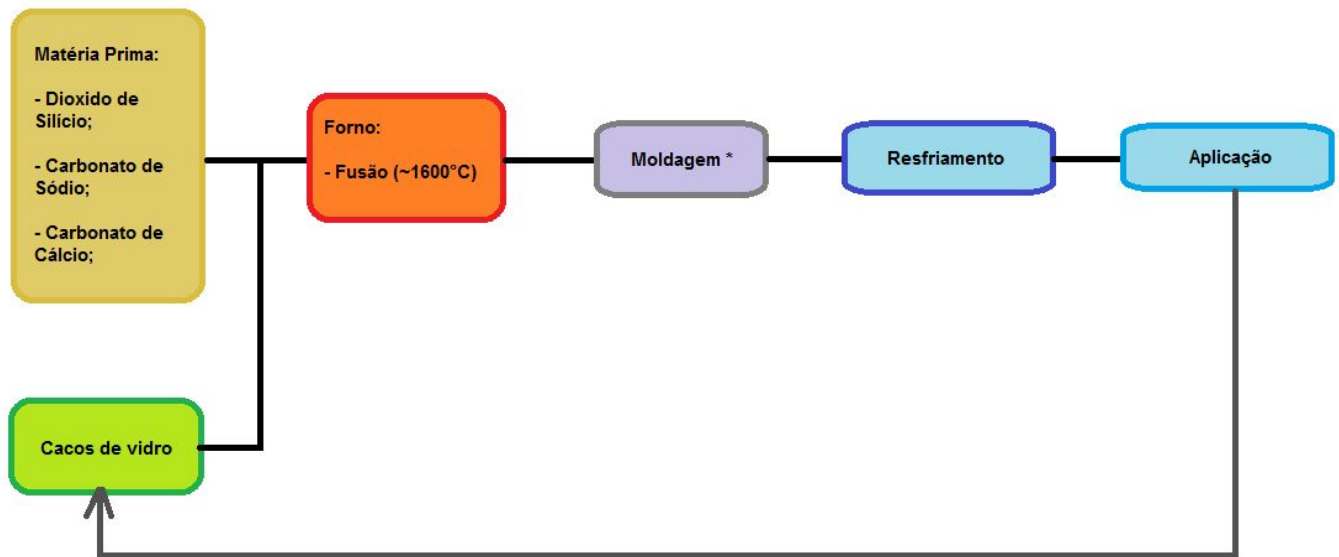


Bruno de Barros Feitosa 9833301
Daniel Kenji Saito 9833405
João Pedro de Souza Cortez 9833447
Victor Figueiredo Soares 9833322

Relatório 01 - Água na Indústria (Vidro)

Produção do Vidro



* A moldagem aborda os processos citados no texto.

Figura 1.: Fluxograma representando a atividade da indústria do vidro.

Há milhares de anos o homem vem se especializando no aprimoramento de materiais e aperfeiçoando suas técnicas de produção. Contudo, o processo produtivo dos vidros pode ser simplificado em três etapas simples que podem ser observadas na figura 1: Fusão, moldagem e resfriamento (ou têmpera). A primeira fase do processo é simplesmente o aquecimento das matérias primas à uma temperatura aproximada de 1600°C para mistura-los e possibilitar a moldagem. Esta, por sua vez, consiste na manipulação do material para dar a forma do produto final. O resfriamento da peça é

um processo meticuloso que dá a ela suas propriedades mecânicas, de resistência a impactos e formação e propagação de trincas de acordo com a velocidade e a temperatura dessa etapa.

A escolha da matéria prima, isto é, aquilo que será adicionado além daquelas que constituem a “base” de um vidro, varia de acordo com o produto final desejado. Desse modo, pode-se adicionar outros elementos à composição original com o objetivo de se alterar propriedades do vidro, como por exemplo propriedades óticas, mecânicas, etc.

A matéria prima é então misturada em um misturador e levada aos fornos. A fusão do vidro ocorre em uma faixa entre 1600°C a 1800°C. Dependendo do processo de fabricação, o material pode ser retirado do forno antes de fundir (tornar-se fluido).

A moldagem define o formato final do produto, sendo essa etapa a que definirá as demais durante a produção. Os processos de moldagem podem ser o sopro, o recozimento (que aborda diferentes métodos) e também processos artesanais:

- Sopro: consiste na injeção de ar dentro de uma “gota” de vidro fundido, forçando-o contra um molde. Pode ser feito em escala industrial (por meio de maquinário - exemplo: produção de garrafas, como ilustrado pela figura 2) ou artesanal;
- Recozimento: pode dar origem à chapas planas que podem ser laminadas (receber outras camadas de vidro e polímeros) ou temperadas (recebem um tratamento térmico);
- Artesanais: consiste na moldagem do vidro de maneira manual, resultando em formas complexas e difíceis de serem produzidas por moldes;



Figura 2.: Garrafas produzidas por sopro. Retirada de Indústria Hoje (<http://www.industriahoje.com.br/como-e-fabricado-o-vidro>)

O resfriamento é uma etapa determinante para as propriedades mecânicas do vidro, o tempo desse processo, bem como a temperatura do jato de ar empregado em cada passo. Sua importância pode ser verificada na produção dos vidros chamados temperados: esta variedade tem resistência a impactos muito maior que o vidro comum por conta de tensões internas geradas num tratamento térmico por um aquecimento a 600°C seguido de um resfriamento brusco com jatos de ar frio. Por outro lado, resfriar vidros com temperaturas muito elevadas recém moldados rapidamente ou com jatos frios pode gerar tensões internas tão grandes que podem originar trincas no interior do vidro. Por tanto nessa etapa da produção do vidro o que ocorre é um resfriamento em longas esteiras com jatos de temperaturas cada vez menores para que a peça esfrie gradualmente de forma a evitar a formação dessas tensões.

Uma vez resfriado, o vidro pode passar por processos de acabamento, que podem envolver, por exemplo, o corte ou lapidação por jato d'água (figura 3). Isso resulta na presença de partículas em suspensão que precisam ser separadas da água. O segundo tópico abordará tais questões.

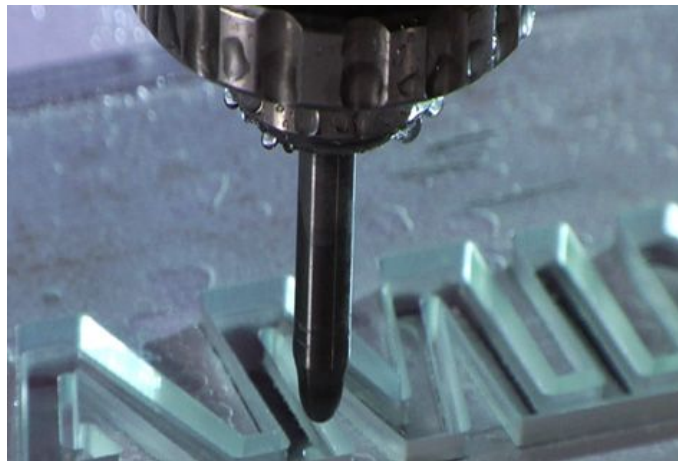


Figura 3.: Corte de vidro por jato d'água. Retirado de PlastMetal (<http://jatodagua.plastmetal.com.br/cortevidros>).

É importante lembrar que o vidro não possui limite de ciclos de reciclagem, ou seja, ele pode ser reutilizado como matéria prima indefinidas vezes para o mesmo uso, o que não acontece com plásticos e borrachas, por exemplo. Então, para baratear os custos de produção, adiciona-se pó de vidro à mistura na etapa de fusão diminuindo a demanda de extração de matéria prima, evitando uma degradação maior do meio ambiente.

Água na Indústria do Vidro

Assim como em diversos ramos da indústria, a água é um recurso importante para a produção de vidro, sendo utilizada nas etapas de lapidação, perfuração, lavagem e resfriamento dos vidros, além do uso doméstico. Esta água é, tradicionalmente, proveniente da companhia local de tratamento de água, como a SABESP. A vasta quantidade de água necessária para realizar todas as operações de uma fábrica de vidros, no entanto, torna o suprimento de água fornecido pelas companhias de tratamento por muitas vezes insuficiente, obrigando a indústria do vidro a buscar fontes alternativas.

Conformação de chapas de vidro: Após o vidro fundido sair do forno, ele passa pelo processo de conformação. O vidro escoa entre dois cilindros laminadores e depois passa por uma série de roletes. Tanto os roletes quanto os cilindros laminadores são resfriados com água durante o processo para evitar o aquecimento excessivo.

Lapidação e polimento: Durante o processo de lapidação são utilizados rebolos diamantados para desgastar o vidro, dando o formato desejado à peça. No polimento, um material abrasivo também é utilizado para desgastar a peça. A água é utilizada nesses processos para resfriar o material abrasivo e diminuir o atrito com a peça. Após esse processo essa água ficará com resíduos de pó de vidro, deixando-a esbranquiçada.

Essa água é reutilizada diversas vezes até atingir o seu limite de saturação. Quando isso ocorre, muitas vezes é dada uma destinação inadequada à esta água, que é jogada diretamente na rede coletora ou no solo sem nenhum tipo de tratamento. Porém essa água pode passar pelo processo de decantação. Esse processo não garante a remoção total de resíduos, porém a água pode ser reutilizada pela empresa na lapidação ou no polimento, economizando água e dinheiro, já que a longo prazo a economia de água cobre o custo do seu tratamento, como no exemplo da companhia Pilkington Brasil Ltda., citado a seguir.

Devido às altas temperaturas, parte da água utilizada é perdida por evaporação durante os processos de resfriamento. O restante da água, contaminada por partículas de vidro, lubrificantes e óleos utilizados no processo é descartado podendo então ser submetida a um processo de purificação, para possivelmente ser reusada, ou despejada diretamente na rede de esgoto, trazendo riscos ambientais.

Para tornar a reduzir a disposição de resíduos e aumentar a economia de água, as empresas podem optar por investir no desenvolvimento de tecnologia, como a instalação de sistemas para coleta de água da chuva. A construção de uma ERA (Estação de Reúso de Água) é outra alternativa, permitindo o tratamento e reutilização da água em mais de um ponto da cadeia produtiva. O tratamento da água, no entanto, deve ser feito com qualidade, pois o uso de água com resíduos (químicos ou físicos)

pode manchar e arranhar os produtos. A instalação de medidores e uma fiscalização rigorosa da quantidade de água utilizada pelos equipamentos da fábrica é uma forma de reduzir desperdícios e detectar rapidamente possíveis vazamentos.

Como dito anteriormente, um exemplo de bom aproveitamento de recursos hídricos na indústria do vidro é o caso da companhia Pilkington Brasil Ltda.. Segundo relatórios da CETESB, o suprimento de água fornecido pela SABESP era insuficiente para atender as necessidades da empresa, que chegava a 350m³/dia, levando-a a ter que contratar o serviço de caminhões pipa.

Para contornar os custos elevados de tal operação a Pilkington decidiu investir na construção de um sistema para utilização de água da chuva e de uma ERA. Este investimento não apenas proporcionou uma economia de 95% na água gasta pela empresa e uma melhora na qualidade do efluente industrial, mas também trouxe grandes benefícios econômicos, cobrindo o próprio custo em 10 meses. Na época, a empresa reduziu seus gastos em 13.000 m³/mês de água, reduzindo seus gastos em R\$ 35.000,00/mês.

Conclusão

Com base no que foi dito anteriormente, é possível concluir que a melhor forma para tentar aumentar a eficiência do uso da água na indústria do vidro é tentar reutilizá-la ao máximo na mesma ou em outra etapa do processo. Muitas vezes a água residual das etapas de fabricação contém impurezas, como pó de vidro, ou está a uma temperatura muito elevada, o que impossibilita o descarte direto na rede de esgoto.

As empresas podem utilizar métodos de tratamento de água como a decantação se houver impurezas como, por exemplo, o pó de vidro, ou deixar a água resfriando em um tanque caso a temperatura esteja elevada. Após essas etapas a empresa decide em qual processo pode reaproveitar a água. Muitas vezes a água é utilizada no mesmo processo da qual saiu.

Apesar da falsa concepção de que investir em uma cadeia produtiva mais ecológica prejudica financeiramente as empresas, vemos que a preservação ambiental pode sim trazer benefícios econômicos. Investir em tecnologia para a reutilização de água é uma forma de poupar recursos e, conseqüentemente, dinheiro, o que ilustra com precisão a capacidade da engenharia de construir soluções para a crise ambiental sem prejudicar a qualidade de vida, um dos conceitos principais apresentados em nosso curso.

Referências Bibliográficas

- FAU - USP. **A Indústria e a Produção do Vidro**. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/deptecnologia/docs/bancovidros/prodvidro.htm> . Acesso em: 23 de Abril de 2017.
- PMT - Escola Politécnica da USP. In: TOFFOLI, Samuel M. **Vidros Aplicações Especiais**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2271384/mod_resource/content/1/Vidros-Aplica%C3%A7%C3%B5es_especiais_2016.pdf . Acesso em: 23 de Abril de 2017.
- Relatórios da CETESB, :
 1. 2002:
<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2015/01/caso17.pdf> Acesso em: 23 de Abril de 2017.
 2. 2008:
<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2015/01/caso52.pdf> Acesso em: 23 de Abril de 2017.
- Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. In: Licurgo, J. S. **C.APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DA ETAPA DE LAPIDAÇÃO DE VIDRO EM CERÂMICA VERMELHA**. Disponível em: <http://www.uenf.br/portal/images/BLOG%20CI%C3%8ANCIA%20UENF/Residuo%20de%20vidro%20em%20ceramica%20-%20Juliana%20-%20artigo.pdf> . Acesso em: 24 de Abril de 2017
- Artigo em inglês da Wikipedia sobre produção de vidro: https://en.wikipedia.org/wiki/Glass_production Acesso em: 24 de Abril de 2017.
- Portifólio energético e ambiental da industria de vidro nos EUA 2002: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/glass2002profile.pdf> Acesso em: 24 de Abril de 2017.