

## A importância da qualidade do caco de vidro para a reciclagem

Sandra B. M. Jaime  
Pesquisadora Científica – Cetea

A incorporação do vidro reciclado (caco) foi sempre considerada de grande importância para a indústria vidreira, tanto por questões econômicas como por questões ambientais, e um percentual de até 90% de caco poderá ser introduzido nos fornos de fusão, dependendo de sua disponibilidade, qualidade e preço. A reciclagem de vidro pode ser considerada um sistema em circuito fechado, pois não cria resíduos ou subprodutos adicionais.

Há algum tempo foi conduzido um estudo pelo FDA – *Food and Drug Administration* que apontou o vidro como sendo uma substância reconhecida como segura e denominada por GRAS – *Generally Recognized as Safe*, podendo ser utilizado como material de embalagem para uso em contato direto com alimentos e bebidas (MAHINKA; MILLER; VAUGHN, 2013). Por esse motivo, o vidro reciclado é considerado uma matéria-prima, pois possui todos os elementos necessários à formação de um novo vidro.

As principais vantagens da adição do caco de vidro reciclado aos fornos de fusão podem ser resumidas, conforme descrito a seguir (SABET, 2011; GLASS PACKAGING INSTITUTE, s.d.):

- O caco acelera o processo de fusão uma vez que auxilia na velocidade das reações químicas entre as matérias-primas, podendo levar ainda a um aumento da extração do vidro;
- A introdução do caco na fabricação de novos produtos torna o material menos corrosivo, reduz a temperatura de fusão e prolonga a vida útil dos fornos;
- Com base em dados teóricos, cada 10% de caco de vidro resulta em uma economia de 2 a 4% no consumo de combustíveis utilizados na geração de energia, minimizando os problemas de poluição ambiental;
- O uso do caco reciclado garante a sustentabilidade da embalagem por promover a redução da extração dos minerais naturais que constituem as matérias-primas para a fabricação do vidro e ainda reduz a quantidade de material a ser descartado; assumindo uma condição padrão de fusão do vidro, cada 100 toneladas de caco resulta em uma redução de 120 toneladas de matéria-prima extraída da natureza;
- Como resultado da redução do consumo de energia e redução da extração das matérias-primas naturais, o uso do caco permite a redução nas emissões do gases, a exemplo de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, além de particulados. Para cada seis toneladas de material reciclado utilizado na fabricação de novas embalagens de vidro, uma tonelada de CO<sub>2</sub> é reduzida. Considerando-se um aumento relativo de 10% do material reciclado, as emissões de NO<sub>x</sub> podem ser reduzidas em 4%, de SO<sub>x</sub> em 10% e de particulados em 8%.

O caco de vidro pode ser classificado ainda em três grupos quanto à sua procedência e origem:

- da própria vidraria e mesmo forno; neste caso, o caco possui a mesma composição química do vidro em produção e pode retornar à mistura sem qualquer correção;
- da própria vidraria, porém de outro forno de fusão; neste caso, o caco deve ser considerado no cálculo da composição à qual será incorporado;
- de origem desconhecida (proveniente de um processo de reciclagem/pós-consumo); neste caso, o caco deve ser considerado como uma matéria-prima e, se necessário, devem ser realizadas análises químicas que assegurem a compatibilidade com a composição do vidro na qual será agregado.

O maior problema com relação ao caco reciclado pós-consumo, entretanto, encontra-se na qualidade desse material devido a sua contaminação durante o processo de reciclagem, sendo que até o momento não se dispõe de métodos sistematizados para determinar o tipo de contaminação e/ou expressar a gravidade da contaminação de uma pilha de caco de vidro reciclado.

Diante desse problema, o trabalho publicado por Sabet (2011) na revista *Glass Technology* procura levantar algumas questões sobre o assunto e estabelecer um índice prático de qualidade para especificar a qualidade de caco de vidro pós-consumo por tipo e gravidade de contaminante, o qual poderá ser empregado por ambas as partes envolvidas, recicladores e/ou indústrias vidreiras.

A seguir estão os principais tipos de contaminantes do caco de vidro categorizados no artigo publicado por Sabet (2011):

### Inconsistência de cores

É uma prática comum nas indústrias vidreiras o uso de uma mistura de cacos de diversas colorações para a produção do vidro âmbar e verde. Contudo, variações na proporção das diferentes colorações, a exemplo de caco âmbar, verde e transparente, podem resultar em problemas de coloração. A presença do caco de vidro transparente auxilia na manutenção da condição redox, necessária aos fornos de fusão do vidro e uma quantidade insuficiente dessa proporção poderá afetar a qualidade da coloração final do material.

Por outro lado, para a produção do vidro transparente deve-se evitar ao máximo a presença de um caco colorido. A presença dos elementos cromo, óxido de ferro, enxofre e carbono, utilizados na obtenção de vidros coloridos, podem interferir na transparência desejada para o produto final.

### Materiais orgânicos e umidade

A presença de materiais orgânicos visíveis, a exemplo de papel, madeira, cortiça, plásticos, borracha e mesmo tecidos, são usualmente encontrados juntamente com o caco reciclado pós-consumo. Outros tipos de contaminantes considerados “invisíveis” e inevitáveis, a exemplo de óleo, gordura, açúcar e outros carboidratos, encontram-se também presentes no caco de vidro pós-consumo.

Materiais orgânicos presentes em quantidades desconhecidas e não controladas no caco de vidro poderão afetar diretamente a condição redox dos fornos de fusão, resultando em problemas de refino, assim como variações da coloração final do vidro.

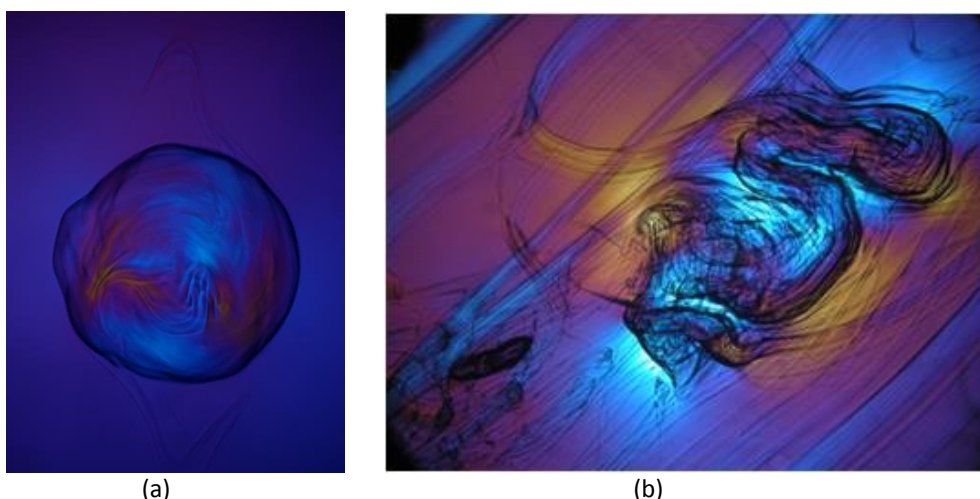
### Porcelanas, cerâmicas, pedras, metais e diferentes materiais vítreos

Os contaminantes provenientes de porcelanas, cerâmicas e pedras (PCS – *porcelain, ceramics, stones*) são a maior fonte de geração de defeitos nas embalagens de vidro.

Os contaminantes ferrosos e não ferrosos (chumbo, alumínio, etc.) interferem de diferentes formas na qualidade do produto final, assim como na vida útil do refratário dos fornos de fusão. Por exemplo, pedaços de ferro de grande dimensão podem levar até mesmo à perfuração dos refratários da região do fundo do forno e favorecer a sua manutenção antes do tempo previsto. A presença de chumbo decorrente especialmente dos componentes de lâmpadas favorecem o aumento da porcentagem desse material nos produtos de vidro e o alumínio metálico promove a redução do  $\text{SiO}_2$  em Si, causando o defeito denominado de “bolas de silicone” (*silicon balls*).

A presença de caco de vidro de diferente composição química é a maior causa de defeitos do tipo inclusões vítreas (*knots*) ou cordas (*CORDS*) – regiões heterogêneas na massa de vidro. No caso da produção de um vidro sodo-cálcico, a existência de outros tipos de vidro no caco reciclado, a exemplo do vidro borossilicato, cristal ou mesmo a sílica vítrea, poderão favorecer o surgimento de inclusões vítreas ou cordas, uma vez que estes apresentam maior temperatura de fusão e uma viscosidade diferente do vidro sodo-cálcico na temperatura normal de fusão.

Como forma de exemplificação dos defeitos, a Figura 1 ilustra exemplos de uma inclusão vítrea e corda com tensões residuais diferentes da massa de vidro e obtidas por meio de um microscópio óptico com luz polarizada, disponibilizada no site da empresa Glass Service (GLASS SERVICE, s.d.). Na Figura 2 encontra-se ilustrado um exemplo de uma pedra, identificada como sendo de zircônia, em uma embalagem de vidro âmbar e disponibilizado no site da empresa produtora de refratários Monofrax (MONOFRAX, s.d.).



**FIGURA 1.** Exemplo de uma inclusão vítrea (a) e corda (b) visualizadas por meio de um microscópio óptico com luz polarizada (GLASS SERVICE, s.d.).



**FIGURA 2.** Exemplo de um pedra identificada como sendo de zircônia, em uma embalagem de vidro âmbar (MONOFRAX, s.d.).

## Dimensão do caco de vidro

A definição de um tamanho ideal para o caco de vidro segue ainda como um parâmetro de discussão na indústria vidreira. Algumas empresas preferem o uso de um caco com pequena dimensão, pois acreditam que qualquer contaminação por pedra ou material cerâmico também estará em um tamanho reduzido e, dessa forma, menor será o risco de contaminação do produto final. Por outro lado, outras empresas acreditam que o uso de cacos de maior dimensão, em geral, podem conter uma quantidade considerável de material orgânico “invisível”, que poderá afetar a condição redox do forno de fusão.

Um consenso crescente e que vem sendo adotado é que o tamanho do caco de vidro deve estar com uma dimensão entre 6,4 e 50 mm (1/4” e 2”). O caco de vidro com dimensão acima de 50 mm usualmente resulta em bloqueio do sistema de entrada de matéria-prima nos fornos de fusão, enquanto que cacos com dimensões abaixo de 6,4 mm são susceptíveis a apresentar uma maior proporção de material orgânico devido a maior área superficial por volume de produto.

O artigo publicado por Sabet (2011) apresenta ainda a forma de avaliação da qualidade do caco de vidro por amostragem com base no tipo de contaminação apresentada anteriormente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GLASS PACKAGING INSTITUTE. **Why recycle glass?** Arlington, [s.d.]. Disponível em: <http://www.gpi.org/recycling/why-recycle-glass>. Acesso em: 26 jun. 2019.

GLASS SERVICE. **Glass defects analyses.** Czech Republic, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gsl.cz/services-products/assessment/lab-services/glass-defects-analyses/>. Acesso em: 26 jun. 2019.

MAHINKA, S. P.; MILLER, A. R.; VAUGHN, J. L. **Compliance of glass packaging with human and environmental health and safety toxics - in - packaging requirements.** Washington, DC: Morgan, Lewis & Bockius LLP, 2013. 50 p. Disponível em: <http://www.gpi.org/sites/default/files/Compliance%20of%20Glass%20Packaging%20with%20Human%20and%20Environmental%20Health%20and%20Safety%20Toxics.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2019.

MONOFRAX. **Services.** Falconer, NY, [s.d.]. Disponível em: <http://monofrax.com/services/>. Acesso em: 26 jun. 2019.

SABET, S. Cullet quality index. **Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology Part A**, v. 52, n. 3, p. 73-76, Jun. 2011.