

Caracterização de vidros planos transparentes comerciais

Wiliam J. Santos

Laboratório de Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 88806-000,
Criciúma-SC, Brasil

wiliamjij@ibest.com.br

(Recebido em 29 de novembro de 2008; aceito em 17 de fevereiro de 2009)

Vidros planos representam grande importância no mercado mundial. Em relação ao volume de produção e faturamento, este tipo de vidro fica abaixo apenas dos vidros para vasilhames. Pelo fato deste material não ser reciclável por meios tradicionais, este estudo visou caracterizar quimicamente e termicamente amostras colhidas na forma de sucata em vidraçarias comerciais para servir de base para estudos futuros em reaproveitamento desses resíduos. A sucata de vidro foi fragmentada e moída. Em seguida caracterizada quimicamente através da fluorescência de raios X e fisicamente através de análise de tamanho de partículas por difração a laser. A sucata também foi analisada quanto ao comportamento térmico através de microscopia de aquecimento (MISURA). O estudo fornece indicativos para trabalhos subsequentes em aproveitamento desses materiais.

Palavras-chave: caracterização do vidro, vidro plano, análise térmica, misura.

Plane glasses represent great importance in the global market. In relation to production and revenues, this type of glass is behind glass for barrels. By the fact of the plane glass not to be recyclable by traditional manners, this study aimed characterized chemically and thermally samples collected in the form of glass scrap to serve as a basis for future studies on reuse of waste. The scrap of plane glass was fragmented and ground. Then chemically (X-ray fluorescence) and physically through analysis of the size of particles (laser diffraction) characterized as well as through the heating microscopy (MISURA). The study provides figures for subsequent work on harnessing these materials.

Keywords: glass characterization, plane glass, thermal analysis, misura.

INTRODUÇÃO

Encontrar aplicações para os rejeitos industriais ao invés de descartá-los vem ganhando importância no atual modelo de gerenciamento ecológico das empresas. De acordo com a ABIVIDRO em relação ao segmento de vidros o índice de reciclagem no Brasil vem crescendo. Em 1991 era de 15%, em 2005, 45% e hoje está acima de 47%.

Em faturamento o vidro plano é o segundo mais significativo do segmento com 30,7% do total, ficando abaixo apenas dos vidros de embalagens. Vidros técnicos e domésticos seguem com menor importância [1].

Os vidros calco-sódicos ou sodo-cálcicos foram usados pelos antigos egípcios, enquanto hoje em dia constituem a maior parte das garrafas, janelas, frascos e bulbos para lâmpadas com formulações ligeiramente diferentes dentro de uma estreita faixa de composição.

Algumas matérias-primas comumente utilizadas para a produção do vidro conforme custo e disponibilidades são; areia quartzítica, calcário, carbonato de sódio e alumina [2, 4, 7, 8, 9]. A presença dos óxidos provenientes da matéria-prima, por sua vez, influencia nas propriedades finais do produto, como: transparência, viscosidade, durabilidade e dilatação térmica.

Basicamente a composição química básica deste vidro é formada por 71 a 73% SiO₂, 12 a 14% Na₂O e 10 a 12% CaO [2, 3, 7]. Os óxidos alcalinos presentes na composição funcionam como modificadores de rede da sílica, eles “amolecem” a estrutura do vidro do pela geração de oxigênios não pontes. Nos vidros de sílica todos os íons O²⁻ estão ligados com cátions Si⁴⁺ e por isso os íons oxigênios são chamados de “pontes”. O rompimento da ligação Si-O-Si ocorrerá pela adição de óxidos na produção, o que resulta em dois oxigênios não ponte.

Acima de 550°C os carbonatos reagem com a sílica formando um líquido silicoso, e, se a proporção de carbonato alcalino e sílica forem adequadas, formará um vidro no resfriamento. Como a formação de um vidro está ligada à termodinâmica e também a cinética, uma mesma

composição que é sujeita a diferentes percursos térmicos a partir de uma temperatura elevada, dará lugar a diferentes formas estruturais do vidro a temperatura ambiente.

Muitas vezes a sílica é denominada impropriamente de quartzo; ela é a mais comum das estruturas de vidro, possuindo um único óxido. Cada tetraedro está ligado ao seguinte através do átomo de oxigênio do vértice compartilhado, produzindo assim uma estrutura tridimensional Si-O-Si de alta energia de ligação [2].

Outros tipos de vidro são os de óxido bórico, vidros ao chumbo e sílica vítrea, conforme as propriedades finais que se deseja obter.

As estruturas da maioria dos vidros comerciais estão baseadas numa cadeia de tetraedros de SiO_4 , entretanto esta não é uma limitação, compostos como B_2O_3 e outros mais, encontram grande aplicação [2, 3, 4].

Quanto à coloração, pode ser obtida mediante adição de substâncias como, cobalto (vidro azul), óxido de cobre (vidro verde), óxido de ferro (vidro bronze) e sulfato de zinco (vidro fumê) [4].

Normalmente não se emprega vidro plano no processo de reciclagem convencional; por ter composição química diferente este tipo de vidro pode causar trincas e defeitos em vidros de embalagens, portanto é necessário o desenvolvimento de novas técnicas que viabilizem cada vez mais estes processos.

O reaproveitamento de entulhos de vidro ou outro material inorgânico pode oferecer uma série de vantagens como; diminuição dos custos de coleta, redução da poluição ambiental, aquecimento da economia e redução no consumo de recursos naturais.

Atualmente, existe uma série de tecnologias de reciclagem de vidros como; a refusão (técnica comum onde o vidro é refundido), agregado para cimento Portland (estuda-se a possibilidade da adição de vidro em substituição a um percentual de seus agregados), agregado para cimento asfáltico (já é utilizado em algumas cidades nos Estados Unidos), fabricação de cerâmica celular e fabricação de novos revestimentos. Além das formas citadas, existem inúmeras outras técnicas, como a produção de fibra de vidro, compósitos abrasivos, filtros, etc.

Outros resíduos que vêm ganhando importância econômica e social são as escórias de auto forno, que podem ser utilizadas como aglomerantes para a indústria cimenteira, resíduos de construção e demolição, que podem ser empregados na produção de argamassas e sucatas de aço do setor siderúrgico. Por exemplo, o processo arco elétrico utiliza quase que exclusivamente sucatas.

Contudo, a reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. Variáveis como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada, e utilização proposta para o material reciclado, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo o era antes de ser reciclado. Dessa forma, o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados. [1].

Como o vidro plano não pode ser reciclado por meios tradicionais, esse estudo visou caracterizá-lo termicamente e quimicamente, de forma a servir como base para trabalhos futuros em reaproveitamento destes entulhos, principalmente, no que se refere ao desenvolvimento de novos materiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

As sucatas de vidro plano foram colhidas em vidraçarias comerciais e depois foram levados para o IPAT-UNESC onde foram primeiramente lavadas e secas. A trituração foi efetuada utilizando pistilo e almofariz. Em seguida, os cacos foram passados em peneira (TYLER 4,76mm – ABNT 4) de maneira a padronizar o tamanho do vidro já triturado propiciando assim melhor controle na etapa de moagem.

O processo de moagem foi realizado por via úmida durante 6, 8 e 10 horas em moinho de bolas horizontal, com rotação de 57 rpm e capacidade para 5 litros, sendo 55% do volume útil foi preenchido por bolas.

A quantidade de material moído foi tal que formou uma suspensão com água cobrindo ligeiramente as bolas e deixando um espaço de 25% livre para que ocorresse a moagem

adequadamente. Como defloculante foi utilizado (silicato de sódio) com percentual de 0,5 em massa.

Após cada etapa de moagem o material foi seco em estufa a uma temperatura de 100 °C durante 24 horas, tempo suficiente para eliminar a água do material em suspensão.

Com a intenção de conhecer a composição química do vidro e verificar as diferenças em relação à composição química teórica, as amostras foram enviadas para análise química por fluorescência de raios X ao laboratório de Minerais e Rochas (LAMIR) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), utilizando um espectrômetro analisador de dispersão de comprimento de ondas (WDS Philips PW 2400). As amostras foram fundidas em tetraborato de lítio.

A análise térmica é uma técnica de análise que cujo princípio de medição consiste na quantificação das variações dimensionais que sofre um corpo-de-prova quando submetido a um ciclo de aquecimento definido, onde as variações dimensionais são acompanhadas por dispositivos ópticos.

Esse teste foi efetuado no SENAI de Criciúma, utilizando equipamento de dilatométrica óptica (MISURA) com taxa de aquecimento 10°C/mim, sendo que as amostras foram compactadas a pressão de 250 Kgf/cm².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo são apresentados e discutidos os resultados da caracterização química, física e térmica do pó de vidro.

3.1 ANÁLISE QUÍMICA

A tabela 1 mostra os resultados da análise química por fluorescência de raios X da amostra do vidro plano moído.

Tabela 1: Análise química da amostra de vidro plano.

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P.F.
Vidro plano	70,60	0,89	0,30	14,26	0,55	9,79	3,07	0,02	0,24

Fonte: LAMIR, 2008

A análise química reforça que as amostras de vidro plano são tipicamente calco-sódicas, ou seja, compostas majoritariamente por sílica, soda e cal e com adições óxido de magnésio e alumina. Outros óxidos aparecem em menores quantidades. Esses valores são bem próximos dos encontrados na literatura. Usualmente uma pequena quantidade de alumina entre (0,5 e 1,5%) é incluída na formulação para incrementar a durabilidade. Muito cálcio fará com que o cálcio tenha tendência a devitrificar (cristalizar) durante o processo de produção. Muito pouco cálcio ou alto teor de alcalinos resultará em um vidro com baixa durabilidade química [5].

Outros óxidos alcalino-terrosos podem substituir o cálcio ou o magnésio em composições usadas para produtos especializados [3, 8].

3.2 ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULAS

O ensaio de distribuição de tamanho de partículas é utilizado para determinar a variação do diâmetro das várias frações granulométricas em uma amostra. A tabela abaixo tem a pretensão de fornecer o diâmetro médio das partículas conforme a variação do tempo de moagem.

Tabela 2: Análise de tamanho de partículas da amostra de vidro plano.

Tempo de moagem (h)	Diâmetro médio de partículas (µm)
6	98,6
8	30,7
10	14,9

Fonte: SENAI, 2008

Verifica-se que ocorreu considerável redução no diâmetro médio de partículas com o tempo, o que indica a eficiência no processo de moagem. Embora seja importante determinar o diâmetro médio de partículas, este não é o único parâmetro a ser avaliado. Por vezes é interessante conhecer a distribuição de tamanho das partículas dependendo do método de produção que se deseja utilizar.

3.3 ANÁLISE TÉRMICA

Quanto ao comportamento térmico do pó de vidro, para cada tempo de moagem ocorreu uma pequena variação na temperatura de retração. As curvas de sinterização nas figuras 1, 2 e 3 mostram como ocorreu essa variação.

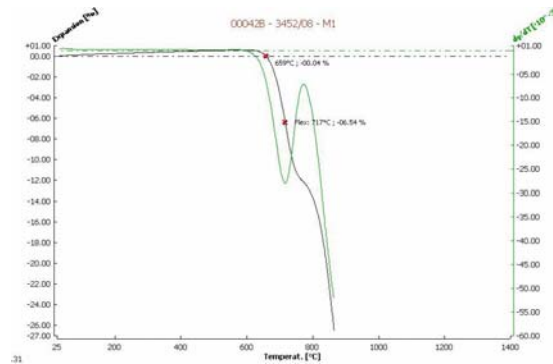


Figura 1: Curva de sinterização do vidro moído por 6 horas. (SENAI, 2008)

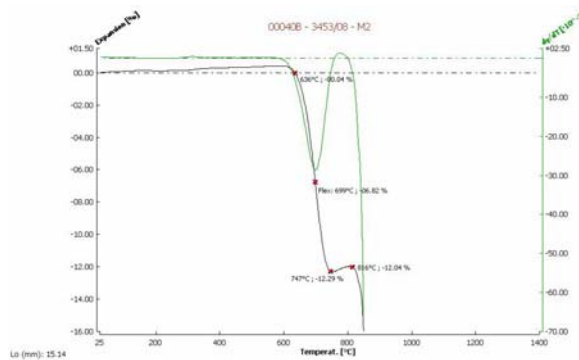


Figura 2: Curva de sinterização do vidro moído por 8 horas. (SENAI, 2008)

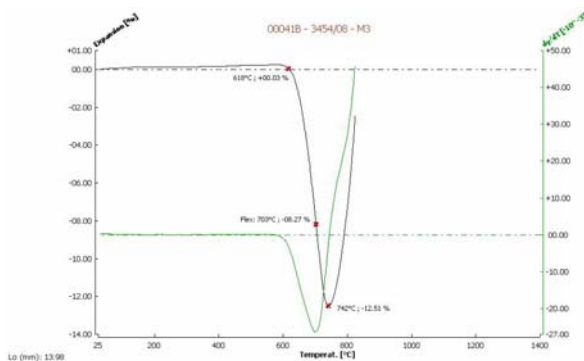


Figura 3: Curva de sinterização do vidro moído por 10 horas. (SENAI, 2008)

No tempo de moagem de 6 horas inicia a sinterização a 659°C, tendo a máxima taxa a 717 °C conforme a figura 1. Para a moagem de 8 horas o pó de vidro apresenta início de retração à 636°C (figura 2) com máxima taxa a 699°C, e finalmente, para 10 horas de moagem o início de retração ocorre a 618°C. Os resultados das curvas de sinterização mostram que conforme o diâmetro médio de partículas é reduzido pela sua moagem, ocorre aumento de sua reatividade, o que pode ser observado pela redução da temperatura de início de retração e máxima taxa de sinterização.

CONCLUSÃO

É viável utilizar sucatas de vidro na produção de novos materiais. Na etapa de sinterização a temperatura é baixa, aproximadamente 750°C, quando comparada aos processos cerâmicos tradicionais, que envolvem altas temperaturas de sinterização. Este fator é importante porque na produção, se o processo envolver temperatura, pode-se reduzir o consumo de energia e o impacto ambiental causado pela geração de gases. A composição química apresentou-se muito similar à composição química teórica, o que é também indicativo da confiabilidade no método pelo qual foi realizada a análise química. Esse ponto é positivo em relação ao aproveitamento deste resíduo pela sua estreita faixa de composição. Em relação à temperatura de retração, ocorre diminuição conforme se aumenta o tempo de moagem, é o mesmo que dizer que ocorre aumento da reatividade química devido a uma redução de tamanho de partículas, o que implica em aumento da energia superficial. Os dados experimentais fornecem bons indicativos para futuros trabalhos em aproveitamento de sucatas de vidro, seja para produzir novas peças cerâmicas, como novos pavimentos e revestimentos, na fabricação de cerâmicos expandidos ou mesmo no desenvolvimento de novos materiais compósitos.

1. ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. Disponível em: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_CT206_2001.pdf Acesso: 16 fev. 2009.
2. CALDERONI, Sabetai. *Os bilhões perdidos no lixo*. 4 ed. São Paulo: Humanistas, 346; (2003).
3. ABIVIDRO. Anuário 2003. Associação técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro, 2004.
4. SMITH, William F. *Princípios de ciência e engenharia dos Materiais*. 3. ed. Lisboa: McGraw-Hill, 892; (1998).
5. FERNANDEZ NAVARRO, José Maria. *El vidrio*. 3.ed Madrid: Consejo Sup. de Investigaciones Cient., 684; (2003).
6. FONTAINE, Boulevard. *Fundamentals of Glass Science and technology*. Venice, 679; (1993).
7. GUTZOV, I.; SCHEMELZER, J. *The vitreous state: thermodynamics, structure, rheology and crystallization*. Germany: Springer, 468; (1995).
8. VAN VLACK, Lawrence H.; SILVEIRA, Cid. *Propriedades dos materiais cerâmicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 318; (1973).
9. VOGEL, Werner. *Glass chemistry*. 2. ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 464; (1994).