

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE NA PRODUÇÃO DE PEÇAS DE CERÂMICA ESTRUTURAL

Y. E. Silva, yarleyemmanuel@outlook.com¹

I. S. Santos, italoss2008@gmail.com²

P. H. B. Vieira, peedro.amands@gmail.¹

R. B. Assis, raimisondeassis@hotmail.com¹

P. N. Medeiros, patricianmedeiros@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Av. Centenário, 500 - Nazaré, Jacobina - BA, CEP: 44700-000, BA, Brasil

²Universidade Federal Do Vale Do São Francisco – UNIVASF, Av. Antonio Carlos Magalhães, 510 - Santo Antônio, Juazeiro – BA, CEP: 48902-300, BA, Brasil

Resumo: A cerâmica vermelha ou estrutural é empregada, comumente, na indústria da construção civil e nos últimos anos, estudos têm demonstrado o potencial de incorporação de resíduos minerais na produção de peças com elevada resistência mecânica. O objetivo deste trabalho é investigar a viabilidade técnica do uso de resíduo de mármore na produção de cerâmica estrutural. Para avaliar a viabilidade técnica da incorporação de resíduos na cerâmica, foram preparadas composições de massas argilosas com a incorporação de resíduos de mármore em 10%, 20% e 30% em massa, onde as mesmas foram compactadas à frio para a confecção dos corpos de prova com dimensões, 60x20x5 (mm) e submetidas à temperaturas de 900°C e 1000°C para promover o tratamento térmico de sinterização. As matérias-primas foram submetidas à análise química pelas técnicas de fluorescência de raios X (FRX) e difração de raios X (DRX). Dentre as formulações estudadas, a formulação com 10% de resíduo, obteve desempenho satisfatório para fabricação de telhas e tijolos, segundo as normas da ABNT. Dessa forma, o uso dos resíduos de mármore na produção de peças cerâmicas caracteriza-se como uma alternativa viável para cerâmica estrutural, reduzindo custo do produto final, como também diminuindo a quantidade de resíduos no meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos Mármore, Cerâmica estrutural.

1. INTRODUÇÃO

A mineração é um dos setores industriais que se tem maior produção de resíduos. Para suprir as necessidades do mundo moderno, é necessário um aumento da produção especialmente no setor de rochas ornamentais, que contribui diretamente para o crescimento da economia, já que a indústria de rochas ornamentais tem uma grande importância para o mercado consumidor. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (2017), as exportações brasileiras de produtos de rochas ornamentais e de revestimento fecharam o ano de 2016 com US\$ 1.138,3 milhões e 2,46 milhões de toneladas (ABROCHAS, 2016). Porém, devido à essa grande produção, há um crescimento equivalente à quantidade de resíduos produzidos, que na sua maioria não encontra em um destino ecologicamente correto. Uma das formas trabalhadas para um melhor reaproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais, se encontra na incorporação desses resíduos em material cerâmico. A cerâmica vermelha apresenta importância para a indústria, devido à sua grande empregabilidade na construção civil (ABCERAM, 2016). Dessa forma é interessante a realização de estudos para a melhoria da cerâmica estrutural com a adição de resíduos de rochas ornamentais na cerâmica vermelha, visando também a diminuição de problemas ambientais causados pelos resíduos. O objetivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica da incorporação do resíduo de mármore na cerâmica vermelha, analisando os efeitos da incorporação desse resíduo e as propriedades tecnológicas dos corpos de prova sinterizados nas temperaturas de 900°C e 1000°C.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As matérias primas utilizadas foram dois tipos de argilas, provenientes do município de Boa Saúde-RN e resíduo de mármore proveniente do município de Ourolândia-BA. As amostras de cada matéria prima foram submetidas a análises química e mineralógica pelas técnicas de FRX e DRX. Após as análises foi realizada preparação das formulações com diferentes proporções de cada matéria prima, possibilitando identificar qual a medida ideal de incorporação do resíduo de mármore nas argilas. Foram confeccionados dez corpos de prova para cada formulação, que foram prensados em uma matriz 60x20mm com uma pressão de 20 MPa.

Logo após os corpos de prova foram sinterizados nas temperaturas de 900°C e 1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min e patamar de queima de uma hora após atingir temperatura desejada. Em seguida foram realizados os ensaios tecnológicos de perda ao fogo, retração linear de queima, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente. A tabela 1 mostra as formulações A, B, C e D, com as suas devidas proporções:

Tabela 1. Formulações com a porcentagem da mistura dos materiais.

	A	B	C	D
Argila 1	50%	50%	50%	50%
Argila 2	50%	40%	30%	20%
Resíduo de Mármore	0%	10%	20%	30%

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão mostrados os resultados da Análise Química por fluorescência de Raios X das matérias primas utilizadas. As Tabelas 2-4 mostram os resultados da análise química obtida por fluorescência de Raios-X para o resíduo de mármore, para a argila 1 e argila 2, respectivamente.

Tabela 2. Resultado da análise química do resíduo de mármore.

Resíduo de mármore	
Óxidos	Quantidade (%)
CaO	84,09
SiO₂	7,405
MgO	5,677
Fe₂O₃	1,248
Al₂O₃	0,651
K₂O	0,295
SrO	0,201
SO₃	0,157
TiO₂	0,12
MnO	0,093
ZrO₂	0,063

Tabela 3. Resultado da análise química da argila 1.

Argila 1	
Óxidos	Quantidade (%)
SiO₂	42,643
Fe₂O₃	23,612
Al₂O₃	22,772
K₂O	3,706
MgO	3,02
TiO₂	1,879
CaO	0,991
ZrO₂	0,789
MnO	0,243
SrO	0,166
SO₃	0,082
ZnO	0,054
Cr₂O₃	0,042

Tabela 4. Resultado da análise química (FRX).

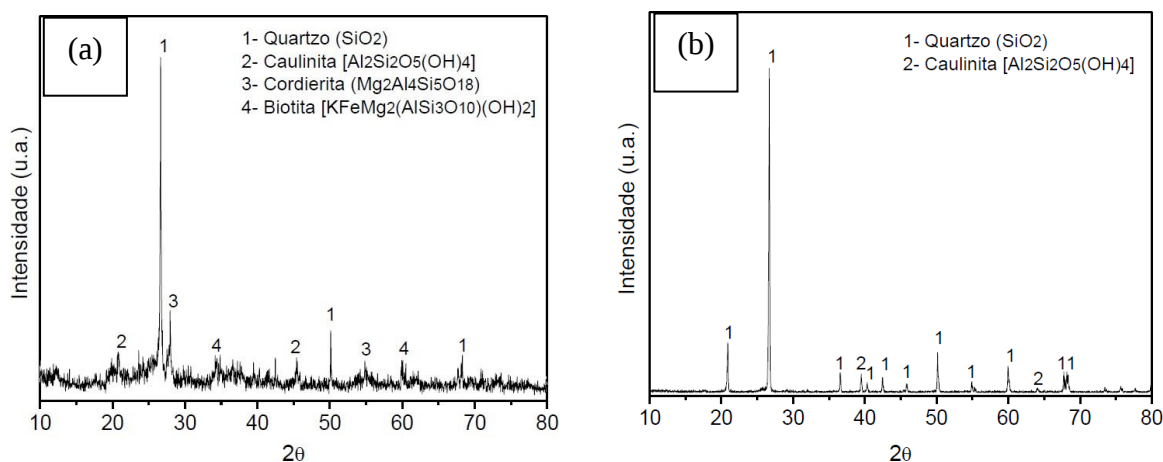
Argila 2	
Óxidos	Quantidade (%)
SiO ₂	83,247
Fe ₂ O ₃	9,213
Al ₂ O ₃	4,643
SO ₃	1,564
K ₂ O	0,767
SrO	0,208
TiO ₂	0,173
CaO	0,135
ZnO	0,051

No resíduo de mármore, o resultado da análise química mostra que o óxido em maior quantidade é o óxido de cálcio (CaO), com 84,09%. O óxido de cálcio e o óxido de magnésio (MgO), também presente no resíduo com 5,677%, são agentes fundentes, ou seja, tendem a diminuir a refratariedade do resíduo. Esses óxidos indicam a presença de calcita, dolomita e massas calcárias que requerem moagem e temperaturas de sinterização aproximadamente a 1100°C (MACHADO, 2012). Outro óxido encontrado em quantidade significativa foi óxido de sílica (SiO₂), com 7,405%. Esse óxido indica a presença de silicatos e sílica livre. Os silicatos são os argilominerais, as micas e os feldspatos. A sílica livre corresponde ao quartzo; o que propicia uma redução na plasticidade do resíduo (MACHADO, 2012). O resultado da análise química na argila 1 mostrou que o óxido encontrado em maior quantidade é o óxido de sílica (SiO₂), com 42,643%.

Em seguida, encontra-se o óxido de ferro (Fe₂O₃), num percentual de 23,612%, sendo responsável por proporcionar uma coloração avermelhada ou amarelada na argila com o aumento de temperatura de queima. O óxido de ferro também reduz a plasticidade, diminui a retração, facilita a secagem e propicia a diminuição na resistência mecânica, mas, o pouco que funde durante a queima, proporciona dureza ao vidrado (MACHADO, 2012).

O óxido de alumínio está presente na argila com um percentual de 22,772%. Esse óxido é responsável por apresentar propriedades refratárias e proporcionar plasticidade a esse material (SILVA, 2009). Na argila 2 a diferença está na proporção de cada um. A sílica é óxido encontrado em maior quantidade, com 83,247%, em seguida vem o óxido de ferro com 9,213% e o óxido de alumínio com 4,643%.

A Figura 1 mostra os difratogramas do rejeito de mármore, argila 1 e argila 2, respectivamente, apresentando a análise mineralógica dessas matérias-primas.



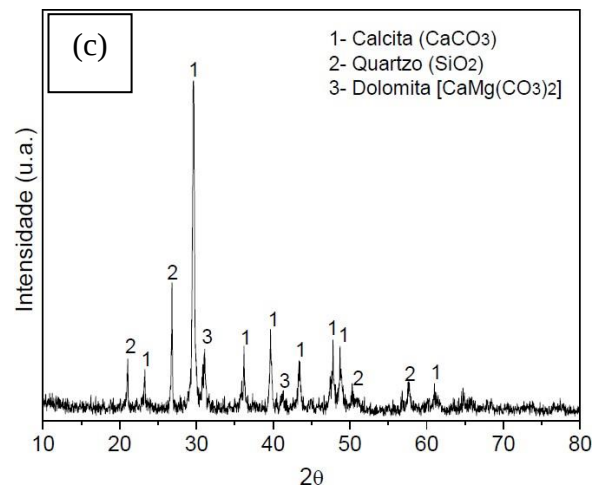


Figura 1. Difratograma de Raio X. (a) argila 1; (b) argila 2; (c) resíduo de mármore.

De acordo com a análise Mineralógica por Difração de Raios-X, foi encontrado no resíduo de mármore a presença dos minerais Calcita (CaCO_3), Quartzo (SiO_2) e Dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], mostrando estar em conformidade com os resultados obtidos na análise por Fluorescência de Raios-X.

A Figura 2 mostra o resultado do ensaio de absorção de água nas formulações A, B, C e D.

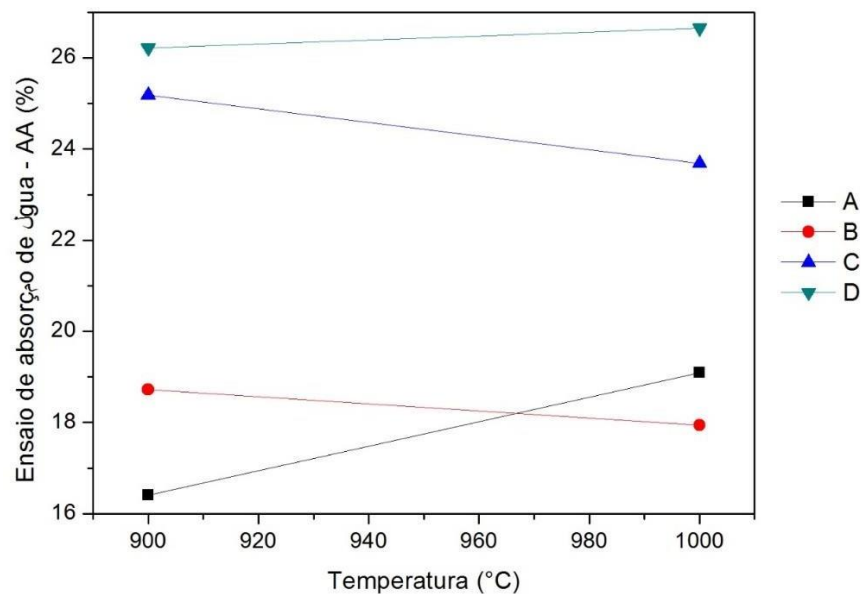


Figura 2. Ensaio de absorção de água.

A Figura 2 mostra o ensaio de absorção de água realizado na temperatura de 900°C as formulações com mais resíduo apresentaram uma maior taxa de absorção de água. Porém, na temperatura de 1000°C a formulação B apresentou valores menores que a formulação A. Houve também um aumento significativo dessa taxa nas formulações C e D ao comparar com as formulações A e B. A formulação A exibiu o menor valor (16,41%) de absorção de água e a formulação D exibiu o maior valor (26,21%) a 900°C. A 1000°C a formulação B apresentou o menor valor (17,94%) e a formulação D apresentou o maior valor (26,65%). Com o aumento da temperatura de 900°C para 1000°C, as formulações B e C apresentaram uma diminuição na taxa de absorção de água, de 18,72% para 17,94% na formulação B e de 25,18% para 23,69% na formulação C. As formulações A e D apresentaram um aumento na porcentagem de absorção de água, de 16,41% para 19,09% na formulação A e de 26,21% para 26,65% na formulação D. De acordo com as normas da ABNT 15270-1, 15270-2 e 15310, de 2005, que são responsáveis pela normalização de blocos e telhas, para o produto cerâmico ser do tipo telha precisa ter a taxa de absorção de água de no máximo 20% e para ser do tipo tijolo precisa ter a taxa de absorção de água de no mínimo 8% e máximo de 22%. Desta forma, somente as formulações A e B se enquadram nas exigências dessa norma para serem do tipo telha e/ou tijolo. A Figura 3 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente nas formulações A, B, C e D.

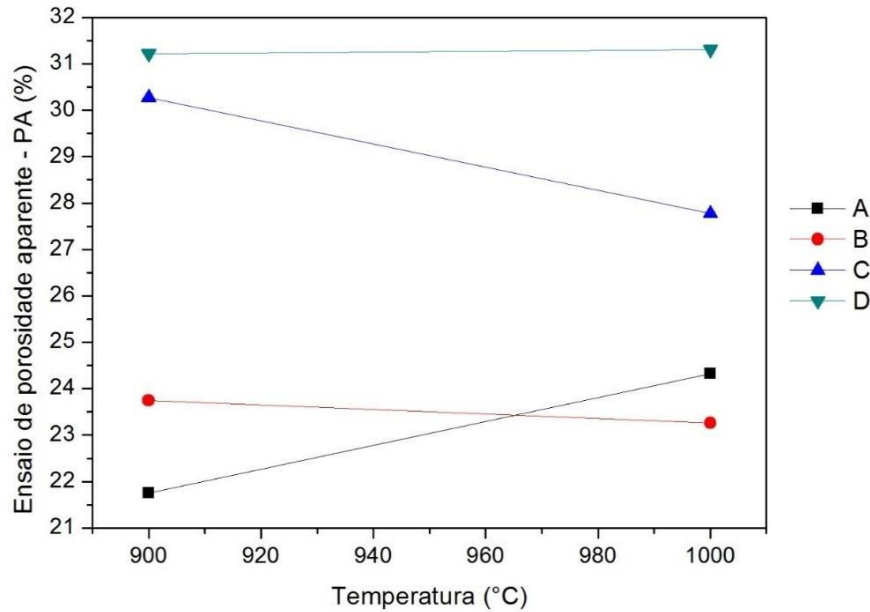


Figura 3. Ensaio de porosidade aparente.

O resultado da Figura 3 mostra que a 900°C as formulações com maiores quantidades de rejeito apresentaram maiores valores de porosidade aparente. Já na temperatura de 1000°C a formulação B apresentou valores menores que a formulação A. Houve também o aumento significativo desses valores nas formulações C e D ao comparar com as formulações A e B. Percebe-se que o aumento da quantidade de rejeito proporcionou um aumento na porosidade da massa cerâmica. A formulação que obteve a menor taxa de porosidade aparente a 900°C foi a formulação A com 21,75% e formulação D obteve a maior taxa com 31,22%. Já a 1000°C, a formulação B apresentou a menor taxa com 23,26%. A formulação D apresentou a maior taxa tanto a 900°C (31,22%) quanto a 1000°C (31,30%) tendo apenas uma pequena variação. Com relação ao aumento de temperatura de 900°C para 1000°C, ocorreu um aumento na porosidade aparente, de 21,75% para 24,33% na formulação A e de 31,22% para 31,30% na formulação D. As formulações B e C mostraram uma diminuição na porosidade aparente, de 23,75% para 23,26% na formulação B e de 30,27% para 27,77% na formulação D.

A Figura 4 mostra o resultado do ensaio de massa específica aparente nas formulações A, B, C e D.

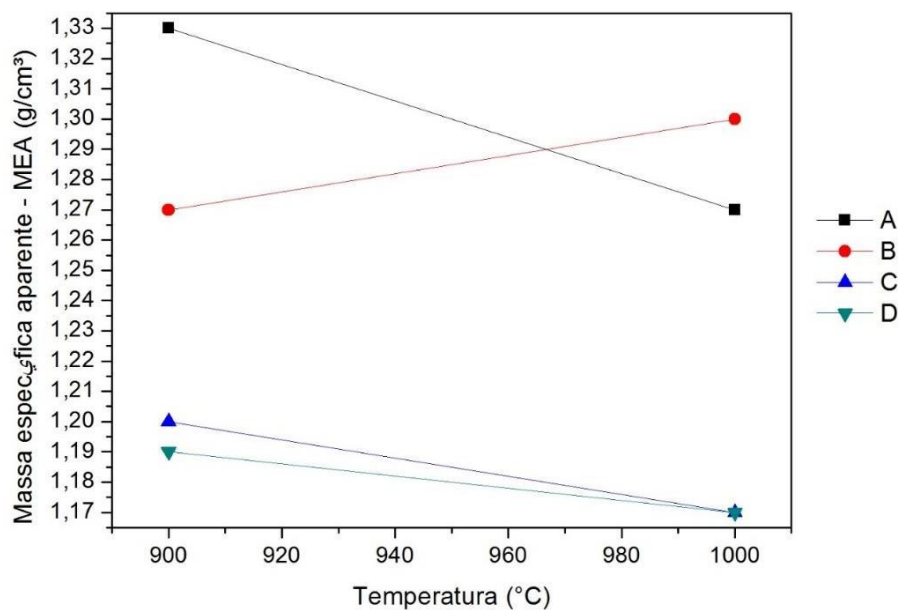


Figura 4. Ensaio de Massa específica aparente.

De acordo com o resultado apresentado na Figura 4, o aumento do resíduo de mármore nas formulações, causa uma diminuição na massa específica aparente, porém, na temperatura de 1000°C, a formulação B apresentou valores maiores que a os da formulação A. Destaca-se a diminuição significativa dessa taxa nas formulações C e D ao comparar com as formulações A e B e as formulações C e D que apresentaram os mesmos valores na temperatura de 1000°C. A Figura 4 mostra que a formulação D apresentou o menor valor (1,19g/cm³) e a formulação A apresentou o maior valor (1,33g/cm³) a 900°C. A 1000°C as formulações C e D exibiram os menores valores com 1,17g/cm³ e a formulação B exibiu o maior valor com 1,30g/cm³. Com relação ao aumento de temperatura de 900°C para 1000°C, as formulações A, C e D exibiram uma diminuição no valor da massa específica aparente, de 1,33g/cm³ para 1,27g/cm³ na formulação A, de 1,20g/cm³ para 1,17g/cm³ na formulação C e de 1,19g/cm³ para 1,17g/cm³ na formulação D. Já a formulação B mostrou um aumento no valor, de 1,27g/cm³ para 1,30g/cm³. Os resultados obtidos de massa específica aparente demonstraram coerência com outros resultados, como absorção de água e porosidade aparente.

4. CONCLUSÃO

Nos ensaios realizados, absorção de água e porosidade aparente, o aumento do resíduo de mármore na cerâmica vermelha ocasionou um aumento nos valores desses ensaios. No entanto, na temperatura de 1000°C os dados obtidos nos ensaios de absorção de água e porosidade aparente da formulação B apresentou valores menores que a formulação A. Já no teste de massa específica aparente, na temperatura de 1000°C, a formulação B apresentou valores maiores que a os da formulação A. Levando-se em consideração a absorção de água, as normas da ABNT 15270-1, 15270- 2 e 15310, de 2005, determinam que para o produto cerâmico ser classificado como telha é requerido uma taxa de absorção de água de no máximo 20% e para classificação em tijolo necessita-se a taxa de absorção de água de no mínimo 8% e máximo de 22%. Em outra análise, levando em consideração os aspectos visuais da peça, verificou-se que a quantidade de resíduo de mármore influencia na coloração da cerâmica vermelha, quanto maior a quantidade de resíduo na mistura, mais amarelada fica a coloração da cerâmica.

Com essas observações, foi verificado a viabilidade do uso de até 10% de resíduo de mármore na cerâmica vermelha, visto que as formulações A e B se enquadram nas exigências dessa norma para serem utilizadas na fabricação de telha e/ou tijolo.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela PRPGI-IFBA (Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia).

6. REFERÊNCIAS

- ABCERAM. **Informações Técnicas - Definição e classificação**. Associação Brasileira de Cerâmica, 2016. Disponível em: <<http://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>>. Acesso em: 15 Outubro 2017.
- ABROCHAS. **Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais**. ABROCHAS - Associação Brasileira de Rochas Ornamentais, 2016. Disponível em:<http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/4062/Informe_01_2017.pdf> Acesso em: 15 Outubro 2017.
- MACHADO, G. **Estudo da adição de resíduo de scheelita em matriz cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura**. Tese (Doutorado). UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 144. 2012.
- SILVA, F. D. D. **Estudo da reutilização do rejeito industrial de mármore e granitos na indústria cerâmica e na construção civil**, 2009.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores Yarley E. Silva, Ítalo S. Santos, Pedro H. B. Vieira, Raimison B. Assis e Patrícia N. Medeiros são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.



20 A 24 DE MAIO DE 2018 SALVADOR – BA – BRASIL

INCORPORATION OF MARBLE RESIDUE IN THE PRODUCTION OF STRUCTURAL CERAMIC PARTS

Y. E. Silva, yarleyemmanuel@outlook.com¹

I. S. Santos, italoss2008@gmail.com²

P. H. B. Vieira, peedro.amands@gmail.¹

R. B. Assis, raimisondeassis@hotmail.com¹

P. N. Medeiros, patricianmedeiros@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Av. Centenário, 500 - Nazaré, Jacobina - BA, CEP: 44700-000, BA, Brazil

²Universidade Federal Do Vale Do São Francisco - UNIVASF, Av. Antonio Carlos Magalhães, 510 - Santo Antônio, Juazeiro – BA, CEP: 48902-300, BA, Brazil

Abstract: The red or structural ceramics are commonly used in the construction industry and in recent years, studies have demonstrated the potential of incorporation of mineral residues in the production of high mechanical strength parts. The objective of this work is to investigate the technical viability of the use of marble residue in the production of structural ceramics. In order to evaluate the technical feasibility of the incorporation of residues in the ceramic, clay compositions were prepared with the incorporation of 10%, 20% and 30% by mass of marble residues, where they were compacted in the cold to make the bodies of test with dimensions, 60x20x5 (mm) and subjected to temperatures of 900 ° C and 1000 ° C to promote thermal sintering treatment. The raw materials were subjected to chemical analysis by X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD) techniques. Among the formulations studied, the formulation with 10% of residue, obtained satisfactory performance for the manufacture of tiles and bricks, according to ABNT norms. Thus, the use of marble residues in the production of ceramic tiles is a viable alternative for structural ceramics, reducing the cost of the final product, as well as reducing the amount of waste in the environment.

Keywords: Marble waste, Structural ceramics.