

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE ARGILA PARA UTILIZAÇÃO EM CERÂMICA ESTRUTURAL

A.S. Reis^{1,3}; V.P.Della-Sagrillo²; F. C. Aleixo²; F.R.Valenzuela-Diaz³

1) IFES-Campus Colatina-ES

Rua Arino Gomes Leal, 1700, Santa Margarida-Colatina-ES-cep29700/660

2) IFES-Campus Vitória-ES

3) Departamento de Eng. Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo. PMT/EPUSP
alessandrar@ifes.edu.br; alessandrar@usp.br

RESUMO

A argila utilizada para fabricação de telhas e blocos cerâmicos deve atender a requisitos de qualidade que são influenciados por suas características química, física, mineralógica e microestruturais. Este trabalho visa caracterizar a argila, denominada Itapina, usada na fabricação de produtos de cerâmica vermelha estrutural. Para este fim a argila foi submetida a ensaios de FRX, DRX, análise térmica diferencial e termogravimétrica, MEV, limites de Atterberg e distribuição de tamanho de partículas. Corpos de prova foram confeccionados, secos a 110°C e queimados em forno industrial e após isso foram submetidos a ensaio de absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, perda de massa e resistência mecânica. Os resultados evidenciam que a argila apresenta composição química, mineralógica, granulométrica e plasticidade favoráveis para obtenção de produtos cerâmicos estruturais. As propriedades cerâmicas avaliadas nos corpos de prova queimados estão dentro dos valores apresentados pelas argilas padrão brasileiras.

Palavras-chave: argila, caracterização, cerâmica estrutural, propriedades cerâmicas.

INTRODUÇÃO

A argila utilizada para fabricação de telhas e blocos cerâmicos deve atender a requisitos de qualidade que são influenciados por suas características química, física, mineralógica e microestruturais e que irão controlar as propriedades dos produtos finais produzidos nas indústrias de cerâmica estrutural.

Existe uma grande variedade de argilas com toda gama de cor, plasticidade, composição química em função da formação e fatores de alteração durante consolidação ⁽¹⁾.

As argilas se diferenciam quimicamente pelos teores de sílica e alumina que possuem, pela quantidade de água de constituição e pela estrutura.

Os principais minerais cristalinos presentes na argila utilizada em cerâmica vermelha estrutural são: caulinita, illita e montmorilonita. A partir do maior constituinte dos argilominerais tem-se o potencial de emprego da argila em determinado segmento cerâmico ⁽²⁾.

A argila, principal matéria prima dos produtos de cerâmica estrutural, é um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando umedecido com água, plasticidade. A argila e a água em proporções corretas formam uma massa plástica suscetível a modelagem ⁽³⁾ que é submetida a secagem e endurecimento sob ação do calor ⁽¹⁾.

Logo, o estudo das características das argilas é muito importante, em especial, as usadas na fabricação de telhas, que devem possuir plasticidade adequada para moldagem, resistência mecânica para permitir o manuseio durante a fabricação e após a secagem, porosidade aparente e absorção a água baixas; e não devem apresentar trincas e empenamentos após secagem e queima ^{(2) (4) (5)}.

A caracterização tecnológica da argila além de servir para avaliar o seu comportamento, pode diagnosticar se ela é ou não indicada para a fabricação de determinado produto cerâmico estrutural ^{(4) (6)}.

Nesse sentido, este trabalho visa caracterizar a argila, denominada Itapina, usada na fabricação de produtos de cerâmica vermelha estrutural no estado do Espírito Santo.

Características da argila

A plasticidade é a propriedade que a argila apresenta, em presença de água, de ser deformada sem romper pela aplicação de uma tensão, sendo que a deformação permanece quando a tensão aplicada é retirada. A plasticidade na argila além de depender da quantidade de água que ela possui, depende também da mineralogia, dimensões e forma das partículas. A faixa de variação de água de plasticidade da caulinita geralmente se situa no intervalo de 9% a 56%, da illita entre 17% e 39% e da montmorilonita entre 83% e 250% ⁽⁴⁾. A plasticidade costuma ser avaliada por meio do limite de liquidez e pelo índice de plasticidade.

Análises químicas feitas em argilas usadas em cerâmica vermelha apresentaram teores de SiO₂ geralmente entre 43,2% e 77,6% e de Al₂O₃ entre 6,8% e 38%. Quanto à perda ao fogo, a variação se situa geralmente entre de 6% a 15,7% ⁽⁴⁾.

As argilas consideradas plásticas apresentam granulometria muito fina, ou seja, com alta porcentagem de tamanho de grãos menores que 2µm e necessitam de mais água para moldagem e extrusão ⁽⁷⁾. A distribuição dos tamanhos dos grãos das matérias-primas da cerâmica vermelha estrutural deve ser uniforme contendo grãos finos, médios e grossos para regular a plasticidade. A superfície específica mede a finura da argila, para os argilominerais, a superfície específica assume valores nas faixas de: 10m²/g para caulinita, 80m²/g para illita e de até 800m²/g para montmorilonita ⁽⁸⁾. Na análise granulométrica são obtidos dois parâmetros: o diâmetro efetivo (d₁₀), que é o tamanho de grão que corresponde a 10% do volume de todos os grãos menores que ele; e coeficiente de uniformidade (Cu), razão entre o tamanho de grãos correspondentes a 60% e a 10% do volume de todos os grãos menores que eles, com os valores tomados na curva. Onde pode ser considerado que Cu < 5 a granulometria é muito uniforme, se 5 ≤ Cu ≤ 15 considera-se uniformidade média e se Cu > 15 desuniforme, neste último caso, pode causar vazios na conformação das peças.

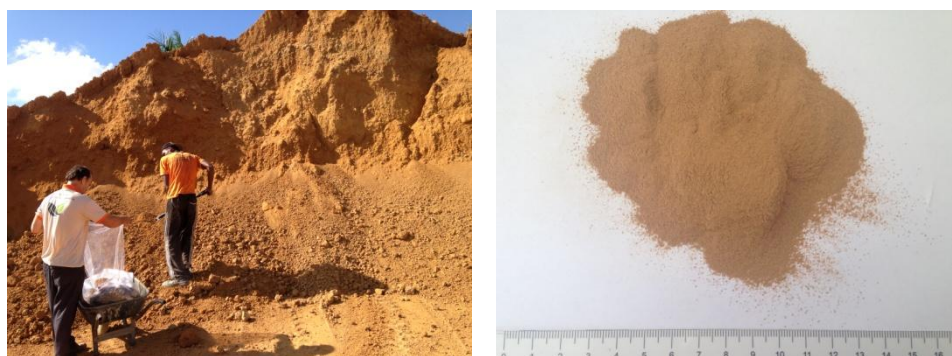
O comportamento térmico na argila auxilia na sua identificação, pois durante o aquecimento ocorrem transformações exotérmicas e endotérmicas específicas para os tipos de argilominerais formadores da argila. No caso da argila caulínica o pico endotérmico aparece geralmente entre 500°C e 600°C, onde se dá a perda de água de constituição, próximo aos 900°C aparece o pico exotérmico, que indica a fase de

cristalização. Nas argilas ilíticas observa-se em geral três picos endotérmicos, correspondentes à perda, respectivamente, de água zeolítica, de constituição e o último entre 800°C e 900°C, que é menor e está relacionado a destruição da estrutura interna ⁽¹⁾.

As matérias primas a serem usadas nas massas para cerâmica vermelha podem ser avaliadas através de propriedades cerâmicas, tais como: tensão de ruptura à flexão com valor mínimo recomendado de 60Kgf/cm² (6MPa); absorção de água com valor máximo recomendado de 25%; porosidade aparente com valor máximo recomendado de 35%; e massa específica aparente com valores no intervalo aproximado de 1,5g/cm³ a 2,0g/cm³ ⁽⁴⁾.

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra estudada foi coletada em pilha de armazenagem de matéria-prima em fábrica de cerâmica vermelha estrutural situada no estado do Espírito Santo, Figura 1(a). Depois de coletada, a argila, denominada Itapina, foi destorroada, com auxílio de almofariz, foi homogeneizada, quarteada e dividida em três partes, uma parte foi peneirada na peneira #40, outra parte na #80, e outra parte da #200 da ABNT com aberturas de malha de 0,42 mm, 0,18 mm e 0,075 mm, respectivamente, de acordo com as metodologias dos ensaios realizados. A Figura 1(b) apresenta uma parte da argila peneirada na peneira #80.



(a) Coleta

(b) Argila após peneira #80

Figura 1 - Detalhes da coleta e preparação da argila Itapina

A argila *in natura* foi caracterizada por fluorescência de raios X (FRX) em espectrômetro marca Philips modelo PW2400; difração de raios X (DRX) com fonte de cobre (radiação K α) em aparelho Philips X-PERT MPD; análise térmica diferencial (ATD) e diferencial termogravimétrica com razão de aquecimento de

10°C/minuto, em atmosfera de ar, em aparelho Shimadzu DTA-50; microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio eletrônico de varredura marca Philips XL-30; limites de Atterberg, conforme normas ABNT ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾; teor de umidade ⁽¹¹⁾; e análise granulométrica por difração a laser em equipamento Mastersizer 2000 da Malvern. Os ensaios foram realizados nos laboratórios do IFES e do PMT-USP.

Após os ensaios de caracterização foram confeccionados corpos de prova esféricos por moldagem manual (esferas) com diâmetro médio de 2,0 cm e corpos de prova prismáticos (barras) com dimensões de (2x6x0,5) cm³ por prensagem a 250Kgf/cm² em prensa Marcon de capacidade de carga de 15t.

Os corpos de prova foram secos em estufa por 24 horas a uma temperatura de 110°C, após isso foi verificada a perda de massa. Em seguida, a metade dos corpos de prova foi queimada em forno industrial tipo túnel por 24 horas a uma temperatura máxima na zona de queima de 900°C em fábrica de cerâmica vermelha estrutural. Após a queima foram determinadas: absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, resistência à compressão axial nas esferas, tensão de ruptura à flexão em 3 pontos nas barras, perda de massa e retração de queima de acordo com metodologia proposta por Souza Santos ⁽⁴⁾.

Na Figura 2 são apresentados os corpos de prova conformados, sendo que na Figura 2 (a) podemos ver barra seca à 110°C e após queima em forno industrial, na Figura 2 (b) podemos ver as esferas após queima.

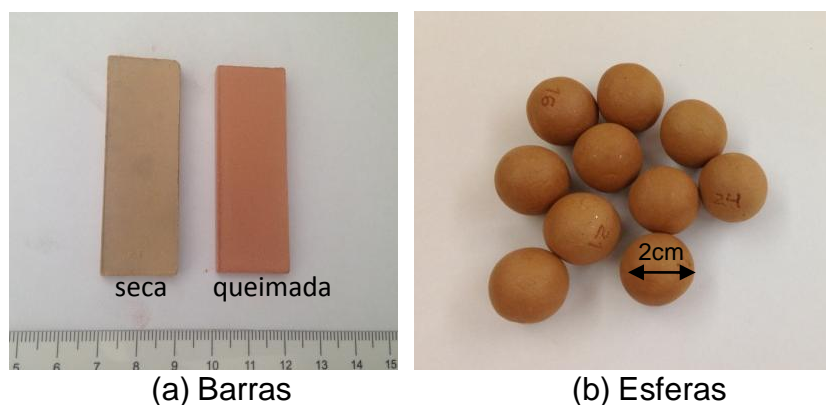


Figura 2 - Barras e esferas da argila Itapina

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da argila

O resultado da análise química (Tabela 1) é apresentado em termos do percentual em peso dos óxidos constituintes e da perda ao fogo. Pode-se verificar

que a argila Itapina apresenta composição química típica de matéria-prima argilosa, ou seja, rica em sílica e alumina, com teores de 43,39% e 30,16% respectivamente. Esses teores de SiO_2 , Al_2O_3 e da perda ao fogo (13,17%) situam-se nos intervalos referenciados em Souza Santos ⁽⁴⁾, sendo SiO_2 entre 43,2% e 77,6%, Al_2O_3 entre 6,8% e 38% e perda ao fogo de 6% a 15,7% para matérias-primas argilosas de cerâmica vermelha. O percentual de 9,29% de óxido de ferro é o responsável pela coloração avermelhada após queima. A concentração de fundentes ($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$) não é significativa, o que pode contribuir para a formação da fase líquida de modo mais lento e em menor quantidade.

Tabela 1 - Composição química da argila Itapina

Composição elementar expressa em óxidos (%)	Argila
SiO_2	43,39
Al_2O_3	30,16
Fe_2O_3	9,29
TiO_2	1,39
K_2O	1,25
MgO	0,62
CaO	0,24
Na_2O	0,17
P_2O_5	0,12
MnO	0,06
B_2O_3	0
Li_2O	0
BaO	0
Co_2O_3	0
Cr_2O_3	0
PbO	0
SrO	0
ZnO	0
$\text{ZrO}_2+\text{HfO}_2$	0
Perda ao fogo	13,17
Total	100

De acordo com o difratograma de raios X (Figura 3) o argilomineral predominante é a caulinita, tendo sido detectada também a ilita. Há a presença de quartzo, mineral acessório, que é uma forma cristalina da sílica (SiO_2), presente em alto teor na análise química. Deve ser verificada junto à fábrica a temperatura adequada de queima dos produtos cerâmicos, já que a argila em questão é caulínica e não ilítica, necessitando de temperatura mais alta para queima.

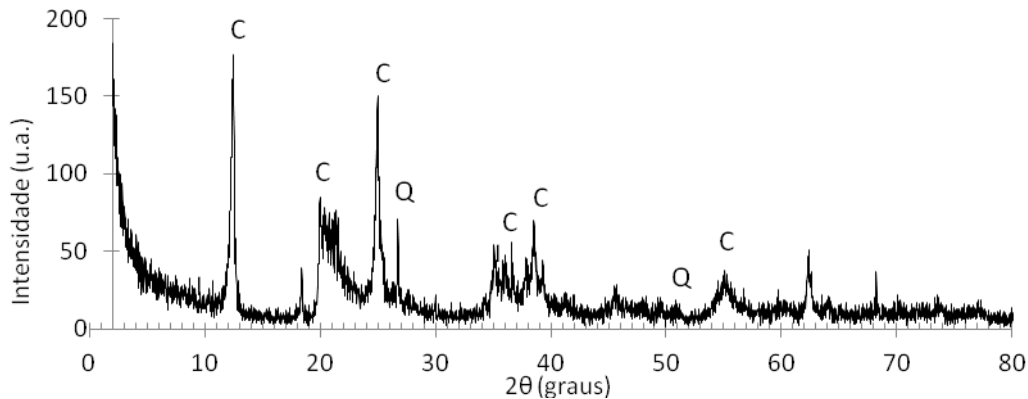


Figura 3 - Difratograma de raios X da argila Itapina

Na Figura 4, que apresenta o comportamento térmico da argila, ocorre um pico endotérmico próximo a 100°C , onde há a perda de água livre. Entre 200°C e 300°C ocorre um pico endotérmico que corresponde provavelmente à perda de matéria orgânica. Outro pico endotérmico de maior intensidade aparece em 500°C , onde se dá a desidroxilação dos argilominerais, a partir de 800°C aparece uma banda exotérmica, que indica a fase de cristalização. No gráfico TG, que apresenta a perda de massa com o aumento da temperatura, pode-se verificar que a perda na argila foi de 14,3%, valor coerente para uma argila caulínica.

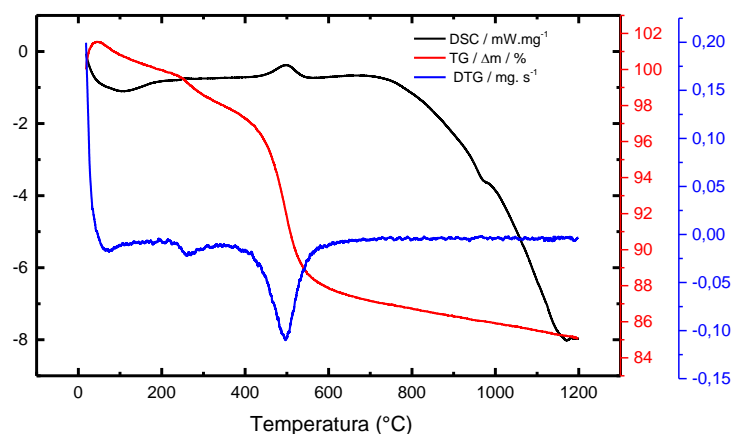
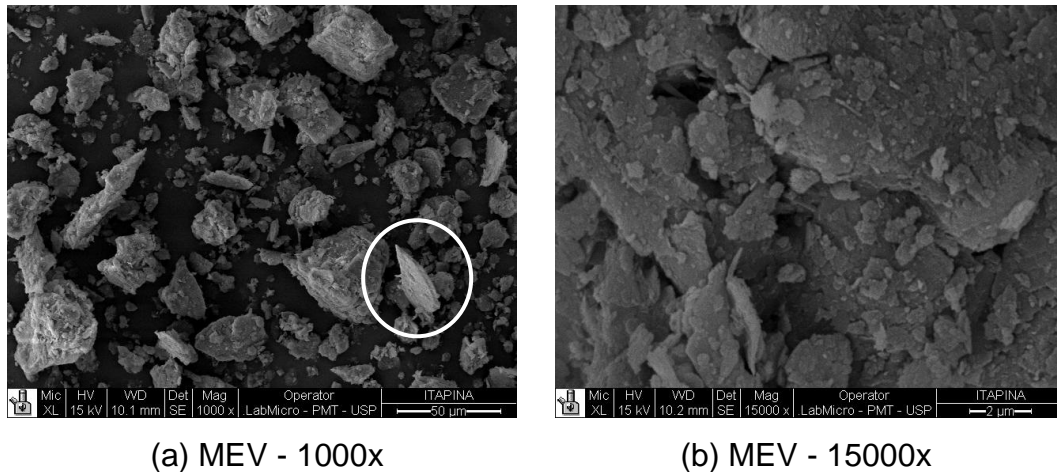


Figura 4 - Curvas DSC/TG/DTG da argila Itapina

O resultado da microscopia eletrônica na argila (Figura 5) indica que os grãos apresentam formato delgado e lamelar, algumas dispersas e outras aglomeradas. O tamanho dos grãos varia de 46µm a 2 µm.



(a) MEV - 1000x

(b) MEV - 15000x

Figura 5 - MEV da argila Itapina

Os limites de Atterberg são apresentados na Tabela 2. O índice de plasticidade indica que a argila Itapina é altamente plástica ($IP \geq 15$), valor adequado para a moldagem por extrusão de materiais cerâmicos. Isso deve indicar a necessidade de usar uma quantidade maior de água para extrudar a massa cerâmica, o que deverá requerer uma secagem mais cuidadosa e prolongada. Quanto ao limite de plasticidade, em se tratando de uma argila caulínica, está dentro do intervalo de 9% a 56% prescrito em Souza Santos ⁽⁴⁾.

Tabela 2 - Limites de Atterberg e umidade natural

Umidade natural (%)	Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade IP(%)
6,98	59,61	38,37	21,24

A distribuição granulométrica da argila está apresentada na Figura 6. A distribuição granulométrica da argila Itapina se apresenta com 10% dos grãos menores que 2,92 µm (diâmetro efetivo); 50% dos grãos menores que 14,63 µm e 90% dos grãos menores que 55,04µm.

Podemos obter através dos dados obtidos que 7% dos grãos são menores que 2 µm; 55% dos grãos tem tamanhos entre 2 µm e 20 µm e 38% dos grãos são maiores que 20 µm. A granulometria apresenta uniformidade média, pois o valor

aproximado do coeficiente de uniformidade (Cu) é 7. A área superficial específica da argila é 0,86 m²/g, o que indica ser caulinitica.

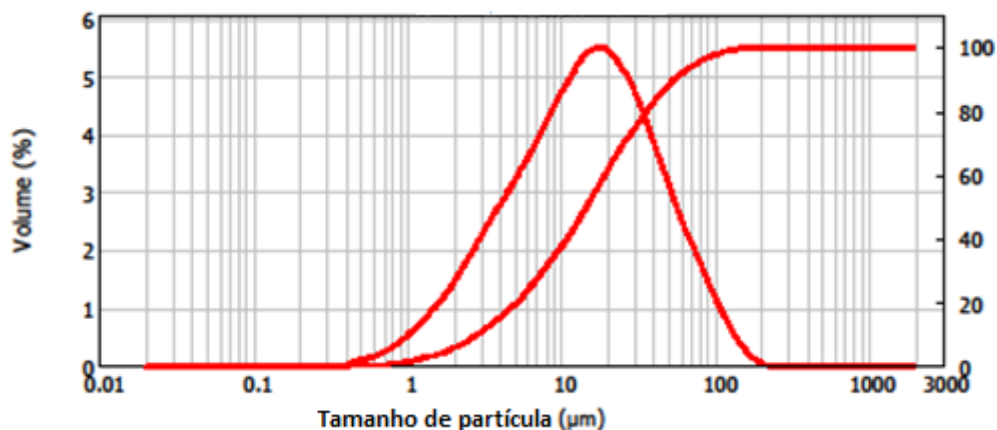


Figura 6 - Gráfico de frequência da análise de granulometria

Características cerâmicas nos corpos de prova

Os resultados obtidos nos corpos de prova são apresentados na Tabela 3. Nas esferas a perda de secagem é maior devido à maior quantidade de água na moldagem em relação a quantidade de água nas barras. Quanto à perda de massa na queima, que foi em média de 12% para barras e esferas, tal valor pode contribuir para a porosidade das peças, que foi de 38% em média.

As retrações de secagem e de queima se mantiveram com valores baixos. Os valores encontrados de absorção de água e massa específica aparente atendem aos valores das argilas-padrão brasileiras especificados por Souza Santos ⁽⁴⁾, enquanto a porosidade aparente e a resistência à flexão não atendem.

Tabela 3 - Resultados das propriedades cerâmicas

Propriedade	Barras	Esferas
Absorção de água - AA (%)	23,62	25,61
Porosidade aparente - PA (%)	38,49	38,12
Massa específica aparente - MEA (g/cm ³)	1,63	1,51
Massa específica aparente da parte sólida - MEAs(g/cm ³)	2,65	2,44
Perda de massa à secagem – PS (%)	9,00	24,50
Perda de massa à queima – PF (%)	12,16	11,86
Retração de secagem – Rs (%)	0,11	0,62
Retração de queima – Rq (%)	1,74	3,80

Resistência à compressão seca - σ_S -(MPa)	-	0,51
Resistência à compressão após queima – σ_Q -(MPa)	-	1,31
Resistência à flexão após queima - σ_{FQ} -(MPa)	3,42	-

CONCLUSÕES

A argila possui granulometria com baixo teor de finos, mas apresenta plasticidade e forma dos grãos adequados para utilização em cerâmica vermelha estrutural. A composição química contém altos teores de sílica e alumina. O mineral predominante é a caulinita.

Os resultados das propriedades cerâmicas da argila apresentaram valores satisfatórios, quando comparados com as argilas padrão brasileiras, exceto para a resistência à flexão e a porosidade que se mostraram inferiores, devendo, possivelmente ser misturada com uma ou mais matérias-primas para contornar esse problema.

Verifica-se a importância da caracterização das matérias-primas usadas para aplicação em cerâmica vermelha e seu reflexo na qualidade dos produtos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 PETRUCCI E.G.R. Materiais de construção. 4ª Edição. Porto Alegre: Editora Globo; 1979. 435p.
- 2 MORAIS D.M., SPOSTO R.M. Propriedades tecnológicas e mineralógicas das argilas e suas influências na qualidade de blocos cerâmicos de vedação que abastecem o mercado do Distrito Federal. Cerâmica Industrial, v.11, p.35-38,2006.
- 3 CALLISTER, W.D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589p.
- 4 SOUZA SANTOS, P. Tecnologia das argilas. V1-2. São Paulo: Edgard Blucher; 1975. 1089p.
- 5 MACEDO, R.S.; MENEZES, R.R.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H.C. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. Cerâmica, v.54, p.411-417, 2008.

- 6 PÉREZ, C.A.S.; PADUANI C., ARDISSON, J.D., GOBBI, D., THOMÉ, A. Caracterização de massas cerâmicas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha em São Domingos do Sul-RS. *Cerâmica Industrial*, v.15 n.1, p.38-43, 2010.
- 7 PRADICELLI S.; MELCHIADES, F.G. Importância granulométrica de massas para a cerâmica vermelha. *Cerâmica Industrial*, v.2, n.1/2, p. 31-35,1997.
- 8 CAPUTO, H. P. *Mecânica dos solos e suas aplicações*. 6ª edição. V1. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 234p.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459: Solo – determinação de limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- 10 _____. NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- 11 _____. NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

CHARACTERISTICS OF CLAY TO BE USED IN STRUCTURAL CERAMICS

ABSTRACT

The clay used for the manufacture of ceramic roof tiles and bricks must meet the quality requirements, which are influenced by their chemical, physical, mineralogical and microstructural characteristics. This paper aims to characterize the clay, called Itapina, used in the manufacture of structural ceramic products. For this purpose the clay was submitted to tests XRF, XRD, thermogravimetric and differential thermal analysis, SEM, Atterberg limits and particle size distribution. Samples were prepared, dried at 110°C, fired in the industrial furnace and, after that, they were tested in a water absorption, apparent porosity, bulk density, weight loss and mechanical strength. The results show that the clay presents mineralogical, chemical and particle size distribution composition and plasticity favorable for obtaining structural ceramics products. The ceramic properties evaluated in the sample complies with the Brazilian standard clays but with not appropriate porosity and mechanical strength. For industrial use it may be mixed with another's raw materials.

Key-words: clay, characterization, structural ceramic, ceramics properties.