

## APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR NO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS VÍTREOS DE LABORATÓRIO

MENEZES, H. G. P., ROCHA, J. C. P

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)  
E-mail para contato do autor apresentador: henriquegiacom96@gmail.com

### RESUMO EXPANDIDO

Vidrarias especiais de laboratório devem apresentar alta estabilidade física e química, ou seja, baixo coeficiente de expansão, resistência mecânica e elétrica, uma vez que são regularmente submetidas a diferentes temperaturas e a choques mecânicos, características estas próprias da classe dos borossilicatos. A utilização intensa das vidrarias, seja na rotina de laboratórios acadêmicos, comerciais ou industriais, culmina em sua danificação, tornando-as inúteis ao seu uso principal, sendo descartadas e somadas à carga de resíduos vítreos de cada município.

Uma possibilidade de reutilização desse material vítreo, de alta resistência, é transformá-lo em outro, com funcionalidades diferentes, mas preservando suas propriedades físicas e químicas, dentro de um novo fluxo produtivo e de acordo com o conceito de economia circular. A atualização do formato produtivo linear para a produção circular permite, portanto, a reinserção deste produto não mais utilizado (lixo) e dos subprodutos inerentes ao processo industrial novamente no fluxo produtivo original ou de outras aplicações industriais, minimizando a geração de resíduos e elevando o grau de sustentabilidade do processo (ZIMMERMAN, 2020).

A produção de placas porosas, também denominadas de filtros cerâmicos vítreos, utilizando vidrarias danificadas como matéria-prima se apresenta como um método alternativo de reciclagem dos resíduos vítreos de alto valor agregado. Estas placas porosas, formadas a partir do processo de sinterização, são utilizadas como membranas filtrantes não só presentes nas etapas da síntese orgânica, mas em múltiplos procedimentos físicos em que se deseja a separação de diferentes materiais. Este trabalho, portanto, teve como objetivo o desenvolvimento de protótipos de placas sinterizadas, a partir de pó vítreo de equipamentos danificados de laboratórios de ensaios e especialmente constituídos à base de borossilicato.

Os resíduos vítreos utilizados passaram por operações unitárias de cominuição e classificação, obtendo um pó de granulometria uniforme e adequada a confecção dos filtros cerâmicos vítreos, utilizando um moinho de bolas e peneira do tipo Tyler, consecutivamente. Utilizou-se amido de milho como agente formador de poros em duas proporções, sendo elas 5 e 10% ( $m^{-1}$ ), além do teste sem a utilização de amido como agente porogênico. Em seguida, as placas foram submetidas à secagem em estufa e sinterizadas em um forno do tipo mufla.

O procedimento de sinterização não foi homogêneo e eficiente quanto esperado para parte dos protótipos produzidos, devido ao fluxo de calor heterogêneo no forno. O pó vítreo e as placas sinterizadas, divididas em três grupos de testes (referente às proporções gradativas de amido), foram submetidos a análises morfológicas (microscopia eletrônica de varredura – MEV), físico-químicas (difração de raios X – DRX, fluorescência de raios X – EDX, distribuição granulométrica a *laser*, absorção de água, porosidade e densidade) e mecânicas (resistência à compressão). A porosidade das placas foi determinada comparativamente por dois métodos, segundo a norma ASTM C373-17 (atualizada para ASTM C373-18) e através da análise de imagens provenientes do MEV utilizando o *software ImageJ*<sup>®</sup>.

Poros fechados e abertos foram observados, apresentando interconecção entre eles de modo proporcional à quantidade de amido, aumentando consecutivamente a porosidade total e sua capacidade filtrante. À medida que a porcentagem de agente porogênico aumentou, a resistência dos corpos de prova e a densidade diminuiu em virtude do aumento da porosidade total. Na Tabela 1 estão apresentados os valores obtidos para porosidade, absorção de água e densidade dos três grupos de placas sinterizadas.

**Tabela 1** – Resultados das análises físicas das placas de vidro sinterizado

<b>Grupo</b>	<b>Porosidade (%): Norma ASTM C373-17</b>	<b>Porosidade (%): Análise de Imagem</b>	<b>Absorção de água (%)</b>	<b>Densidade (g cm<sup>-3</sup>)</b>
I	1,08 ± 0,50	1,66 ± 0,10	0,50 ± 0,22	2,70 ± 0,01
II	1,69 ± 0,50	1,98 ± 0,12	0,79 ± 0,23	2,15 ± 0,02
III	27,60 ± 8,50	35,04 ± 7,4	20,99 ± 6,89	1,51 ± 0,16

Fonte: Próprio Autor.

Conclui-se, portanto, que é possível sinterizar o pó vítreo proveniente de vidrarias danificadas, constituídas à base de borossilicato e utilizando amido de milho como agente formador de poros. A utilização deste material na produção de placas porosas, aplicando a sinterização na produção de materiais filtrantes se apresenta como uma alternativa de reciclagem vítrea não só de laboratórios acadêmicos, mas também daqueles provenientes dos descartes de laboratórios de ensaios comerciais e industriais. Em trabalhos futuros novos protótipos dos vidros cerâmicos devem ser produzidos, com melhor controle da temperatura de sinterização, de diferentes diâmetros e porosidades. A reinserção do resíduo vítreo como recurso está de acordo com os princípios do fluxo produtivo circular, viabilizando a economia de produtos e processos sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vidro borossilicato; Economia circular; Sustentabilidade

## REFERÊNCIAS

ASTM C373-17. Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired White Ware Products. *Glass and Ceramic*, v1, p. 6, 2017.

ZIMMERMAN, J. B.; ANASTAS, P. T.; ERYTHROPEL, H. C.; LEITNER, W. Designing for a green chemistry future. *Science*, v. 367, n. 6476, p. 397-400, 2020.