

## CARACTERIZAÇÃO DE ARGILA USADA EM MASSA DE CERÂMICA VERMELHA

A. S. Reis<sup>1,3</sup>; V.P. Della-Sagrillo<sup>2</sup>; J. N. Oliveira<sup>2</sup>; F.R. Valenzuela-Diaz<sup>3</sup>

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 qualidade dos produtos de cerâmica vermelha está relacionada em especial à qualidade das argilas. Este trabalho visa caracterizar a argila denominada Batinga utilizada em indústria de cerâmica vermelha no município de Colatina-ES, que figura como pólo de cerâmica vermelha da região contando com cerca de vinte empresas. Para este fim amostras da argila Batinga foram submetidas a ensaios de caracterização química, mineralógica, granulométrica, comportamento térmico, microscopia óptica, MEV e limites de Atterberg. Foram conformados corpos de prova secos à 110°C e queimados em forno industrial e submetidos a ensaios cerâmicos. Os resultados evidenciam que a argila apresenta composição química típica de matéria-prima argilosa, rica em sílica e alumina, além de adequada composição mineralógica e granulométrica. A alta plasticidade apresentada pode demandar alto teor de água na moldagem das peças de cerâmica vermelha. Pode-se verificar nos ensaios cerâmicos que a argila atende aos requisitos das argilas padrão brasileiras para cerâmica vermelha.*

Palavras-chave: cerâmica vermelha, argila, massa argilosa, caracterização, plasticidade.

## INTRODUÇÃO

### A indústria de cerâmica vermelha

A indústria de cerâmica vermelha no Brasil produz mensalmente 5.300.000.000 peças, entre telhas e blocos, principais produtos de cerâmica vermelha que atendem à indústria da construção civil. O setor conta com cerca de 6900 empresas que consomem 10.300.000 toneladas por mês de argila <sup>(1)</sup>.

O município de Colatina situado no estado do Espírito Santo figura como pólo produtor de cerâmica vermelha na região contando com cerca de vinte empresas instaladas. As indústrias da região fabricam telhas e blocos, com produções mensais que variam de 200.000 peças a mais de 1.300.000 peças. A maioria das empresas é familiar, de pequeno e médio porte, utilizando processos produtivos tradicionais. Os produtos das empresas atendem a região e municípios vizinhos. A matéria-prima argilosa, na maioria dos casos é escolhida empiricamente, sem ter sua caracterização realizada.

Fato que não ocorre apenas nessa região, nas fábricas de cerâmica vermelha existentes em todo o Brasil é muito comum a escolha das matérias primas argilosas e a formulação de massas cerâmicas serem feitas de forma empírica, sem a caracterização da matéria-prima, o que dificulta a padronização do produto final <sup>(2)</sup>.

Por outro lado, os consumidores atuais são mais criteriosos em relação aos materiais cerâmicos adquiridos e exigem uma qualidade melhor nos produtos, em especial a telha cerâmica que contribui para a estética nas edificações.

Logo, a argila a ser usada na fabricação das telhas e blocos cerâmicos deve atender aos 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 olarias.

### A argila

A argila é um material natural, terroso, de granulação fina, que geralmente adquire, quando umedecido com água, plasticidade. E em proporções corretas de água e argila forma-se uma massa plástica suscetível à modelagem <sup>(3)</sup>. Em função da formação e fatores de alteração durante consolidação, existe uma grande variedade de argilas com toda gama de cor, plasticidade e composição química <sup>(4)</sup>.

As argilas usadas na fabricação de telhas 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 <sup>(5)</sup> <sup>(6)</sup>.

Além desses fatores torna-se necessário a caracterização da argila através da composição química e mineralógica, distribuição granulométrica e comportamento térmico, que se inter-relacionam e influenciam na qualidade final dos produtos de cerâmica vermelha.

Outra importância de caracterizar as matérias primas é a de verificar se a argila que está sendo utilizada por uma determinada olaria é realmente indicada para a finalidade a que se dispõe <sup>(7)</sup>.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é caracterizar a argila, denominada Batinga, usada em massa de cerâmica vermelha.

#### Características da argila

A composição química da argila é formada por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio <sup>(5)</sup>. A caulinita, a illita e a montmorilonita são os principais grupos de argilominerais, sendo possível a presença de mais de um tipo de argilomineral em uma argila.

A argila deve apresentar plasticidade, ou seja, em contato com água, pode 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 forma e da granulometria dos grãos. A água de plasticidade da caulinita geralmente está no intervalo de 9% a 56%, da illita entre 17% e 39% e da montmorilonita entre 83% e 250% <sup>(5)</sup>.

As argilas consideradas plásticas apresentam granulometria muito fina, ou seja, com tamanho predominante de grãos menores que 2µm e necessitam de mais água para moldagem e extrusão.

Em função do tamanho dos grãos reduzidos na argila, os valores das superfícies específicas da caulinita, illita e montmorilonita assumem valores da ordem de 10m<sup>2</sup>/g, 80m<sup>2</sup>/g e 800m<sup>2</sup>/g, respectivamente <sup>(8)</sup>.

A distribuição dos tamanhos dos grãos das matérias-primas da cerâmica vermelha deve ser uniforme contendo grãos finos, médios e grossos para regular a

plasticidade. O coeficiente de uniformidade (Cu) é a razão entre os tamanhos correspondentes a 60% e 10% do volume dos grãos menores que eles, tomados na curva granulométrica. Argila com granulometria muito uniforme apresenta  $Cu < 5$ , de uniformidade média  $5 \leq Cu \leq 15$ , e desuniforme  $Cu > 15$  <sup>(8)</sup>.

O estudo da distribuição granulométrica dos produtos de cerâmica vermelha pode ser auxiliado pelo Diagrama de Winkler <sup>(9)</sup>, que define intervalos de composições granulométricas para os produtos, tais como, para telhas e blocos furados cerâmicos, a composição granulométrica deve conter de 20% a 40% de grãos menores a 2  $\mu\text{m}$ , de 20% a 55% de grãos entre 2 e 20  $\mu\text{m}$  e de 20% a 50% de grãos maiores que 20  $\mu\text{m}$ .

O comportamento térmico na argila auxilia na sua identificação, no caso da argila caulinitica o pico endotérmico aparece 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 recristalização.

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 <sup>(4)</sup>.

Argilas usadas em cerâmica vermelha apresentaram teores de  $\text{SiO}_2$  entre 43,2% e 77,6%, de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 6,8% e 38% na análise química feita por Souza Santos <sup>(5)</sup>. Quanto a perda ao fogo, a variação foi de 6% a 15,7%. As argilas com alto teor de alumínio na sua composição invariavelmente apresentam a caulinita como principal argilomineral <sup>(10)</sup>.

#### Propriedades cerâmicas da massa argilosa

As propriedades cerâmicas das argilas padrão brasileiras a serem usadas em cerâmica vermelha devem apresentar os seguintes valores: tensão de ruptura à flexão com valor mínimo de 60Kgf/cm<sup>2</sup> (6MPa); absorção de água com valor máximo de 25%; porosidade aparente com valor máximo de 35%; e massa específica aparente com valores no intervalo aproximado de 1,5 g/cm<sup>3</sup> a 2,0 g/cm<sup>3</sup> <sup>(5)</sup>.

A norma ABNT NBR15310 <sup>(11)</sup> especifica um valor máximo de absorção para telhas cerâmicas de 20%, já para os blocos cerâmicos, a norma ABNT NBR15270/1 <sup>(12)</sup> especifica 25%.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de argila *in natura*, denominada Batinga, foi coletada em fábrica de cerâmica vermelha situada no estado do Espírito Santo (Figura 1 a). A argila é proveniente de Minas Gerais. A amostra foi destorroada, com auxílio de almofariz, homogeneizada, quarteada e dividida em três frações para peneiramento nas peneiras nº40, nº80 (Figura 1 b), nº200 da ABNT com aberturas de malha de 0,42mm, 0,18mm e 0,075mm, respectivamente, de acordo com as metodologias dos ensaios realizados.



(a) Argila *in natura*



(b) Argila peneirada

Figura 1 - Argila Batinga

A argila 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  $\alpha$ ) em aparelho Philips X-PERT MPD; análise granulométrica por difração a laser em equipamento Mastersizer 2000 da Malvern; 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 óptica em microscópio óptico Zeiss Axio Cam ERc5s; microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio eletrônico de varredura marca Philips XL-30; limites de Atterberg e teor de umidade <sup>(13,14,15)</sup>.

Após ensaios de caracterização foram confeccionados corpos de prova esféricos por moldagem manual (esferas) com diâmetro médio de 20mm e corpos de prova prismáticos (barras) com dimensões de 20mmx60mm com espessura de 5mm por prensagem a 250Kgf/cm<sup>2</sup> em prensa Marcon de capacidade de carga de 15t.

Os corpos de prova foram secos em estufa por 24horas 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.

Após a queima foram determinadas: absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, resistência à flexão nas barras, perda de massa e retração de queima de acordo com metodologia proposta por Souza Santos <sup>(5)</sup> e resistência à compressão axial nas esferas.

Na Figura 2 são apresentadas as esferas e as barras conformadas, sendo que na Figura 2 (a) as barras são apresentadas em três estágios, recém-conformada, seca à 110°C e queimada em forno industrial; na Figura 2 (b) são apresentadas as esferas queimadas.

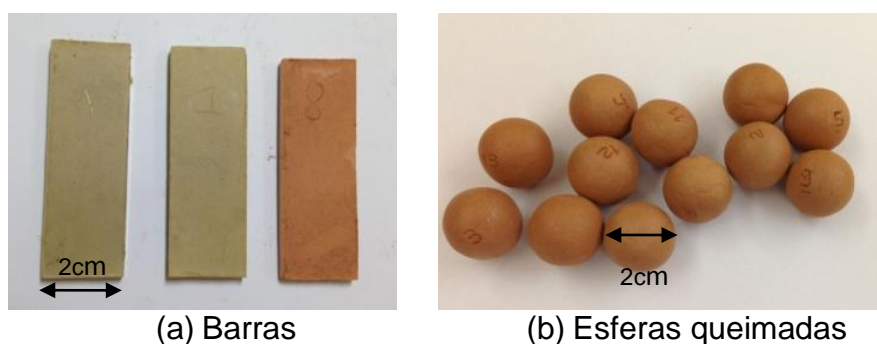


Figura 2 - Barras e esferas

## 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.

De acordo com os dados da tabela podemos verificar que a argila Batinga apresenta composição típica de matéria-prima argilosa usada em cerâmica vermelha com teores de 41,83% de SiO<sub>2</sub> e de 32,32% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, situados no intervalo de variação especificado em Souza Santos <sup>(5)</sup>. Assim como a perda ao fogo, que foi de 13,58%, correspondendo ao valor de uma argila caulinítica <sup>(5)</sup>. O alto teor de alumina indica a presença da caulinita.

O percentual de 8,76% de óxido de ferro é o responsável pela coloração avermelhada após queima. A concentração de fundentes, tais como, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O, que atuam no sentido de melhorar a vitrificação dos materiais cerâmicos não é elevada.

Tabela 1 - Composição química

Composição elementar expressa em óxidos											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	PF
%	41,83	32,32	8,76	1,35	0,92	0,71	0,24	0,18	0,07	<0,05	13,58

O difratograma de raios X (Figura 3) indica que 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<sub>2</sub>), 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 predominantemente caulínica e não ilítica, necessitando de temperatura mais alta para queima.

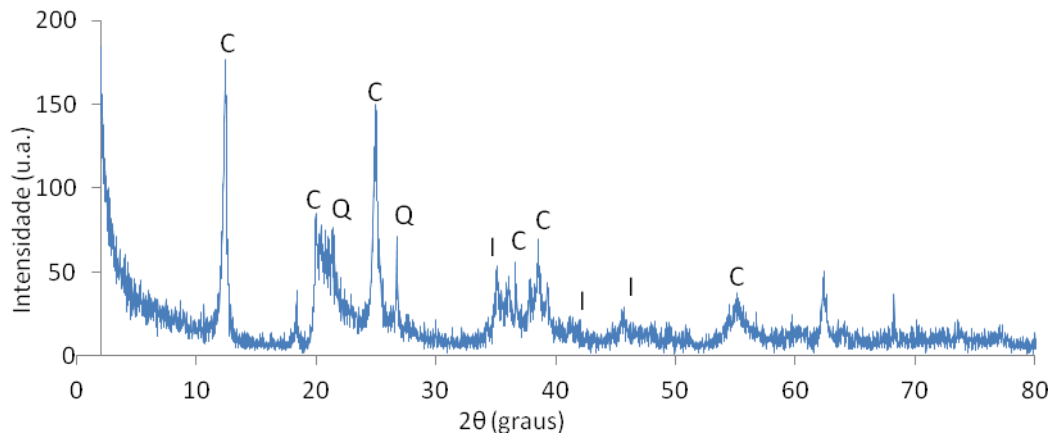


Figura 3 - Difratograma de raios X

A distribuição granulométrica da argila está apresentada na Figura 4. A distribuição granulométrica da argila se apresenta com 10% dos grãos menores que 1,83 µm (diâmetro efetivo); 50% dos grãos menores que 7,15 µm e 90% dos grãos menores que 23,65 µm. Através dos dados obtidos observa-se que cerca de 14% dos grãos são menores que 2 µm; 72% dos grãos tem tamanhos entre 2 µm e 20 µm e 14% dos grãos são maiores que 20 µm. A granulometria pode ser considerada uniforme pois o valor aproximado do coeficiente de uniformidade (Cu) é 5. A área superficial específica da argila é 1,52 m<sup>2</sup>/g, o que indica ser caulínica. A argila não atende aos intervalos de granulometria propostos por Winkler, já descritos na introdução deste trabalho.

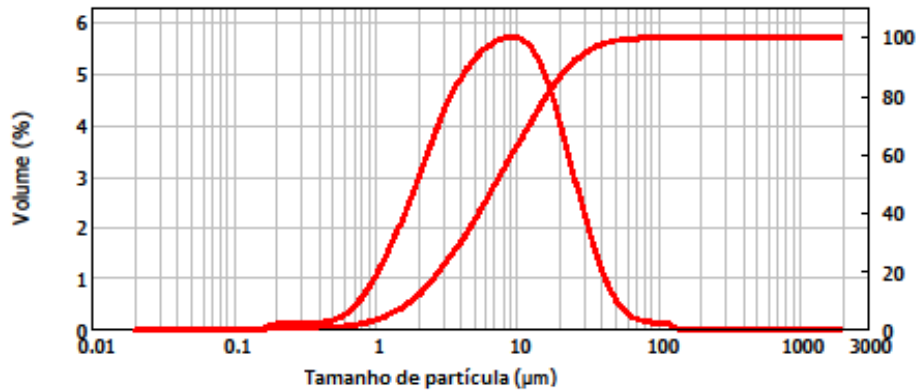


Figura 4 - Gráfico de frequência da análise de granulometria

A Figura 5 apresenta o comportamento térmico da argila. O primeiro pico endotérmico ocorre próximo a 100°C, onde há a perda de água livre, entre 200°C e 300°C ocorre outro pico endotérmico que corresponde provavelmente à perda de matéria orgânica. O pico endotérmico de maior intensidade ocorre em 500°C, característico da perda de hidroxilas, 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 cerca de 13%, valor coerente para uma argila caulinítica.

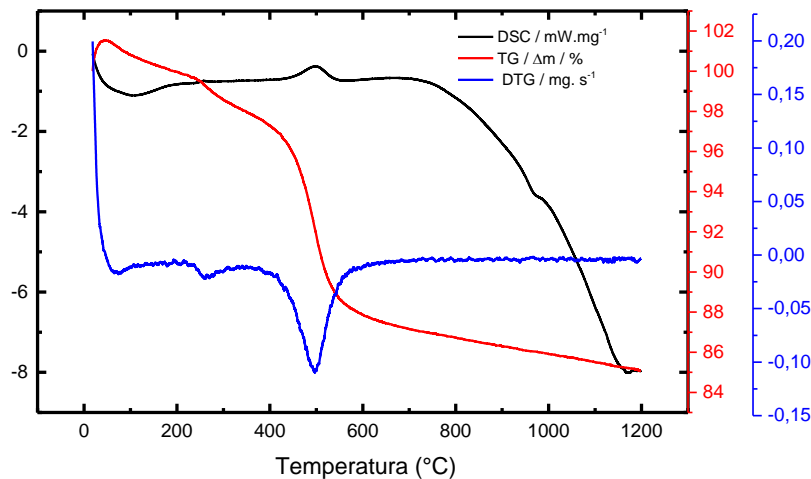
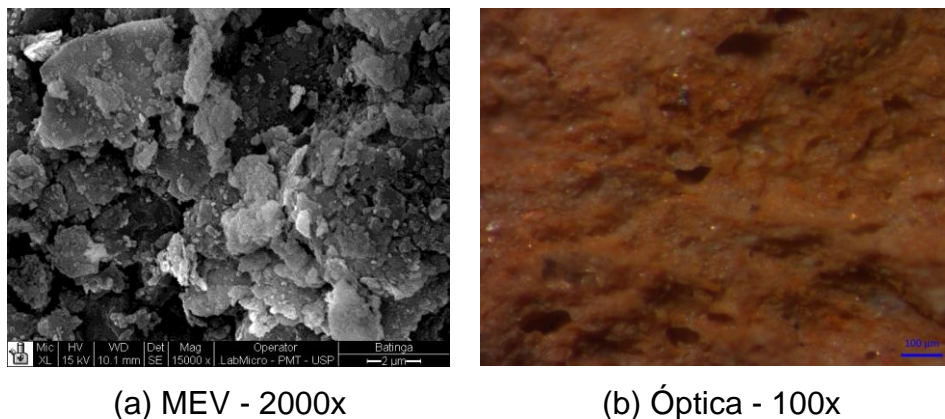


Figura 5 - Curva DSC/TG/DTG

A microscopia eletrônica na argila (Figura 6 a) indica que os grãos se apresentam em forma lamelar, algumas dispersas e outras aglomeradas. O tamanho dos grãos variam de 36 µm a 2 µm. A microscopia óptica na argila queimada (Figura 6 b) mostra uma textura homogênea com pequenos poros e grãos de quartzo.





(a) MEV - 2000x

(b) Óptica - 100x

Figura 6 – Microscopia

Os limites de Atterberg são apresentados na Tabela 2. O índice de plasticidade indica que a argila é altamente plástica ( $IP \geq 15$ ), o que pode acarretar uma quantidade maior de água necessária para a conformação das peças, requerendo uma secagem mais prolongada e possível origem de defeitos devido à retração. Quanto ao limite de plasticidade, em se tratando de uma argila caulínica, está dentro do intervalo de 9% a 56% prescrito em Souza Santos <sup>(5)</sup>.

Tabela 2 - Limites de Atterberg e umidade natural

Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade IP (%)	Umidade natural (%)
76,16	37,34	38,82	10,75

#### Características cerâmicas nos corpos de prova

Os resultados obtidos nos corpos de prova são apresentados na Tabela 3. Pode-se verificar que as esferas e as barras queimadas apresentaram valores próximos de absorção de água e porosidade aparente.

A perda de massa na secagem foi maior nas esferas em função de maior teor de água para moldagem em relação às barras, o mesmo ocorreu na retração de secagem.

A perda de massa na queima, de cerca de 13%, pode contribuir para a porosidade das peças.

A tensão de ruptura à flexão (nas barras) e a massa específica aparente atendem aos valores das argilas padrão brasileiras <sup>(5)</sup>, enquanto a absorção de água

e a porosidade aparente não atendem, podendo ser necessário utilizar maiores temperaturas de queima.

Tabela 3 - Resultados das propriedades cerâmicas

<b>Propriedade</b>	<b>Barras</b>	<b>Esferas</b>
Absorção de água - AA (%)	25,67	26,55
Porosidade aparente - PA (%)	41,62	39,87
Massa específica aparente - MEA (g/cm <sup>3</sup> )	1,62	1,52
Massa específica aparente da parte sólida - MEAs (g/cm <sup>3</sup> )	2,78	2,54
Perda de massa à secagem – PS (%)	9,83	28,71
Perda de massa à queima – PF (%)	13,20	13,32
Retração de secagem – Rs (%)	0,02	0,50
Retração de queima – Rq (%)	3,67	8,98
Resistência à compressão seca - $\sigma_S$ -(MPa)	-	0,48
Resistência à compressão após queima – $\sigma_{CQ}$ -(MPa)	-	1,76
Tensão de ruptura à flexão após queima - $\sigma_{FQ}$ -(MPa)	7,35	-

## CONCLUSÕES

A caracterização química e mineralógica da argila Batinga usada como matéria prima em fábrica de cerâmica vermelha demonstrou que o mineral predominante é a caulinita, sendo a argila considerada sílico aluminosa contendo teores de quartzo e de ferro adequados. A argila apresenta uma distribuição uniforme de tamanho de partículas, e pode ser considerada altamente plástica.

A avaliação das propriedades cerâmicas da argila após queima indicam que a absorção de água está praticamente no limite máximo de 25% recomendado para produtos de cerâmica vermelha, e a porosidade aparente não atende aos limites. A massa específica aparente e a resistência mecânica atenderam as normas de cerâmica vermelha.

A argila Batinga pode ser considerada adequada para a produção de cerâmica vermelha.

Os resultados mostram a necessidade da caracterização tecnológica das matérias-primas usadas em cerâmica vermelha e seu reflexo na qualidade dos produtos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- (1) ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER). Dados oficiais [online]. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <http://www.anicer.com.br/index.asp?pg=institucional.asp&secao=3&categoria=60&selMenu=4>. Acesso em 28 de fevereiro de 2014.
- (2) SANTOS R.C., SANTANA L.N.L., MACEDO R.S., SILVA B.J. Formulação de massas cerâmicas para a produção de telhas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2012. Santa Catarina, RS, 2012. Disponível em: <http://www.cbecimat.com.br/trabalhos-completos-cbecimat.php>. Acesso em 01 de março de 2014.
- (3) CALLISTER, W.D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589p.
- (4) PETRUCCI E.G.R. Materiais de construção. 4ª Edição. Porto Alegre: Editora Globo; 1979. 435p.
- (5) SOUZA SANTOS, P. Tecnologia das argilas. V1-2. São Paulo: Edgard Blucher; 1975. 1089p.
- (6) 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 Dist.Federal. Cerâmica Industrial, v.11, p.35-38, 2006.
- (7) KOZIEVITCH V.F.J.; VALENZUELA-DIAZ, F.R.; DIAS, J.F.; TOFOLLI, S.M. Caracterização de argilas utilizadas para fabricação de cerâmica estrutural na região de Monte Carmelo –MG. In: 14º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, São Pedro, SP, 2000. Anais... São Paulo, 2000, p.2501-2508.
- (8) Caputo, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ª edição. V1. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 234p.
- (9) PRADICELLI S.; MELCHIADES, F.G. Importância granulométrica de massas para a cerâmica vermelha. Cerâmica Industrial, v.2, n.1/2, p.31-35, 1997.
- (10) SALES JR, J. C. C. Avaliação da potencialidade de argilas de queima clara como matérias-primas para o desenvolvimento de novos produtos cerâmicos.

2008, 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFRN/Natal, RN.

- (11) Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15310: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- (12) Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- (13) Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459: Solo – determinação de limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- (14) \_\_\_\_\_. NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- (15) \_\_\_\_\_. NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

## **CHARACTERIZATION OF CLAY USED IN STRUCTURAL CERAMIC**

### **ABSTRACT**

Structural ceramic quality is related in particular to the quality of the clays. This paper aims to characterize the clay called Batinga used in ceramic industry in Colatina - ES, which appears as a ceramic pole with about twenty companies. Batinga samples were tested for chemical, mineralogical, particle size distribution characterization, thermal behavior, optical microscopy, SEM and Atterberg limits. The specimens were shaped, dried at 110°C, burned in industrial furnace and submitted to ceramic test. The results show that the clay presents typical chemical composition of raw clay with significant amount of silica and alumina, besides adequate particle size distribution and mineralogical composition. The high plasticity shown may require high water content in the molding of ceramic roof tiles. It can be seen through the tests results that the clay meets the requirements of the Brazilian standard clays for structural ceramic.

Key-words: structural ceramic, clay, clayey mass, characterization, plasticity.