

PÓ DE VIDRO UTILIZADO COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.IV-017>

Geovana Carla Girondi Delaqua (*), Carlos Maurício Fontes Vieira

* Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV/UENF, Av. Alberto Lamego 405, Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da incorporação de pó de vidro de embalagens proveniente da coleta seletiva a uma massa de cerâmica vermelha para analisar as propriedades físicas e mecânicas das peças queimadas. Corpos-de-prova foram obtidos por prensagem uniaxial a 10ton e queimados nas temperaturas de 800°C e 850°C. Os resultados indicaram que, o vidro de embalagem contribui significativamente as propriedades avaliadas, onde ocorre uma diminuição da absorção de água, e inversamente, um aumento da resistência mecânica, sendo então uma forma de destinação para este resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Embalagens múltiplo uso; Vidro; Resíduo; Cerâmica

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of incorporating glass powder from packaging materials from selective collection into a red ceramic mass to analyze the physical and mechanical properties of the fired pieces. Test specimens were obtained by uniaxial pressing at 10 tons and fired at temperatures of 800°C and 850°C. The results indicated that the glass packaging material significantly contributes to the evaluated properties, where there is a decrease in water absorption and, conversely, an increase in mechanical resistance, thus being a form of disposal for this waste.

KEY WORDS: Post-consumer packaging; Glass; Waste; Ceramics

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas da sociedade atual é a crescente geração de resíduos industriais que demandam uma disposição final ambientalmente correta, tendo em vista que sua produção, descarte e disposição indevida geram muitos impactos ambientais, econômicos e sociais [1].

A preocupação em relação à sustentabilidade tem feito com que a indústria de cerâmica seja uma alternativa para a incorporação de resíduos industriais na massa argilosa, contribuindo para a diminuição da matéria-prima e fornecendo uma disposição correta para os resíduos [2].

O vidro usado em embalagens aumentou muito sua quantidade com o crescimento econômico, gerando um grande acúmulo de resíduo. O vidro é um material totalmente reciclável e reaproveitável, mas quando rejeitado em local inadequado pode permanecer por muitos anos, gerando problemas ambientais [3].

A indústria cerâmica possui potencial para o aproveitamento de resíduos industriais, proporcionando diminuição dos impactos ambientais, ao reutilizar produtos que não receberiam o descarte de forma adequado. Outra vantagem da incorporação para as indústrias é que pode contribuir para favorecer os produtos finais cerâmicos, além de reduzir os custos de produção [4].

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o resultado da incorporação de vidro de embalagens múltiplo-uso resultante de uma recicladora do município de Campos dos Goytacazes, RJ, a massa cerâmica com a perspectiva de melhoramento da qualidade cerâmica, pois a adição do vidro pode incrementar a resistência mecânica da peça.

MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram uma massa argilosa contendo 25% de argila vermelha e 75% de argila amarela, e vidro de embalagem múltiplo-uso.

A argila vermelha é proveniente de Itaboraí - RJ e a amarela de Campos dos Goytacazes - RJ, ambas foram cedidas pela empresa Arte Cerâmica Sardinha localizada no município de Campos dos Goytacazes. As embalagens múltiplo-uso foram coletadas em uma recicladora – RECICAMPOS, no município de Campos dos Goytacazes- RJ.

A argila foi seca em estufa de laboratório a 110°C por 24 horas e, posteriormente desagregada manualmente com almofariz para passagem completa na peneira de 40 mesh. O resíduo de vidro de embalagem passou por moagem no moinho de bolas até obter forma de pó para ser passado em peneiras granulométrica de 40 mesh, 100 mesh e 200 mesh. O tempo de moagem variou de acordo com a granulometria. Na Figura 1 são apresentadas as matérias-primas utilizadas no trabalho.



Figura 1: Argila peneirada (A), vidro moído (B) e vidro peneirado (C).

A composição química das matérias-primas foi determinada por fluorescência de raios X (XRF) utilizando um equipamento PANalytical XRF, modelo Axios Max. O comportamento térmico do vidro foi avaliado por ensaio dilatométrico, utilizando o equipamento Netzch DIL 402 PC, com temperatura final de 1150 °C e taxa de aquecimento de 10°C/min.

As massas foram formuladas com incorporação de 10% de resíduo de vidro, e uma massa contendo apenas argila com granulometria de 40 mesh foi utilizada para servir de referência. As massas foram misturadas ao vidro de acordo com a Tabela 1, e homogeneizadas em moinho de bolas por aproximadamente 20 minutos, depois umedecidas com 8% de água.

Tabela 1. Composição das massas cerâmicas (% em peso)

Proporção de vidro em argila	Granulometrias (mesh)		
	40	100	200
0%	X	-	-
10%	X	X	X

Os corpos de prova foram preparados por prensagem uniaxial em a 10 Mpa em uma matriz de aço com forma retangular nas dimensões 114,3 x 25,4 x 10 mm. Após a prensagem, as peças cerâmicas foram secas em estufa a 110°C por 24 horas e posteriormente, pesadas e medidas (comprimento, largura e espessura) por meio de paquímetro e balança digital.

Os corpos de prova foram queimados nas temperaturas de 800°C e 850°C, a uma taxa de 2°C/min, mantidos por 180min na temperatura de patamar. O resfriamento ocorreu por convecção natural com desligamento do forno. Após o resfriamento as peças cerâmicas foram novamente pesadas e medidas (comprimento, largura e espessura), para avaliar a retração das peças.

Após a queima, foram determinadas as propriedades físicas e mecânica: absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão.

A retração linear das peças foi calculada através do comprimento dos corpos de prova após conformação e secagem, e o comprimento do corpo de prova após queima.

O ensaio de absorção de água (AA) foi realizado de acordo com a norma NBR 15270-17 [5]. Neste ensaio, foi medida a massa dos corpos de prova queimados, e em seguida foram colocados em um recipiente com água fervente, onde foram mantidos por 2 horas. Em seguida, a água superficial de cada peça foi retirada e registrou-se a massa dos corpos de prova.

O ensaio de tensão de ruptura à flexão em três pontos (σ) foi realizado de acordo com a norma ASTM C674-77 [6]. A carga aplicada pelo cutelo superior tem velocidade de 1mm/min e a distância entre os cutelos de apoio é de 90 mm. A tensão foi calculada utilizando a carga aplicada no momento da ruptura, e dividida pela área do corpo de prova.

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentadas as composições químicas da massa cerâmica e do vidro. Observa-se que os óxidos predominantes na massa cerâmica são sílica (SiO_2) e a alumina Al_2O_3 , que são na sua maioria combinados para formar o silicato de alumínio, como a mica muscovita e a caulinita. Observa-se que o teor de Fe_2O_3 é alta, sendo este responsável pela coloração avermelhada às peças após a queima. Também é possível observar um valor considerável da perda ao fogo. A alta perda ao fogo indica uma grande quantidade de minerais argilosos, pois está principalmente associada à desidroxilação da caulinita [7-10].

Nesta mesma tabela, é apresentada ainda a composição química do vidro, onde é possível observar que o óxido predominante é SiO_2 , que é responsável por formar a fase vítrea, com presença significativas de Na_2O e CaO . Nota-se ainda uma quantidade moderada de Fe_2O_3 . A presença de K_2O , que é um agente de fluxo, contribui para a formação de fases líquida, responsáveis por fechar a porosidade e melhorar as propriedades tecnológicas [11].

Tabela 2: Composição química das matérias-primas utilizadas.

Componente	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	Na_2O	P_2O_5	SiO_2	TiO_2	PF*
Massa cerâmica	24,26	0,28	7,31	1,1	0,97	<0,05	0,37	0,12	56,10	1,06	7,91
Vidro	2,40	8,45	1,25	0,30	2,45	-	14,00	0,05	72,00	0,20	2,80

Na Figura 2 é apresentada a dilatometria óptica do vidro. É possível observar, através da sequência de imagens, que ocorre uma mudança geométrica da amostra de vidro a partir de 799°C, onde a altura inicial do corpo de prova sofre uma transformação de 100%, para 75,8%. Após, ocorre uma contração significativa a 1048°C, com fusão a 1131°C. O vidro após iniciar o fluxo viscoso, se comportando como líquido, e quando adicionado em uma massa cerâmica pode proporcionar melhores propriedades físicas e mecânicas através do fechamento de poros, isto devido à temperatura do vidro ser compatível com a temperatura da cerâmica vermelha, que resistem a temperaturas superiores a 1000°C [12]

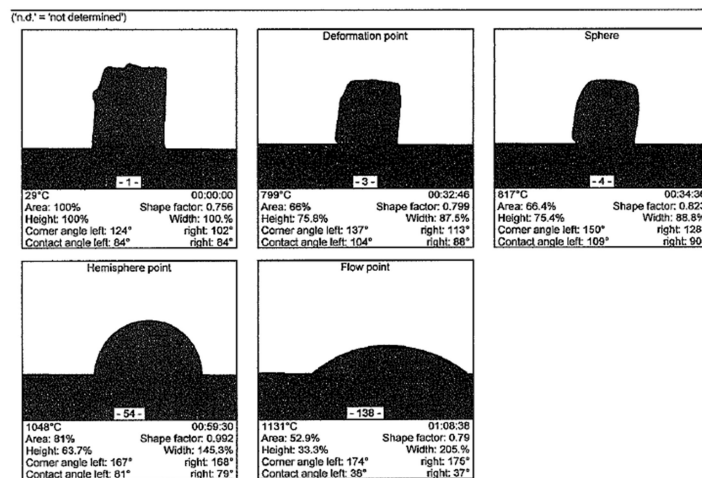


Figura 2: Dilatometria óptica do vidro

A Figura 3 apresenta os resultados de absorção de água das cerâmicas queimadas em 800°C e 850°C. É possível observar, comparando com a massa referência, que em todas as formulações estudadas, com a diminuição do tamanho de partícula do resíduo houve uma diminuição na absorção de água. Nota-se uma menor absorção na composição com o resíduo na granulometria de 200mesh, que foi de 17%. Os óxidos alcalinos e alcalinos terrosos presentes no resíduo são importantes para cerâmica devido à formação de fase líquida durante a sinterização, ocasionando o preenchimento dos poros existentes, ocorrendo então uma redução na absorção de água.

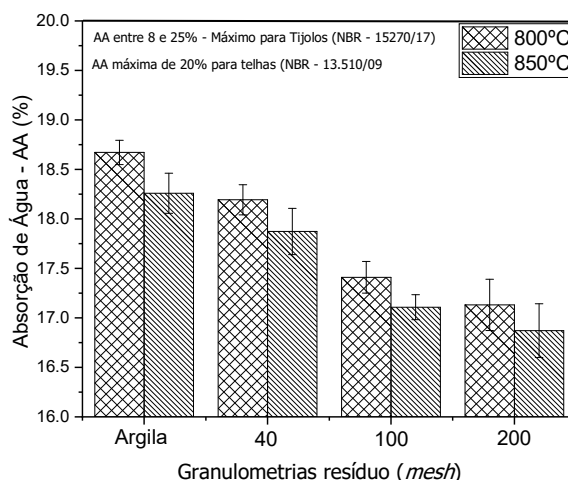


Figura 3: Absorção de água das massas com 10% de resíduo.

Na Figura 4 é apresentado o gráfico da retração linear das peças. Observa-se no gráfico que houve um leve aumento na retração com o aumento da temperatura de 800 para 850°C, mas mesmo assim, todas as massas e temperaturas investigadas ficaram dentro da classificação de baixa variação (0-1%). Isto pode ser explicado pela dilatometria óptica (figura 2), onde nesta faixa de temperatura é onde tem início a transformação, sendo mais perceptíveis em temperaturas mais altas.

A retração linear é consequência do processo de sinterização que ocorre através do agrupamento de moléculas que compõem a cerâmica com o aumento de temperatura, ocorrendo a diminuição de poros, diminuindo então suas dimensões [13]. A recomendação para queima de cerâmica vermelha é que a retração máxima não ultrapasse 2% []. Com isto, observa-se que todas as formulações e temperaturas estudadas atenderiam a esta recomendação.

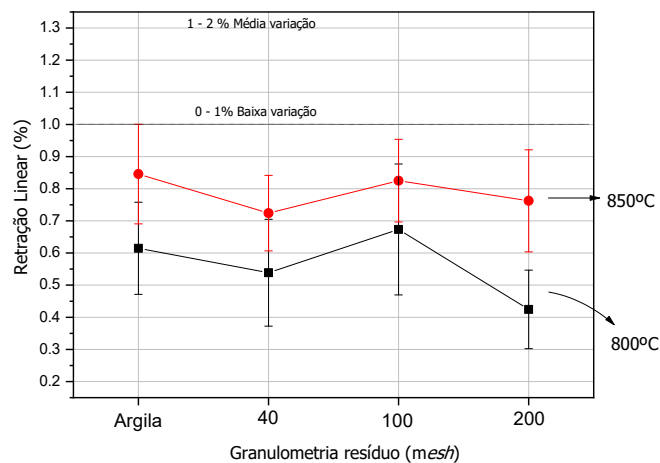


Figura 4: Retração linear das massas com 10% de resíduo.

A Figura 5 apresenta os resultados para o ensaio de tensão de ruptura à flexão por três pontos nas peças. Analisando o gráfico, é possível observar que houve uma melhoria significativa das peças quando o resíduo foi incorporado à massa com menor granulometria (200#), principalmente quando aumentou a temperatura de queima para 850°C. Estes resultados corroboram com a Figura 2, onde é apresentado que nessas temperaturas investigadas, tem início a formação de fase líquida do vidro, aferindo uma maior resistência às peças.

A incorporação do resíduo à massa cerâmica melhorou a resistência da cerâmica, provavelmente devido à formação de fase líquida do resíduo, proporcionando melhorias nas propriedades mecânicas através do fechamento dos poros. Com a incorporação do resíduo houve um aumento na resistência da peça, quando comparado com a massa padrão. Em conformidade com o recomendado por Santos [14], todas as massas estudadas com a adição do resíduo, atendem a recomendação para a produção de tijolos (2MPa), e mesmo com o aumento da temperatura e melhoria desta propriedade, neste trabalho, nenhuma massa atendeu o recomendado para blocos (5,5MPa) e telhas (6,5MPa).

Figura 5: Tensão de ruptura à flexão por três pontos das massa e temperaturas investigadas.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos podemos concluir que os óxidos de cálcio e sódio presentes no vidro contribuem para melhoria nas propriedades das peças, onde a massa com 10% de incorporação de vidro diminuiu a absorção de água, e

teve um aumento na resistência, sobretudo quando aumentou a temperatura, quando comparado a uma massa padrão (0%), que foi preparada e queimada sob as mesmas condições.

Com isso, conclui-se então que o vidro apresenta grande potencial para ser reaproveitado em cerâmica vermelha, pois além de contribuir para a melhoria das propriedades das peças, é uma alternativa para a economia matéria-prima, contribuindo então para preservação ambiental, já que o vidro lançado na natureza não é reciclado naturalmente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UENF, a CAPES, ao CNPq proc. nº 302976/2022-1, a FAPERJ proc. nº E-26/200.847/2021, E-26/200.104/2024 e E-26/200.105/2024, pelo apoio financeiro, e a Arte Cerâmica Sardinha pela doação da matéria-prima argilosa utilizadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Parthan, S.R., Milke, M.W., Wilson, D.C, Cost estimation for solid waste management in industrialising regions Precedents, problems and prospects, Waste Manag. 32 (2012) 584–594. **Morais, a. S. C. Incorporação de Resíduo de Vidro de Lâmpada Fluorescente em Cerâmica Vermelha.** Dissertação (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais). Universidade Estadual do Norte Fluminense. 2013.
2. Busch, P. F. **Efeito da Incorporação de Resíduo do Processamento de Lapidação de Vidro sodo-cálcico nas Propriedades Físicas e Mecânicas de Cerâmica Vermelha**, 2016 Dissertação (Mestrado) Centro de Ciência e Tecnologia (CCT) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016.
3. Godinho, K. de O. R.; Silva, A. G. P. da; Holanda J. N. F. de. **Incorporação de resíduo de Vidro em Cerâmica Vermelha.** In: 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2004, Curitiba-PR, 2004.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Componentes cerâmicos - **Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos**, NBR 15270, 2017.
5. ASTM - American Society for Testing and Materials - C674-77 (1977). **Flexural properties of ceramic whiteware Materials.**
6. Delaqua, G.C.G., Vernilli, F., Teixeira, S.R., Colorado, H.A.L., Monteiro, S.N., Vieira, C.M.F. **Influence of glass particle size on the physico-mechanical properties of red ceramic**, *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 26, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.09.040>
7. Delaqua, G.C.G.; Jardim, V.Q.; Vieira, C.M.F. **Aproveitamento de vidro de embalagem pós-consumo em cerâmica vermelha**, p. 2905-2912. In: 74º Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2019.
8. Vieira, C. M. F.; Monteiro, S. N. **Solid state sintering of red ceramic at lower temperatures.** *Ceramics International*, v. 30, p. 381-387. 2004
9. Amaral, L.F., De Carvalho, J.P.R., Delaqua, G.C.G., Vieira, C.M.F, **Development of ceramic paver with ornamental rock waste**, *J. Mater. Res. Technol.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.05.009>
10. Viera, C.M.F., Peçanha, L.A., Monteiro, S.N. **Reformulação de massa cerâmica para telhas com resíduo de serragem de granito.** Congresso de Engenharia e Ciência dos Materiais. CBECiMat.2002.
11. Vieira, C. M. F.; Soares, T. M.; Monteiro S. N. **Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima.** *Cerâmica*, São Paulo, v. 49, p. 245-250. 2003.
12. Más, E. São Paulo: Editora Pólo Produções Ltda, (2002)
13. Santos, P.S.2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher (1989) 408.91p.