



Politécnica 20-E

Revista do Instituto Politécnico da Bahia ■ Fundado em 1896
Ano 7 ■ Edição Trimestral ■ Junho de 2014 ■ ISSN 1809 8169



Os instrumentos de desenho na engenharia: sua evolução técnica



Um modelo de previsão de custos de pavimentos tipos na fase de estudo de viabilidade para empresas de construção

Breve História da Produção de Vidros Planos: 60 Anos da Patente de Pilkington

Revisitando o conceito de saneamento básico no Brasil e em Portugal

Painéis sanduíche estruturais em embarcações

Editorial	Pág.3
Expediente.....	Pág.4
Revisitando o conceito de saneamento básico no Brasil e em Portugal..	Pág.5
Os instrumentos de desenho na engenharia: sua evolução técnica.....	Pág.12
Painéis sanduíche estruturais em embarcações.....	Pág.16
Um modelo de previsão de custos de pavimentos tipos na fase de estudo de viabilidade para empresas de construção.....	Pág.21
Breve História da Produção de Vidros Planos: 60 Anos da Patente de Pilkington.....	Pág.28
Notícias.....	Pág.35



INSTITUTO POLITÉCNICO DA BAHIA Fundado em 1896

REVISTA POLITÉCNICA

Fundador

JOSÉ GOES DE ARAÚJO

Coordenador

SYLVIO DE QUEIRÓS MATTOSO

Conselho Editorial

ADEMAR NOGUEIRA
ANDRÉ LUÍS VALENTE
CAIUBY ALVES DA COSTA
JOÃO AUGUSTO DE LIMA ROCHA
JORGE EURICO MATTOS
LUIZ ROBERTO MORAES
RICARDO DE ARAÚJO KALID
SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS
SYLVIO DE QUEIRÓS MATTOSO

DIRETORIA DO IPB

Presidente

CAIUBY ALVES DA COSTA

Vice-Presidente

LENALDO CÂNDIDO ALMEIDA

Diretor Administrativo

SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS

Diretor Financeiro

ASHTON JOSÉ REIS D'ALCÂNTARA

Diretor de Negócios Empresariais

EDGAR NUNES DE ALMEIDA

Diretor de Programas e Projetos Governamentais

MAURÍCIO FRANCO MONTEIRO

Diretor de Tecnologia, Pesquisa e Capacitação

SYLVIO DE QUEIRÓS MATTOSO

CONSELHO FISCAL

JOÃO AUGUSTO LIMA ROCHA
LUIS EDMUNDO PRADO DE CAMPOS
LUIZ ANÍBAL OLIVEIRA

Suplentes

PAULO ROBERTO F. MOURA BASTOS
RICARDO DE ARAUJO KALID

CONSELHO DELIBERATIVO

Membros Titulares

Presidente

JOSE GÓES DE ARAUJO

Vice-Presidente

JOSÉ ROGÉRIO DA COSTA VARGENS

Secretário

SILVIO CARLOS GALLO SAMPAIO

ALBERTO ELOY GÓES DE ARAUJO
ANTONIO CARLOS MEDRADO SAMPAIO
EDGAR NUNES DE ALMEIDA
GERALDO NUNES QUEIROS

Conselheiros Suplentes

JOÃO CARLOS DE BELTRÃO DE CARVALHO
MARIO MENDONÇA DE OLIVEIRA
ADINOEL MOTTA MAIA

Membros Natos do Conselho Deliberativo

CAIUBY ALVES DA COSTA
CARLOS EMILIO DE MENEZES STRAUCH
ERUNDINO POUSADA PRESA

CÂMARAS ESPECIALIZADAS

Câmara de Tecnologia e Desenvolvimento

Alberto Eloy Góes de Araujo
Geraldo Queiroz
José Hamilton da Silva Bastos.

Câmara de Planejamento Estratégico

José Rogério da Costa Vargens
Antonio Carlos Medrado Sampaio
Maria Auxiliadora Figueiredo Britto
João Carlos B. de Carvalho.

Câmara de Economia e Finanças

Ingo Ahringsmann
Miguel Madruga Soares Fernandes
Sílvia Carlos Gallo Sampaio

REALIZAÇÃO

Casa do Verso

DIRETOR RESPONSÁVEL

Antonio Pastori

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Dalmo Lemos

JORNALISTA RESPONSÁVEL

Gabriela de Paula - MTB 3751

CONTATO

casadoverso@gmail.com

● Os textos assinados e aqui publicados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, podendo não representar a opinião do Conselho Editorial ou mesmo da Diretoria do IPB.

● A publicação das fotos e ilustrações desta edição são de responsabilidade da Casa do Verso com a devida publicação dos créditos dos seus autores.



Breve História da Produção de Vidros Planos: 60 Anos da Patente de Pilkington

Marcio Luis Ferreira Nascimento

Palavras chave: Vidro, Plano, Processo de flutuação, patente, tecnologia, Pilkington

Abstract: This paper deals with one of the most and important single innovations made in modern glass industry since World War II. The “float” process is one of the most widely employed methods for flat glass manufacturing. The first patent was applied on December 10th, 1953 by Pilkington and Bickerstaff. It is presented here a brief discussion in sixty years of historical perspective and the main patents related to it.

Resumo: Este artigo trata de uma das maiores e importantes inovações feitas na moderna indústria vidreira desde o fim da II Guerra Mundial (1945). O processo “float” é um dos métodos mais amplamente empregados para produção de vidro plano. A primeira patente foi aplicada em 10 de dezembro de 1953 por Pilkington e Bickerstaff. Apresentamos uma breve discussão desses sessenta anos em perspectiva histórica e suas principais patentes relacionadas.

Keywords: Glass, Flat, Float process, patent, technology, Pilkington

1. INTRODUÇÃO

O vidro é um dos materiais mais utilizados pelos humanos, e certamente um dos mais versáteis e adaptáveis deles. A transparência deve ser a sua melhor qualidade, bem como a durabilidade química e fragilidade seus piores defeitos. O vidro também tem a vantagem de ser impermeável, facilmente limpo e reutilizável. Dos vitrais das igrejas medievais ao monopólio renascentista de fabricantes de espelho veneziano, o vidro plano trouxe proteção ao meio ambiente, ao mesmo tempo que reflete também sua beleza. Conforme apontado por Bricknell, “a principal qualidade do vidro é que ele ‘parece’ invisível” [1].

Houve, ao longo dos tempos, e por séculos, dois métodos básicos de elaboração de vidros planos, os populares vi-

dros de janela: por sopro ou por molde [2]. Na verdade, o primeiro processo de vidro plano foi patenteado em 22 de março de 1848 pelo engenheiro Inglês Henry Bessemer (1813-1898, bastante conhecido pelo processo industrial de baixo custo para a produção em massa de aço a partir de ferro gusa - que leva seu nome) sob o número 12.101 [3]. Esse trabalho refere-se à primeira tentativa de produzir uma faixa ou placa contínua de vidro plano, mas a proposta não foi bem sucedida comercialmente.

O vidro 'float' foi patenteado nos anos seguintes nos Estados Unidos por dois americanos: William E. Heal em 1902 – patente US 710.357 [4], e em 1925 por Halbert Hitchcock - patente US 1.564.240 [5]. No início do século XX, Emile Fourcault (1862-1919) [6, 7], na Bélgica e, independentemente, Irving Colburn (1861-1917) [8] nos EUA inventaram uma técnica de produção de placas contínuas de vidro, que no entanto ainda necessitava de um acabamento na forma de desbaste e polimento, encarecendo assim o produto. Resumidamente, no processo Fourcault [7], a placa de vidro era produzida verticalmente a partir de um banho de vidro fundido. O material era obtido deixando a superfície do vidro esfriar por conta própria, sem contato enquanto ela ainda estivesse num estado considerado superesfriado. No entanto algumas distorções e heterogeneidades, devidas a este processo particular, surgiam, principalmente como resultado de pequenas diferenças na viscosidade resultantes da diferença de composição química ou mesmo variações térmicas. Assim, o principal objetivo não foi alcançado por esses processos antigos: na verdade, o vidro plano tem que

ser impecável - perfeitamente plano, totalmente uniforme, e livre de qualquer distorção ou contaminação. Até o início de 1950, antes do advento do processo 'float', esses resultados eram raros e muito caros. Pilkington mencionou que o desperdício de vidro atingia valores de até 20% da produção na época [2].

Sir Alastair nasceu com o nome de Lionel Alexander Bethune Pilkington (1920-1995) em Calcutá, Índia, onde seu pai trabalhava na época. De acordo com o obituário do New York Times (NYT) [9], mais tarde ele escolheu Alastair como o nome com que ele gostaria de ser lembrado. Ele se matriculou na Universidade de Cambridge em 1938, especializando-se em engenharia mecânica. Seus estudos foram interrompidos pela eclosão da Segunda Guerra Mundial. Ele ingressou na empresa em 1947, depois de se formar e em 1953 já era membro do conselho de administração. No final dos anos 1950, ele pressionou a empresa a continuar investindo no processo 'float', apesar das enormes dificuldades técnicas - algumas delas, sem dúvida, foram superadas após o pedido de patente, conforme relatado a seguir.

De fato, em 1952 Alastair Pilkington concebeu a ideia de formar uma placa de vidro flutuante a partir das matérias-primas derretidas em temperaturas elevadas ao longo de um banho de estanho fundido. Em 1954 foi construída uma planta piloto [2] e a primeira patente britânica (769.692 [10]) foi publicada; no entanto foram precisos sete anos e mais de £ 7.000.000 (£ 80 milhões em valores atuais - de acordo a Pilkington Empresa [2]) para desenvolver todo o processo (Figura 1).

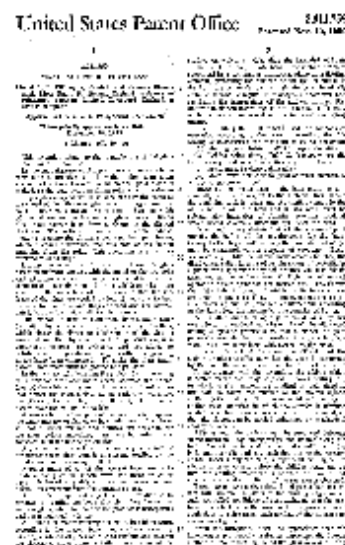


Figura 1 Esquerda: Lionel Alexander Bethune Pilkington (1920 -1995) Centro: A primeira patente britânica de vidro plano número 769.692 (aplicação em 10 de dezembro de 1953, www.epo.org [10]) Direita: a primeira página de patente US 2.911.759 (www.uspto.gov) aplicada em 6 de Dezembro de 1954 [11].

Cabe então um pequeno parêntesis sobre a natureza dos vidros. O vidro pode ser considerado mais um estado da matéria, intermediário entre os tradicionais sólido, líquido e gasoso. O vidro comum é produzido há mais ou menos 7 mil anos da mesma forma: tomando partes de areia (sílica), carbonatos de sódio, cálcio e potássio dentro de um forno - atingindo temperaturas de até 1500° C e resfriando rapidamente. O produto final é um líquido super-resfriado, ou ainda um 'sólido não-cristalino', ou seja, seus átomos constituintes (silício, sódio, oxigênio, etc) encontram-se desordenados, de forma aleatória - e não bem organizados e distribuídos como acontece em outros materiais ditos cristalinos.

Segundo a patente US 2.911.759 [11], aplicada no ano seguinte à primeira patente de Pilkington, a placa é obtida num ambiente quimicamente controlado em alta temperatura por um tempo longo o suficiente para derreter as matérias primas e produzir uma superfície plana e paralela [2]. Como a superfície de estanho fundido também é plana (ponto de fusão a 231,9° C), o vidro torna-se plano - e a operação inicia-se a partir da sua massa fundida em cerca de 1500° C até perto de 600° C, quando é ainda um líquido super-resfriado, passando então ao estado vítreo numa temperatura alguns graus Celsius abaixo. É importante observar aqui que a densidade de estanho é mais elevada que a do vidro numa mesma temperatura, e devido ao Princípio de Arquimedes surge uma força voltada para cima exercida pelo estanho, que se opõe ao peso do vidro plano. A placa é continuamente resfriada enquanto avança sobre o estanho fundido até que o material esteja sólido para que possa ser retirado do banho. Assim é obtida uma espessura uniforme com superfície livre de defeitos sem qualquer necessidade de prensa, desbaste ou ainda polimento. A inovação do processo de vidro 'float' passou a se tornar o procedimento universal na fabricação de vidros planos de alta qualidade. A empresa patenteou a tecnologia, licenciado a outros produtores de vidros ao redor do mundo.

O processo, originalmente capaz de produzir apenas vidro com 6 mm de espessura [2, 10], é capaz hoje de elaborar e obter espessuras tão finas quanto 0,4 mm e tão grossas como 25 mm e em larguras de até 3,21 x 6,00 m². A espessura é controlada pela velocidade com que placa de vidro no processo de solidificação é retirada do banho. Uma planta moderna é capaz de produzir cerca de 6.000 quilômetros de vidro por ano [12]. Esse processo, envolvendo até 2.000 toneladas, pode levar até 50 horas, e oferece ao fim um material livre de inclusões, manchas, bolhas e demais



imperfeições. O produto final é mais econômico, de maior qualidade e voltado para vitrines, carros e espelhos sem as distorções bastante comuns quando comparadas com as técnicas mais antigas de produção.

Foram necessários ainda quatro anos a partir da publicação da primeira patente antes do processo de vidro plano tornar-se rentável, mas de toda forma tal técnica de produção revolucionou a indústria. Pilkington tornou-se assim a maior empresa de vidro plano no mundo, principalmente como resultado da ênfase de Sir Alastair sobre o uso do processo 'float', que passou a produzir vidros planos com ambos os lados lisos, não sendo mais necessário uma etapa de polimento. O vidro fabricado por esse processo tem uma ampla variedade de usos desde os automóveis até aplicações arquitetônicas [12], mas não foi um caminho fácil convencer o conselho da empresa para participar desses projetos no início [1,2]. De acordo com o obituário no NYT [9], Alastair aparentemente não estava relacionado com a família que fundou a empresa Pilkington.

Segundo o The Telegraph [13], reza a lenda que Pilkington teve um lampejo ao lavar pratos em casa. Observando como as bolhas de sabão escorriam por sobre a água na pia da cozinha, veio à tona a ideia de se derramar, escoando o vidro ainda fundido sobre um banho de metal também líquido. Dessa forma, a patente consistiu em estabelecer uma maneira de fazer o vidro fundido flutuar, de forma contínua, num banho de metal fundido mais denso que o vidro, no caso o estanho, assegurando assim perfeita superfície plana à face do vidro em contato com o metal, e ao mesmo tempo em que o vidro era resfriado até seu estado sólido [13].

O processo 'float' é tão inovador que, desde 1959, suplantou todas as outras técnicas para a formação de vidros planos. Alastair Pilkington desempenhou um papel de liderança em licenciar sua invenção em todo o mundo. Entre suas participações, o controle da empresa Pilkington incorporou a Libbey-Owens-Ford Company, segunda maior fabricante de vidros nos Estados Unidos na época [12]. Em junho de 2006, a Nippon Sheet Glass Co., Ltd (www.nsg.com) adquiriu a Pilkington P. L. C. [12]. A primeira licença foi cedida para a Pittsburgh Plate Glass Company (P. P. G.), em 1962, e a partir deste houve outros licenciamentos para fabricantes na Europa, Japão, Tchecoslováquia, anti-

ga União Soviética, EUA e Brasil, entre outros. Ele foi eleito membro da prestigiosa Royal Society em 1969, nomeado cavaleiro em 1970, e recebeu doutorados e distinções de 13 instituições acadêmicas, assim como inúmeros prêmios científicos. Em 1978, foi condecorado com a Medalha Alan A. Griffith e um prêmio pelo Instituto de Materiais, Minerais e de Mineração. A Society of Glass Technology (www.sgt.org) anunciou em 2011 a inauguração de um prêmio em sua homenagem.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Inventores como Heal [4] e Halbert [5] haviam tentado várias vezes obter um processo melhorado e de baixo custo para substituir (na época) as dispendiosas placas de vidro plano, mas não tiveram sucesso. É importante notar que Heal havia reivindicado uma invenção relativa a "uma fabricação de chapas e placas de vidro quaisquer de forma contínua por um método novo e melhorado de fazer fluir o vidro fundido a partir do tanque (de fusão) em um recipiente adjacente contendo material fundido de... maior densidade do que o vidro, e fazendo com que o vidro fundido viesse a flutuar por sobre este e se espalhar para formar uma placa



contínua ao longo da superfície do referido material derretido...” [4]. Heal escolheu metais como o estanho e ligas de estanho e cobre, de forma similar ao conteúdo também reivindicado por Halbert: “o processo de formação contínua de uma placa ou folha de vidro, na qual consiste em fazer fluir o vidro a partir de um tanque por sobre um banho de metal fundido, fazendo com que ele se espalhe...” [5]. Pode-se dizer que o mesmo ocorreu a Fourcault [6, 7] e Colburn [8] em suas tentativas relacionadas à “arte de fazer placas planas de vidro”. Fourcault alegou “um dispositivo para a fabricação de vidro plano por estiramento, um tanque para conter vidro em estado fundido, meios para o deslocamento a partir do referido tanque, meios para arrefecer o vidro, uma vez que é deslocado de forma ascendente, um flutuador (embutido) no referido tanque..., e meios para forçar o referido flutuador junto com o material fundido no referido tanque, para os propósitos especificados” [6]. Alguns anos mais tarde, ele também havia reivindicado sobre “um dispositivo para arrastar uma placa contínua de vidro, um conjunto de roletes para suprir o deslocamento do vidro na base da placa a ser arrastada, os rolos sendo mergulhados no vidro sob fusão, (e) um flutuador...” [7]. Já a inovação de Colburn tinha o objetivo de “proporcionar um processo e dispositivo em que placa de vidro de largura e espessura uniformes pudesse ser arrastada a partir da massa fundida e subsequentemente recozida, para em seguida poder ser cortada em tamanhos desejados para o mercado. A invenção consiste no processo e dispositivo para o deslocamento de vidro em forma de placa plana horizontal a partir da massa fundida; no mecanismo para operação de deslocamento dessas placas, quer para a frente ou para trás, e os meios para o controle da temperatura do vidro; na construção do aparelho de produção do tanque, a partir do qual o vidro é elaborado, e o arranjo e combinação das várias peças, como descritos a seguir e, particularmente apontadas nas reivindicações” [8].

Da leitura de todas essas patentes, é possível notar que a tecnologia precisava ainda ser aperfeiçoada. Todas as antigas patentes são, de fato, muito breves e sucintas em comparação com as especificações detalhadas de Pilkington e Bickerstaff, que citaram os inventores Heal e Halbert apenas na patente US 2.911.759 [11], mas curiosamente não citaram Fourcault ou mesmo Colburn. Pelo menos duas razões podem explicar tal situação, e foram dadas pelo próprio Pilkington, que escreveu que “recebeu pouca ajuda de fontes externas. Primeiro, porque estavam a ganhar terreno e foram trabalhar para além das fronteiras do conhecimento existente, e em segundo lugar porque não podiam dizer às pessoas muito por causa da segurança” [2].

Na verdade, Pilkington e Bickerstaff escreveram mais detalhes na primeira patente britânica 769.692. Eles citaram como principais objetivos “para melhorar a produção de vidro plano em placas contínuas de modo tal que pode ser obtido um melhor nivelamento da superfície para o vidro antes do recozimento...” [10]. Sua intenção era “obter uma maior taxa de produção de placas de vidro do que é atualmente possível com os métodos comerciais habituais”, bem como “ter um brilho de uma qualidade tal sem a necessidade de polimento”. Diferente dos outros inventores, eles relataram experiências em que “... o uso de estanho é essencial para manter uma atmosfera não oxidante ao longo do tanque ... (com uso de) de um gás redutor” [10, 11]. Pilkington, diferente dos demais inventores, também citou um modelo simples [2], onde a partir do uso de “um óleo de silicone, representando o vidro, e uma solução de nitrato de chumbo, representando o estanho,... foram capazes de identificar ...” alguns fatores relevantes que envolvem tal invenção. Outros problemas tecnológicos relacionados com a inovação do vidro plano apareceram, e não foram publicados pelos inventores anteriores, como por exemplo a situação que envolve o vidro derretido no banho de estanho - como material vítreo ainda no estado líquido é quimicamente ativo, dissolve todos os materiais refratários que compõe o forno, e existem discussões em ambas as patentes de Pilkington e Bickerstaff de como evitar esse situação. De fato, não restam dúvidas de que esta particular inovação eliminou as operações tradicionais de desbaste, prensa e polimento da superfície do vidro, criando um material de alta qualidade e preço bastante competitivo, e é de fato inovadora em relação às patentes anteriores.

Com relação a uma estatística sobre patentes produzidas, uma pesquisa no Instituto Europeu de Patentes: Espacenet (www.epo.org) com as palavras-chave em inglês para “flat glass” e “float glass” forneceu os seguintes resultados por ano, considerando a base mundial (**Figura 2**). A partir desta figura é possível notar um crescimento exponencial no número de patentes desde sua primeira reivindicação em 1953. Olhando apenas para os títulos que utilizam o termo vidro “flat” (plano), foi possível encontrar 2.409 patentes registradas. Se considerar o termo no título ou resumo, o número chegou a 23.901 patentes até 2013 e continua a aumentar. Como curiosidade, para o mesmo período foram publicadas 1.131 patentes com o termo vidro ‘float’ no título apenas e somente 3.995 patentes com o termo no título ou resumo. A partir da Figura 2 também é possível notar que o termo ‘float’ nunca caracterizou de fato a patente, em vez do nome mais usual “vidro plano”.

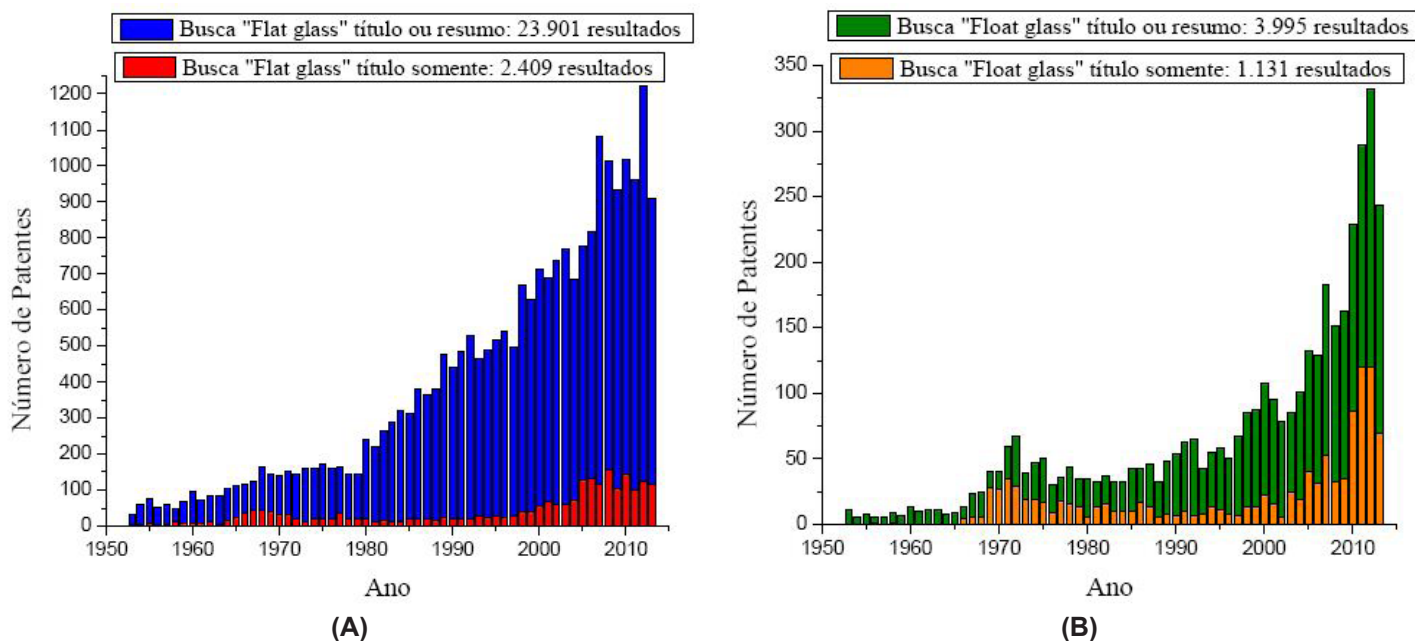


Figura 2. Resultados da distribuição de freqüência para busca de patentes usando (a) “flat glass” no título e só título ou no resumo; (b) pesquisa usando “float glass” no título e só título ou resumo;. Dados a partir de www.epo.org.

Ainda de acordo com a EPO, havia até 2013, 339 patentes com o título de “vidro plano” e outras 464 patentes considerando o termo no título ou no resumo submetidas pela empresa Pilkington. Considerando-se “vidro float”, havia 63 patentes no título apenas e outras 185 patentes no título ou resumo nas mesmas condições. O universo de patentes requeridas por todas as empresas até 2013 foi de 2.715 por patentes com o termo “vidro plano” apenas considerando o título e outras 25.889 patentes considerando no título ou no resumo. São 1.347 patentes “vidro float” no título apenas e outras 4.728 patentes no título ou resumo nas mesmas condições. Como exemplos de melhorias no processo de vidro plano, é possível citar as patentes GB 974.635 [14] e EUA 3.652.863 [15], respectivamente aplicadas na Grã-Bretanha e Estados Unidos em diferentes períodos. O primeiro invento refere-se ao fabrico de vidro plano e, em particular, a um aparelho para a detecção de defeitos (como inclusões, na forma de cristais, ou ainda arranhões ou mesmo bolhas) na ou sobre a superfície de vidro liso por meio de feixe de luz direta ou mesmo através do vidro [14]. O segundo invento refere-se a métodos e aparelho para inspecionar a placa ou folha de vidros transparentes, que inclui um feixe de laser, principalmente analisando o espalhamento de luz pelos defeitos [15].

A planta de Pilkington foi projetada para operar continuamente, 365 dias por ano, ao longo de sua vida útil, que abrange tipicamente entre 10 e 15 anos [12]. O mercado mundial de vidro plano em 2009 atingiu aproximadamente

52 milhões de toneladas, representando um valor ao nível da produção primária de cerca de 22 bilhões de euros - i.e., vidro fabricados em chapas planas, excetuando nesta análise a produção de garrafas, recipientes, fibras de vidro, barras e tubos. Este mercado é dominado pela Europa, China e América do Norte, que, juntos, representam mais de 70% da demanda. A China produz mais de 50% da produção mundial de vidro plano. De acordo com o relatório da NSG [12] o mercado tem crescido, historicamente em termos de volume, de 4 % a 5 % ao ano. Da demanda do mercado total mundial em 2009, cerca de 29 milhões de toneladas foi de vidro ‘float’ de alta qualidade, 3 milhões de toneladas de folhas de vidro e 2 milhões de toneladas de vidro laminado. Os restantes 19 milhões de toneladas refletem a demanda por vidros de baixa qualidade, produzido principalmente na China - de acordo como relatório NSG [12]. Em 2009, 40% do vidro ‘float’ fez parte de novas construções. Cerca de 5 milhões de toneladas de vidro plano produzido globalmente nesse período foram destinadas especificamente para o setor automotivo [12].

Considerando esse breve período de apenas 60 anos desde a aplicação da primeira patente, é possível notar que as invenções de patentes foram feitas por diferentes empresas: Asahi, Saint-Gobain, Guardian, Schott, LG, Vidrio Plano de México e China Southern - envolvendo diversos países. A América do Sul englobava sozinha um mercado de aproximadamente 2 milhões de toneladas em 2009, e o Brasil tem uma liderança de destaque na produção de

vidro plano. Em Salvador existe uma pequena fábrica de vidros planos temperados para sacadas, portas e espelhos. O processo Pilkington foi licenciado para mais de 42 fabricantes em 30 países diferentes. Mais de 370 linhas do tipo 'float' estão em operação, em construção ou planejadas em todo o mundo, com uma produção combinada de cerca de 1.000.000 toneladas de vidro por semana [12].

3. CONCLUSÕES

Para o leigo, o vidro é um sólido transparente com boa durabilidade química, mas que quebra facilmente. De fato, o vidro plano da indústria moderna pode ser dobrado, curvado, laminado, e temperado. Os produtos resultantes podem fornecer conforto e praticidade, além de melhorar a segurança, por exemplo, em veículos automóveis, e ainda permitirem substituir literalmente paredes de tijolo e argamassa por panoramas de luz e beleza natural. Em particular, o vidro de segurança - primeiro fabricado apenas para carros na década de 1920, tornou-se mais leve e mais delgado, inclusive com melhores capacidades de modelagem, transparência, aerodinâmica e resistência mecânica a impactos.

Embora o vidro ainda exiba características antigas da forma

e função, apresenta cada vez mais novos desempenhos e aplicações tecnológicas, como monitores de tela plana, de cristal líquido, substratos de vidro plano super-finos, vidros auto-limpantes, bem como aplicações em energia solar e tecnologia da informação.

Neste trabalho foi apresentado o último grande avanço na produção em massa da indústria de vidro plano desde a Segunda Guerra Mundial, que foi introduzida na década de 1950 com a inovação denominada processo 'float', onde o vidro em estado líquido literalmente flutua por uma lâmina de estanho fundido. O material resultante, após resfriado e obtido em massa em grandes placas é de alta qualidade, relativo baixo custo e sem a necessidade de polimento. O processo Pilkington é, certamente, uma das maiores inovações e uma das mais extraordinárias invenções de processos do século XX na história da indústria vidreira. É um dos métodos mais utilizados para a fabricação de vidro plano, pois garante altas excelência e produtividade. Mais de 23,9 mil patentes foram protegidas em todo o mundo até 2013 nestes últimos 60 anos. O uso do termo "vidro plano", de acordo com o Instituto Europeu de Patentes, foi o mais utilizado. Também é possível notar que o número de patentes continua a crescer desde a sua primeira aplicação.

E-mail de contato:

mifn@ufba.br – Professor do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica - UFBA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Bricknell. Float: Pilkington's Glass Revolution. Carnegie Publishing (2012).
- [2] Pilkington, L. A. B. "Review Lecture. The Float Glass Process". Proc. R. Soc. Lond. A 314 (1969): 1-25.
- [3] H. Bessemer. Sir Henry Bessemer, F. R. S. An Autobiography. London, Offices of "Engineering," (1905) 501 pgs.
- [4] W. E. Heal. "Manufacture of Window and Plate Glass". US patent 710,357 (1902).
- [5] H. Hitchcock. "Process and Apparatus for Making Sheet Glass". US patent 1,564,240 (1925).
- [6] E. Fourcault. "Apparatus for the manufacture of plate-glass by stretching". US patent 717,378 (1902).
- [7] E. Fourcault. "Method of and apparatus for drawing continuous sheets of glass". US patent 941,866 (1909). [9] I. W. Colburn. "Process and apparatus for drawing sheet-glass". US patent 1,394,809 (1921).
- [9] J. Holusha. Obituaries. The New York Times. May 24 (1995). <http://www.nytimes.com/1995/05/24/obituaries/alastair-pilkington-75-inventor-of-a-process-to-make-flat-glass.html>
- [10] L. A. B. Pilkington, K. Bickerstaff. "Improvements in or Relating to the Manufacture of Flat Glass". GB patent 769,692 (1954).
- [11] L. A. B. Pilkington, K. Bickerstaff. "Manufacture of flat glass". US patent 2,911,759 (1959)
- [12] "Pilkington and the Flat Glass Industry". Nippon Sheet Glass Co., Ltd (2010).

[13] R. Gribben. History of 'Float' glass. The Telegraph (2006). <http://www.telegraph.co.uk/finance/2933138/History-of-Float-glass.html>

[14] H. Benson, A. Rickaby, J. R. Beattie. "Improvements in or relating to the detection of faults in flat glass". GB patent 974,635 (1963).

[15] G. P. Hedley, L. Derek. "Detection of faults in transparent material using lasers". US patent 3,652,863 (1972).

