

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE PEDRA CARIRI CALCINADA EM MASSAS CERAMICAS PARA PRODUÇÃO DE TIJOLOS*

Antônio Demouthié de Sales Rolim Esmeraldo¹
Amélia de Santana Cartaxo²
Andrey Gomes Syndeaux³
Dário Freire Arrais⁴

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar a influência causada pelo resíduo de Pedra Cariri após tratamento de calcinação em massas argilosas usadas para produzir tijolos de cerâmica vermelha, visando a melhoria e o barateamento dos produtos cerâmicos produzidos e mostrar outra alternativa de reciclagem desses resíduos. As matérias primas foram beneficiadas e formuladas em função do percentual de pedra cariri, caracterizadas por difração e Fluorescência de raios – X, conformadas, queimadas, sendo posteriormente submetidas a ensaio de flexão, absorção de água, porosidade. A adição de resíduo propiciou o aumento do módulo de resistência à flexão, conforme maior temperatura. As análises de absorção de água ficaram no limite e a porosidade diminuiu. A amostra de argila utilizada nesse trabalho demonstrou uma melhora em algumas propriedades devido a adição da pedra cariri calcinada, mostrando assim uma certa viabilidade para sua utilização na fabricação de tijolos de alvenaria, e seu uso sustentável é possível.

Palavras-chave: Influência; Pedra-Cariri; Cerâmica Vermelha.

INFLUENCE OF THE ADDITION OF PEDRA CARIRI CALCINATED IN CERAMIC MASS FOR BRICK PRODUCTION

Abstract

The objective of this work was to analyze the influence caused by the Stone Cariri residue after calcination treatment in clayey masses used to produce red ceramic bricks, aiming to improve and reduce the produced ceramic products and to show another alternative of recycling these residues. The raw materials were benefited and formulated according to the percentage of Pedra Cariri, characterized by X - ray diffraction and Fluorescence, shaped, burned, and subsequently subjected to flexural test, water absorption, porosity. The addition of residue allowed the increase of the modulus of flexural strength, according to the higher temperature. The water absorption analyzes were in the limit and the porosity decreased. The clay sample used in this work showed an improvement in some properties due to the addition of calcined cariri stone, thus showing a certain viability for its use in the manufacture of masonry bricks, and its sustainable use is possible.

Keywords: Influence; Pedra-Cariri; Red Ceramics.

¹ Engenheiro de materiais, bacharelado,,UFC, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil.

² Engenheiro de materiais, bacharelado,,UFC, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil.

³ Graduando de engenharia metalúrgica, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

⁴ Graduando de engenharia metalúrgica, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As cerâmicas são materiais inorgânicos e não metálicos, consistem em compostos formados por elementos metálicos e não metálicos, para os quais as ligações interatômicas são de natureza iônica e/ou covalente. As suas propriedades desejáveis são atingidas normalmente após um tratamento térmico denominado de queima [1].

O estudo sobre a incorporação de resíduos em cerâmicas vermelhas tem se tornado cada vez mais frequentes e assim se tornado alvo de grande interesse científico, visto que algumas vantagens são observadas. Além disso, a incorporação de resíduos em cerâmica vermelha pode minimizar os prováveis impactos causados ao ambiente se forem descartados no meio[2].

Segundo o NITES [3], O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais, dentre elas destaca-se o granito, mármore, ardósia, diorito, calcário e algumas outras. Os principais estados produtores são o Espírito Santo, Paraíba, Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio de Janeiro. O setor de pedras ornamentais tem alto faturamento no Brasil.

A indústria cerâmica tem mostrado grande potencial para a reutilização de resíduos inorgânicos [4]. Segundo Silva [5], do ponto de vista da engenharia, o rejeito industrial, mineiro ou não, tem sido uma fonte de materiais alternativos de grande importância, visto que sua utilização pode reduzir preço, consumo de matérias-primas, consumo de energia além de minimizar impactos ambientais causados pelo lançamento desses resíduos no meio-ambiente.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência causada pelo resíduo de Pedra Cariri após tratamento de calcinação em massas argilosas usadas para produzir tijolos de cerâmica vermelha, visando a melhoria e o barateamento dos produtos cerâmicos produzidos e mostrar outra alternativa de reciclagem desses resíduos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizados, como matéria-prima, o resíduo da Pedra Cariri e uma argila chamada de verde, usada no fabrico de tijolos, fornecida pela *Cerâmica Pé Seco* localizada no município de Crato (CE). O resíduo da Pedra Cariri foi coletado nos arredores dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri (CE), onde há vários depósitos de resíduos despejados pelas empresas mineradoras da região.

Após coletadas as amostras, a argila foi seca em estufa a 110°C por 24 horas, e depois beneficiada por cominuição e peneiramento. A pedra cariri foi triturada em moinho de martelos e calcinada a 950°C por 30 minutos em forno tipo mufla para eliminar o CO₂ presente em sua estrutura. As amostras de pedra cariri e de argila foram caracterizadas por Fluorescência de raios-x e Difração de raios-x. Foram formuladas composições de com percentuais de pedra cariri de 0% e 10% e conformadas utilizando uma matriz de aço inoxidável de seção retangular com dimensões de aproximadamente (80 x 25 x 10 mm³). A quantidade de corpos-de-prova feitos foram suficientes para a formulação e a queima em três temperaturas diferentes de 850°C, 950°C e 1050°C por 60 minutos.

Os corpos-de-prova foram ensaiados para tensão de ruptura por flexão, Absorção de água e porosidade aparente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Difração de Raios-x

As figuras 2 e 3 abaixo mostram os resultados da análise de difração de raios x.:

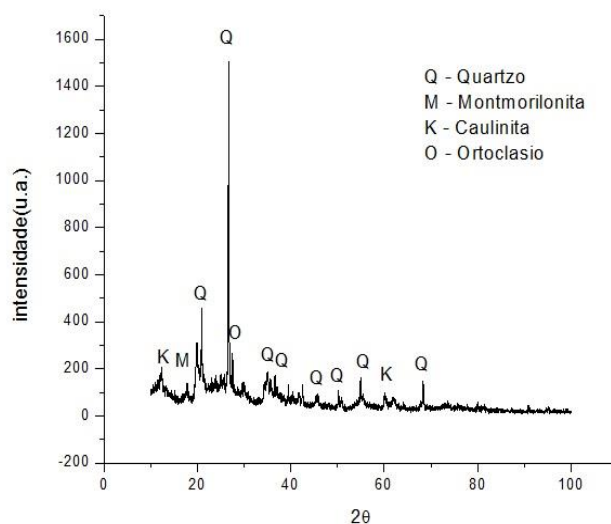


Figura 2 – Análise de Difração da argila verde

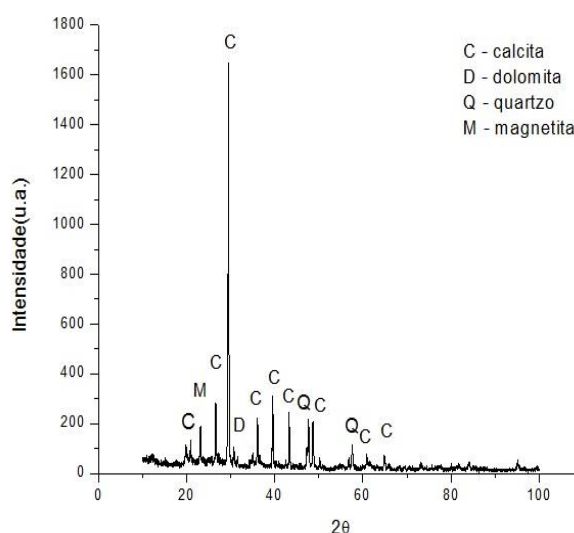


Figura 3 – Análise de Difração da pedra cariri

Os picos demonstram na análise da argila, uma maior quantidade de picos de quartzo (SiO_2), seguido de Montmorilonita ($(\text{Mg,Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Si}_5\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), Caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e Ortoclasio (KAISi_3O_8), este último conhecido como feldspato alcalino de potássio, que auxiliam na redução da temperatura de sinterização das cerâmicas.

Na análise do resíduo de pedra cariri, corroborou com a análise de FRX do mesmo, contendo Quartzo (SiO_2), Calcita (CaCO_3), Dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), e magnetita (Fe_3O_4), com maior predominância de calcita na amostra. Em Esmeraldo *et al.* [6] os picos de Calcita foram bem intensos tal como o mostrado na análise do resíduo.

3.2 Análise química (FRX)

Na Tabela a seguir estão os resultados da análise de fluorescência de raios x:

Tabela 1 – Percentual de óxidos das amostras.

Óxidos Amostra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Cr_2O_3	TiO_2	MgO	Outros óxidos
Argila Verde	45,72	9,8	30	1,5	7,4	0,2	3,21	1,08	2,13
Pedra Cariri	2,75	0,7	4,91	90,1	0,23	-	-	0,4	1,4

Verifica-se o maior percentual na argila de sílica e hematita, óxido corante que será importante na cor final da queima, seguidos de alumina e alguns óxidos fundentes. Os teores de TiO_2 encontrados na argila foram altos, provavelmente houve implicações significativas na cor para os corpos de prova confeccionados. Os compostos de titânio também são responsáveis pela coloração das argilas, os minerais mais comuns são os presentes dióxidos de titânio, rutilo e o anatásio [7]. O teor relativamente alto de álcalis em paralelo com o teor de Al_2O_3 relativamente baixo, especialmente considerando as fases minerais, garantem a baixa refratariedade desta argila. [8].

Já na pedra cariri calcinada o maior percentual encontrado foi o de CaO , e também contém baixos teores de silício, magnésio, ferro e alumínio, semelhante ao que é demonstrado no trabalho de Correia, Vidal e Ribeiro [9]. Na análise química não houve traços de matéria orgânica, o que em geral é nocivo para a cerâmica, o que de acordo com Damiani *et al.* [10] é origem do coração negro, juntamente com a presença de óxidos de ferro nas argilas.

3.3 Absorção de água

Abaixo, a Figura 4 demonstra a absorção de água por 24 horas dos corpos-de-prova:

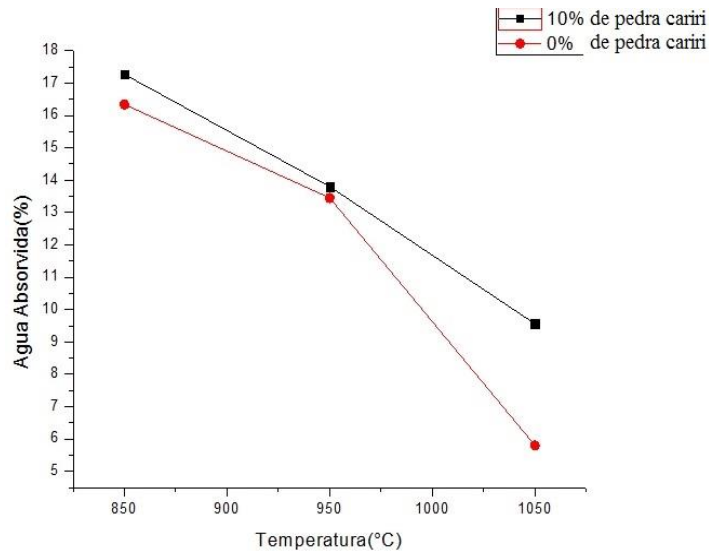


Figura 4: Absorção e água das amostras

De acordo com o gráfico, notou-se uma redução da absorção de água com o aumento da temperatura. Segundo Callister Jr. [1], isso está relacionado com o grau de vitrificação, que aumenta com a temperatura de sinterização e diminui a absorção de água devido a redução da porosidade. Esse processo de vitrificação ocorre pela formação de uma fase líquida, dentro da peça que preenche os poros existentes, aumentando o coalescimento das partículas não fundidas.

Segundo Pinheiro e Holanda [11], em seu estudo indica que a absorção de água tem que ser inferior a 25% para os corpos-de-prova de argilas para produção de blocos cerâmicos, as amostras estudadas possuem valores inclusos no indicado.

3.4 Porosidade aparente

Abaixo segue a figura 5 do gráfico de porosidade aparente das amostras queimadas para as temperaturas em estudo:

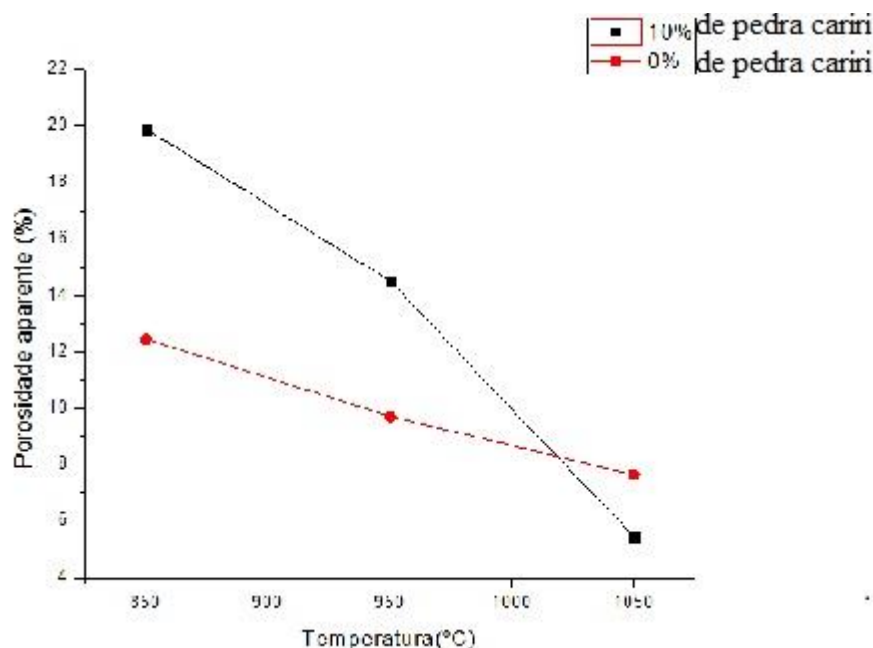


Figura 5 – Porosidade Aparente das amostras

A porosidade está ligada com o escape dos gases de decomposição que ainda tinha na argila verde e da água que é eliminada pela temperatura de sinterização. A porosidade diminuiu por conta da fase líquida formada pelos elementos fundentes contidos na argila e no resíduo, e também por conta dos silicatos cálcicos formados durante a sinterização, o que ajudou a preencher os poros. Segundo Menezes *et. al.* [12] o resíduo da pedra cariri possui elevada fineza, o que indica que pode atuar como enchimento da massa cerâmica, diminuindo a porosidade do corpo após queima. A fase líquida formada pelo aumento da temperatura tanto pela argila e seus componentes, quanto pela pedra cariri, garantiu o preenchimento de poros antes abertos. Segundo Pinheiro e Holanda [11], esse é um indicativo que a principal causa para o aumento da resistência mecânica em cerâmica vermelha é a redução da porosidade aberta no interior da peça cerâmica, de forma que, dependendo do tipo de produto de cerâmica vermelha a ser processado, há necessidade do controle do nível de porosidade aberta.

3.5 Tensão de ruptura por flexão

A Figura 6 mostra o gráfico de Tensão de ruptura por flexão dos corpos-de-prova:

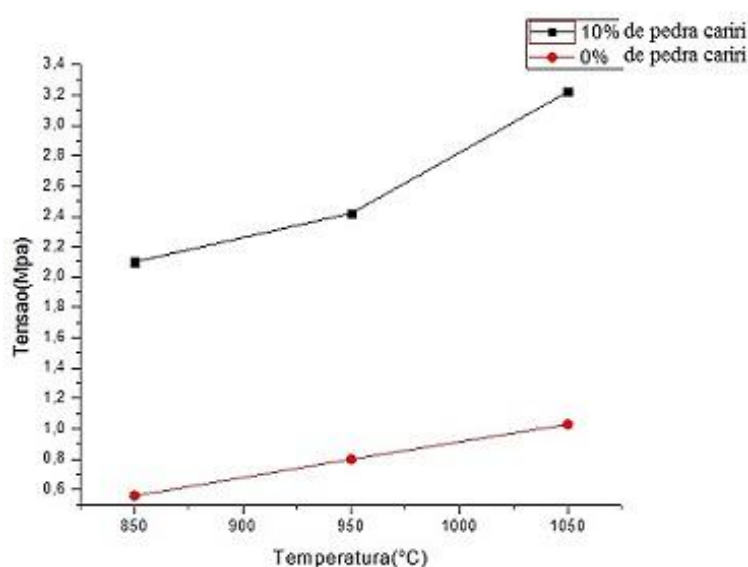


Figura 6 – Tensão de ruptura por flexão das amostras

Nota-se um grande aumento de resistência entre a amostra com pedra cariri calcinada e a sem a pedra cariri calcinada. As propriedades finais dos materiais cerâmicos são uma consequência da microestrutura das fases presentes no material [13]. Segundo Oliveira *et. al.* [14] as moléculas de óxido de cálcio são altamente reativas, mesmo na temperatura ambiente. Elas reagem também com a sílica e alumina, resultantes da decomposição dos minerais argilosos, e com partículas finas de quartzo e feldspatos, para formar as fases cristalinas cálcicas (silicatos, silicatos de alumínio e silicatos de cálcio). No estudo de Esmeraldo e Cartaxo [15] a tensão de ruptura por flexão aumentou com o incremento de até 5% de resíduo de pedra cariri não calcinada. De acordo com o estudo de Oliveira *et al.* [14] que mostraram a importância do carbonato de cálcio na fabricação de tijolos, e, verificaram que o carbonato de cálcio aumenta a resistência à compressão dos tijolos. No estudo de

Menezes et al. [12] em uma adição de resíduo não calcinado até 5% gerou um pequeno aumento na resistência, provavelmente por conta da pouca geração de gases no interior da peça. Conforme literatura [16], as formulações com até 10% de resíduos podem ser utilizadas para a produção de blocos maciços, furados e telhas (módulo de ruptura mínimo de 2,0, 5,5 e 6,5 MPa, respectivamente), mesmo após queima a 900°C.

De acordo com Menezes *et. al.* [12] que estudou a viabilidade da adição de resíduo de calcário laminado em blocos cerâmicos, A geração de gases pode acarretar trincas e fissuras, que, apesar de não alterar a absorção do material, podem comprometer, significativamente, sua resistência.

4 CONCLUSÃO

Mediante as análises realizadas neste trabalho a fim de verificar a viabilidade de produzir tijolos, constituídos por um exemplo de argila da região do Cariri cearense e pelo resíduo de Pedra Cariri, os resultados experimentais obtidos indicam que:

- A argila é constituída pelos argilominerais: caulinita, montmorilonita, quartzo e ortoclásio. Sendo predominantemente o Quartzo e a Caulinita na análise de difração. O resíduo de calcário é composto principalmente por calcita, apresentando traços de magnésio, indicando a presença de dolomita.
- A adição do resíduo de Pedra Cariri (calcário) propiciou a melhora de todas as propriedades físicas e mecânicas dos corpos-de-prova estudados neste trabalho.
- A amostra de argila utilizada nesse trabalho demonstrou uma melhora em algumas propriedades devido a adição da pedra cariri calcinada, mostrando assim uma certa viabilidade para sua utilização na fabricação de tijolos para construção civil.

Os testes demonstraram uma influência positiva da adição de resíduo da pedra cariri calcinada e seu uso sustentável, retirando o resíduo da natureza e adequando a um novo uso.

REFERÊNCIAS

- 1 CALLISTER, W. D. JR.; RETHWISCH, D. G. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2013.
- 2 MORAIS, A. S. C. Incorporação de resíduo de vidro de lâmpada fluorescente em cerâmica vermelha. Tese (Doutorado em engenharia e ciência dos materiais) universidade estadual do norte fluminense CAMPOS DOS GOYTACAZES / RJ DEZEMBRO – 2013.
- 3 NÚCLEO REGIONAL DE INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS DO ESPÍRITO SANTO – NITES. Rochas de qualidade, desperdício na indústria de mármore e granito, Ed. 118 (1994).
- 4 MENEZES, R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do

- caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos. Cerâmica. Vol.53, n.326, p. 192-199. 2007.
- 5 SILVA, Achiles Dias Alves da. Aproveitamento de rejeito de calcário do cariri cearense na formulação de argamassa. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
 - 6 ESMERALDO, A. D. S. R.; CARTAXO, A. S.; VIEIRA, F. M.; MAFRA, J. V. B.; SILVA, J. H.; BARROSO, M. D. B. Avaliação do uso de resíduo de pedra cariri na composição de massas cerâmicas para blocos de vedação. In: ABM WEEK, 2015, Rio de Janeiro. CONGRESSO ANUAL DA ABM - INTERNACIONAL. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2015. v. 70.
 - 7 SILVA, B.J., GONÇALVES, W.P., CARTAXO, J.M., MACEDO, R.S., MENEZES, R.R., NEVES, G. A., SANTANA, L. N. L. Influência da taxa de aquecimento e da temperatura de queima sobre as propriedades de peças produzidas com massas da cerâmica vermelha. In: 55º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Porto de Galinhas, PE – 2011.
 - 8 ROVERI, C.D.; ZANARDO, A; MORENO, M.M.T. Variação da cor e propriedades cerâmicas com o aumento da temperatura de queima de uma argila proveniente da formação Corumbataí, região de Piracicaba (SP), Cerâmica 53 - (2007) 436-441.
 - 9 CORREIA, J C G; VIDAL, F W H; RIBEIRO, R C C. Caracterização Tecnológica Dos Calcários do Cariri Do Ceará. In: V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste , (2005), Recife, Pernambuco, Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2006, p. 65-73.
 - 10 DAMIANI, J. C.; PEREZ, F.; MELCHIADES, F. G.; Boschi A. O., Coração Negro em Revestimentos Cerâmicos: Principais Causas e Possíveis Soluções, Cerâmica Industrial 6, 2: p.12 - 16. Março/ Abril 2001.
 - 11 PINHEIROS B. C. A., HOLANDA J. N. F. Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha. Cerâmica 56 (2010) 237-243.
 - 12 MENEZES, R. R.; MELO, L. R. L.; FONSÊCA, F. A. S.; SOUTO, P. M.; NEVES, G. A.; SANTANA, L. N. L. Reciclagem do resíduo da serragem de calcário laminado para produção de blocos cerâmicos. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 667-672, out./dez. 2010.
 - 13 BOSCHI A. O.; MARINO, L. F. B. A expansão térmica dos materiais parte I: Introdução, aplicações e composição da massa. Cerâmica Industrial, 3 (1/2) Janeiro/Abril, 1998.
 - 14 OLIVEIRA, J. C. S.; LIRAB, B. B.; YADAVAC, Y. P.; SILVA, C. M. M.; SANTOS, T. W. G., Importância do Carbonato de Cálcio na Fabricação de Tijolos. Cerâmica Industrial. v.16, p. 34-38. Set/Dez, 2011.
 - 15 BOSCHI A. O.; MARINO, L. F. B. A expansão térmica dos materiais parte I: Introdução, aplicações e composição da massa. Cerâmica Industrial, 3 (1/2) Janeiro/Abril, 1998.
 - 16 BARZAGHI, L.; SALGE, A. Resistência à flexão e moldagem de argilas. Cerâmica, v. 28, n. 151, p. 15-17, 1982..