

Obtenção e avaliação das propriedades físico-mecânica de massas cerâmicas para grés sanitários utilizando resíduo de vidro plano em sua composição

V. S. Porto*, M. F. Silva, T. B. Cruz, M. S. L. Cavalcanti, C. R. da Silva

Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande

Aprígio Veloso, 882, CEP 58429-900, Campina Grande – Paraíba

(Recebido em 24/11/2010; revisado em 07/12/2010; aceito em 20/01/2012)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

A preocupação com o meio ambiente tem sido a mola propulsora para reavaliação de vários dos processos produtivos em toda a sociedade. A população mundial tem se voltado para os conceitos de sustentabilidade e desta forma vários segmentos ligados à ciência e tecnologia vem buscando alternativas para controlar ou minimizar danos causados pelo consumo indiscriminado de matéria-prima e energia, além do alto volume de resíduos gerados. Nesta perspectiva este trabalho tem como objetivo estudar a possibilidade da incorporação de resíduos de vidro plano, oriundos das vidraçarias e do lixão de Campina Grande/PB, em massas cerâmicas para grés sanitário, em substituição parcial ao feldspato. Foram formuladas através do programa REFORMIX massas cerâmicas sem e com resíduos de vidro plano nos percentuais de 5%, 7% e 10%. Os corpos cerâmicos foram inicialmente secados em estufa a 110°C, e em seguida queimados nas temperaturas de 1.000°C, 1.100°C, 1.200°C e 1.250°C. Foram caracterizados os corpos cerâmicos através dos seguintes ensaios físico-mecânicos: absorção de água; porosidade aparente; massa específica aparente; ensaio de flexão em três pontos e retração linear, todos seguindo as recomendações de Sousa Santos e as normas da ABNT. Os resultados evidenciaram que os corpos cerâmicos obtidos com resíduos de vidro plano apresentaram propriedades físico-mecânicas que atendem os padrões recomendados para uso em grés sanitários, sendo tecnologicamente viável a sua utilização.

Palavras-chave: Massas cerâmicas; resíduos vítreos; propriedades físico-mecânicas; grés sanitário.

Abstract:

The concern with the environment has been the propeller spring for reevaluation of several of the productive processes in all the society. The world-wide population has if come back toward the concepts of sustainability and thus some segments related to science and technology it comes searching alternatives to control or to minimize damages caused by the indiscriminate consumption of raw materials and energy, beyond the high volume of generated residues. In this perspective this work this work aimed to study the possibility of the incorporation of plan glass residues, deriving of the glass factories and the landfills of Campina Grande/PB, in ceramic masses for sanitary stonewares in partial substitution to the feldspar. Were formulated through program REFORMIX ceramic masses with and without plain glass residues in the percentages of 5%, 7% and 10%. The ceramic bodies were initially dried in heater at 110°C, and after burned at temperatures of 1000°C, 1100°C, 1200°C and 1250°C. We characterized the ceramic bodies through the following assays physicist-mechanics: water absorption; apparent porosity; apparent specific mass; assay of flexion in three points and linear retraction, all following the recommendations of Sousa Santos and the norms of the ABNT. The results evidenced that the ceramic bodies obtained with plain glass residues presented physicist-mechanical properties that attend the recommended patterns for use in sanitary stonewares, being technologically viable its use.

Keywords: Ceramic masses; glassy residues; physicist-mechanical properties; sanitary stoneware.

1. Introdução

Através das novas técnicas de industrialização, do aumento populacional e da febre de consumo que impera no mundo, onde cada pessoa busca incansavelmente satisfazer seus desejos e necessidades, estamos transformando cada vez mais recursos naturais em bens de consumo. E, nesse processo geramos de forma direta e indireta uma série de resíduos e

criamos uma situação, que se não adotarmos medidas que visem a redução, a reutilização e a reciclagem desses resíduos, em pouco tempo não teremos mais recursos naturais necessários à produção de novos bens de consumo e transformaremos o mundo em um verdadeiro lixão [1].

A preocupação daqueles que habitam o meio urbano cresce a cada dia, pois os humanos sabem que o meio ambiente precisa de cooperação para produzir e fornecer

*Email: valdeniporto@gmail.com (V.S. Porto)

qualidade de vida para a humanidade. Desta forma torna-se imprescindível saber que existem várias maneiras de diminuir o impacto ambiental e, sobretudo no que diz respeito aos resíduos sólidos, que aumenta a cada dia, como resultado das atividades humanas no meio. No contexto atual é inegável a necessidade de se pensar na resolução desse problema [1].

No Brasil os resíduos vítreos, representam em média 3% dos resíduos sólidos presentes nos lixões. O vidro é um material que não se decompõe facilmente, tornando-se uma preocupação para o meio ambiente, pois este fica acumulado por tempo indeterminado, o que conduz à altos níveis de contaminação global, comprometendo o futuro do nosso planeta [2].

A destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos maiores problemas da sociedade moderna, já que a sua composição tem-se modificado muito ao longo dos últimos anos e a geração de lixo tem crescido surpreendentemente, sobretudo nos países em desenvolvimento [3].

A problemática dos resíduos sólidos urbanos é de extrema relevância na atualidade, devido à falta de locais e sistemas adequados para a disposição final. O município de Campina Grande/PB também enfrenta este problema, visto que os resíduos são coletados e descartados, sem que haja nenhuma segregação [4]. O volume de vidro reutilizado em Campina Grande-PB corresponde a cerca de 20 toneladas/mês. A quantidade recomendada para reciclagem do referido material, com base no número de habitantes deveria ser em torno de 100 a 120 toneladas mensais. Por não haver uma política de controle desses resíduos, mais de 80 toneladas de vidro são jogados no lixo de Campina Grande, todos os meses, podendo ser reaproveitados usando a reciclagem [5].

Diante desta premissa, sentiu-se a necessidade de realizar uma pesquisa com a proposta de preservação de recursos naturais e reutilização de materiais, através da elaboração de massas cerâmicas alternativas, utilizando resíduos de vidros planos em substituição parcial ao feldspato, apresentando propriedades cerâmicas similares as convencionais e economicamente mais baratas.

Os principais fatores motivadores deste estudo foram: redução do volume de resíduos vítreos acumulados nos lixões; economia energética; uso de matéria- prima de custo mínimo e conservação dos recursos naturais, pois se acredita nestas alternativas para reduzir e amenizar o impacto ambiental.

2. Materiais e Métodos

2.1. Matérias-primas utilizadas na pesquisa

Foram utilizadas as seguintes matérias-primas tradicionais: quartzo e feldspato provenientes do município de Parelhas/RN; caulim oriundo da cidade do Junco do Seridó/PB e argila ball clay vinda do município de Oeiras/PI, todas fornecidas pela Indústria Armil Mineradora, localizada na Cidade de Parelhas/RN. Os resíduos de vidro plano foram provenientes da cidade de Campina Grande/PB e fornecidos pela Vidraçaria Mauricelha.

O defloculante utilizado na composição das massas foi o silicato de sódio (Na_2SO_3), fabricado pela Sulatlantica Produtos Químicos LTDA e fornecido pela Indústria LUZARTE/PE.

Para desmolde dos corpos de prova cerâmicos foi utilizado o Talco [$(\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)], fornecido Celite Nordeste/PE e adquirido na Alfa Aesar GmbH & Co. KG.

2.2. Beneficiamento das matérias-primas

As matérias-primas tradicionais utilizadas já foram fornecidas beneficiadas. Enquanto que os resíduos vítreos foram inicialmente lavados para retirada de impurezas e em seguida secos a temperatura ambiente, sendo posteriormente triturados em moinho de bolas e almofariz, e beneficiado em peneira ABNT N° 200 (abertura 74 μm).

2.3. Formulações das massas cerâmicas alternativas para grés sanitários

A massa padrão para grés sanitários utilizada nesta pesquisa, foi recomendada por Santos [6] (1992), em que, os teores utilizados foram aplicados ao programa de reformulação de massa cerâmicas denominado Reformix 2.0, que indicou o percentual de cada matéria-prima a para utilizadas nas formulações, sendo necessário realizar alguns ajustes durante a realização da pesquisa.

A Tabela 1 apresenta os percentuais de matérias-primas utilizados para a elaboração da massa padrão de referência sem resíduos de vidro, denominada de MSRV, e das massas com resíduos de vidros planos substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5%, 7% e 10%, denominadas respectivamente de MCRV5, MCRV7 e MCRV10, na tentativa de encontrar um percentual adequado de resíduos que não comprometam as propriedades recomendadas para fabricação de grés sanitários.

Tabela 1. Percentuais das matérias-primas que foram utilizadas para realização da pesquisa

Matérias-primas (%)	MSRV	MCRV5	MCRV7	MCRV100
Ball Clay	35,06	35,06	35,06	35,06
Caulim	20,00	20,00	20,00	20,00
Quartzo	14,59	14,59	14,59	14,59
Feldspato	30,26	28,75	28,14	27,23
Vidro	---	1,51	2,12	3,03

*Massa padrão sugerida por Santos (1992).

2.4. Moldagem dos corpos de prova

Para a colagem das barbotinas foram utilizados moldes de gesso com capacidade para 5 (cinco) corpos de prova de

dimensões de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm³ cada unidade, conforme Figura 1.



(a)



(b)

Figura 1. Molde de gesso utilizado para preparação dos corpos de prova (a); barbotina sendo vertida no molde (b);

Fonte: Pesquisa Direta, 2009.

Para facilitar o desmolde foi aplicado nos moldes de gesso uma fina camada de talco, logo em seguida a barbotina foi vertida, ficando em repouso por cerca de 24 horas (dependendo das condições de temperatura e umidade do ambiente) para secagem natural. Posteriormente foi feita a retirada dos corpos de prova dos moldes e colocados em estufa à 110°C por 24 horas.

2.5. Queima dos corpos de prova

Os corpos de prova foram queimados em Forno Mufla EDG / Série FC-1.25 , no Laboratório Professora Maria

Claúdia Silva da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da UFCG. As temperaturas de queima utilizadas foram 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C, com velocidade de aquecimento de 10°C/min. e com tempo de 120min no patamar de queima.

2.6. Ensaio físicos-mecânicos das massas cerâmicas

2.6.1. Porosidade aparente

O ensaio de porosidade aparente foi realizado de acordo com a norma ABNT/NBR 15097:2004 [6], sendo seus valores determinados pela Equação 1:

$$PA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_i} \times 100 \quad (1)$$

onde:

PA é porosidade aparente (%);

P_u é o peso do corpo de prova úmido (g);

P_s é o peso do corpo de prova seco (g);

P_i é o peso do corpo de prova imerso(g).

2.6.2. Massa específica aparente

O ensaio de massa específica aparente foi realizado de acordo com a norma ABNT/NBR 15097:2004 [7], sendo seus valores determinados pela Equação 2:

$$MEA(\%) = \frac{P_s}{P_s - P_i} \times 100 \quad (2)$$

onde:

MEA é a massa específica aparente(%);

P_s é o peso do corpo de prova seco (g);

P_i é o peso do corpo de prova imerso(g).

2.6.3. Absorção de água

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT/NBR 15097(2004) [7]; em que após a etapa da queima, os corpos de prova foram pesados, e em seguida submersos em água destilada onde foram deixados por 24 horas e depois pesados novamente, sendo o percentual de absorção de água determinado pela Equação 3 descrita abaixo:

$$AA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (3)$$

onde:

AA é a absorção de água (%);

P_u é o peso do corpo de prova úmido(g);

P_s é o peso do corpo de prova seco (g).

2.6.4. Retração linear

As dimensões dos corpos de prova foram mensuradas com um paquímetro digital com resolução de 0,05mm e pesados em balança analítica com resolução de 0,001g da Shimadzu, e os valores obtidos foram utilizados na Equação 4, seguindo a norma da ABNT/ NBR 15097: 2004 [7].

$$RL(\%) = \frac{C_s - C_q}{C_i} \times 100 \quad (4)$$

onde:

RL é retração linear após secagem (%);

Cs é o comprimento do corpo de prova após secagem(cm);

Cq é o comprimento do corpo de prova após queima (cm).

2.6.5. Módulo de ruptura à flexão (MRF)

Após a queima, os corpos de prova foram colocadas em um analisador de resistência à flexão a três pontos de Marca Shimadzu, modelo AG-X, aplicando-se uma força de 50 N, com uma distância entre os pontos de apoio de 50 mm.

Os valores foram calculados a partir da Equação 5:

$$MRF = \frac{3PL}{2ah^2} \quad (5)$$

onde:

MRF é o módulo de ruptura a flexão;

P é a carga atingida no momento da ruptura (N);

L é a distância entre os apoios (mm);

a é a largura do corpo de prova (mm);

h a altura do corpo de prova

3. Resultados e Discussão

3.1. Porosidade aparente

A Figura 2 apresenta os valores obtidos para porosidade aparente das massas MSR, MCRV5, MCRV7 e MCRV10, nas temperaturas de 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C.

De acordo com a Figura 2 observou-se uma diminuição da porosidade aparente com o aumento da temperatura de queima para os valores de 1000, 1100 e 1200°C, isto pode ser explicado em virtude da eficiente formação de uma fase líquida, em que uma menor tensão superficial e a capilaridade ajudam a manter as partículas mais próximas, retraindo a peça e reduzindo desta forma a porosidade [7].

Verificou-se também que para a temperatura de queima de 1.250°C, ocorreu um pequeno aumento da porosidade aparente para as massas cerâmicas com 7% e 10% de resíduo de vidro (MCRV7 e MCRV10). Este comportamento pode ser explicado pelo fenômeno denominado de porosidade por

“overfiring”, ou seja, uma porosidade gerada pela queima de um material a temperatura acima da necessária para produzir uma fase líquida, resultando assim no surgimento de deformações, bolhas ou poros, sendo este fenômeno bastante abordado na literatura [8,9,10,11].

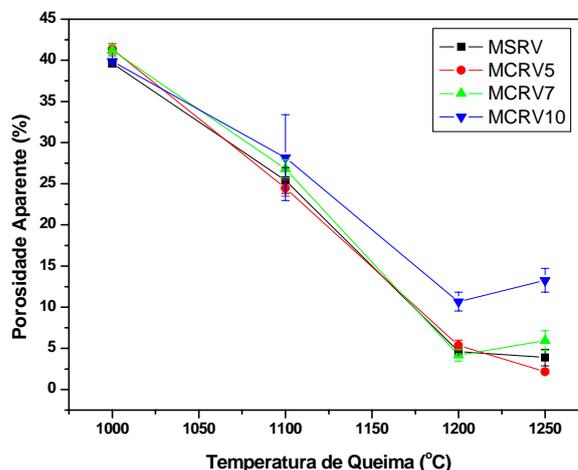


Figura 2. Porosidade aparente em função da temperatura de queima para os corpos cerâmicos estudados

3.2. Absorção de água

A Figura 3 apresenta os valores obtidos para absorção de água das massas MSR, MCRV5, MCRV7 e MCRV10, nas temperaturas de 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C.

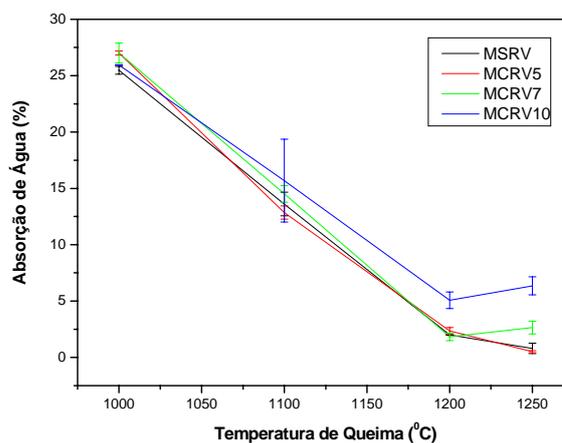


Figura 3. Absorção de água em função da temperatura de queima para os corpos cerâmicos estudados

A partir da observação da Figura 3, verifica-se que para todas as massas obtidas nos patamares de queima de 1.000, 1.100, 1.200°C, ocorreu uma diminuição no teor de absorção

de água com o aumento da temperatura, o que pode ser explicado pelo preenchimento dos poros durante a fusão dos óxidos fundentes presente nas massas, ocasionando assim uma redução da porosidade [12,13]. Enquanto que na temperatura de 1.250°C, as massas cerâmicas com resíduo de vidro plano a 7% e 10% (MCRV7 e MCRV10) apresentaram um aumento da absorção de água. Este comportamento pode ser explicado pelo aumento da porosidade aparente, discutida anteriormente, já que estas propriedades estão intrinsecamente relacionadas. Podemos verificar também, que a absorção de água das massas padrão, com 5% e com 7% de vidro apresentaram-se dentro da norma recomendada pela ABNT/NBR 15097(2004) [7].

3.3. Massa específica aparente

A Figura 4 apresenta os valores de massa específica aparente das massas MSRV, MCRV5, MCRV7 e MCRV10, nas temperaturas de 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C.

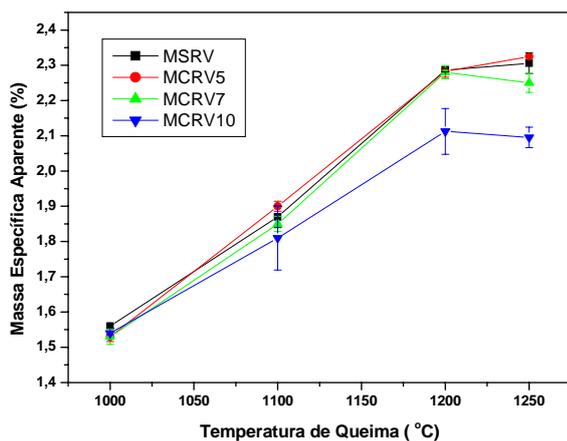


Figura 4. Massa específica aparente em função da temperatura de queima para os corpos cerâmicos estudados

Os resultados da análise da massa específica aparente estão intrinsecamente ligados à quantidade de poros existente no corpo cerâmico sinterizado. Pela Figura 4.48 foi possível analisar que para todas as formulações e patamares de queima de 1.000, 1.100 e 1.200°C, ocorreu um aumento da massa específica aparente com o aumento da temperatura de queima o que indica um bom grau de sinterização das partículas que compõem as massas cerâmicas. Isso se dá pela formação de fase líquida que, durante o processo de sinterização, penetra nos poros existentes, densificando o material [13].

Para as massas MCRV7 e MCRV10, obtidas a temperatura de 1.250°C, observou-se uma leve diminuição da massa específica aparente destas cerâmicas, que pode ser

atribuída ao aumento da porosidade gerada pela queima excessiva (fenômeno “overfiring”) [9,10,11].

3.4. Retração Linear

A Figura 5 apresenta os valores obtidos para retração linear após a queima das massas MSRV, MCRV5, MCRV7 e MCRV10, nas temperaturas de 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C.

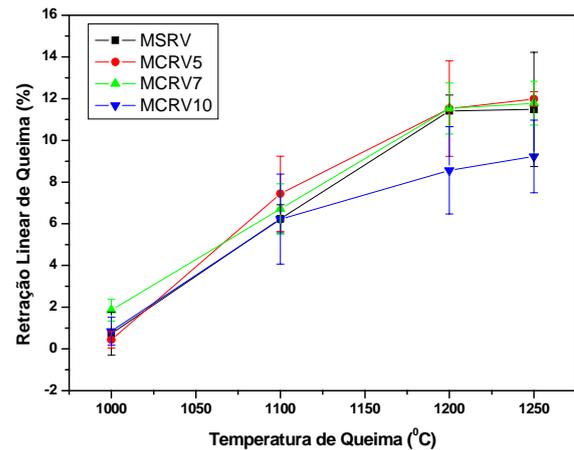


Figura 5. Retração linear em função da temperatura de queima para os corpos cerâmicos estudados

Pela Figura 5, observa-se que para todas os corpos de prova estudados, ocorreu acréscimo da retração linear, com o aumento da temperatura de queima, para todas as formulações. Este comportamento estar relacionado ao maior grau de sinterização, provocado por mudanças físicas e redução do volume dos corpos de prova [15].

Todas as amostras estudadas apresentaram retração linear de queima dentro dos padrões já que o valor máximo obtido foi de 11,78%, estando tanto dentro das especificações recomendadas para cerâmica branca que é de 13,00%, como também das especificações recomendadas pela indústria para grés sanitários que é de 12,00% e pela Literatura que é de 13,00% [14].

3.5. Tensão de ruptura a flexão em três pontos

A Figura 6 apresenta os valores obtidos para retração linear após a queima das massas MSRV, MCRV5, MCRV7 e MCRV10, nas temperaturas de 1.000, 1.100, 1.200 e 1.250°C.

Observa-se pela Figura 6 que para a temperatura inicial, todas as massas cerâmicas estudadas apresentaram valores próximos; em todos os patamares de queima os corpos cerâmicos MCRV7 apresentaram maiores valor. Em todas as temperaturas estudadas os valores de tensão máxima para ruptura em massas com resíduos vítreos (MCRV5, MCRV7 e

MCRV10) foram superiores aos da massa sem resíduo vítreo (MSRV), o que poderá estar relacionado a presença de CaO, Na₂O e MgO nos resíduos vítreos (conforme análise química) que se combinam com o quartzo, já que este se comporta como um “esqueleto” durante a formação da fase líquida, contribuindo para o aumento da resistência mecânica do material [16].

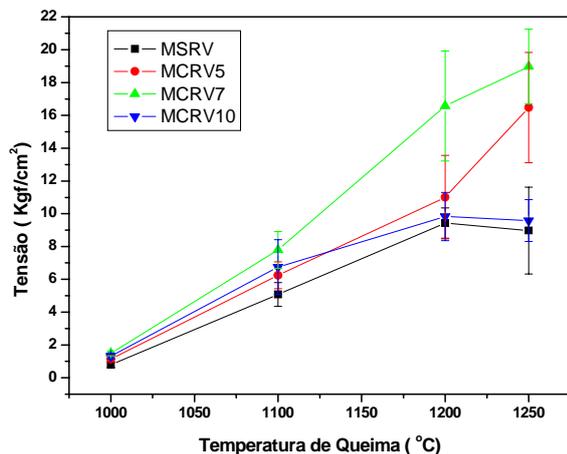


Figura 6. Tensão máxima em função da temperatura de queima para os corpos cerâmicos estudados

4. Conclusões

Tendo em vista o objetivo proposto neste trabalho que foi de investigar a possibilidade de substituição parcial do feldspato por resíduos de vidro plano em massas cerâmicas para grés sanitário, foi possível concluir quanto à caracterização físico-mecânica e estrutural dos corpos cerâmicos que:

- os corpos cerâmicos MSRV, MCRV5, MCRV7 e MCRV10 apresentaram valores decrescentes de porosidade aparente e absorção de água para as temperaturas de queima de 1.000, 1.100 e 1.200°C. No entanto para a temperatura de 1.250°C observou-se o aumento destes valores, que pode ser atribuído ao fenômeno denominado de porosidade por *overfiring*;
- os corpos cerâmicos MCRV5 (5% de vidro) apresentaram os menores valores de porosidade aparente para todas as temperaturas de queima e não apresentou porosidade por *overfiring*; além disso esta formulação apresentou valores de absorção de água dentro dos especificados pela norma ABNT NBR 15097 [7];
- para as massas MCRV7 e MCRV10, obtidas a temperatura de 1.250°C, observou-se uma leve diminuição da massa específica aparente destas cerâmicas, que pode ser atribuída ao aumento da porosidade gerada pela queima excessiva;
- todas as amostras estudadas apresentaram retração linear de queima dentro dos padrões da literatura cujo o valor máximo obtido foi de 11,78% ; estando tanto dentro das especificações recomendadas para cerâmica branca que é de 13,00%;

e) todos os corpos cerâmicos com resíduos de vidro plano obtidos nas diversas temperaturas, apresentaram valores de tensão de ruptura a flexão superiores aos obtidos pela massa padrão sem resíduo vítreo.

Com base nas conclusões apresentadas anteriormente, pode-se sugerir a utilização de resíduo de vidro plano como matéria-prima em potencial para substituir parcialmente o feldspato na formulação de massas cerâmicas para grés sanitários, nas proporções entre 5 e 7%, apresentando propriedades físico-mecânicas satisfatórias.

Referências

- Oliveira N. A. S.; *As alternativas para o gerenciamento dos resíduos sólidos em Curitiba - Pr, e sua contribuição com a melhoria da qualidade*, Caminhos de Geografia - Revista on line; Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>
- Recicloteca – Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. *Conheça sua embalagem de vidro*. Informativo Recicloteca n°3, p.6, Disponível em : <http://www.recicloteca.org.br> acesso em 06 de novembro de 2010.
- PGIRV- *Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Vítreos*. Cartilha Resíduos de Vidro, p.9, Disponível em: <http://www.minasmenosresiduos.com.br>
- Pereira S. S.; Melo J. A. B. *Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Campina Grande/PB e seus reflexos Socioeconômicos*, Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 2008.
- Jornal da Paraíba. *O Problema do Lixo em Campina Grande*, Reportagem:15/10/2005.
- Santos, P. S. *Ciência e Tecnologia das Argilas*. 2ª edição revisada e ampliada. v.1,2 e 3. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1989.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Aparelhos sanitários de material Cerâmico – requisitos e métodos de ensaios*. NBR 15097. Rio de Janeiro, 2004.
- Reed, J. S. *Principles of ceramic processing*. 2 Ed. Canadá. John Wiley & Sons Inc, 1995.
- Carty, W. M. *Observation on the glass Phase composition in porcelains*. Journal Industrie Ceramique. No. 995, p. 60-65. 2004.
- Bragança, S.R. e Bergmann. *Utilização de pó de vidro como fundente em cerâmicas tradicionais*. In: Congresso Brasileiro de Química, 46, São Pulo/SP. Anais. Natal,2002, p.521- 532.
- Tarnkamol, T.; Souza, G. P. *Use of soda-lime-silica waste glass as an alternative flux in traditional ceramics*. In: *GEOTHAI International Conference on Geology of Thailand: Towards Sustainable Development and Sufficiency*, Economy, 7, 2007. Bangkok, Thailand. Anais. Bangkok, 2007, p.46-53.
- Oliveira, I. R.; Studart, A. R.; Pileggi, R. G.; Pandolfelli, V. C. *Dispersão e empacotamento de partículas - princípios e aplicações em processamento cerâmico*. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, 2000.

- [13] Vieira C. M. F.; Holanda, J. N.; Pinatti, D. G. *Placas cerâmicas – uma Introdução*. Vértices, São Paulo, n.1, p.22 a 26, dez, 2001.
- [14] Melo M. M.; Martinelli, A. E.; Pinheiro A. S.; Nascimento R. M.; Vieira F. A. *Avaliação do efeito da adição de chamote de telha em formulação de grês porcelanato com queima a gás natural*. In: 17°. do Iguazu, CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia de Ciências dos Materiais, 2006, Foz do Iguazu-Pr. Anais. Foz 2006.
- [15] Gouveia, F. P. *Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massa cerâmicas para a fabricação de blocos de vedação para o Distrito Federal: um estudo experimental*. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)- Universidade de Brasília, Brasília/DF.
- [16] Andrade, F. L. F., Varela, M. L.; Dutra, R. P. S.; Nascimento, R. M.; Melo, D. M. A.; Paskocimas, C. A. *Avaliação da potencialidade de uso do resíduo proveniente da indústria de beneficiamento do caulim na produção de piso cerâmico*. Cerâmica Industrial, v, 14, jan/fev, p.41-47, 2009.