia

RESUMO

No sul de Minas Gerais, a produção de cerâmica estrutural está em franca decadência, em função das restrições ambientais que dificultam ou impossibilitam a obtenção de matérias-primas nas zonas de várzeas, qualidade da matéria-prima e conhecimento tecnológico. Esta constatação motivou o estudo de caracterização cerâmica de um argilito da Formação Aquidauana, que aflora nas proximidades de Jacuí. Foram realizados: caracterização mineralógica (petrografia e granulometria), química e cerâmica. Com base nos ensaios preliminares realizados concluiu-se que o material apresenta comportamento mais refratário do que a matéria-prima oriunda da Formação Corumbataí da região de Rio Claro (SP), possui estabilidade dimensional a temperaturas de até 1150°C, assim como alta resistência mecânica, o que leva a dizer que o material é bastante nobre, podendo ser utilizado na fabricação de cerâmica estrutural ou de pisos e revestimentos. A refratariedade pode ser diminuída adicionando-se filitos e xistos finos existentes na região.

Palavras-chave: argilas, cerâmica, Minas Gerais, estrutural

INTRODUÇÃO

Na região de Passos e São Sebastião do Paraíso, sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais, a produção de cerâmica estrutural está em franca decadência, em função das restrições ambientais que dificultam ou impossibilitam a obtenção de matérias-primas nas zonas de várzeas, qualidade da matéria-prima e conhecimento tecnológico (ZANARDO, 2003). Esta constatação motivou o estudo de

caracterização cerâmica de um lamito (rocha de granulação muito fina, com grande percentual de fração argila) presente na base da Formação Aquidauana (unidade neocarbonífera da Bacia do Paraná, cronocorrelata ao Grupo Itararé), que aflora nas proximidades da cidade de Jacuí, buscando verificar a viabilidade de uso deste material na fabricação de produtos cerâmicos. Efetuou-se a comparação dos resultados de ensaios deste material com uma argila previamente conhecida da Formação Corumbataí (região de Rio Claro, SP), utilizada na fabricação de pisos e revestimentos cerâmicos (quando fresca) e tijolos e telhas (quando alterada).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Formação Aquidauana

Na área de estudo, a unidade de interesse ocorre sobreposta tanto às rochas metamórficas do embasamento Arqueano-Paleoproterozóico, Complexo Barbacena. Contém corpos de diabásio mesozóicos e para oeste está coberta por rochas das formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. É composta predominantemente por arenitos arcoseanos, diamictitos, siltitos argilosos a argilitos siltosos, localmente aparece na base brecha e conglomerado polimítico vermelho a creme (figura 1).

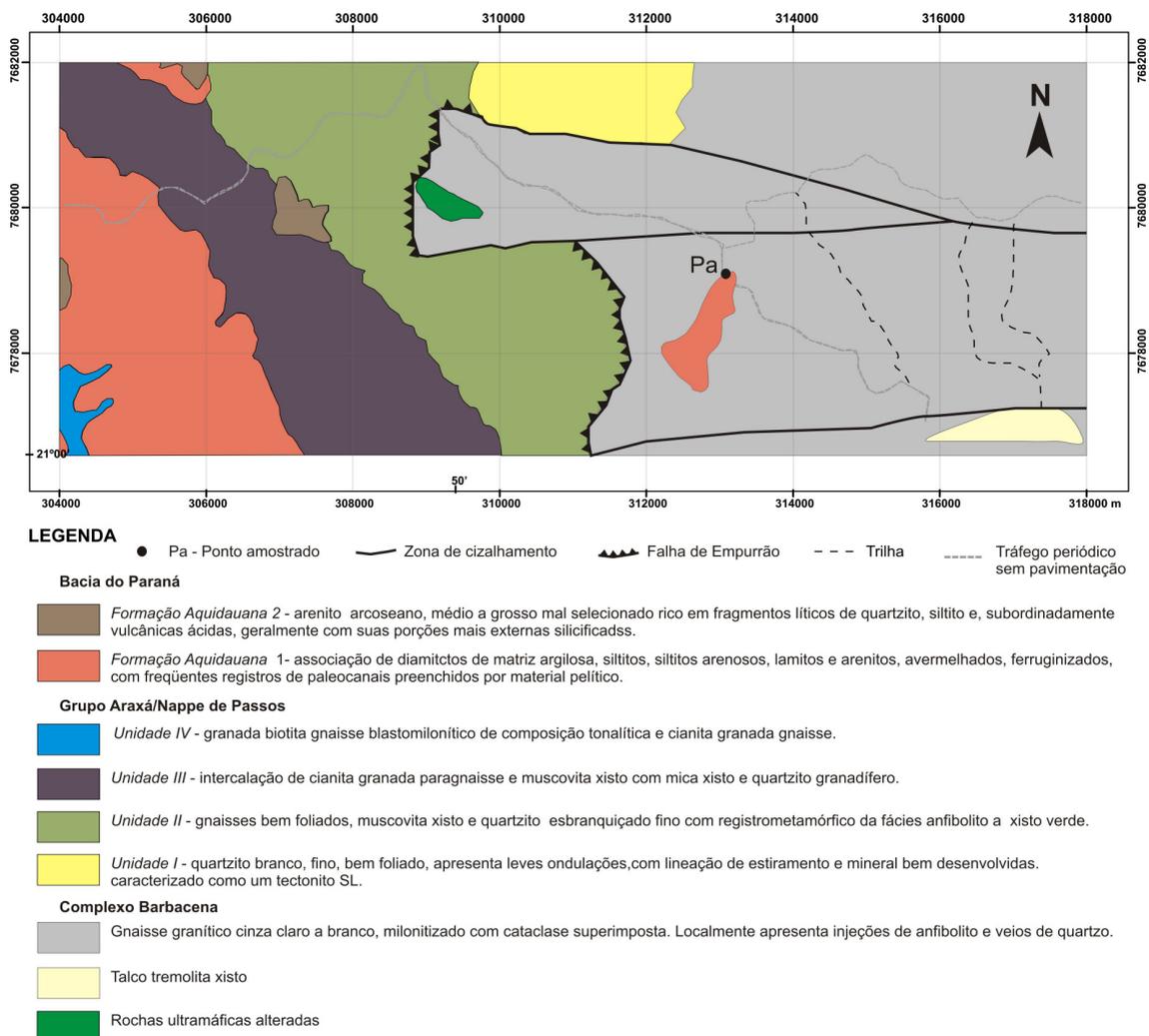


Figura 1. Mapa geológico simplificado do sul da folha SF-23-V-A-VI-3 (São Sebastião do Paraíso). As áreas em laranja representam a faixa de ocorrência da Formação Aquidauana.

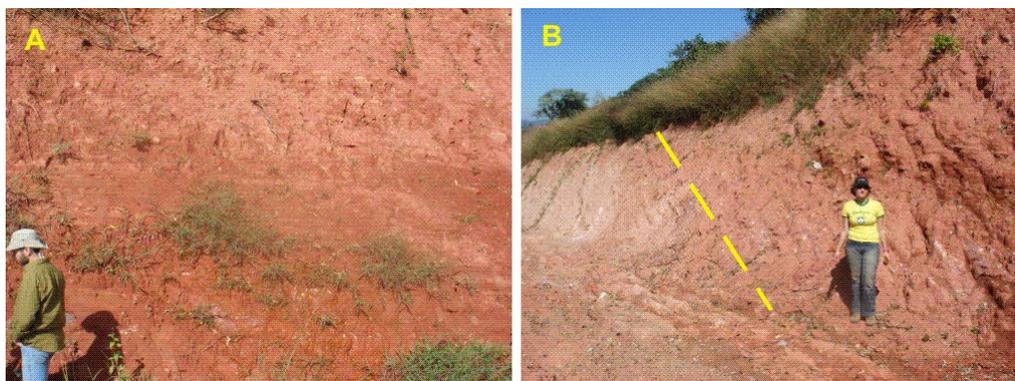


Figura 2: Aspectos de campo referente ao aspecto argiloso da Formação Aquidauana. (A) material argiloso laminado avermelhado, da Formação Aquidauana; (B) Contato entre gnaíse do embasamento cristalino, Complexo Barbacena (esquerda da foto) e Formação Aquidauana (lado direito da foto).

A espessura da unidade atinge um máximo de 300m entre Mococa e Santa Rita do Viterbo; perfaz 260m entre São Benedito das Areias e Cássia dos Coqueiros, em Capetinga reduz-se para 50m. Para o sul rumo ao vale do médio Piracicaba, a Formação Aquidauana interdigita-se com o Grupo Itararé (SOARES & LANDIM, 1973).

Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí é uma unidade geológica do permiano da Bacia do Paraná, que apresenta uma faixa de ocorrência ampla, tendo como limites, a norte, a região de Mococa e a sul, o Rio Tietê.

Esta unidade é amplamente utilizada como matéria-prima cerâmica no Pólo de Santa Gertrudes, região de Rio Claro, SP, maior produtor de pisos e revestimentos cerâmicos das Américas. Quando alterada (porção superficial das minas) é utilizada na fabricação de telhas e tijolos, em função de sua plasticidade (ZANARDO, 2003). Confere aos produtos cerâmicos fabricados dos dois segmentos (cerâmica estrutural e revestimentos) as propriedades e qualidade exigidas por normas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Análises Químico-Mineralógicas: análises químicas dos elementos maiores foram efetuadas através da fluorescência de raios X. As amostras foram moídas (amostra total) em moinho oscilatório até uma granulometria final passante em peneira ABNT malha 200 (74 μm). As análises químicas foram realizadas por fluorescência de raios X, em aparelho de marca Phillips modelo PW 2510, usando pastilhas vitrificadas, seguindo os métodos adotados pelo LABOGEO – DPM – UNESP (NARDY et al, 1997).

As análises mineralógicas (amostra natural, glicolada e queimada a 500 °C) foram realizadas em difratômetro de Raios X marca Siemens D 5000, medidas com radiação Co (WL= 1,7893Å). A velocidade do goniômetro foi definida com passo igual a 0,05 graus e tempo de exposição de 0,8s por cada passo. A interpretação foi realizada no software EVA 2.0.

Análise granulométrica e petrografia: as amostras, previamente desagregadas e moídas em moinho de martelos, até granulometria passante em malha ABNT 32 (abertura de 500 μm), foram peneiradas a seco, utilizando peneiras ABNT cujas

aberturas são: 0,31 μm , 0,234 μm , 0,142 μm , 0,061 μm , 0,053 μm e 0,044 μm . A fração menor que 0,044 μm foi assumida como toda a massa retida no fundo. A fração retida na peneira ABNT # 325 ($< 44 \mu\text{m}$) foi analisada através de petrografia em microscópio óptico Zeiss com câmera digital Canon acoplada por luz transmitida, utilizando a técnica de preparação da lâmina com líquido de imersão (com índice de refração de 1,542).

As amostras foram analisadas em microscópio óptico à luz transmitida, em aumentos de 250X até 500X. As porções que destacavam alguma feição importante foram fotomicrografadas, tanto a nicóis paralelos como a nicóis cruzados.

Ensaio Cerâmicos: as amostras brutas foram codificadas, secas ao sol por 72 horas e desagregadas. As argilas previamente desagregadas foram moídas em moinho de martelo marca Servitech, até granulometria passante em malha ABNT 32 (abertura de 500 μm). Foram umedificadas, com um teor de 7,5% de água e estocadas 24h para homogeneização.

As amostras foram prensadas em prensa hidráulica manual Servitech, utilizando 250 N/cm² de pressão. Os corpos de prova secos em estufa elétrica a 100°C por 24h foram avaliados quanto aos ensaios de densidade geométrica e módulo de ruptura à flexão. Foram realizadas seis queimas em forno tipo mufla de laboratório, com taxa de aquecimento de 7°C/min a temperaturas de 1025°C, 1050°C, 1080°C e 1100°C. Após queima, a argila foi avaliada quanto à Absorção de Água, Retração Linear de Queima, Cor de Queima, Módulo de Ruptura à Flexão e Perda ao Fogo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Composição química

Tabela I: Análise Química da amostra em estudo, comparada à argila da Formação Corumbataí.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Perda ao Fogo
Aquidauana	68,11	0,73	15,67	4,96	0,03	1,11	0,14	0,12	5,14	0,14	3,89
Corumbataí Cruzeiro B2	67,16	0,63	14,70	4,97	0,04	2,85	0,44	2,96	3,13	0,12	2,99

A análise química da amostra proveniente da Formação Aquidauana mostra que os teores de ferro e potássio são altos, evidenciando a existência de óxidos de ferro (hematita/goethita), e feldspatos. O teor de óxidos de cálcio e magnésio é baixo, indicando que não ocorrem carbonatos ou outros sais em quantidades significativas. A quantidade de sílica é alta, porém encontra-se finamente granulada (silte fino a argila). Quando se compara esta amostra com um siltito proveniente de uma mina que explora material da Formação Corumbataí verifica-se o maior teor em sílica e alumínio, assim como em potássio.

O maior teor em alumina conferirá à amostra Aquidauana maior refratariedade, quando comparada à amostra Cruzeiro B2. Por outro lado, a menor quantidade de íons cromóforos como óxidos de ferro, magnésio e manganês, promoverá cores de queima em tons mais claros que os apresentados pela argila da região de Santa Gertrudes.

Análise Mineralógica por Difração de Raios X

Tabela II: Minerais encontrados na Difração de Raios X (análises em amostra natural, glicolada e queimada)

Amostra	Mineralogia
Aquidauana	Illita, corrensita, albita, microclínio, hematita, caulinita
Corumbataí Cruzeiro B2	Illita, clorita, montmorillonita, quartzo, albita

Nas análises efetuadas foi observado que a mineralogia da amostra Aquidauana é composta basicamente por illita, caulinita, albita, microclínio e interestratificados regulares (cujo melhor padrão é a corrensita), além de hematita.

A illita ocorre bem cristalizada e seus picos principais são observados em 10 e 4,43Å. A caulinita é observada, em proporções menores, em relação à illita, porém em quantidade suficiente para fomentar a refratariedade deste material.

Quando se compara Aquidauana à Cruzeiro B2 verifica-se que a principal diferença mineralógica (que pode influenciar nas propriedades dos materiais) é relacionada à presença de caulinita e corrensita na primeira.

Granulometria

Os resultados do ensaio granulométrico podem ser observados na Figura 3.

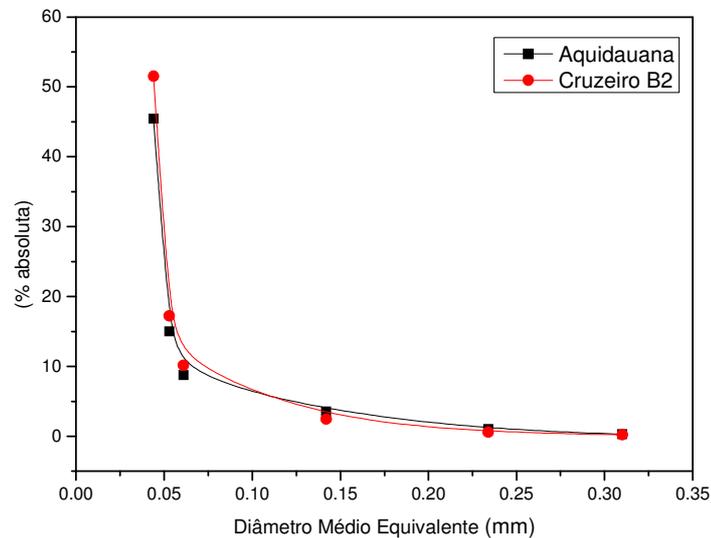


Figura 3: Distribuição Granulométrica obtida por Peneiramento a Seco. Cruzeiro B2 é a amostra proveniente da Formação Corumbataí.

Pode-se observar que ambas as amostras apresentam comportamento bimodal, onde as duas principais concentrações de material ocorrem nas frações silte médio (diâmetro médio de 0,044 mm e silte fino + argila, que são os finos passantes na última peneira utilizada). Pode-se observar, em ambas as amostras, que há certa quantidade de material que apresenta diâmetro médio em torno de 0,050 mm, na faixa de granulometria areia fina a silte grosso. Assim, trata-se de um material com predominância de grãos de menores dimensões com alguma contribuição mais grossa.

Petrografia

A análise das amostras ao microscópio óptico, através da técnica de líquido de imersão corroborou com a difração de raios X, mostrando a seguinte mineralogia, para a fração abaixo de 44 μm :

Tabela III: Mineralogia obtida através de microscopia óptica, por contagem de grãos.

Amostra	Mineralogia
Aquidauana	Illita (75%), caulinita (12%), albita (5%), microclínio (3%), hematita (5%)
Corumbataí Cruzeiro B2	Illita (70%), quartzo (20%), clorita+montmorillonita (5%), albita (5%), turmalina (traços), rutilo (traços)

Ensaio Cerâmicos

Tabela IV: Densidade Geométrica dos Corpos de Prova, após Secagem a 110°C. Os corpos de prova foram prensados utilizando a mesma pressão de prensagem.

Amostra	Densidade Geométrica após Secagem (g/cm³)
Aquidauana	1,84
Corumbataí Cruzeiro B2	1,78

Tabela V: Módulo de Ruptura a Flexão após Secagem dos Corpos de Prova a 110°C. Os corpos de prova foram prensados utilizando a mesma pressão de prensagem.

Amostra	Módulo de Ruptura a Flexão após Secagem (kgf/cm²)
Aquidauana	18
Corumbataí Cruzeiro B2	5

Pode-se observar que a densidade geométrica a seco dos corpos de prova da amostra Aquidauana apresenta valor superior ao de Cruzeiro B2 (Tabela IV). O Módulo de Ruptura a Flexão após secagem (Tabela V) apresenta, para corpos de prova desta amostra, resultado médio acima de 10 kgf/cm², confirmando a elevada plasticidade do material. Essa resistência mecânica é adequada para a trabalhabilidade e transporte, durante o processo cerâmico, seja na fabricação de telhas e tijolos ou revestimentos cerâmicos.

As curvas de gresificação das amostras são observadas na figura 4. No caso da amostra Aquidauana, a diminuição na absorção de água é praticamente linear, enquanto que a retração linear de queima variou 0,5% nas temperaturas mais baixas, elevando-se nos estágios finais da sinterização, a cerca de 1100°C. Porém, mesmo na temperatura de queima mais elevada, a sinterização não foi suficiente para que a fase líquida reagisse e preenchesse os poros, diminuindo a absorção de água e, conseqüentemente, a porosidade das peças. Isto ilustra um comportamento bastante refratário desta matéria-prima, que pode ser influenciado pela granulometria do material, assim como pelo teor de álcalis e principalmente ferro. Quando se compara esta amostra à Cruzeiro B2, verifica-se que a segunda apresenta comportamento muito mais fundente, sinterizando a temperaturas mais baixas, em torno de 1050°C, tendo como padrão a fabricação de placas cerâmicas para revestimento.

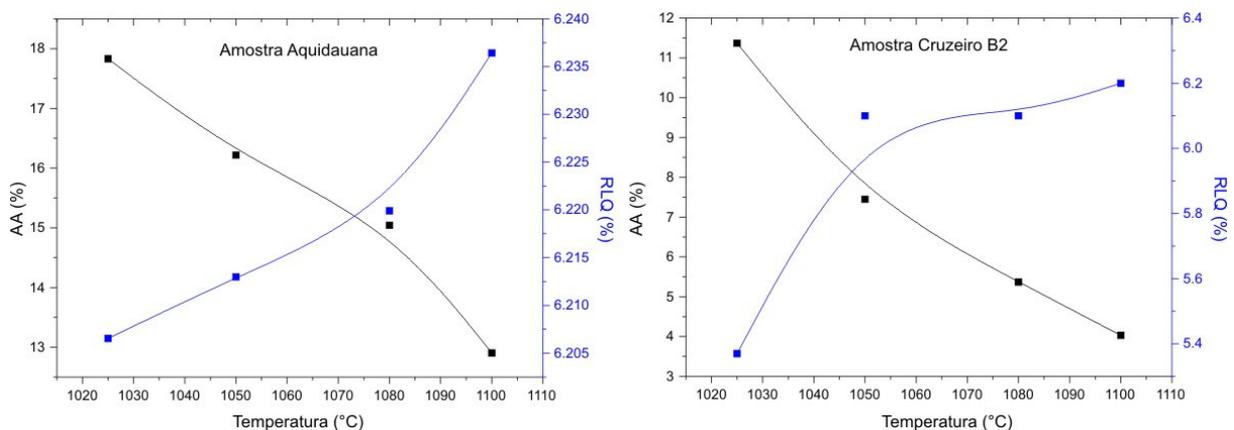


Figura 4: Curvas de Gresificação das Amostras. Cruzeiro B2 corresponde à amostra proveniente da Formação Corumbataí.

Na figura a seguir (Figura 5) se observa os resultados da resistência mecânica das amostras após as diversas temperaturas de queima. Pode-se verificar que o Módulo de Ruptura à Flexão, de ambas, aumenta com o acréscimo de temperatura, com um comportamento bastante linear.

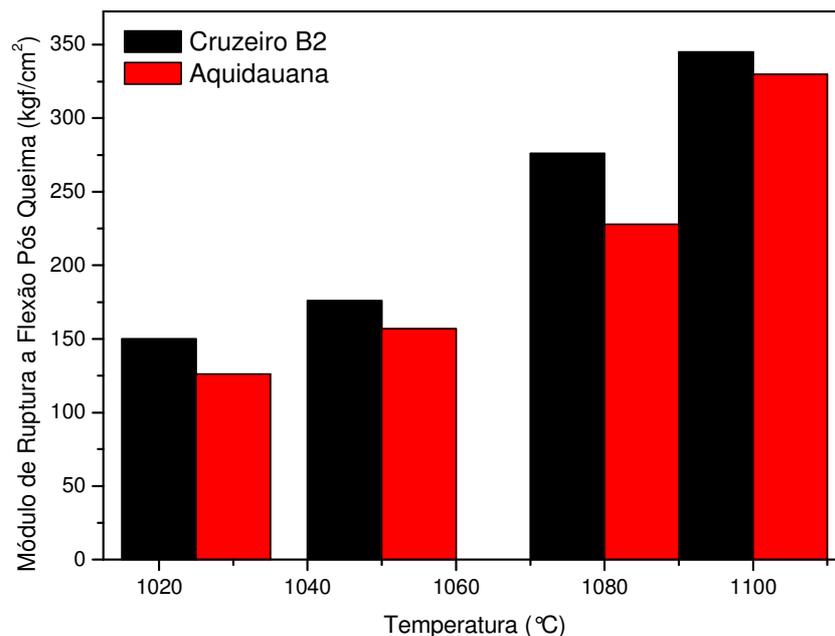


Figura 5: Resistência Mecânica dos Corpos de Prova nas diversas temperaturas realizadas. Cruzeiro B2 corresponde à amostra proveniente da Formação Corumbataí.

COLOCAÇÕES FINAIS

Com base nos ensaios preliminares realizados e na comparação com a matéria-prima oriunda da Formação Corumbataí da região de Rio Claro (SP), concluiu-se que o material da Formação Aquidauana apresenta comportamento mais refratário, possui estabilidade dimensional a temperaturas de até 1150°C, assim como alta resistência mecânica, o que leva a dizer que o material é bastante nobre, podendo ser utilizado na fabricação de cerâmica estrutural (produtos diferenciados) ou de pisos e revestimentos. A refratariedade pode ser diminuída adicionando-se filitos e xistos finos existentes na região (rochas baratas, que promovem a sinterização em temperaturas abaixo de 1170 °C).

AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPQ pelos projetos de pesquisa concedidos.

BIBLIOGRAFIA

- GODOY, L.H. "Petrografia das Rochas Máficas/Ultramáficas e Encaixantes posicionadas entre as Fazendas Nova e Colônia (MG)". Relatório Parcial de Pesquisa. Processo FAPESP 2006/00095-8, 2008.
- NARDY, A.J.R.; ENZWEILER, J.; BAHIA FILHO, O.; OLIVEIRA, M.A.F.; PENEREIRO, M.A.V. 1997. Determinação de Elementos maiores e menores em rochas silicáticas por espectrometria de fluorescência de raios x: resultados preliminares. Congresso Brasileiro de Geoquímica, 6. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Geoquímica, v.2, p. 346-348.
- REED, J.S. Principles of Ceramic Processing. New York: John Wiley, 1995.
- SUGUIO. K. Geologia Sedimentar. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 2003.
- 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.

CERAMICS RAW MATERIAL FROM AQUIDAUANA FORMATION IN SOUTHERN REGION OF MINAS GERAIS, BRAZIL

ABSTRACT

In southern Minas Gerais, the production of structural ceramics is in clear decadence, according to the environmental restrictions that make it difficult or impossible to obtain raw materials in floodplains areas, quality of raw material and technological knowledge. This observation motivated the ceramics characterization study of argillites from Aquidauana Formation, which appears near Jacuí. Were performed: mineralogical (petrography and size), chemical and ceramics characterization. Preliminary tests carried out allowed the conclusion that the material shows a more refractory behavior than the raw materials came from Corumbataí Formation in Rio Claro (SP) region, has dimensional stability at temperatures up to 1150 ° C, as well as high mechanical strength which leads to comment on the nobility of the material and can its use in manufacture structural ceramic, floors or coatings. The refractoriness can be reduced by adding up filites and fine schists existing in the region.

Keywords: clays, ceramics, Minas Gerais, structural