

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE QUARTZITOS EM CERÂMICA VERMELHA

M. P. Babisk^{1,2}, F. W. H. Vidal¹, W. S. Ribeiro², M. C. Aguiar², M. C. B. Gadioli¹ e C. M. F. Vieira²¹Coordenação de Apoio Tecnológico a Micro e Pequena Empresa – Centro de Tecnologia Mineral²Laboratório e Materiais Avançados – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

michellebabisk@hotmail.com.br

Artigo submetido em setembro/2012 e aceito em xxxx/2012

RESUMO

A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos. Durante os processos de beneficiamento das rochas ornamentais, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais muitas vezes são dispostos de forma inadequada na natureza. O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. O objetivo desse trabalho é caracterizar e avaliar os efeitos da incorporação do resíduo de quartzito em cerâmica

vermelha. Foram estudadas incorporações de até 40% em peso de resíduo em massa cerâmica e os corpos de prova foram queimados a 800°C. A caracterização das matérias primas foi realizada por meio de análise química por fluorescência de raios-X e análise de fases cristalinas por difração de raios-X. Foram determinadas: densidade aparente, absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão. A microestrutura foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados indicaram que o resíduo de quartzito é um material com potencial para ser utilizado como componente na massa de cerâmica vermelha.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo, quartzitos, cerâmica vermelha.

INCORPORATION OF QUARTZITE WASTE IN RED CERAMIC

ABSTRACT

The incorporation of industrial waste into red ceramic have been used currently in the search for alternative raw materials, and also seeking for an environmentally friendly waste disposal that pollute. During the process of beneficiation of dimension stone, there are significant losses of material and waste generation, which have been placed inappropriately in nature. The quartzite is geologically classified as a metamorphic rock composed almost entirely of quartz grains. The aim of this work is to characterize and assess the effects of residue quartzite incorporation in ceramic

red. We studied the incorporation of up to 40 wt% residue in the ceramic mass and sintered at 800 ° C. The characterization of raw materials was performed by chemical analysis by fluorescence X-ray analysis and crystalline phases by X-ray diffraction. Were determined: bulk density, water absorption, linear shrinkage and tensile strength. The microstructure was investigated by scanning electron microscopy. The results indicated that the quartzite residue is a material with potential for use as a component in a red ceramic.

KEY-WORDS: Waste, quartzite, red ceramic.

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE QUARTZITOS EM CERÂMICA VERMELHA

INTRODUÇÃO

O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo, tais como arenitos e cherts (rochas ricas em sílica amorfa) [1].

Alguns quartzitos, devido a concentração de micas iso-orientadas em níveis específicos, são finamente foliados ou laminados, permitindo com relativa facilidade sua partição através destes planos de fraqueza. A presença desta estruturação, porém, impossibilita sua extração na forma de blocos e sua serragem em teares ou mesmo corte regulares de chapa. Em função disso, são usualmente extraídos como placas diretamente dos afloramentos [2].

A produção Brasileira de rochas ornamentais em 2010 foi estimada em 8,9 Mt, sendo a região nordeste responsável por 24,7%. Durante os processos de beneficiamento das rochas, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais têm sido dispostos de forma inadequada na natureza, sem previsão de utilização [3].

A indústria de extração e beneficiamento de quartzito de Várzea, localizada a 320 km de João Pessoa, na região de Seridó, Estado da Paraíba-Brasil, movimenta algo em torno de R\$ 400 mil por mês, com a produção mensal de 25 mil metros quadrados de quartzito, tendo pelo menos 25 serrarias trabalhando sem parar [4].

Nas serrarias, placas de quartzito são transformadas em lajes quadradas ou retangulares, nesta fase são gerados dois rejeitos, um mais grosseiro, que é misturado aos da pedreira, e um extremamente fino (Figura 1), proveniente do desgaste da rocha durante o processo de corte com serras a diamante. No município de Várzea, são gerados cerca de 3 mil kg de resíduos finos e 17 mil kg de aparas por dia [5].



Figura 1 - Imagem dos resíduos finos de quartzitos.

A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos. Este trabalho teve como objetivo

caracterizar e avaliar a influência da incorporação de resíduo de quartzitos nas propriedades de cerâmica vermelha.

METODOLOGIA

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram os resíduos finos de quartzitos e uma massa cerâmica usada na produção de produtos de cerâmica vermelha. Ambas as matérias primas são provenientes da região do Seridó, do município de Várzea, Estado da Paraíba-Brasil.

Depois de coletadas, as matérias primas foram secas em estufa a 110°C por 24h. O resíduo foi destorroado em almofariz de porcelana, manualmente, e a massa cerâmica foi triturada em um britador de mandíbulas e depois peneirada a 42 mesh (0,354 mm).

A caracterização das matérias primas foi realizada por meio de análise química por fluorescência de raios-X (FRX) e análise de fases cristalinas por difração de raios-X (DRX).

As análises para determinação da composição química (FRX) foram realizadas em um Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X, marca Philips, Modelo PW 2400, utilizando como método de preparação das amostras, pastilhas fundidas com fluxo (tetra/metaborato de lítio).

As fases cristalinas (DRX) foram obtidas pelo método do pó, em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, operando com radiação Co K α (35 kV/40 mA) em uma varredura de 5 a 80° (2 θ).

Foram preparadas composições de 0, 10, 20, 30 e 40% em peso de resíduo na massa cerâmica. As composições, com 8 % de umidade, foram conformadas por prensagem uniaxial a 20 MPa em matriz de dimensões 114 x 25 mm.

Após secagem em estufa a 110° C as peças foram medidas e pesadas, para o cálculo da densidade a seco, e em seguida queimadas a 800°C, com uma taxa de aquecimento de 2°C/min e 180 min de tempo de patamar. Após a queima, as peças foram novamente medidas para cálculo de retração linear de queima. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram à absorção de água [6] e tensão de ruptura por flexão a três pontos [7]. A região de fratura foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura em um microscópio modelo FEI Quanta 400, por difração de elétrons retro espalhados, com a distância de trabalho aproximada de 10 mm e tensão de aceleração de 25 kV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise por fluorescência de raios-X foi identificada a composição química das matérias-primas, em % peso (Tabela 1), e na difração de raios-X a composição mineralógica, identificando assim a estrutura dos compostos encontrados na análise química, apresentados nos difratogramas a seguir.

A análise química do resíduo de quartzito revela que a sílica (SiO₂) é o componente majoritário, seguida pelos óxidos Al₂O₃ e K₂O. Estes óxidos estão presentes no resíduo como impurezas na forma de feldspato e mineral micáceo, conforme será apresentado mais adiante

por meio do difratograma de raios-X.

Os dados da argila indicam predominância de sílica (54,98%) e de alumina (24,2%), com quantidades significativas de MgO, K₂O e Na₂O, que são óxidos fundentes e contribuem para a formação de fase líquida e densificação do material, além do elevado teor de Fe₂O₃ responsável pela coloração avermelhada do material após queima. Teores abaixo de 3% são indicados para a fabricação de produtos de coloração clara.

Tabela 1: Composição química (% em peso).

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P.F.
MASSA CERÂMICA	1,57	2,05	24,2	54,98	0,15	2,54	1,3	0,56	0,14	5,01	7,5
RESÍDUO DE QUARTZITO	-	0,63	9,99	83,13	-	3,33	0,54	0,13	-	0,94	1,3

No difratograma do resíduo, mostrado na Figura 2a, foram observados os picos do quartzo (SiO₂), que é um mineral responsável por reduzir a plasticidade e atuar como inerte durante a queima; da mica moscovita (KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂), que é um mineral de textura lamelar, e que em tamanho reduzido pode atuar como material fundente devido à presença de óxidos alcalinos, ou seja, facilitador da formação da fase líquida; de grande importância durante a sinterização das peças, e da microclina (KAlSi₃O₈) que é um feldspato alcalino.

Na análise mineralógica da massa cerâmica (Figura 2b) são observados os picos do quartzo, da mica moscovita e da caulinita (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O), que é um argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para a fabricação de produtos cerâmicos destinados a construção civil, sendo este mineral responsável pelo desenvolvimento da plasticidade.

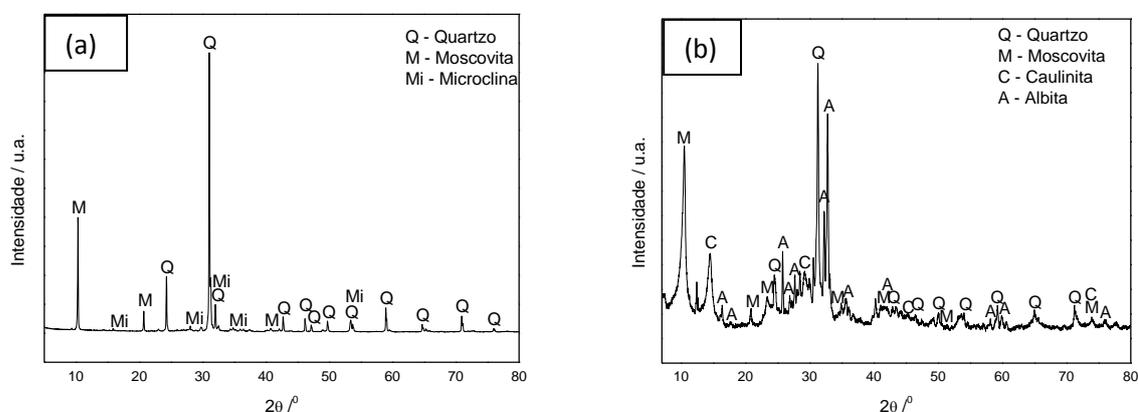


Figura 2 - Difratogramas de raios-X do resíduo de quartzito (a) e da massa cerâmica (b).

A Figura 3 apresenta a massa específica aparente a seco das composições preparadas. Nos corpos de prova com incorporações de até 30% de resíduo não ocorreram variações e na composição com 40% houve diminuição no valor da massa específica.

O aumento da massa específica é devido ao maior empacotamento das partículas durante a etapa de conformação em decorrência da deformação plástica dos grânulos que ao se deformarem passam a ocupar os espaços vazios que havia entre eles (porosidade intergranular).

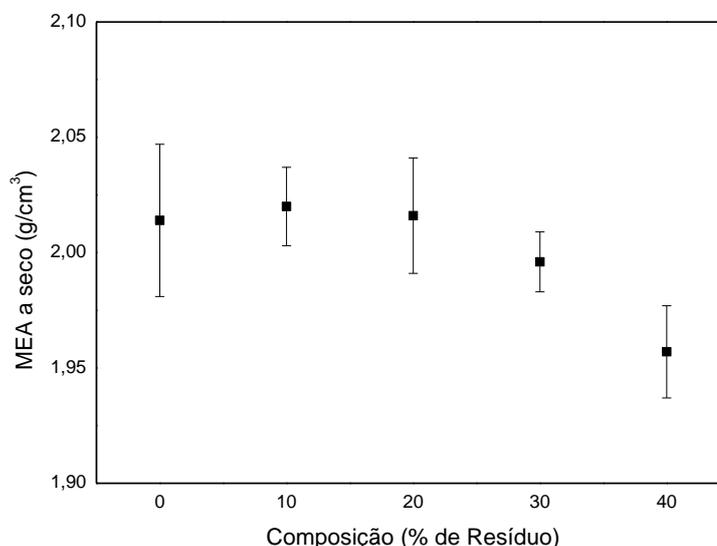


Figura 3 – Massa específica aparente a seco das composições.

A retração linear de queima depende fundamentalmente da densidade aparente da peça prensada, da composição da massa e das condições de queima. Na queima, durante o aquecimento, inicia-se um processo de formação de fases líquidas no interior do produto, em decorrência da fusão parcial dos componentes menos refratários presentes na massa. O aumento da temperatura provoca a redução da viscosidade das fases líquidas, facilitando assim o seu “escorrimento” para dentro dos espaços vazios entre as partículas que ainda não se fundiram, resultando em uma diminuição do volume de poros e na retração da peça [8].

Pode-se observar na Figura 4 que a incorporação em até 20% de resíduo de quartzito favoreceu e diminuiu a retração linear. As incorporações de 30 e 40% apresentaram uma expansão, devido à maior quantidade de resíduo de quartzito incorporado que, como citado anteriormente, é composto majoritariamente por quartzo. Porque quando é aquecido, o quartzo α estável, que é a forma alotrópica da sílica estável à temperatura ambiente que expande-se uniformemente até 573 °C, quando ocorre a transformação reversível do quartzo α em quartzo β estável. Esta transformação, de estrutura romboédrica para hexagonal, é acompanhada de uma expansão volumétrica [9].

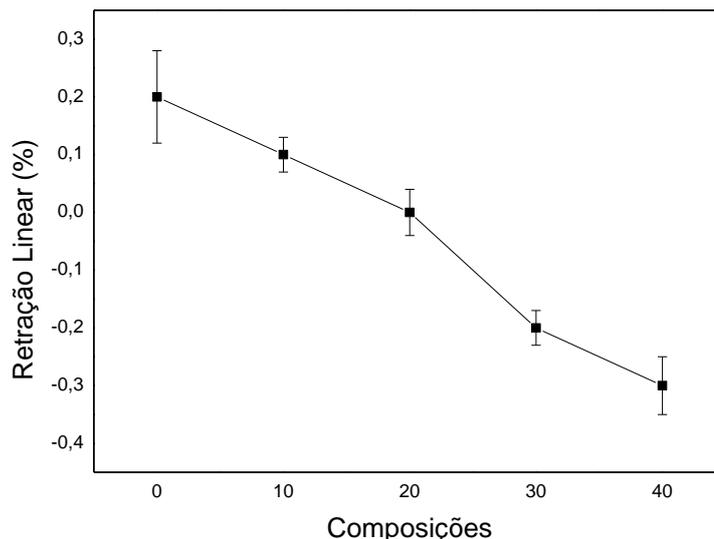


Figura 4 - Retração linear das composições.

A absorção de água do material cerâmico queimado é um parâmetro utilizado para medir a porosidade aberta e avaliar a fundência do material. A menor infiltração de água nos mesmos determina maior durabilidade e resistência ao ambiente natural ao qual o material é exposto.

A Figura 5 apresenta a absorção de água em função da porcentagem de resíduo de quartzito incorporado na massa cerâmica. Houve diminuição da absorção na composição com 10% de resíduo e a composição com incorporação de 20% mantém a mesma taxa de absorção da massa cerâmica pura, esse comportamento pode ser explicado pelo preenchimento dos poros durante a fusão dos óxidos fundentes presentes no resíduo de quartzito (3,33% K_2O), bem como o maior empacotamento a seco dessas composições e menor perda ao fogo do resíduo de quartzito.

Nas composições com 30 e 40% de incorporação houve aumento da absorção de água devido a maior quantidade do resíduo incorporado, que assim reduz-se a quantidade de argila, principal responsável pela consolidação das partículas da cerâmica. Porém esses valores ainda se encontram abaixo do valor máximo de absorção de água recomendável para, por exemplo, telha cerâmica que é de 20% [10].

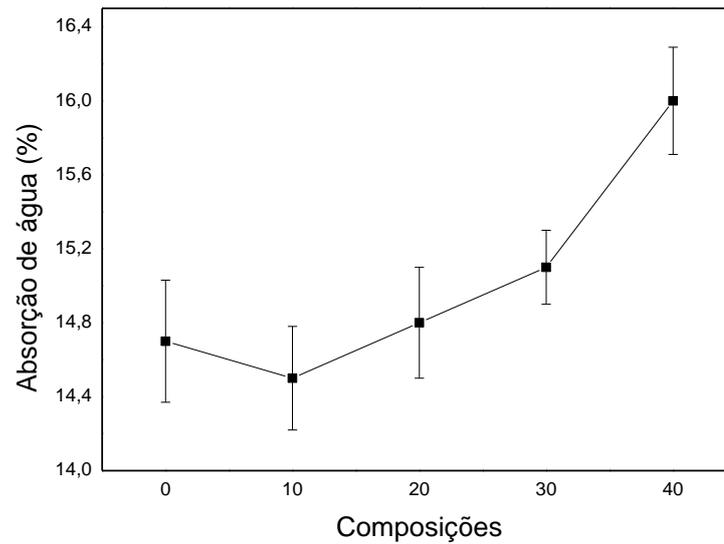


Figura 5. Absorção de água das composições.

A Figura 6 apresenta a tensão de ruptura à flexão das composições estudadas. Nas composições com incorporações acima de 20% de resíduo observa-se a redução da resistência mecânica com o aumento do teor de resíduo incorporado. Isto ocorre devido ao caráter inerte do quartzo na temperatura utilizada, mineral predominante do resíduo, bem como a eventuais trincas acarretadas pela sua transformação alotrópica.

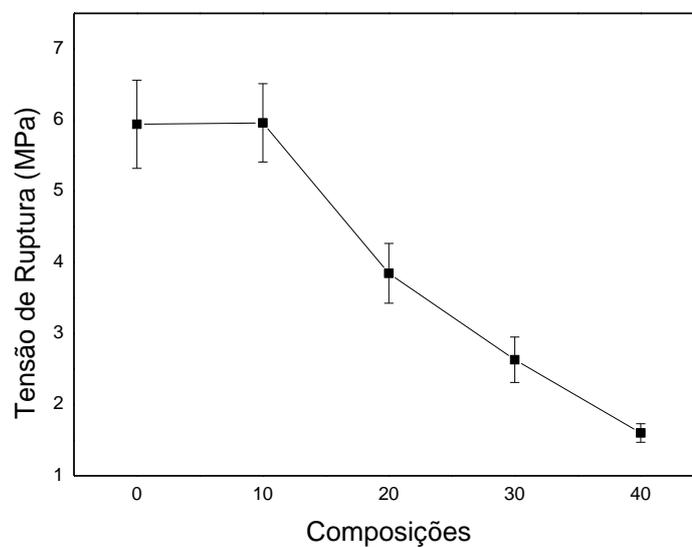


Figura 6 - Tensão de ruptura à flexão das composições.

A figura 7 apresenta as superfícies de fratura das cerâmicas, via difração de elétrons retro espalhados. Observam-se superfícies de fratura irregulares com elevada porosidade de textura bastante rugosa, evidenciando fratura do tipo intergranular. Tais irregularidades podem estar relacionadas com a baixa temperatura de sinterização, devido ao fornecimento de energia insuficiente para formação de fase líquida na cerâmica.

Na composição com 40% de resíduo de quartzito (7c) podem ser observadas regiões onde ocorreu arrancamento de material, possivelmente o quartzo que permanece inerte na faixa de temperatura utilizada, o que conforme discutido anteriormente contribui para o aparecimento de trincas na cerâmica acarretando redução da resistência.

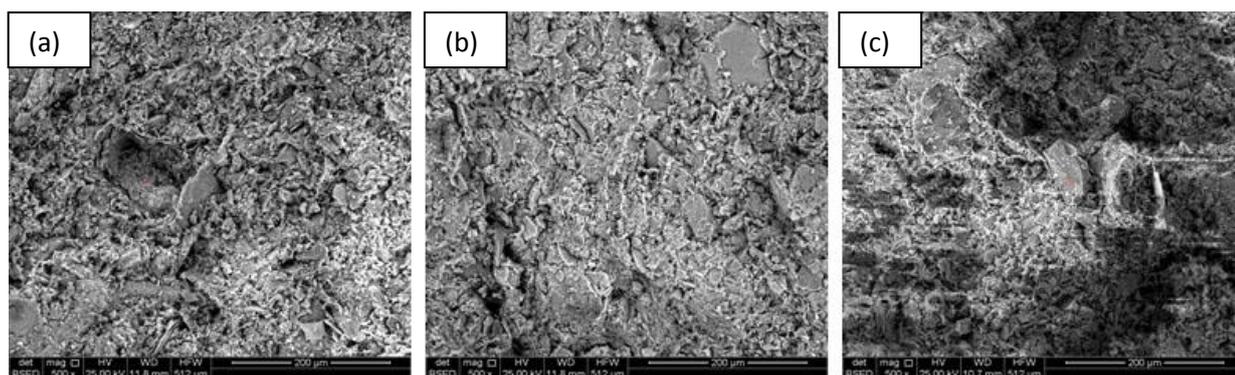


Figura 7 - Micrografia de MEV das cerâmicas. (a) 0%, (b) 20% e (c) 40% de resíduo de quartzito.

CONCLUSÕES

Neste trabalho de avaliação da sua incorporação em até 40% em massa nas propriedades físicas e mecânicas de uma cerâmica queimada a 800°C, as seguintes conclusões foram obtidas:

- A caracterização do resíduo de quartzito comprova a presença da sílica como componente majoritário.
- A incorporação de 10% de resíduo de quartzito na massa cerâmica não altera a compactação e as propriedades tecnológicas estudadas.
- As incorporações de 20 e 30% de resíduo não alteram ou melhoram a compactação, mantém a mesma absorção de água da massa cerâmica pura e diminuem a resistência mecânica.
- A incorporação de 40% de resíduo piorou a compactação, causou expansão nos corpos de prova, aumentou a absorção de água e diminuiu a resistência mecânica.
- Todas as composições estudadas apresentam absorção de água dentro dos limites estipulados por norma.

A incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha se mostrou viável através desse estudo, dando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que

poluem, que em menores valores de incorporações mantém as propriedades tecnológicas da massa cerâmica pura, ou mesmo com maiores valores de incorporações possuem propriedades dentro de limites estabelecidos por normas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. Rochas Ornamentais no Século XXI. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/br/index.html>. Acessado em maio, 2012.
2. Costa, A.G.; Campello, M.S.; Maciel, S.L.; Calixto, C.; Becerra, J.E. Rochas ornamentais e de revestimento: proposta de classificação com base na caracterização tecnológica. In: III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Recife-PE, 2002.
3. C.MARTINEZ, M. HEIDER, Rochas ornamentais e de revestimento, DNPM Sumário Mineral Brasil, 2011.
4. SEBRAE. Várzea: cidade sem desempregados. Disponível em: <http://www.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal=36&cod=9686513&indice=20>. Acessado em abril, 2011.
5. CETEM. Sustentabilidade na extração e beneficiamento de quartzitos. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/noticias/cetem%20midia/2010/10_08_23_sustentabilidade_na_extracao_e_beneficiamento_de_quartzitos.html. Acessado em março, 2011.
6. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Water Absorptin, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C373-72 (reapproved 1977), USA, 1972.
7. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, C674-77, USA, 1977.
8. TALLINI JUNIOR, V. M. Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir de lodo de estações de tratamento de água, microesferas de vidro de jateamento, sais de neutralização de ácidos de bateria e areia de fundição. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 83p. Curitiba-PR, 2009.
9. F. Peixoto. Regeneração térmica de areia ligada quimicamente. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville-SC, 2003.
10. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio NBR 15310. Rio de Janeiro-RJ, 2009.