

## AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE ESPUMAS VÍTREAS RECICLADAS

EDUARDA MEDRAN RANGEL<sup>1</sup>; ALICE GONÇALVES OSÓRIO<sup>2</sup>;  
FERNANDO MACHADO MACHADO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFPel – [eduardamrangel@gmail.com](mailto:eduardamrangel@gmail.com)

<sup>2</sup> UFPel - [osorio.alice@gmail.com](mailto:osorio.alice@gmail.com)

<sup>3</sup> UFPel – [fernando.machado@hotmail.com.br](mailto:fernando.machado@hotmail.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A geração em grande quantidade de resíduos sólidos é um problema global. De acordo com o Departamento Estatístico Estadual da China, em 2015, foram coletados 191 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) (STATE STATISTICAL BUREAU, 2015). Já no Brasil neste mesmo período, a geração total de RSU foi de aproximadamente 79,9 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 1,7% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2015). Dentre os diversos RSU gerados em grandes quantidades, destacam-se aqueles advindos de lâmpadas fluorescentes (VIERERBL et al., 2015), estas são uma preocupação ambiental devido ao mercúrio contido no seu interior, pois segundo TAN (2014), o mercúrio pode permanecer biodisponível por vários anos em diversos compartimentos ambientais e causar diversos danos ao meio ambiente e aos seres vivos. Outro resíduo gerado em grande quantidade são as cascas de ovos, que representam aproximadamente 10% do ovo da galinha, gerando grandes quantidades deste resíduo sólido que ainda são descartados em aterros sem qualquer pré-tratamento sendo fonte de poluição orgânica (GAO E XU, 2012; OLIVEIRA et al., 2013). Uma alternativa atraente para reciclagem de vidro é a produção de espumas vítreas (EV) (VOLLAND, 2016). Essas são alcançadas pelo acréscimo de um agente espumante (AE) ao vidro moído e queimado em temperaturas acima da temperatura de sinterização (KÖNIG, PETERSEN e YUE, 2016). Atualmente, as EVs vêm sendo cada vez mais empregadas como isolantes térmicos em construções industriais, comerciais e residenciais.

Diante deste contexto, este trabalho teve como principal foco a produção e avaliação das propriedades tecnológicas de espumas vítreas, de baixo impacto ambiental, feitas a partir de casca de ovo branco como agente espumante e resíduo vidro de lâmpadas fluorescentes (RVLF).

### 2. METODOLOGIA

O RVLF (previamente descontaminado) utilizado para produção dos corpos de prova (CP) foi obtido junto à empresa Recilux, após o processo de separação - descontaminação que consiste em capturar todo o vapor de mercúrio através do filtro de carvão ativado. Como agente espumante foram utilizadas cascas de ovos branco sem a película interna, armazenadas em recipiente de vidro protegido de calor e umidade. A Figura 1 apresenta a metodologia em etapas para o processo de síntese e caracterização das espumas vítreas.

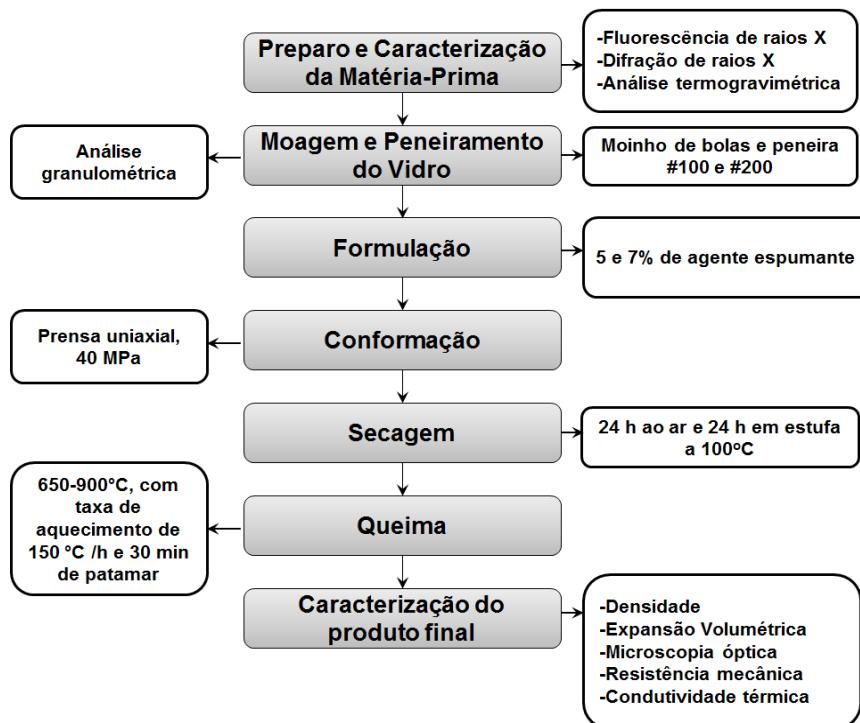


Figura 1: Fluxograma das etapas de produção e caracterização das EVs.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise química realizada por fluorescência de raios X do pó do RVLF pode-se verificar a presença predominante de SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O e CaO, típica de um vidro sodo cálcico e na casca de ovo a predominância de 97% de CaCO<sub>3</sub>. Na difração de raios X do vidro foi possível observar um espectro típico de amostra amorfa (MUGONI, 2015) e no difratograma da casca de ovo os padrões característicos são os da Calcita (ver Figura 2(A)). Através da analise termogravimétrica (ver Figura 2(B)) verificou-se que entre 640 e 755 °C, ocorre a degradação do CaCO<sub>3</sub>, esses valores são semelhantes aos encontrados por MUGONI et al. (2015).

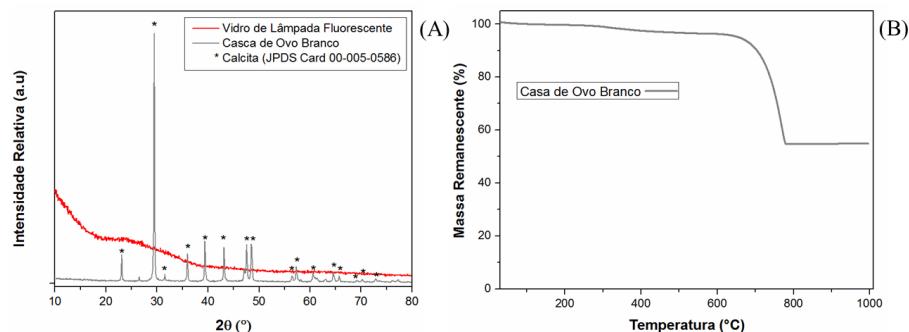


Figura 2.: (A) Difratogramas de raios X da casca de ovo e RVLF e (B) análise da massa remanescente do AE em função da temperatura.

Na análise granulométrica pode-se verificar que o vidro apresentou diâmetro médio de partícula após moagem e peneiramento de 77,45 µm para #100 e 32,90 µm para #200. As cascas de ovos apresentaram um tamanho médio de partícula 19,01 µm.

Os valores encontrados para densidade das EVs na temperatura de 650 a 900 °C utilizando casca de ovo como AE estão apresentados na Figura 3. Na temperatura de 700 °C foram obtidos os dois melhores resultados, sendo de 0,24 g cm<sup>-3</sup> para a formulação com vidro #200 e 0,28 g cm<sup>-3</sup> para a formulação com vidro #100, valores semelhantes aos comerciais, tipicamente entre 0,1 - 0,3 g cm<sup>-3</sup> (MUGONI et al., 2015). Os resultados de expansão volumétrica encontrados para as formulações com 5 e 7% de casca de ovo e vidros de lâmpada #100 e #200 em função da temperatura estão apresentadas na Figura 4. Através dessa é possível observar que o melhor resultado para expansão volumétrica começa à 700 °C para ambas as configurações estudadas.

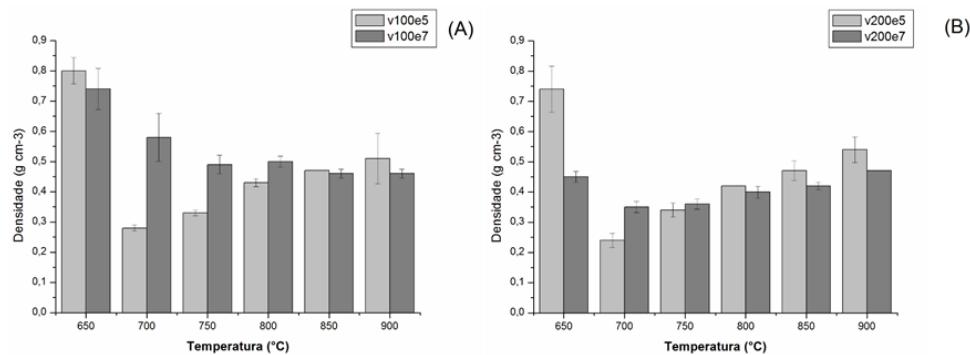


Figura 3. Densidade das EVs com (A) vidro #100 utilizando 5% e 7% de casca de ovo e (B) vidro #200 utilizando 5% e 7% de AE obtidas de 650 a 900 °C.

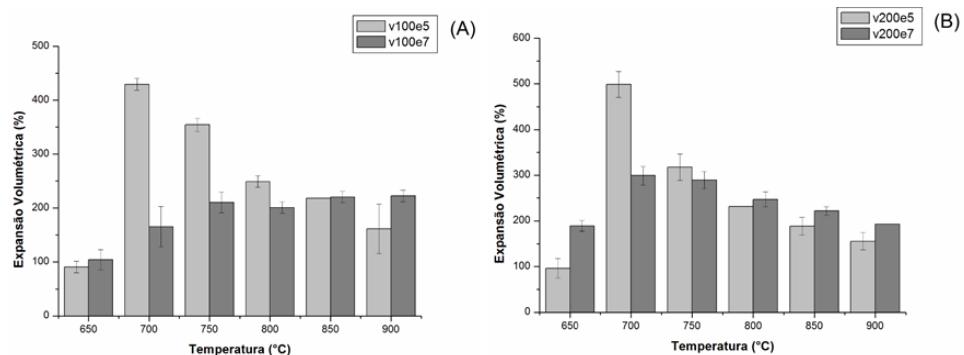


Figura 4. Expansão volumétrica para EVs com (A) vidro #100 utilizando 5% e 7% de AE e (B) vidro #200 utilizando 5% e 7% de AE obtidas de 650 a 900 °C.

Na Figura 5 (A) é possível observar porosidade homogênea e uniforme em todas as formulações das EVs, v100e5, v100e7, v200e5 e v200e7, obtidas na temperatura de 700 °C. Peças obtidas nessa temperatura apresentam porosidade fechada.

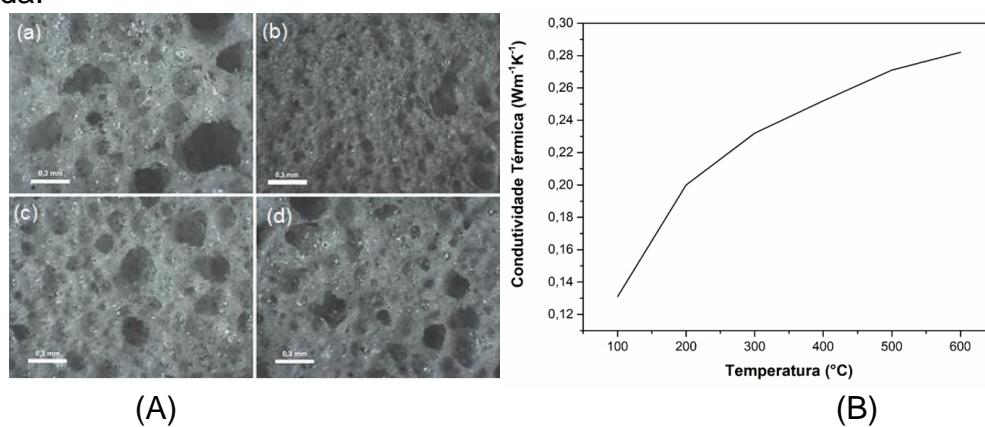


Figura 5. (A) Micrografia das EV: a) v100e5, b) v100e7, c) v200e5 e d) v200e7; e (B) condutividade térmica da amostra v200e5.

Baseado na Norma ASTM E1225-13 foi possível verificar que condutividade térmica aumenta, com esperado, com o aumento da temperatura, de  $0,131 \text{ W mK}^{-1}$  ( $100^\circ\text{C}$ ) para  $0,282 \text{ W mK}^{-1}$  ( $600^\circ\text{C}$ ) (ver Figura 5(B)). Vale ressaltar que esses valores estão abaixo daqueles esperados para isolantes térmicos, que variam de  $0,7$  a  $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ .

A resistência mecânica encontrada nesta pesquisa para a amostra v200e5, de acordo com a norma ASTM C133 – 197, foi de  $1,43 \pm 0,37 \text{ MPa}$ , resultado promissor levando em consideração o uso somente de materiais provenientes de resíduos sólidos, lâmpada fluorescente e casca de ovo.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível obter espumas vítreas com baixo impacto ambiental e com características comerciais utilizando como matéria-prima o resíduo de vidro de lâmpada fluorescente e resíduo de casca de ovo como agente espumante. Além disso, o material sintetizado é inovador, sustentável e de baixo custo, que pode desempenhar funções de isolamento acústico e térmico.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. Disponível em: <[www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf](http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf)>
- GAO, Y.; XU, C. Synthesis of dimethyl carbonate over waste eggshell catalyst. **Catalysis Today**, v. 190, n. 1, p.107-111, ago. 2012.
- KÖNIG, J.; PETERSEN, R. R.; YUE, Y. Influence of the glass particle size on the foaming process and physical characteristics of foam glasses. **Journal Of Non-crystalline Solids**, v. 447, p.190-197, set. 2016.
- MUGONI, C.; MONTORSI, M.; SILIGARDI, C.; ANDREOLA, F.; LANCELLOTTI, I.; BERNARDO, E.; BARBIERI, L. Design of glass foams with low environmental impact. **Ceramics International** 41 (2015) 3400–3408.
- OLIVEIRA, D.A.; BENELLI, P.; AMANTE, E.R. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. **Journal Of Cleaner Production**, v. 46, p.42-47, maio 2013.
- STATE STATISTICAL BUREAU. **Chinese Statistical Yearbook**, China, 2015 Disponível em: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2016/indexch.htm>
- TAN, Q.; LI, J. A study of waste fluorescent lamp generation in mainland China. **Journal Of Cleaner Production**, v. 81, p.227-233, out. 2014. Elsevier BV.
- VIERERBL, L. VINŠ, M.; LAHODOVÁ, Z.; FUKSAB, A.; KUČERAC, J.; KOLEŠKAA, M.; VOLJANSKI, A. Mercury mass measurement in fluorescent lamps via neutron activation analysis. **Radiation Physics And Chemistry**, v. 116, p.56-59, nov. 2015.
- VOLLAND, S. Influence of the mechanical activation of raw mixes on the properties of foam glass from sand sludge. **Construction And Building Materials**, v. 125, p.119-126, out. 2016.