

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS ESPECIAIS EM MASSA PARA GRÉS SANITÁRIO: PROPRIEDADES FÍSICO-MECANICAS

Araújo, A.M.B¹;V.S. Porto³;C.R.S. Morais²;M.S.L. Cavalcanti³

Av. Aprígio Veloso, 882 -Bodocongó - Campina Grande/PB/Brasil CEP:58109-970

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos-UFCG

²Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – CCT – UFCG

³Departamento de Ciências Básicas e Sociais- CCHSA-UFPB

E-mail: angelmba2012@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho buscou alternativas tecnológicas de reaproveitamento dos resíduos de vidros de lâmpadas fluorescentes, que causam danos ao meio ambiente. Foram preparadas massas para cerâmica branca sem e com resíduos de lâmpadas substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5% e 10%. Os corpos de prova foram moldados e queimados a 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C. Os ensaios físicos e mecânicos realizados foram: porosidade aparente; absorção de água, retração linear; massa específica aparente e módulo de ruptura a flexão. Os corpos de prova com 10% de resíduos atingiram estabilidade em temperatura menor que 1250°C em todas as propriedades determinadas, confirmando a viabilidade de aplicação destes resíduos em massas cerâmica. Para otimizar o estudo, preparou-se outros corpos de prova nas proporções de 15% e 20% de resíduos, nos mesmos patamares de queima e ensaios. Os resultados obtidos ratificaram a possibilidade de utilização destes resíduos como fundente em massas cerâmicas.

Palavras chave: *reutilização de resíduos, grés sanitário, caracterização, resíduos de vidros especiais.*

INTRODUÇÃO

As lâmpadas fluorescentes são classificadas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), como “Resíduos Perigosos” por conter o gás de mercúrio, metal de elevada toxicidade ⁽¹⁾.

A destinação ambientalmente segura e adequada para o descarte de lâmpadas com vapor de mercúrio deve incluir coleta seletiva, descontaminação e reciclagem. A reciclagem é, atualmente, resposta mais segura e ambientalmente adequada para o descarte de lâmpadas com vapor de mercúrio. O termo reciclagem de lâmpadas refere-se à recuperação de alguns de seus materiais constituintes e a sua introdução nas indústrias ou nas próprias fábricas de lâmpadas. Existem vários sistemas de reciclagem em operação em diversos países da Europa, EUA, Japão e Brasil ⁽²⁾.

No entanto, considerando que o Brasil comercializa cerca de 100 milhões de lâmpadas por ano e sabendo-se ainda que as indústrias de reciclagem de lâmpadas de mercúrio são responsáveis pelo controle de apenas aproximadamente 6% do estoque de lâmpadas queimadas no país, o problema do descarte destes resíduos se agrava enormemente ⁽³⁾.

É fundamental salientar que após processo de descontaminação, cerca de 99% dos componentes das lâmpadas são enviados para reciclagem e o vidro é 100% reciclável, pois é feito de minerais como, areia, barrilha, calcário e feldspato. Ao agregarmos o resíduo vítreo na fusão, diminuimos a retirada de matéria-prima da natureza ⁽⁴⁾.

O reaproveitamento de resíduos vítreos, além de reduzir o impacto ambiental, pode contribuir para a diversificação da fabricação de produtos e para a diminuição dos custos finais de produção, já que pode atuar como fundente ⁽⁵⁾.

A empresa Lepri Finas Cerâmicas Rústicas, reaproveita vidros de lâmpadas fluorescentes para produzir pisos e revestimentos cerâmicos, em que 99% dos seus produtos contêm 25% desse material em sua massa, gerando economia de 15% de energia no processo de queima e facilitando a secagem dos produtos cerâmicos ⁽⁶⁾.

Morais (2013) apresentou no Congresso Internacional TMS anual Meeting & Exhibition, os resultados da caracterização de resíduo de vidro obtido com a descontaminação de lâmpadas fluorescentes para incorporação na massa para

produção de cerâmica vermelha, a fim de melhorar a qualidade do material e também promover um destino ambientalmente correto para esse tipo de resíduo⁽⁷⁾.

Este trabalho objetivou buscar alternativas tecnológicas de reaproveitamento dos resíduos vítreos de lâmpadas fluorescentes na fabricação de cerâmica branca. Foram formuladas massas cerâmicas sem resíduo de vidro e com resíduo de vidro substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5%, 10%, 15% e 20%. Em seguida foram avaliadas, em corpos de prova moldados e queimados a 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C, as propriedades físicas e mecânicas foram determinadas, através dos ensaios da porosidade aparente (PA), massa específica aparente (MEA), absorção de água (AA), retração linear (RL) e módulo de ruptura a flexão (MRF).

MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização deste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas tradicionais: argila, oriunda de Alhandra/PB; quartzo, feldspato e caulim, provenientes do Junco de Seridó/PB, doados pela empresa COTEBRAS (Companhia Tecnocerâmica do Brasil).

Os Resíduos de vidros de lâmpadas fluorescentes foram doados por uma indústria do Estado do Ceará, já beneficiados.

Todas as matérias-primas foram caracterizadas através de análise química utilizando as técnicas clássicas, instrumentais e complexométricas, realizadas no Laboratório de Análise Mineral da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Para preparação das massas triaxiais foi utilizado o defloculante inorgânico (Silicato de Sódio), cedido pela empresa Luzarte do estado de Pernambuco.

A composição da massa Padrão para grés sanitário seguiu a recomendação de Santos (1992)⁽⁸⁾, sendo também aplicado o programa de reformulação de massas cerâmicas, denominado REFORMIX 2.0.

Foram formuladas massas padrão de referência sem e com resíduos de vidro de lâmpadas fluorescentes substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5% , 10%, 15% e 20% na tentativa de encontrar um percentual adequado de resíduos que não comprometam as propriedades recomendadas para fabricação de cerâmica branca.

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, aplicando nos moldes uma fina camada de talco, para facilitar o desmolde, logo em seguida a barbotina foi vertida para secagem natural. Posteriormente os corpos foram retirados dos moldes e colocados em estufa à 110°C, por 24 horas.

Os corpos de prova foram queimados em Forno Mufla EDG/ Série FC – 1.25. no Laboratório da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da UFCG. As temperaturas de queima utilizadas foram 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C com velocidade de aquecimento de 5°C/min e com tempo de 200min no patamar de queima.

Ensaio físicos

Estes ensaios foram realizados com finalidade de avaliar porosidade aparente, massa específica aparente, absorção de água e redução de volume do corpo de prova após secagem e queima. Foi utilizado um paquímetro digital para medição dos corpos, balança analítica para medir o peso dos corpos. Os valores de retração linear após secagem (RLS) e retração linear após queima (RLQ), foram calculados de acordo com a Norma ABNT/NBR 15097:2004,

Ensaio Mecânico

Este ensaio foi realizado através do Módulo de ruptura à flexão (MRF), o qual determinar o valor da carga que, aplicada ao corpo de prova causa ruptura após o aumento uniforme desta carga. Foi utilizado um analisador de resistência à flexão a três pontos da marca Shimadzu/Autograph AG – X 50KN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os valores de absorção de água dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

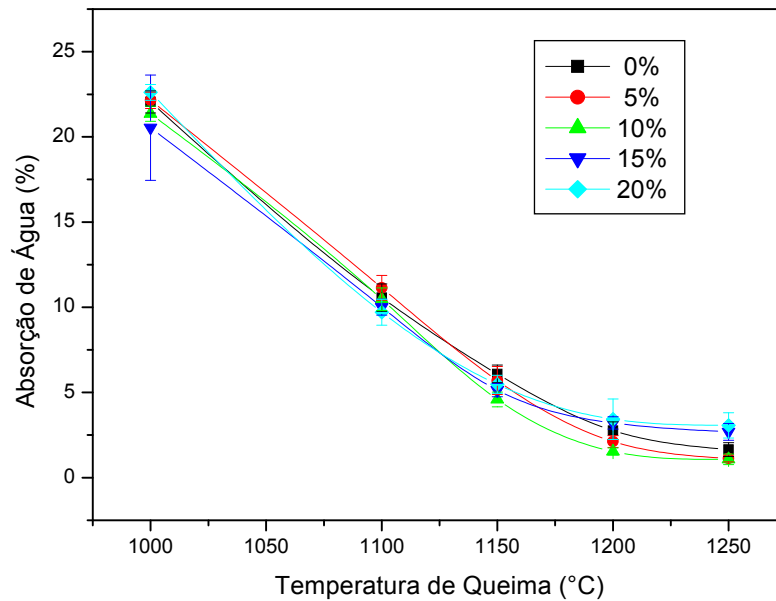


Figura 1 – Absorção de água em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

Observa-se na Figura 1, que a absorção de água diminuiu com o aumento da temperatura de queima para todas as amostras estudadas no intervalo de 1000°C a 1200°C, podendo verificar também que o menor valor atingido foi na presença de um percentual de 10% de vidro mantendo-se quase constante a partir da temperatura de 1200°C até 1250°C. Este comportamento pode ser explicado através da característica do resíduo vítreo como soda-cal, e confirmado por Pianoro (2004) quando afirma que a fase vítrea se apresenta a temperaturas mais baixas em corpos com proporções de sódio maiores que potássio, fazendo com que o material seja fundente, ponto importante para massas cerâmicas direcionadas à fabricação de produtos com valores menores de absorção de água⁽⁹⁾.

Nas porcentagens de 15% e 20% até a temperatura de queima de aproximadamente 1200°C a absorção de água foi próxima a do corpo de prova de 0% de resíduo de vidro. Acima da temperatura de queima de 1200°C até 1250°C permaneceram quase que constante um pouco acima do valor do corpo de prova de massa padrão.

A Figura 2 apresenta os valores obtidos de porosidade aparente dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

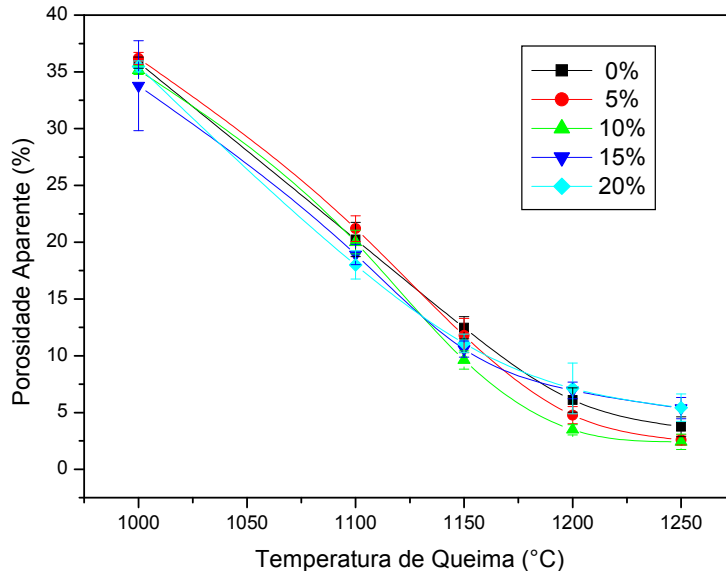


Figura 2 – Porosidade aparente em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

Observa-se na Figura 2, uma diminuição da porosidade aparente com o aumento da temperatura de queima no intervalo de temperatura de 1000°C a 1200°C, comportamento este também verificado por Cavalcanti ⁽¹⁰⁾. Segundo Reed⁽¹¹⁾ a formação de uma fase líquida eficiente em que ocorre uma menor tensão superficial ajuda a manter as partículas mais próximas, retraindo a peça e reduzindo assim a porosidade. Em relação a composição do corpo de prova, verifica-se que a medida em que aumentou a proporção do resíduo vítreo, houve uma diminuição da porosidade. De acordo com Silva ⁽¹²⁾, os óxidos alcalinos de potássio (K_2O) e de sódio (Na_2O) atuam como agentes fundentes, formando fase líquida na queima e reduzindo a porosidade do material. Sendo o Na_2O um fundente mais energético que o K_2O .

O feldspato da matéria prima utilizada apresenta valor de K_2O (8,93%) e Na_2O não determinado, enquanto que o resíduo vítreo apresenta K_2O (1,10%) e de Na_2O (19,53%), portanto observa-se que o resíduo vítreo apresenta percentuais de óxidos fundentes bem superiores aos do feldspato.

Os corpos de prova com 5% e 10% de resíduo vítreo apresentaram menor porosidade que os corpos sem resíduo, mostrando uma estabilidade no intervalo de queima de 1200°C a 1250°C dos corpos de prova com 10% de resíduo, ou seja atingiu menor porosidade na temperatura de queima de 1200°C.

A Figura 3 apresenta os valores obtidos de massa específica aparente dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

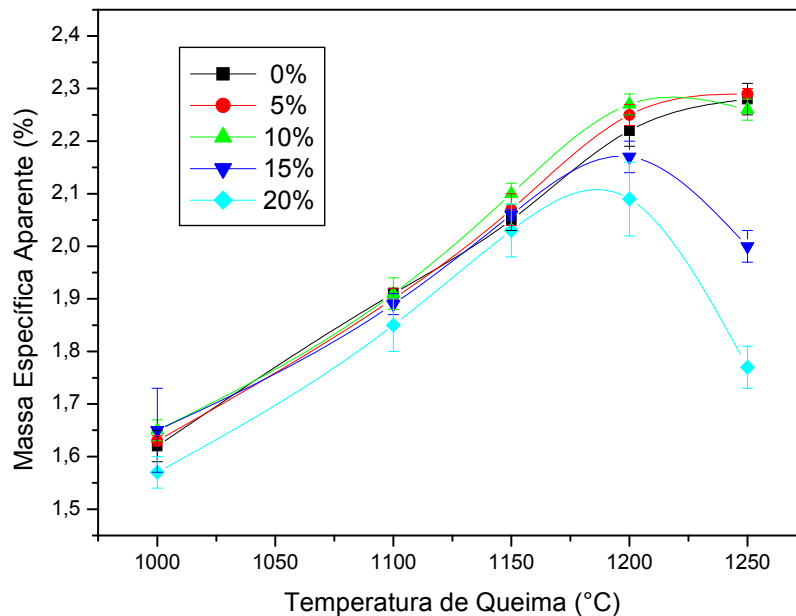


Figura 3 – Massa específica aparente em função da temperatura de queima dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

Verifica-se na figura 3, que com o aumento da temperatura de queima de 1000°C a 1200°C ocorreu um aumento da massa específica aparente, o que representa uma boa sinterização das partículas que compõem as massas cerâmicas. Observa-se que a massa com 5% de resíduo vítreo apresentou na temperatura de 1250°C aumento da massa específica aparente, considerando que a densificação está diretamente ligada a redução da porosidade. Para a massa com 10% de resíduo vítreo na queima de 1250°C observou-se uma leve diminuição da massa específica aparente que pode ser atribuída ao valor quase estável da porosidade gerada pela queima.

O corpo de prova com porcentagem de 15% e 20% de resíduo, apresentaram diminuição no valor da massa específica aparente acima da temperatura de queima de 1200°C.

Na Figura 4 são apresentados os valores obtidos de retração linear dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

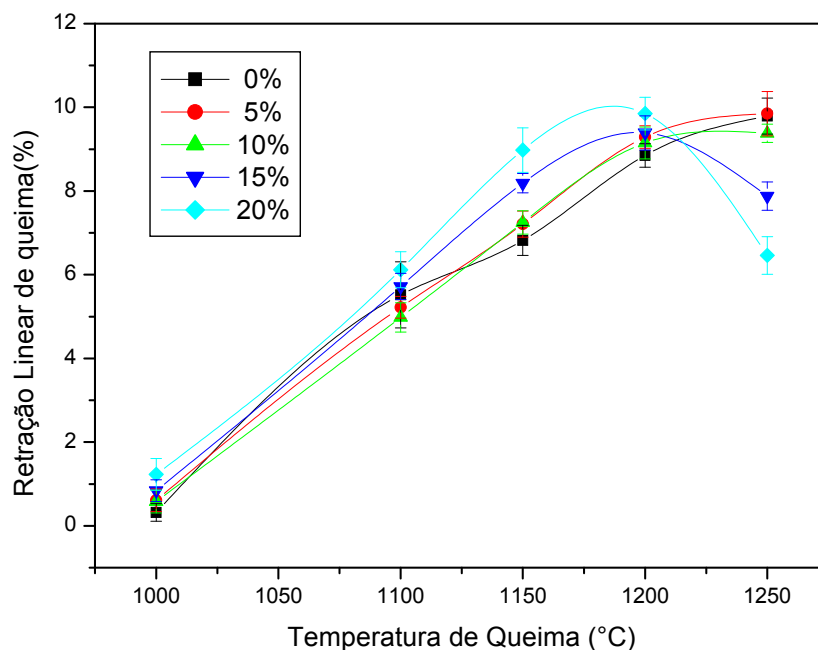


Figura 4 – Retração linear em função da temperatura de queima dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

Através da Figura 4, verifica-se que ocorreu aumento da retração linear com o aumento da temperatura de queima para todas as amostras estudadas com valores aproximados até a temperatura de queima de 1200°C. Este comportamento pode estar relacionado ao menor grau de sinterização, ocasionado por mudanças físicas e redução do volume dos corpos de prova pela perda de água (fase líquida), mencionado por Gouveia ⁽¹³⁾. A queima no patamar de 1100° apresentou um aumento da retração linear concomitante diminuição da absorção de água. Este comportamento se deve ao aumento de fase líquida que preenche progressivamente os poros abertos, e conseqüentemente provoca uma maior aproximação entre as partículas, resultando em retração dos corpos cerâmicos a medida que se aumenta

a temperatura de sinterização. A presença de fundente na composição da massa cerâmica auxilia a densificação proporcionando fechamento da porosidade aberta. Pode-se observar que a amostra com 10% de resíduo vítreo manteve seu valor de contração linear quase constante a partir do patamar 1200°C, apresentando assim menor contração, em relação às amostras sem e com 5% de resíduo de vidro, na temperatura de 1250°C. Ainda foi possível verificar que todas as amostras exibiram baixos valores de retração linear, resultando em boa estabilidade dimensional.

Na Figura 6 são apresentados os valores obtidos de Tensão de ruptura dos corpos de prova com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima

Figura 6 – Tensão máxima em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

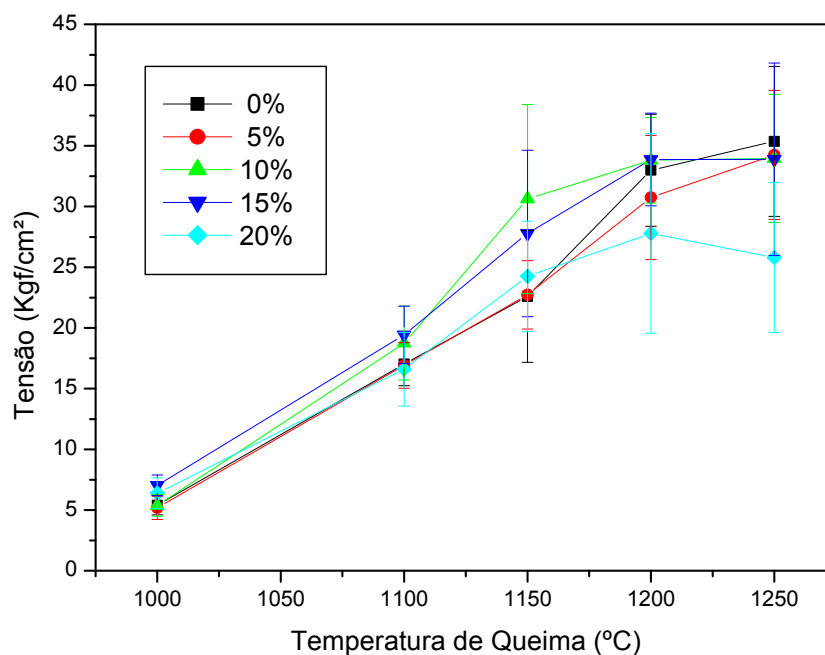


Figura 6 – Tensão máxima em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resíduo vítreo

Segundo a Norma Europeia EM 100, o valor médio permitido de Tensão de ruptura à flexão para um produto ser considerado um grés porcelanato deve ser maior ou igual a 27 N/mm² ⁽¹⁴⁾. Todos os corpos de prova apresentaram valores de Tensão de ruptura acima do permitido pela Norma na temperatura de queima de

1200°C. A massa com 5% de resíduo de vidro em substituição ao feldspato alcançou valor bem aproximado do da massa padrão na temperatura de 1250°C.

Verifica-se que a massa com 10% e 15% de vidro apresentou valores acima da Norma já na temperatura de queima de 1150°C atingindo valores máximos de tensão em 1200°C, mantendo-se praticamente estáveis até 1250°C. Já a massa com 20% de resíduo alcançou seu valor máximo e dentro do permitido no patamar de queima de 1200°C, apresentando valor um pouco abaixo da Norma em 1250°C, o que deve ser levado em consideração ocorrências nas outras propriedades, como pequeno aumento de porosidade, conseqüentemente maior absorção de água nesta temperatura de queima. Daí percebe-se a importância para uma avaliação final em considerar os resultados em conjunto das propriedades físicas e mecânicas, visto que segundo o Inmetro os diferentes níveis de grau de absorção de água interferem diretamente nas características da cerâmica em que sua resistência mecânica está diretamente relacionada a esta propriedade: quanto menor a absorção de água, maior sua resistência⁽¹⁾.

CONCLUSÕES

- Através dos resultados de composição química e mineralógica verificou-se que as matérias-primas analisadas apresentam alto teor de caulinita e baixo teor de impurezas como Fe_2O_3 e TiO_2 , indicando assim grande potencial de uso em cerâmica branca.
- Os ensaios, para determinação das propriedades físicas, realizados nos corpos de prova queimados a diferentes temperaturas atenderam as especificações para cerâmica branca classificada em grés, em termo da absorção de água com valores entre o intervalo de 0,5% a 3,0%.
- As amostras formuladas com percentuais de resíduos de vidros especiais, caracterizados como soda-cal, apresentaram valores de porosidade e teor de absorção de água, menores em relação ao sem resíduo.
- Os corpos de prova com 10% e 15% do resíduo vítreo atingiram estabilidade no patamar de temperatura menor que 1250°C em todas as propriedades físicas determinadas.

- Todos os corpos de prova apresentaram retração linear menor que 10%, estando dentro das especificações recomendadas pela indústria para grés sanitário.

A partir dos resultados apresentados a avaliação indica a viabilidade de utilização do resíduo do vidro especial na substituição parcial do feldspato diante do seu potencial como fundente para este tipo de aplicação.

REFERÊNCIAS

1. INMETRO. Revestimentos Cerâmicos (pisos e azulejos) Disponível em < <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/revestimentos.asp>> Acesso em 19 mar. 2014.
2. PROCURADORIA GERAL DA REPÚBLICA SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MPF PROGRAMA DE GESTÃO AMBIENTAL PROJETO DE DESCONTAMINAÇÃO DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO. Disponível em <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/wp-content/uploads/2010/11/projeto-de-descontaminacao-de-lampadas-com-mercurio.pdf>> Acesso em: 21 mar. 2014.
3. JÚNIOR W. A. D. e WINDMÖLLER C. C., **A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes**, Recebido em 26/7/06, aceito em 7/3/08, Disponível em <<http://qnesc.sbg.org.br>> . Acesso em 20 de novembro de 2011.
4. ABIVIDRO – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro, **Benefícios da reciclagem do vidro**, Disponível em <http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/beneficios-da-reciclagem-do-vidro> Acesso em: 20 mar. 2014.
5. RECICLOTECA – Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. **Conheça sua Embalagem de vidro**. Informativo Recicloteca nº3, p.6, 1997.
6. **CERÂMICA REAPROVEITA VIDROS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES, TELAS DE TV E MONITORES DE COMPUTADOR** Disponível em <<http://www.jornaldaregiaosudeste.com.br/noticias/ceramica-reaproveita-vidros-de-lampadas-fluorescentes--telas-de-tv-e-monitores-de-computador>> **Acesso em: 21 mar. 2014.**
7. **LÂMPADA FLUORESCENTE PODE SER INCORPORADA A CERÂMICA VERMELHA** Disponível em < <http://www.ceramicasalema.com.br/artigos/noticias/vidro-de-lampada-fluorescente-com-possibilidade-de/>> Acesso em: 20 fev. 2014
8. SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. vol 2. São Paulo Edgard Blucher Ltda, 1992.
9. PIANORO, S. A.; RODRIGUES A. M.; BERG, E. A. T.; SANTOS, A. H. **Propriedades de Matérias-primas selecionadas para a produção de grés porcelanato**, Cerâmica Industrial v. 9, n. 1, p 33-38, jan/fev, 2004.
10. CAVALCANTI, M.S.L. **Desenvolvimento de massas cerâmicas para grés sanitários utilizando resíduo de vidro plano como fundente em substituição parcial ao feldspato.**

2010. 191p.Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.

11. REED, J. S. **Principles of ceramic processing**. 2 Ed. Canadá. John Wiley & Sons Inc. 1995.

12. SILVA, J. E. **Controle de processo**. Curso e tecnologia Cerâmica 2001.

13. GOUVEIA, F. P. P. EREIRA. **Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massa cerâmica para a fabricação de blocos de vedação para o Distrito Federal: um estudo experimental**. 2008. 111p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília/DF.

14. PORTO, V.S. **Otimização no processo de incorporação de resíduo vítreo em massas cerâmicas para grés sanitário**. Dissertação, 2012. Programa de Pós-Graduação em ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande.

EVALUATION OF INCORPORATION OF WASTE VITREOUS SPECIAL FOR STONEWARE CERAMICS FOR HEALTH: PHYSICAL AND MECHANICA

ABSTRACT

This study aimed to technological alternatives for the reuse of waste glass from fluorescent lamps , which cause damage to the environment . For ceramic white bodies with and without waste partially replacing the lamp in Feldspar proportions of 5% and 10 % were prepared. The specimens were molded and fired at 1000 ° C , 1100 ° C , 1150 ° C , 1200 ° C and 1250 ° C. The physical and mechanical tests were : apparent porosity , water absorption , linear shrinkage , apparent specific gravity and flexural modulus . The specimens with 10 % of waste reached stability at less than 1250 ° C temperature at all certain properties , confirming the feasibility of these residues in ceramic masses . To optimize the study , prepared other specimens in the proportions of 15 % and 20 % of waste , the same levels of burning and essays. The results ratified the possibility of using these residues as a flux in ceramic slurries .

Keywords: reuse of waste, sanitary earthenware, characterization, waste of special glasses.