

### Como produzir vidro a partir de areia descartada de fundição?

O vidro está presente em nosso cotidiano por toda a parte que olhamos, como nas janelas e portas de casas, nas telas dos celulares e notebooks, nos óculos, itens de decoração, vasos, pratos, copos, dentre uma série de itens. É difícil imaginar uma vida sem o vidro em nossas vidas.

Mas o que é o vidro? O que é feito e como é produzido? São inúmeros questionamentos que podemos fazer a respeito desse material. Afinal, ele é um material com potencial aplicação em múltiplas áreas, porém será que vidro é tudo igual ou tem composições diferente para cada aplicação?

Primeiramente, vamos tentar definir o que seria vidro. Sua definição é bastante complexa. Contudo, de maneira mais simples, vamos dizer que ele é um sólido não cristalino que apresenta um fenômeno chamado de transição vítrea [1].

Ao dizer que um material é não cristalino, estamos falando em termos de organização especial dos átomos em uma rede tridimensional. Em outras palavras, os vidros são compostos por átomos formando uma rede desorganizadas ao longo alcance. Até existe uma ordem, mas apenas a curto alcance [2].

Todavia, isso não é suficiente para definir os vidros. Além do fato anterior, ele precisa apresentar o fenômeno de transição vítrea. Ela é uma característica importante dos vidros, pois quando está acima da temperatura de transição vítrea, o vidro apresenta comportamento de um líquido e abaixo desta temperatura, apresenta comportamento de um sólido. Portanto, a transição vítrea marca um momento crucial de mudança de propriedade física do vidro [1].

Quando um vidro está aquecido, acima da sua temperatura de transição vítrea, adquirir o comportamento de um líquido, uma vez que os átomos possuem energia suficiente. Isso permite o movimento e a reorganização em uma configuração molecular mais estável. Assim, os átomos ficam mais livres.

Já quando o vidro está aquecido, abaixo da sua temperatura de transição vítrea, os átomos não possuem energia suficiente para se movimentar, conseguem apenas vibrar, já que estão organizados de forma aleatória em uma rede tridimensional. Portanto, os átomos possuem menos liberdade. Esse fenômeno, diferencia os vidros dos sólidos amorfos porque os sólidos amorfos não possuem transição vítrea.

Voltando aos questionamentos, do que seria feito o vidro? A composição mais comum de um vidro é sílica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de Cálcio ( $\text{CaO}$ ) ou óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Cada um destes materiais tem um papel diferente na composição de um vidro. Por exemplo, a sílica é o responsável por formar a rede vítrea. Somente ele poderia formar um vidro. Entretanto, seu ponto de fusão é muito elevado, em torno de  $1700^\circ\text{C}$ . Uma maneira de abaixar essa temperatura de fusão é adicionando fundentes, como o óxido de cálcio e o óxido de potássio. Esse feito ocorre devido à diferença de raio atômico do potássio e do silício. Como o potássio possui um raio atômico maior que o do silício, quando este se acomoda entre as moléculas de  $\text{SiO}_2$ , aumenta a distância entre essas moléculas. Como consequência, diminui a interação intermolecular.

Por fim, como será que o vidro é feito? Atualmente, existem diversas técnicas de fabricação de vidros. A mais antiga é a “melt-quenching”, que seria um processo de fusão seguido por um rápido resfriamento. Para entendermos melhor essa técnica, fizemos isso na prática. Fomos até o laboratório de Caracterização e Gestão de Resíduos

Sólidos (LCGRS), localizado na Faculdade de Ciências e Tecnologias - FCT/Unesp no Campus de Presidente Prudente, SP. Tínhamos o objetivo de estudar a viabilidade de utilizar um resíduo industrial para fabricação de um vidro.

Para a fabricação de um vidro silicato, utilizamos um diagrama de fase ternário do sistema  $\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SiO}_2$ . Escolhemos um ponto dentro do diagrama e determinamos a composição de cada componente, sendo 55% de  $\text{SiO}_2$ , 40% de  $\text{CaO}$  e 5% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Como fonte de sílica, utilizamos areia descartada de fundição (ADF). Essa areia faz parte de estudo do LCGRS, na qual se faz o reaproveitamento desse resíduo de uma indústria de fundição de ferro, sendo utilizado para fabricação de vidros, blocos de concretos, dentre outros estudos. A figura 1 com a ADF é mostrada abaixo:

Figura 1 – Beneficiamento da areia descartada de fundição



Fonte: O Autor.

Outros dois componentes necessários para a fabricação do vidro foram reagentes sintéticos. A primeira etapa do trabalho foi a determinação da composição química dos reagentes utilizando a técnica de fluorescência de raios X. Na tabela 1 abaixo, é possível observar a composição dos reagentes utilizados.

Tabela 1 - Composição química da ADF e reagentes sintéticos (%-massa)

Material	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Outros
ADF	97,81	0,11	0,81	0,56	0,71
Óxido de Cálcio	0,72	98,86	-	0,04	0,38
Óxido de Alumínio	1,06	0,51	97,98	0,02	0,43

Fonte: O Autor.

A partir disso, podemos fazer a correção de pureza e cálculos da massa dos reagentes para a fabricação de 100 g de vidro. Eles foram pesados em uma balança analítica e homogeneizados em um almofariz de porcelana. Após esta etapa, a mistura dos reagentes foi transferida para um cadinho de alumina. Ele foi levado a um forno na temperatura de  $1535^\circ\text{C}$ , com uma taxa de aquecimento de  $20^\circ\text{C}/\text{min}$  e mantido nessa temperatura por 1 hora. A temperatura de fusão do vidro foi estimada utilizando o método de Chengyu e Ying (1983) [3], utilizado para produzir vidros silicatos. Lembrando que nessa etapa é importante fazer o uso de uma roupa de proteção, óculos e luvas.

Então, o cadinho contendo um líquido bastante viscoso e incandescente foi vertido rapidamente em um jarro contendo água destilada para evitar a cristalização e obtenção do vidro, denominado de fritas (vidro 1). Esse líquido, também foi vertido em um molde de ferro para obtenção de uma bolacha de vidro (vidro 2). Essa bolacha foi rapidamente levada a um forno, que previamente foi colocado na temperatura de 600°C, temperatura essa abaixo da transição vítrea.

As fritas foram coletadas e secas em uma estufa a 100°C por 24 horas. A figura 2 abaixo mostra as fritas e a bolacha de vidro. O vidro apresentou transparência e leve coloração esverdeada. Ela pode estar relacionada a uma pequena quantidade de ferro presente na amostra proveniente da areia descartada de fundição.

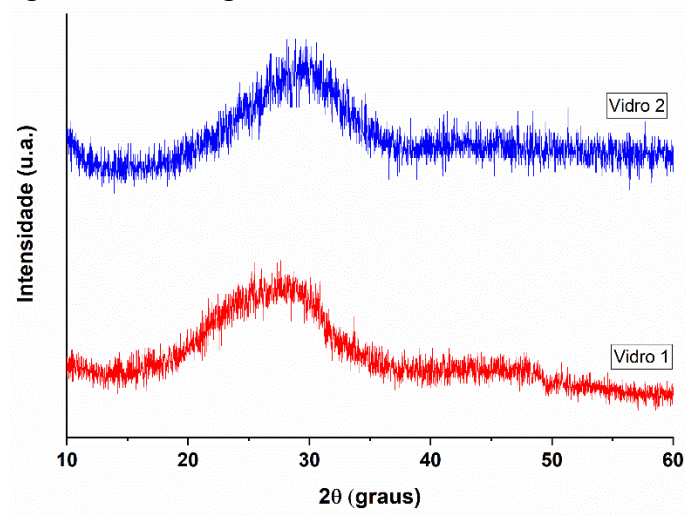
Figura 2 - Vidro 1 (esquerda) e vidro 2 (direita).



Fonte: O Autor.

Para a confirmação da formação do vidro, foi realizado a técnica de difração de raios X. Os difratogramas de raios X do Vidro 1 e 2 são apresentados na Figura 3. Nela observamos apenas a presença de um halo sem a presença de picos de difração, característico de sólidos não cristalinos. Por isso, concluímos que o vidro foi obtido com sucesso a partir a técnica de “melt-quenching”, na qual o rápido resfriamento da amostra fez com que não ocorresse cristalização da amostra e formação do vidro.

Figura 3 - Difratograma de raios X do vidro 1 e vidro 2.



Fonte: O Autor.

Para finalizar, respondemos uma última pergunta. Os vidros não são todos iguais para cada aplicação, será necessária uma composição química específica. Diversas composições diferentes conferem ao vidro potencial de aplicação em diversas áreas. Portanto, o vidro de janela possui uma composição química diferente de um vidro de uma tela de celular, afinal cada composição química confere propriedades químicas e físicas específicas para cada aplicação.

#### **Referências Bibliográficas:**

- [1] DE ARAUJO, Eudes Borges. Vidro: Uma Breve História, Técnicas de Caracterização e Aplicações na Tecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, 1997.
- [2] ALVES, Oswaldo Luiz; DE FÁTIMA GIMENEZ, Iara; MAZALI, Italo Odone. A arte de fazer vidro. **Química Nova Es**, 2001.
- [3] CHENGYU, Wang; YING, Tao. Calculation of the melting temperatures of silicate glasses. **Glass technology**, v. 24, n. 5, p. 278-282, 1983.