

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MASSA CERÂMICA CRUA PARA APROVEITAMENTO EM CERÂMICA VERMELHA*

*Alessandra Savazzini dos Reis¹
Viviana Possamai Della-Sagrillo²
Francisco Rolando Valenzuela-Diaz³*

Resumo

A indústria de cerâmica vermelha brasileira consome 10,3 bilhões de toneladas de argila ao mês para produção de telhas e blocos. Uma alternativa para tornar o setor mais sustentável ambientalmente é a incorporação de resíduos na massa argilosa. Na própria olaria são gerados resíduos, tal como, o resíduo de massa cerâmica crua originado na etapa de conformação das peças. Este trabalho visa caracterizar o resíduo de massa cerâmica crua para incorporação na massa argilosa usada em cerâmica vermelha. O resíduo de massa cerâmica crua foi caracterizado através de ensaios de FRX, DRX, calorimetria exploratória diferencial e termogravimetria, limites de Atterberg e distribuição de tamanho de partículas. Corpos de prova foram conformados, secos à 110°C e queimados à 900°C em forno industrial e foram submetidos a ensaios de absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente e resistência à flexão. Os resultados evidenciam que as propriedades cerâmicas avaliadas nos corpos de prova atendem aos valores das argilas-padrão brasileiras para uso em cerâmica vermelha.

Palavras-chave: Resíduo de massa cerâmica crua; Cerâmica vermelha; Caracterização; Resíduo.

CHARACTERIZATION OF RAW CERAMIC MASS WASTE FOR USE IN STRUCTURAL CERAMIC

Abstract

The Brazilian structural ceramic industry consumes 10.3 billion tons of clay per month for production of roof tiles and blocks. An alternative to make the sector more environmentally sustainable is the incorporation of waste in the clayey mass. Wastes, such as the raw ceramic mass waste originated in the pieces conformation stage, are generated in the pottery itself. This paper aims to characterize the raw ceramic mass waste for incorporation in the clayey mass used in structural ceramic. The raw ceramic mass waste was tested for XRF, XRD, differential scanning calorimetry and thermogravimetry, Atterberg limits and particle size distribution. Specimens were conformed, dried at 110°C and burned at 900°C in the industrial furnace and, after that, tested for water absorption, apparent porosity, apparent specific mass and flexural strength. The results show that the ceramic properties evaluated in the specimens meet the requirements of the Brazilian standard clays for structural ceramics.

Keywords: Raw ceramic mass waste; Structural ceramic; Characterization; Waste.

¹ *Engenheira Civil, Mestre, professora, Coordenadoria de Edificações, IFES, Colatina, ES, Brasil.*

² *Química Industrial, Doutora, professora, Coordenadoria de Metalurgia, IFES, Vitória, ES, Brasil.*

³ *Engenheiro Químico, Doutor, professor, PMT-USP, São Paulo, SP, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A principal matéria-prima do setor de cerâmica vermelha é a argila. A indústria de cerâmica vermelha brasileira consome 10,3 bilhões de toneladas de argila ao mês para produzir 5,3 bilhões de peças entre telhas e blocos [1]. Uma alternativa para tornar o setor mais sustentável ambientalmente é a incorporação de resíduos na massa argilosa, que resulta em diminuição do consumo de matéria-prima argilosa, destinação adequada para o resíduo e aumento da vida útil de aterros industriais.

Aliados a isso, o processo de formação da argila interfere nas suas características [2], o que faz existir uma grande variedade de argilas com gama de cor, plasticidade e composição química diferentes [3], permitindo assim incorporar resíduos provenientes de diferentes processos industriais na composição da massa cerâmica [4].

Na própria indústria cerâmica são gerados resíduos no processo de fabricação dos principais produtos, telhas e blocos. O resíduo de massa cerâmica crua é gerado na etapa de conformação das peças. É composto por rebarbas da prensagem de telhas (Figura 1) e por blocos e telhas recém-conformados descartados por apresentarem defeitos visuais.

A massa argilosa que se torna o resíduo em questão tem como matérias-primas, argila com incorporação de cerca de 21% (massa) de resíduo de corte de granito e cerca de 6% (massa) de lama de alto forno. Estima-se que o resíduo de massa cerâmica crua represente cerca de 40% do volume da massa argilosa conformada.



Figura 1. Rebarba da telha (em detalhe)

Na pesquisa bibliográfica realizada, não houve registro de trabalhos sobre a caracterização e o uso do resíduo de massa cerâmica crua. Diversos trabalhos [5-8] existem sobre uso do chamote (massa argilosa queimada). Nesse sentido, o trabalho visa caracterizar o resíduo de massa cerâmica crua para incorporação na massa argilosa usada em cerâmica vermelha.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de resíduo de massa cerâmica crua foi coletada em pilha de armazenagem de resíduos (Figura 2) em fábrica de cerâmica vermelha situada no ES.



(a) Resíduo recém-gerado



(b) Secagem do resíduo

Figura 2. Pilhas de resíduo

A amostra foi seca ao ar livre, destorroada, homogeneizada e quarteada. Parte do material foi destinada para realização de ensaios de caracterização, e parte foi utilizada para confecção dos corpos de prova conforme metodologia de Souza Santos [9].

A caracterização do resíduo de massa cerâmica crua foi feita através de: 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; calorimetria exploratória diferencial (DSC) e termogravimétrica (TG) com razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$, em aparelho Netzsch STA 449F3; limites de Atterberg segundo normas da ABNT [10,11]; e análise granulométrica por difração a laser em equipamento Mastersizer 2000 da Malvern.

Foram confeccionados corpos de prova esféricos (esferas) e prismáticos (barras) com o resíduo de massa cerâmica crua.

Com o resíduo passado na peneira nº 40 da ABNT (abertura de 0,42mm) foram conformadas esferas manualmente com massa seca de 10 g, diâmetro médio de 2 cm e água suficiente para conformação, seguindo método desenvolvido no LPSS do PMT/USP.

As barras foram feitas com o resíduo passado na peneira nº 80 da ABNT (abertura de 0,18mm), massa seca de 10 g, 10% de umidade, em molde com dimensões de 20 mm x 60 mm x 5 mm por prensagem a $250\text{ Kgf}/\text{cm}^2$ em prensa Marcon 15 t.

Os corpos de prova foram secos em estufa à 110°C por 24h, sendo posteriormente verificada a perda de massa, a resistência à flexão em Máquina Universal EMIC DL 30000 (para as barras) e resistência à compressão em prensa Marcon 15 t (para as esferas).

Em seguida, parte dos corpos de prova foi queimada em forno industrial contínuo tipo túnel por 24h a uma temperatura máxima na zona de queima de 900°C em fábrica de cerâmica vermelha (Figura 3).



(a) Barras



(b) Esferas

Figura 3. Corpos de prova queimados

Os corpos de prova queimados foram submetidos a ensaios de absorção de água, porosidade aparente, massa específica aparente, perda de massa, retração de queima e resistência à flexão de acordo com metodologia de Souza Santos [9], além da resistência à compressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos Corpos de Prova

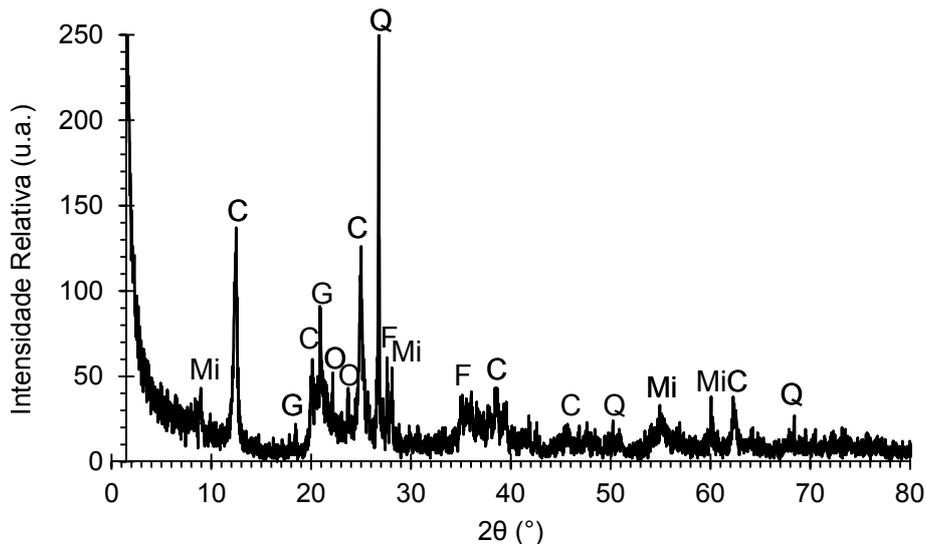
O resultado da análise química do resíduo (Tabela 1) é apresentado em termos de percentual em peso dos óxidos constituintes e da perda ao fogo.

Analisando os dados da Tabela podemos verificar que o resíduo de massa cerâmica crua apresenta uma composição química com predominância de sílica e alumina, com valores 44,70% e 27,57% respectivamente. Neste caso, pode-se classificar o resíduo como um material sílico-aluminoso. Esses valores se situam dentro do intervalo estabelecido por Souza Santos [9] para matéria-prima de cerâmica vermelha. O teor de Ferro, 8,96% confere a cor avermelhada após a queima. A perda ao fogo, 12,85% está situada no intervalo de 6,0% a 15,7% [9].

Tabela 1. Composição química por FRX do resíduo de massa cerâmica crua

Composição em óxidos (%)	
SiO ₂	44,70
Al ₂ O ₃	27,57
Fe ₂ O ₃	8,96
CaO	1,01
K ₂ O	1,56
MgO	0,72
MnO	0,06
Na ₂ O	0,65
P ₂ O ₅	0,16
TiO ₂	1,22
BaO	0,26
ZnO	0,22
Co ₂ O ₃	<0,1
Cr ₂ O ₃	<0,1
PbO	<0,1
SrO	<0,1
ZrO ₂ +HfO ₂	<0,1
Perda ao fogo	12,85

No difratograma de raios-X (Figura 4) verificou-se a presença de quartzo, forma cristalina do SiO₂ encontrado na análise química. Foram detectados também mica, feldspato e ortoclásio presentes no resíduo de corte de granito, e de caulinita e goetita presentes na argila. O resultado do DRX corrobora com a informação de que o resíduo de massa cerâmica crua possui resíduo de corte de granito em sua composição.



Nota: C – caulinita (COD 1011045); F – feldspato (COD 9001898); G – goetita (COD 1008768); Mi – mica (COD 9000819); O – ortoclásio (COD 9006347); Q – quartzo (COD 9012602)

Figura 4. DRX do resíduo de massa cerâmica crua.

A Figura 5 apresenta o comportamento térmico do resíduo de massa cerâmica crua. O primeiro pico endotérmico ocorre próximo a 100°C, onde há perda de água livre, o segundo pico entre 200°C e 300°C e corresponde provavelmente à perda de matéria orgânica. O pico endotérmico de maior intensidade ocorre em 500°C, característico da reação de desidroxilação dos argilominerais. No gráfico TG, a perda de massa foi de cerca de 12%, valor coerente para material argiloso caulinítico segundo Souza Santos [9].

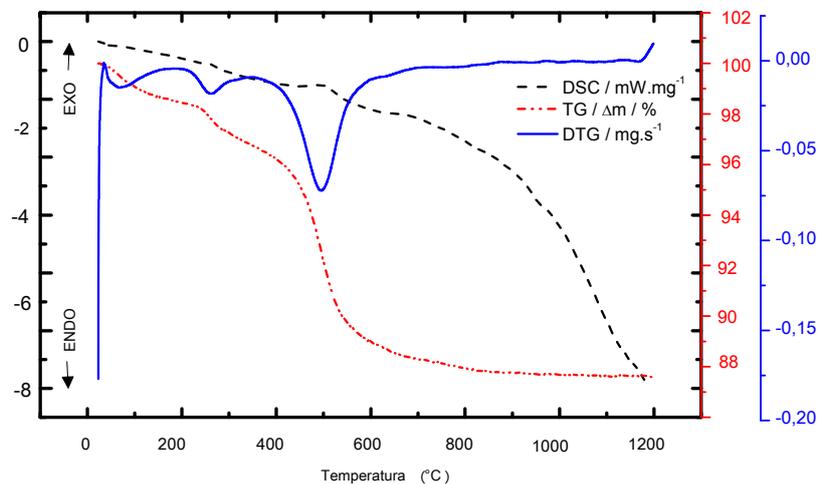


Figura 5. DSC/TG/DTG do resíduo de massa cerâmica crua

Os limites de Atterberg são apresentados na Tabela 2. O índice de plasticidade (IP) obtido de 20,75% indica que o resíduo de massa cerâmica crua tem alta plasticidade (IP maior que 15), valor adequado para materiais cerâmicos moldados por extrusão. O alto valor de IP pode demandar maior quantidade de água para extrusão e demandar maior tempo de secagem das peças.

O limite de plasticidade de 29,45% se situou entre 9% e 56% prescrito por Souza Santos [9] para argilas cauliníticas, concordando com o resultado de DRX, que indicou picos de caulinita.

Tabela 2. Limites de Atterberg

Características	Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade IP(%)
Resíduo	50,20	29,45	20,75

A distribuição granulométrica do resíduo de massa cerâmica crua está apresentada na Figura 6. A distribuição granulométrica do resíduo se apresenta com 10% dos grãos menores que 2,10 μm (diâmetro efetivo). Podemos obter através dos dados da curva granulométrica que 11% dos grãos são menores que 2 μm ; 64% dos grãos tem tamanhos entre 2 μm e 20 μm e 25% dos grãos são maiores que 20 μm . Verifica-se com isso, que o resíduo possui baixa “fração argila” (grãos menores que 2 μm).

Como a plasticidade é influenciada pela fina granulometria e composição química do material argiloso, pode-se dizer que a alta plasticidade apresentada pelo resíduo se deve provavelmente à presença de matéria orgânica, pois a fração argila encontrada foi baixa.

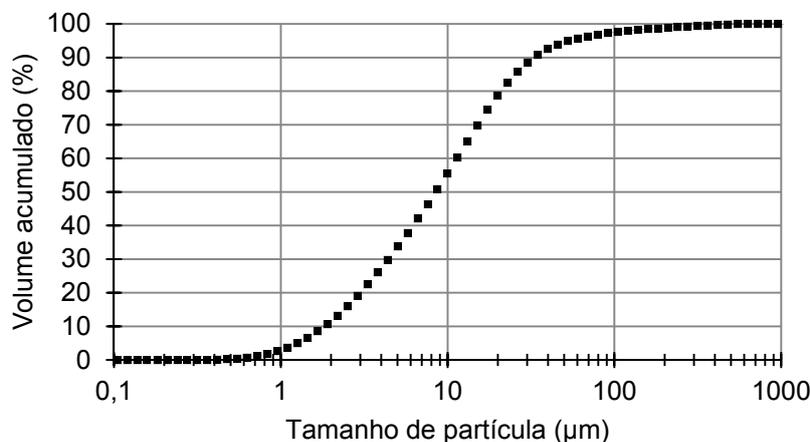


Figura 6. Gráfico de frequência da análise de tamanho de partícula do resíduo de massa cerâmica crua

3.2 Propriedades Cerâmicas dos 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 o mesmo comportamento resultando em valores equivalentes nas propriedades avaliadas, corroborando com os trabalhos de Reis et al. [12,13].

No caso das esferas, a perda de massa após secagem é maior devido à maior quantidade de água necessária para conformação em relação às barras. Quanto à perda de massa na queima nos corpos de prova, que foi em média de 11%, tal valor pode contribuir para o aumento da porosidade das peças.

O baixo valor de retração linear de queima nas barras, de 2,30%, atende ao intervalo de 2% a 17% [9], resultado da presença de resíduo de corte de granito no resíduo de massa cerâmica crua, que promove maior estabilidade dimensional nas peças durante a queima [14].

Os valores encontrados de resistência à flexão, absorção de água e massa específica aparente atendem aos valores das argilas-padrão brasileiras após queima, cujos valores são: 6 MPa, 25% e 1,5 a 2,0g/cm³, respectivamente [9]. No

entanto, a porosidade aparente não atende ao limite máximo de 35% [9], problema que pode ser contornado na fábrica otimizando a temperatura de queima.

Tabela 3. Resultados das propriedades cerâmicas

Propriedade	Barras	Esferas
Absorção de água (%)	21,57	21,18
Porosidade aparente (%)	35,83	35,39
Massa específica aparente (g/cm ³)	1,66	1,66
Perda de massa à secagem (%)	9,13	23,12
Perda de massa à queima (%)	11,49	11,23
Retração linear de queima (%)	2,30	-
Retração volumétrica de queima (%)	-	5,83
Resistência à compressão seca (MPa)	-	0,69
Resistência à compressão após queima (MPa)	-	3,42
Resistência à flexão seca (MPa)	1,97	-
Resistência à flexão após queima (MPa)	6,74	-

4 CONCLUSÃO

A caracterização química e mineralógica do resíduo de massa cerâmica crua demonstrou que o argilomineral predominante é a caulinita, o resíduo pode ser considerado sílico-aluminoso e contém teores de quartzo e de ferro adequados para fabricação de cerâmica vermelha.

A amostra possui distribuição granulométrica com baixo teor da fração argila, mas apresenta plasticidade adequada para uso em cerâmica vermelha.

Os valores encontrados de resistência à flexão, absorção de água e massa específica aparente atendem aos valores das argilas-padrão brasileiras. Os resultados do estudo evidenciam que o resíduo de massa cerâmica crua pode ser usado como matéria-prima na fabricação de produtos de cerâmica vermelha.

Com isso, a incorporação do resíduo de massa cerâmica crua na massa argilosa é uma alternativa sustentável ambientalmente para a indústria de cerâmica vermelha.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PMT/USP e ao IFES.

REFERÊNCIAS

- 1 Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER). Dados oficiais. Rio de Janeiro. 2014. [acesso em 12 mar. 2015] Disponível em: <http://www.anicer.com.br/index.asp?pg=institucional.asp&secao=3&categoria=60&selMenu=4>.
- 2 Petrucci EGR. Materiais de construção. 4ª Edição. Porto Alegre: Editora Globo, 1979.
- 3 Vieira CMF, Dias CACM, Mothé AV, Sanches R, Monteiro SN. Incorporation of blast furnace sludge into red ceramic. Revista Cerâmica. 2007; 53: 381-387.
- 4 Vieira CMF, Souza ETA, Monteiro SN. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. Revista Cerâmica. 2004; 50: 254-260.
- 5 Vieira AAP. Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassas e concretos. 2005. 107f. Dissertação (Engenharia Urbana) - UFPB. 2005.

- 6 Gouveia FP, Sposto RM. Incorporação de chamote em massa cerâmica para a produção de blocos. Um estudo das propriedades físico-mecânicas. Revista Cerâmica. 2009; 55: 415-419.
- 7 Redivo IM. Utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volume de tráfego. 2011. 160f. Dissertação (Engenharia Civil)-UFSC. 2011.
- 8 Fastofski DC, Schafer M, Teles RD, Kulakowski MP, Gonzales MAS, Kazmierczak CS. Metodologia de caracterização de resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material pozolânico em pasta de cimento. [acesso em 12 mar. 2015]. In: 5º Fórum Mundial de Resíduos Sólidos. São Leopoldo. RS. 2014. Disponível em: http://www.5firs.institutoventuri.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=66
- 9 Souza Santos P. Tecnologia das argilas. Vol.1-2. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6459: Solo – determinação de limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- 11 _____. NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- 12 Reis AS, Della-Sagrillo VP, Oliveira JN, Valenzuela-Diaz FR. Caracterização de argila usada em massa de cerâmica vermelha. In: 58º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Bento Gonçalves. RS. p. 118-129. Anais...2014.
- 13 Reis AS, Della-Sagrillo VP, Aleixo FC, Valenzuela-Diaz FR. Estudos das características de argila para utilização em cerâmica estrutural. In: 58º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Bento Gonçalves. RS. p. 130-140. Anais...2014
- 14 Taguchi SP, Santos JC, Gomes TM, Cunha NA. Avaliação das propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha incorporada com resíduo de rocha ornamental proveniente do tear de fio diamantado. Revista Cerâmica. 2014; 60: 291-296.