

Vidros

Prof Ubirajara Pereira Rodrigues Filho

Definição

- São materiais caracterizados pela falta de ordem a longa distância, possuindo uma função de distribuição radial similar aos líquidos. Eles não apresentam ponto de fusão bem definido e não tem planos de clivagem preferenciais como nos sólidos cristalinos. Eles apresentam alta elasticidade e deformam quando aplica-se uma força de cisalhamento. Os vidros são isotrópicos.
- Vidros são formados pelo resfriamento abrupto de um material fundido.

Função de Distribuição Radial

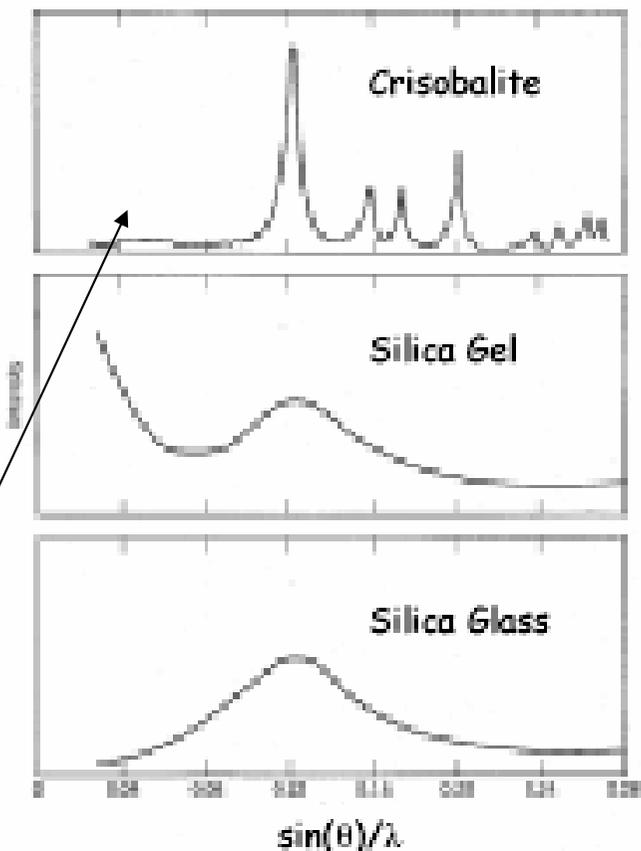
A Função de Distribuição Radial é dada por:

$$G_{ij}(r) = \sum_{i \neq j}^N \delta(r - |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|)$$

Ou seja, ela dá a probabilidade de encontrar uma partícula **i** a uma dada distância r de outra partícula **j**.
Normalizando para que a probabilidade seja 1 num fluido aleatório.

$$g_{ij}(r) = \frac{V}{N} \frac{G_{ij}(r)}{4\pi r^2 dr}$$

Num sólido cristalino g é a soma de funções delta.



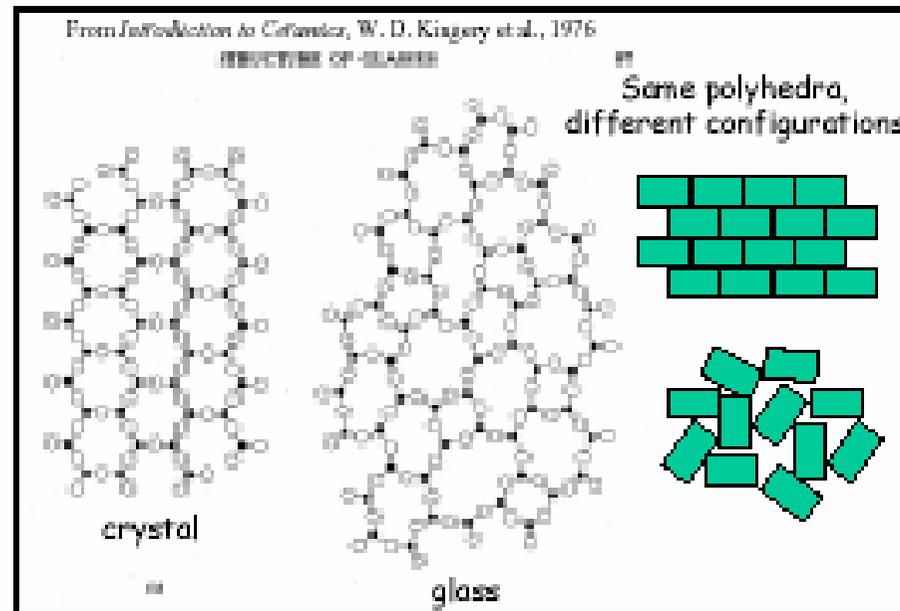
Estrutura dos Vidros

- O trabalho divisor de águas no conhecimento da estrutura de vidros foi feito por Zachariasen em 1932.
- Antes de Zachariansen acreditava-se que os vidros eram compostos de nanopartículas de cerca de 20\AA de tamanho baseado em medidas de largura-meia-altura dos picos de difratogramas de vidros usando-se a Eq. de Scherer.

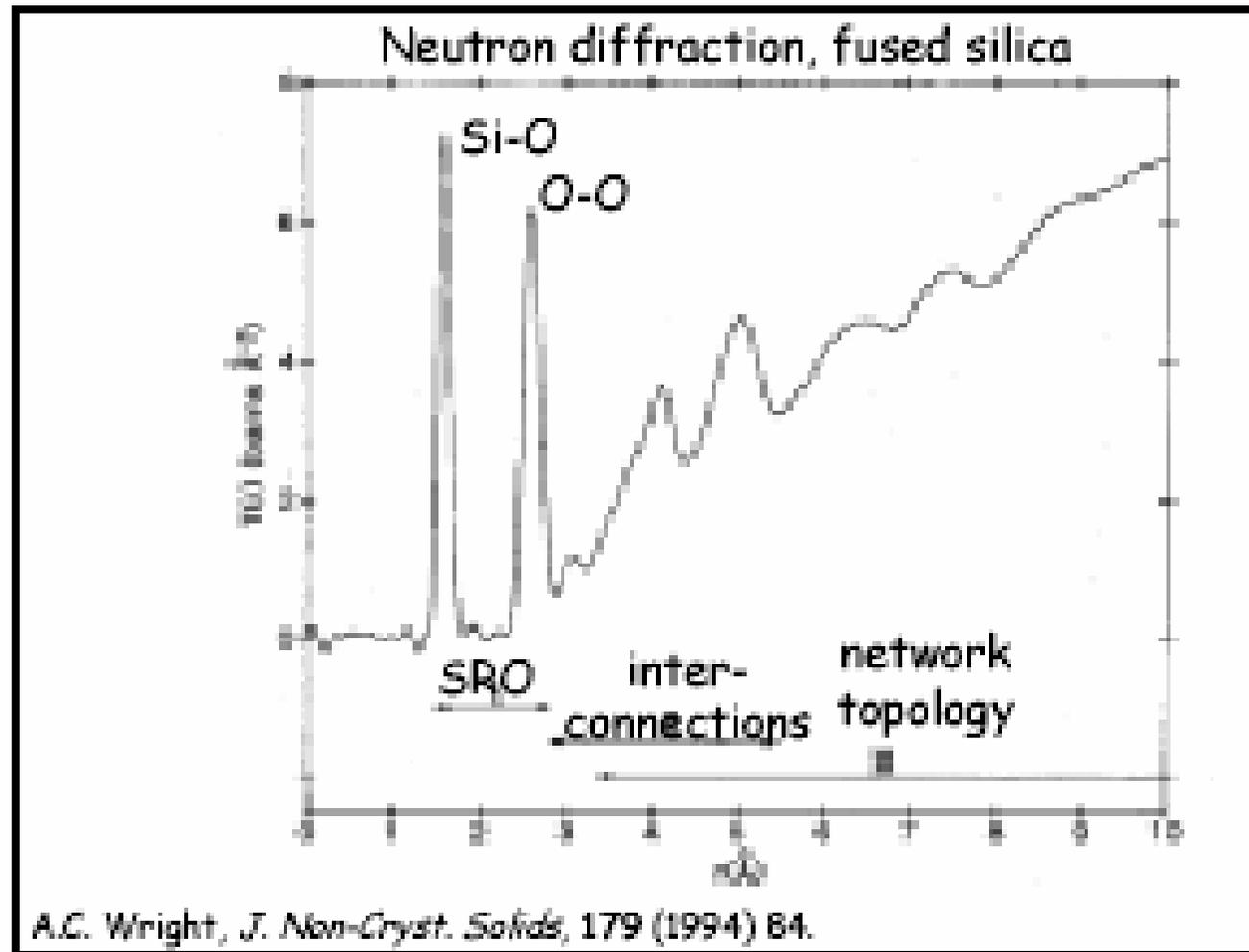
W.H. Zachariasen, J. Chem. Soc. 54 (1932) 3841

Estrutura 3D

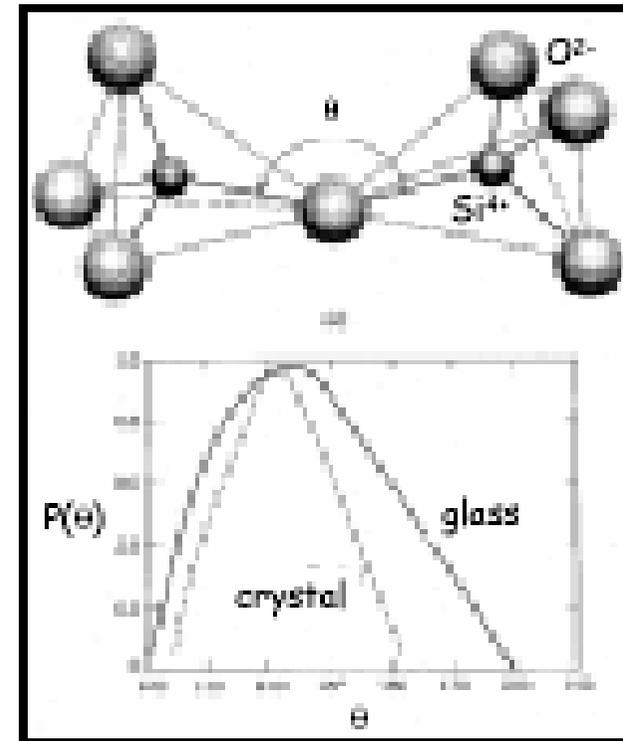
Cristais vs Vidros



Espalhamento de Nêutrons



Vidros possuem uma distribuição menos estreita de ângulos de ligação que fases cristalinas. Na figura ao lado é mostrado o exemplo dos silicatos.



Óxidos promovedores da Formação de Vidros

GLASS FORMATION

Table 1.3
Ranges of glass formation in binary systems
(after Imaoka [13])

<i>Metal oxide</i>	<i>Mol %</i>			
	$B_2O_3^a$	SiO_2^b	GeO_2^c	$P_2O_5^d$
Li ₂ O	100–57.3	100–64.5	100–76.2	100–40
Na ₂ O	100–62.0 33.5–28.5	100–42.2	100–62	100–40
K ₂ O	100–62.3	100–45.5	100–40.5	100–53
Tl ₂ O	100–55.5	–	100–52.5	100–50
MgO	57.0–55.8	*100–57.5	–	100–40
CaO	72.9–58.9	*100–43.3	84.5–64.5	100–46
SrO	75.8–57.0	*100–60	86–61	100–46
BaO	83.0–60.2	*100–60	100–90 82.5–70.4	100–42
ZnO	56.0–36.4		100–52	100–36
CdO	60.9–45.0			100–43
PbO	80.0–23.5		100–43	100–38
Bi ₂ O ₃	78.0–37.0		100–66	

^a 1–3 g material melted in Pt crucible and allowed to cool freely in air.

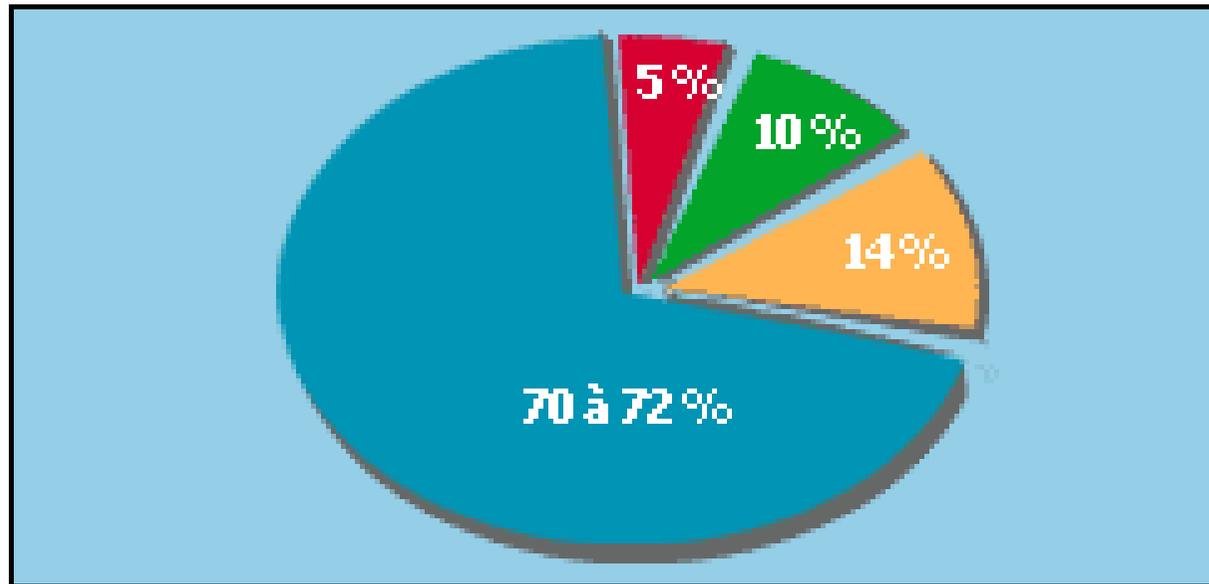
^b 1–2 g material – as above.

^c 1–3 g melt – as above.

^d 1–3 g melt – as above.

* Involves extensive liquid–liquid phase separation.

Matéria Prima Vidros



Raw materials in the composition of glass :

- Oxide/Alumina/Magnesia
- Lime
- Soda
- Silica

Nota: Lime= CaO

Regras de Zachariasen

Estruturas Passíveis de Formar Vidros

- 1-nenhum átomo de Oxigênio pode estar ligado a mais de dois átomos
- 2- O número de coordenação do cátion deve ser pequeno (2, 3 ou 4)
- 3- Os poliedros devem compartilhar apenas vértices (conseqüência da primeira regra)
- 4-Para formar uma rede 3D ao menos três vértices devem ser compartilhados.

Aplicando a Regra

1. Consider Silica:

- covalent Si-O bond: sp^3 hybrid
 - tetrahedral bonding
- Pauling's packing rule:

$$\frac{r(\text{Si}^{4+})}{r(\text{O}^{2-})} = \frac{0.40}{1.40} \approx 0.29 \quad \text{prefers tetrahedral bonding}$$

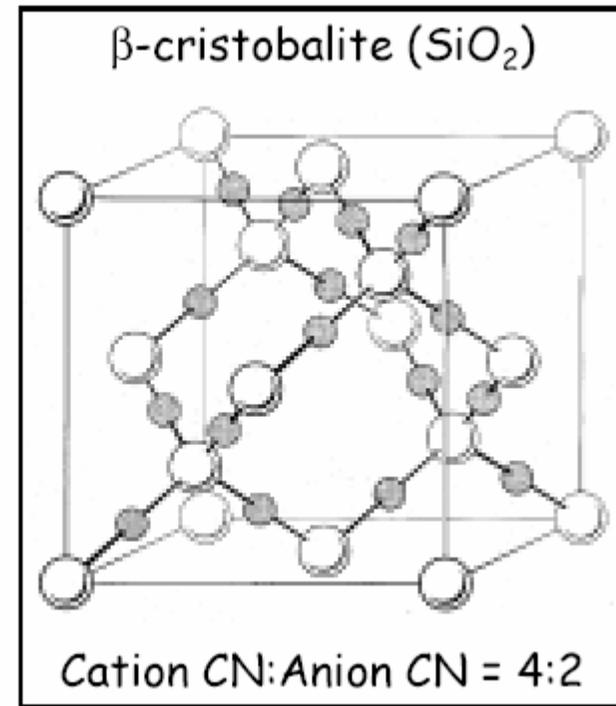
- satisfies Zachariasen's rule #2.

$$\frac{\text{charge}(\text{Si}^{4+})}{\text{CN}(\text{Si}^{4+})} = \frac{4}{4} = \frac{\text{charge}(\text{O}^{2-})}{\text{CN}(\text{O}^{2-})} = \frac{2}{2} \quad \text{CN}(\text{O}^{2-}) \text{ is } 2.$$

- satisfies Zachariasen's rule #1.

Crystal structure: sharing four corners:

All Rules are Satisfied: SiO_2 forms a glass.



MgO

2. Consider Magnesia (MgO):

- ionic Mg-O bond
 - Pauling's packing rule:

$$\frac{r(\text{Mg}^{2+})}{r(\text{O}^{2-})} = \frac{0.72}{1.40} \approx 0.51 \quad \text{prefers octahedral bonding}$$

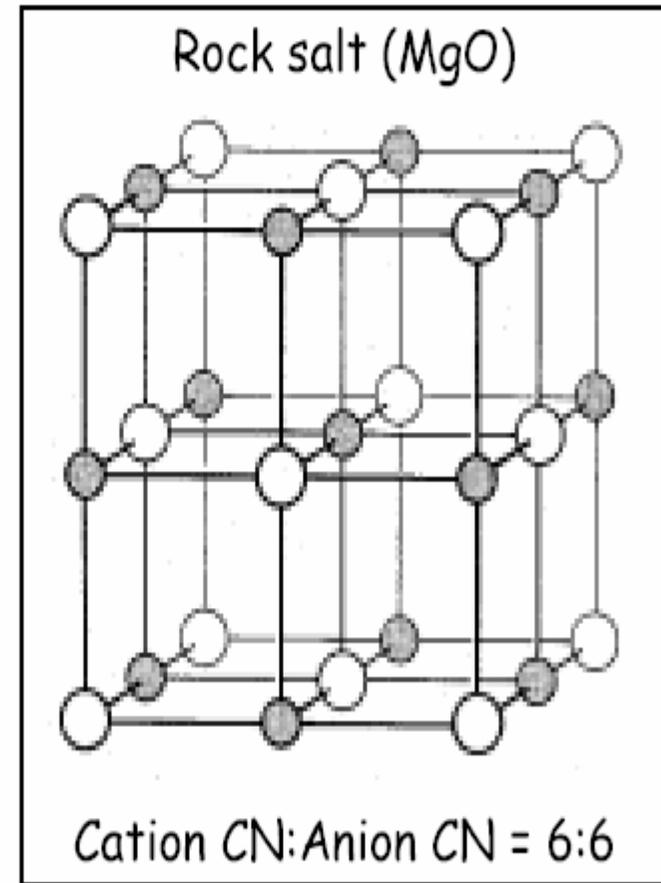
- violates Zachariasen's rule #2.

$$\frac{\text{charge}(\text{Mg}^{2+})}{\text{CN}(\text{Mg}^{2+})} = \frac{2}{6} = \frac{\text{charge}(\text{O}^{2-})}{\text{CN}(\text{O}^{2-})} = \frac{2}{6} \quad \text{CN}(\text{O}^{2-}) \text{ is } 6.$$

- violates Zachariasen's rule #1.

Crystal structure: edge-sharing polyhedra;

Rules are Not Satisfied: MgO does not form a glass.



Teoria de Sun

Formadores de Vidro

- Baseada na energia de ligação entre os átomos constituintes dos óxidos nos vidros.



Table 1.5
Calculated single bond strengths of some oxides

	<i>Metal</i>	<i>Dissociation energy (E_d) (kcal mol⁻¹)</i>	<i>Coordination number (N)</i>	<i>Single bond strength (E_d/N) (kcal mol⁻¹)</i>
formadores	B	356	3	119
			4	89
	Si	424	4	106
	Ge	431(?)	4	108
	P	442	4	111
	V	449	4	112
	As	349	4	87
	Sb	339	4	85
	Zr	485	6	81
	Modificadores	Zn	114	2
Pb		145	2	73
Al		317-402	6	53-67
Fundentes	Na	120	6	20
	K	115	9	13
	Ca	257	8	32

Teoria de Sun

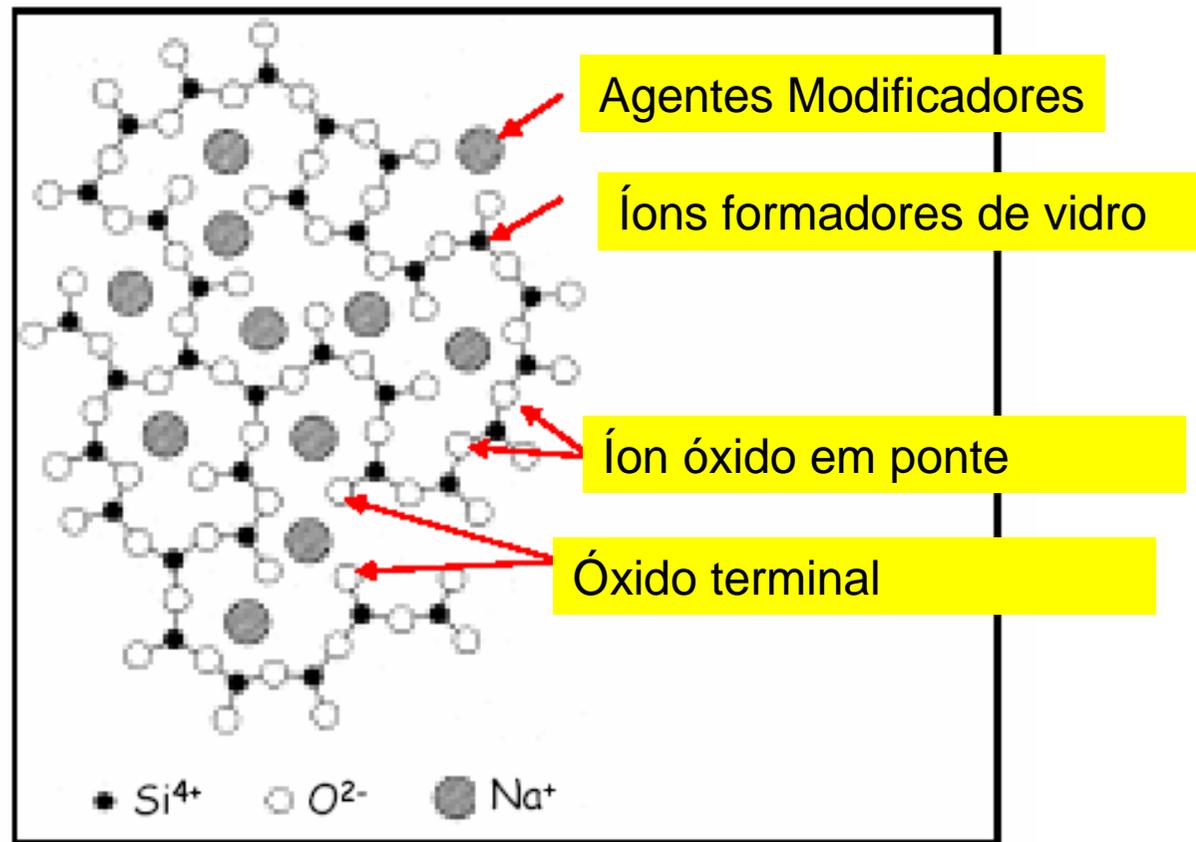
- Energias de Dissociação estão relacionadas à Energia de Retículo Cristalino $\sim (e^2 Z^2 / r_0) A$, onde A é a constante de Madelung
- Pode ser determinado de medidas de compressibilidade $\sim -v \, d^2U/dV^2$
- Pode ser determinado de medidas de capacidade calorífica
 - $C_v \sim (dU/dT)_v$ (a baixas temperaturas)

Relação dos Critérios de Sun e Cristalização da Massa Fundida

- Altas energias de ionização levam a uma maior dificuldade na quebra e ruptura de ligações para a formação de cristais
- Altas energias de ligação resultam em líquidos mais viscosos e por isto melhor formadores de materiais vitrosos

Adição de Modificadores do Vidro

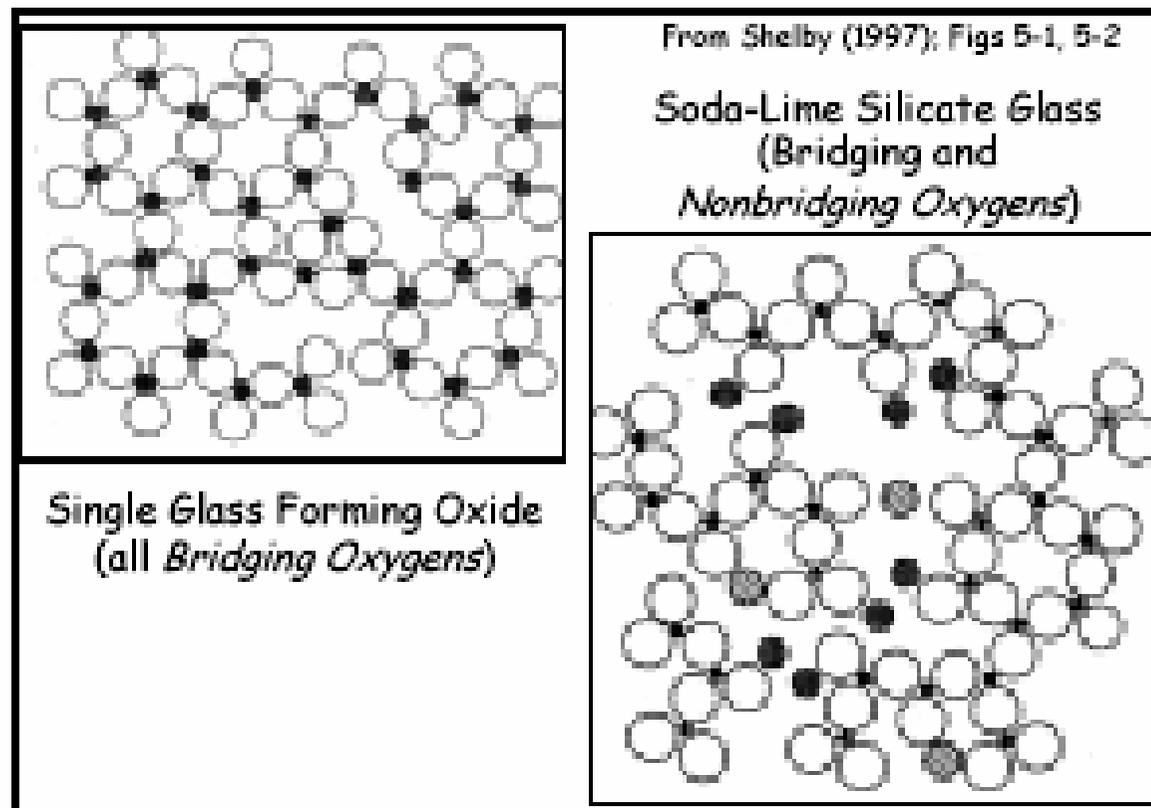
- Estes aditivos não formam vidros por si só



Agentes Modificadores

- Silicatos Alcalinos Binários
 - Feitos de sílica com nitratos e carbonatos de álcalis
 - Faixas de imiscibilidade
 - 0-33 mole% Li_2O
 - 0-20 mole% Na_2O
 - Álcalis são fundentes
 - Diminuem a viscosidade
 - Diminuem a T_g
 - Aumentam a densidade e o índice de refração
 - Aumentam a condutividade elétrica

- Os cátions de metais alcalinos preenchem os vazios da estrutura dos silicatos

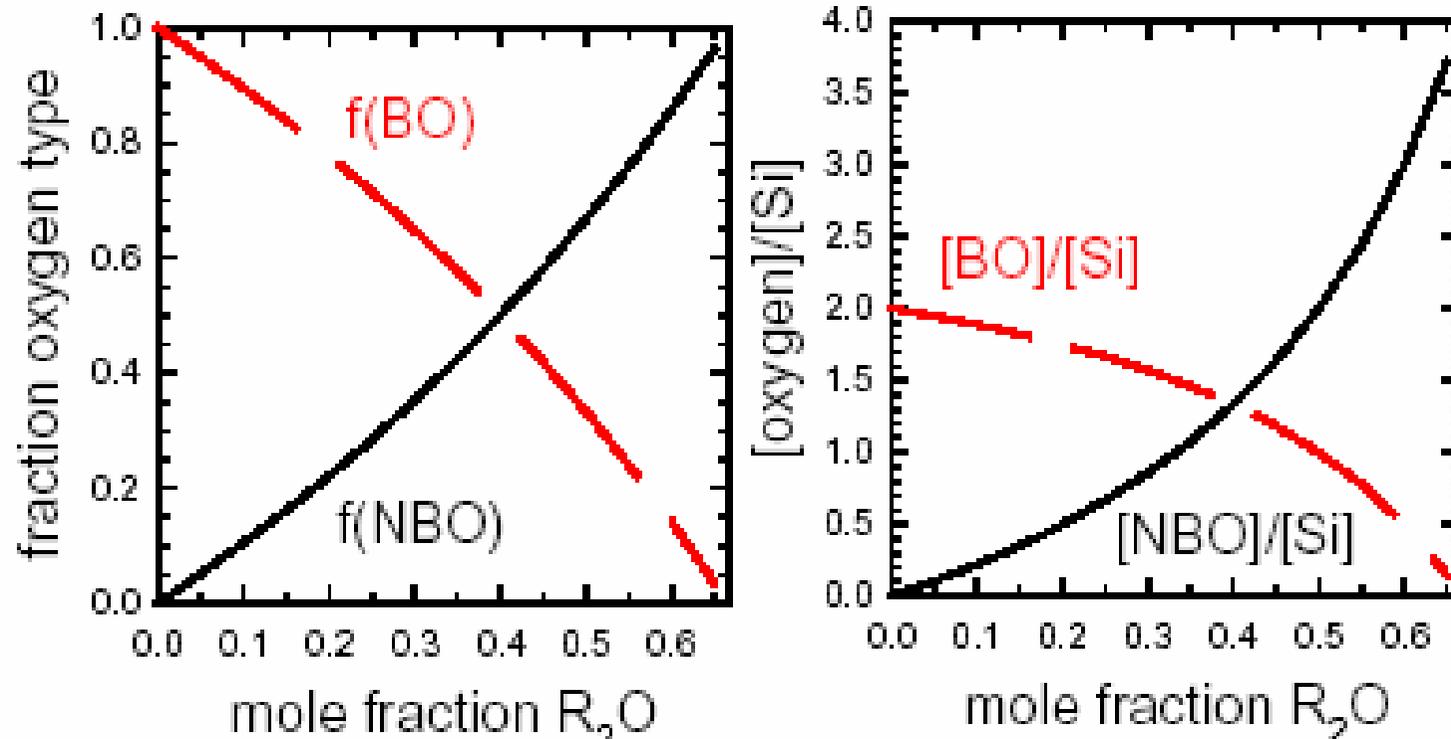


- Terminologia Q^x
- Q^4 o átomo de Si têm 4 lig. Siloxano
- Q^3 o átomo de Si têm 3 lig. Siloxano
- Q^2 o átomo de Si têm 2 lig. Siloxano
- Q^1 átomo de Si têm 1 lig. Siloxano

Quanto maior o número de agentes modificadores, maior o número de pares de elétrons não-ligantes, maior a população de $Q^{3,2,1}$ e menor a T_g

fraction of NBO's = $2x/(2-x)$;
fraction of BO's = $(2-3x)/(2-x)$

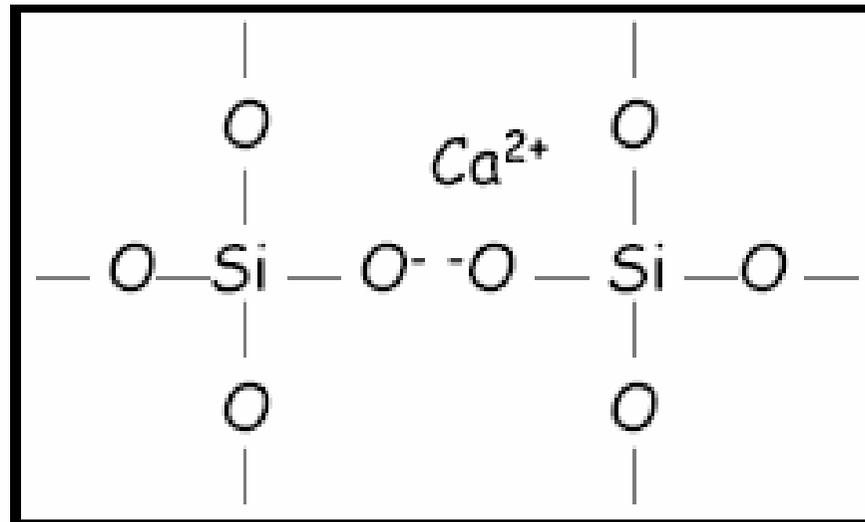
#BO/Si = $(2-3x)/(1-x)$
#NBO/Si = $(2x)/(1-x)$



Agentes Modificadores

Metais Alcalino Terrosos

- Os metais alcalino terrosos levam como os alcalinos ao aparecimento de pares de elétrons não-ligantes.



Efeito do Tipo de Metal Alcalino e Alcalino Terroso sobre as Propriedades do Vidro

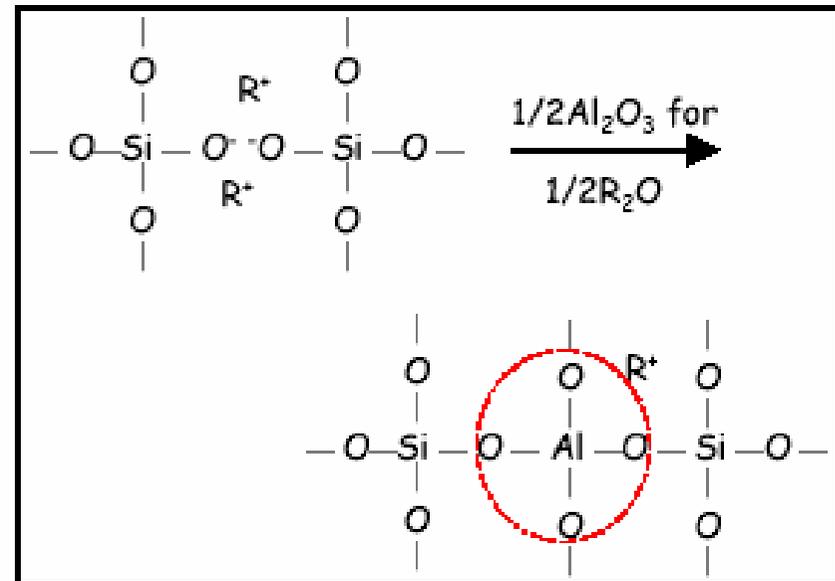
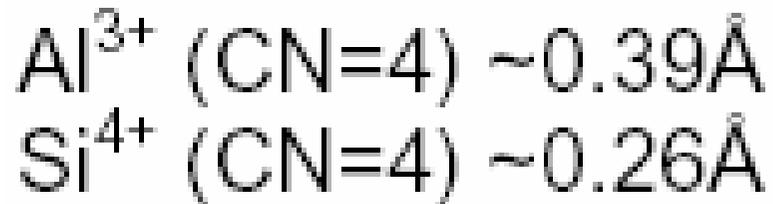
- A intensidade do efeito depende da capacidade de polarização do cátion:
 - Quanto menor o poder polarizador do cátion mais ele baixa o ponto de fusão
 - Aumentando o estado de oxidação mais refratário o vidro se tornará.

Formadores de Vidro Condicionais ou Intermediários

- Não formam vidros a partir deles mesmos, mas foram quando combinados com outros.
 - Este é o caso da alumina que não pode formar vidros, mas quando se adiciona na forma de aluminossilicatos e fosfatos de aluminossilicatos formam vidros.

Vidros de Aluminossilicatos

- O Alumínio pode substituir o silício na estrutura primária dos silicatos destruindo os pares de elétrons não-ligantes e formando ligações entrecruzadas entre cadeias paralelas.



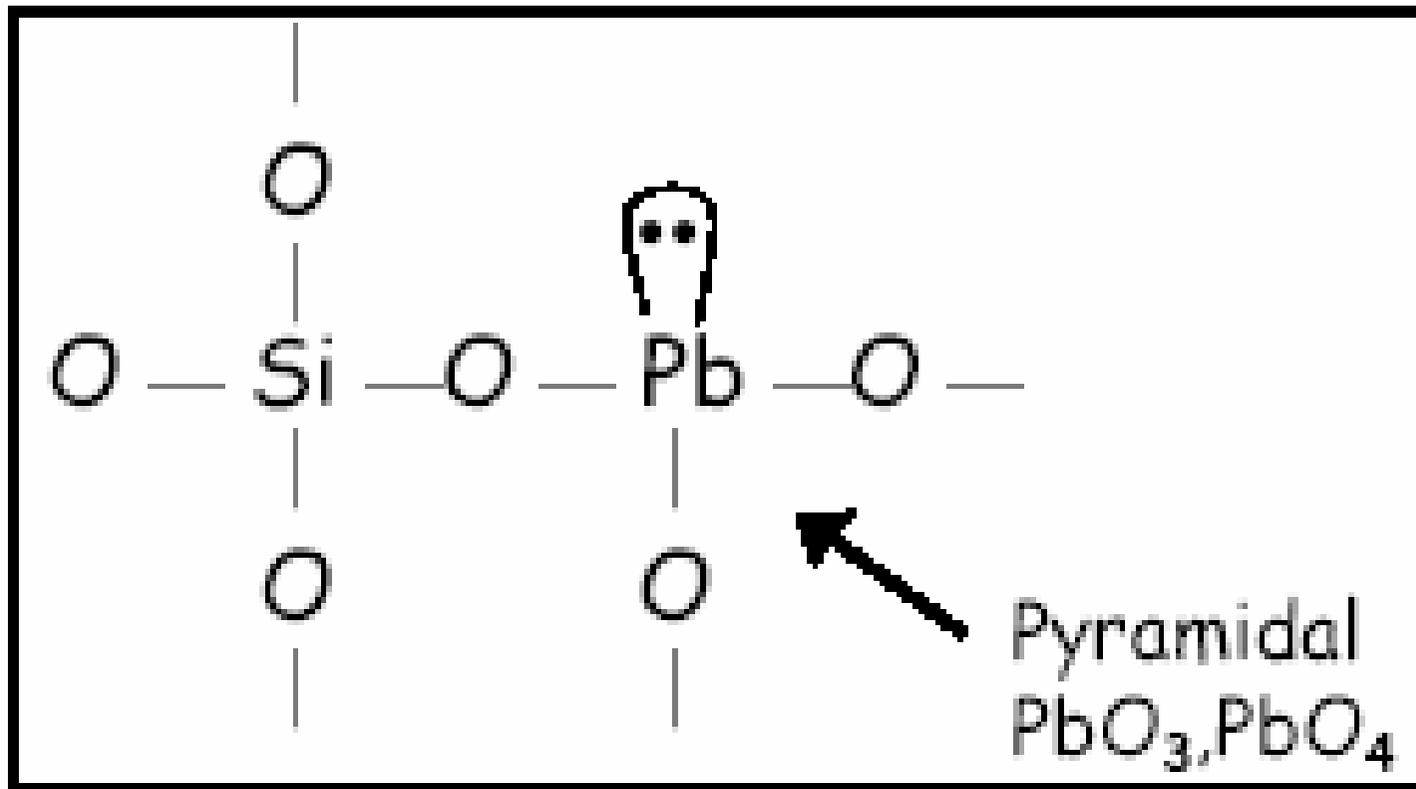
Efeito da Adição de Al^{+3} nos Silicatos

- Aumento na viscosidade
- Aumento no módulo elástico
- Aumento na difusão de íons Na^+

Vidros contendo Pb

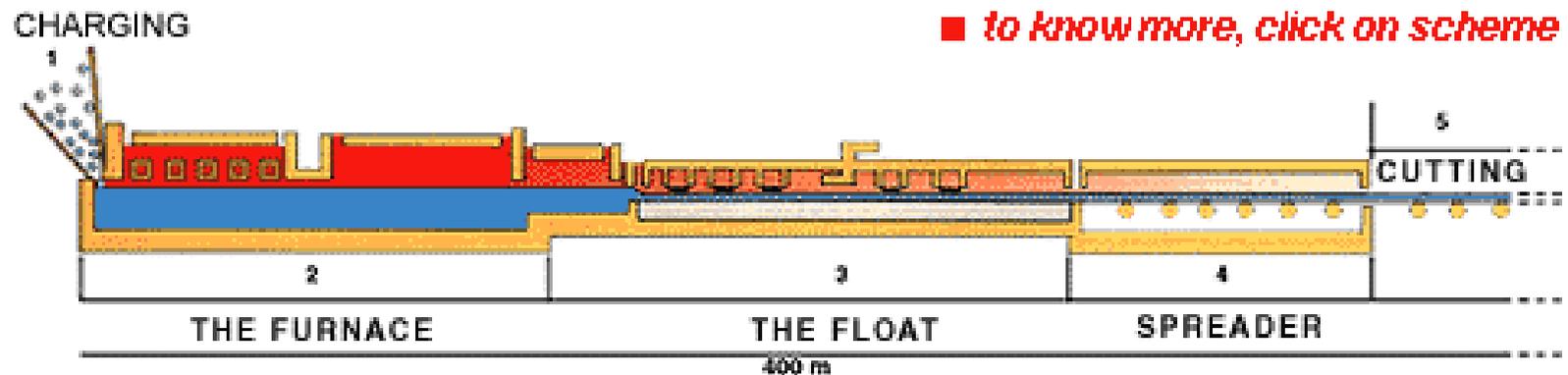
- A adição de Pb à estrutura de vidros resulta em aumento da T_g
 - Baixas frações molares de Pb levam a materiais mais resistentes
 - Fine Pb crystalwear
 - Altos teores de Pb levam a materiais usados em glazuras.
 - Glazura Fiestalwear

Estrutura de íons Pb em Vidros de Silicatos



Float Glass

Esquema Genérico da linha de Produção



Definição: Vidro obtido no processo pelo qual o material fundido desliza por um banho com estanho líquido. O vidro obtido possui superfícies perfeitamente paralelas e têm excelentes qualidades óticas.

Uma Planta Industrial que produza 500tons de Flat Glass por dia ocupa 10hectares e o banho de estanho teria 60m de comprimento por 8 m de largura.

Fase 1

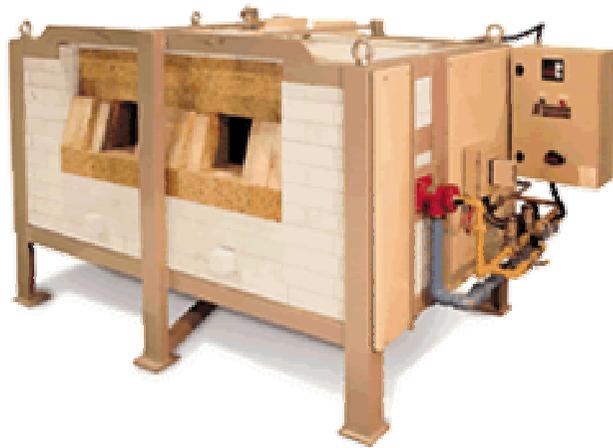
Carregamento

- Os componentes são pesados com exatidão de 0,1%, misturados e umedecidos. Desta forma eles formam uma massa vitrificável à qual é adicionada cacos de vidro e vidros a serem reciclados (cullet).



Fornalhas

- Até 2000 tons desta massa é injetada numa fornalha pré-aquecida até 1550C (temperatura máxima).



Glass Melting Pot Furnaces



Oxy-Fuel Fired Furnace
Menor desperdício

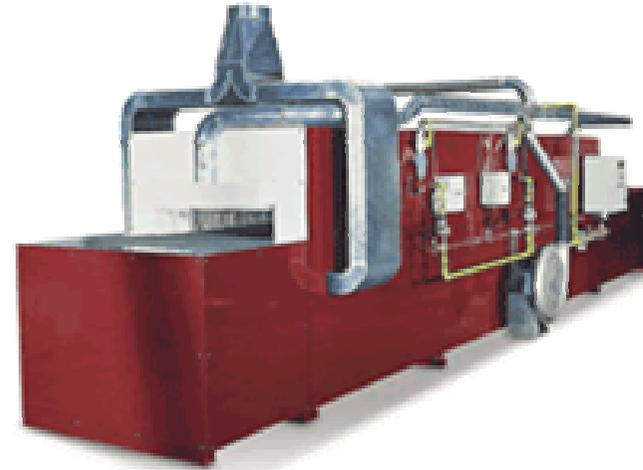


<http://www.hft.com/Pages/furnaces/furnaces.html>

Fast Fire Kilns



Glost Continuous Kiln



Deco Belt Kiln

Flotação ou Deslizamento

- O vidro fundido sai a 1100C da fornalha direto para um tanque contendo estanho líquido. O vidro fundido se espalha por este tanque formando longas tiras. Nas bordas destas tiras há cilindros dentados que puxam o vidro lateralmente de forma a dar-lhe uma espessura próxima àquela desejada.

Interior da Forno e do Banho de Estanho



Furnace

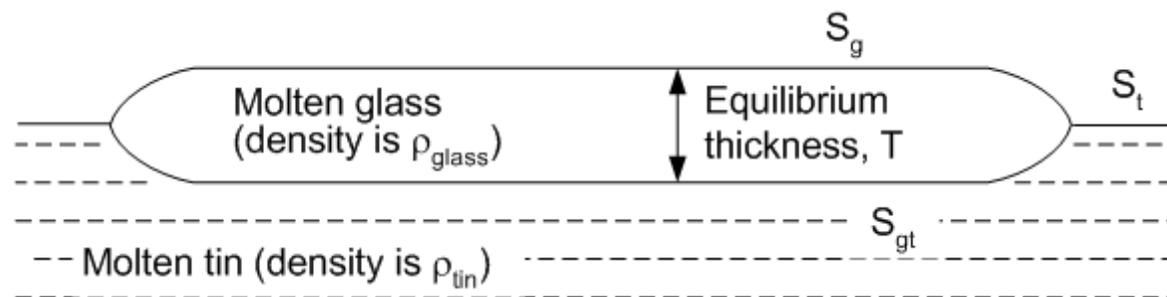


Molten Tin Bath

<http://www.glass-resource.com/sneakpeek/sample15.htm>

Espessura no Equilíbrio

- A espessura do filme de vidro sobre o banho de estanho é esquematizada na figura abaixo e a fórmula que permite calculá-la é mostrada a seguir.

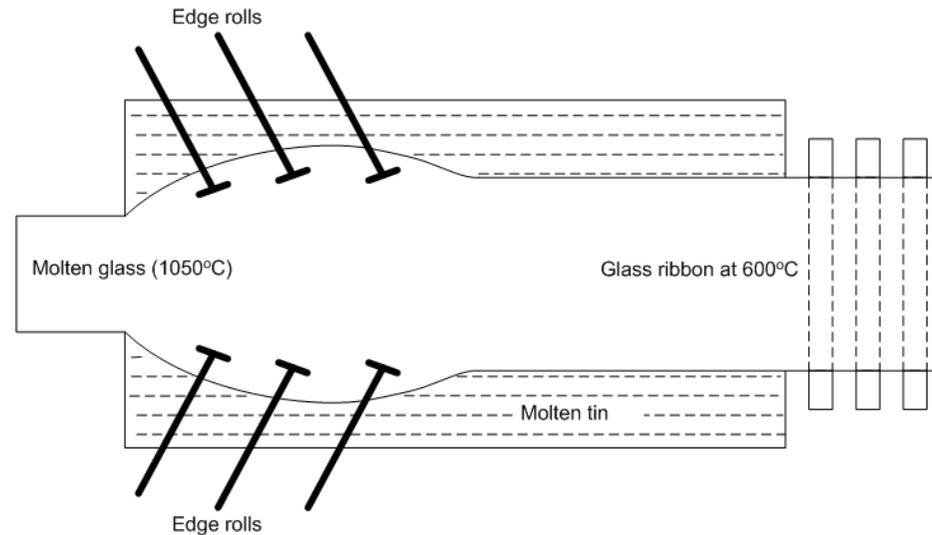


$$T^2 = (S_g + S_{gt} + S_t) \times \frac{2,4}{g, \rho_g (\rho_t - \rho_g)}$$

onde S_g , S_{gt} , and S_t são os valores das tensões superficiais das três interfaces mostradas no diagrama. Para um vidro alcalino padrão e numa atmosfera protetora sobre estanho limpo a espessura no equilíbrio é de cerca de 7 mm

Tanque de Resfriamento Spreader

- O vidro esticado é colocado no túnel de resfriamento a 600C e ao longo de 100m ele será resfriado até a temperatura ambiente



Corte

- Ao final do túnel de resfriamento o vidro já atingiu a temperatura ambiente e é cortado e as bordas removidas e posicionados verticalmente por sucção através de guindastes apropriados.



Mesa de corte horizontal



Modelo de cortador com alimentador vertical

Controle de Espessura e Relevo

- A espessura é acertada no final da fornalha ao passar o vidro fundido por cilindros. Nestes cilindros figuras em auto-relevo ou baixo-relevo podem estar impressas de forma que o motivo pode ser passado para o vidro.

Tipo de Vidro

Composição

Federal Specification DD-G-541b and ASTM Standard E-438

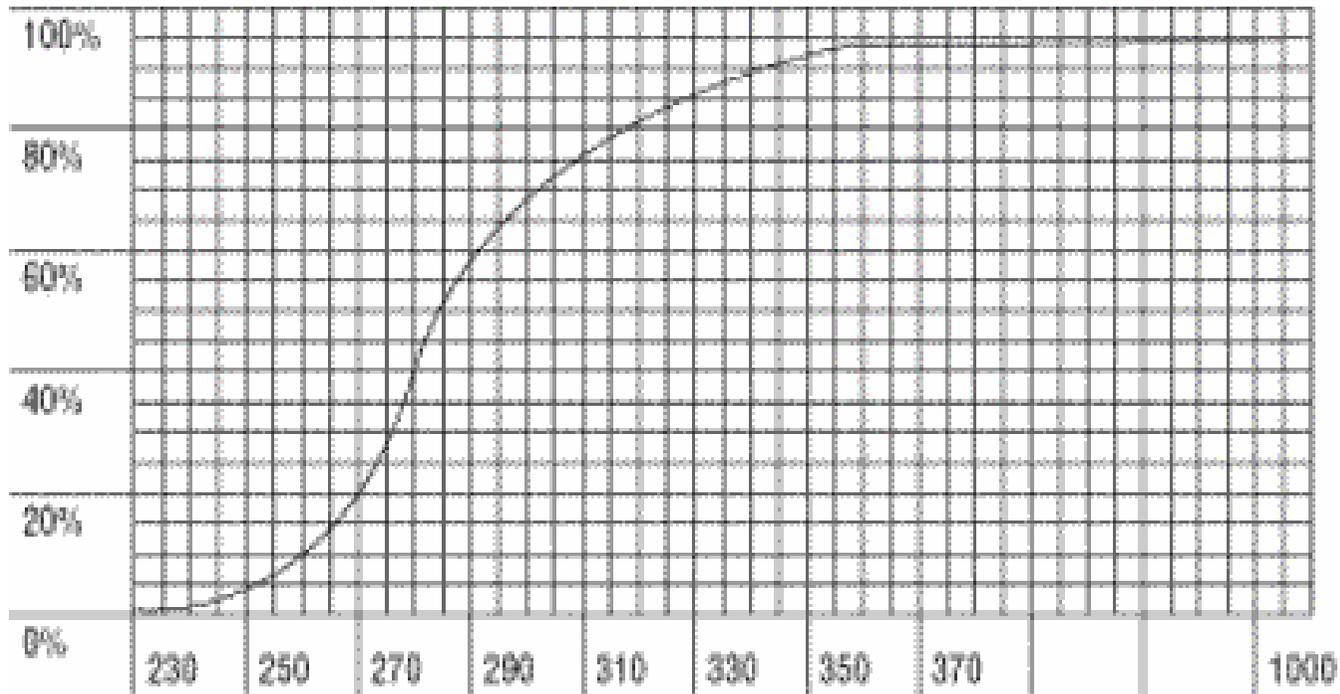
- Type I, Class A Borosilicate = #7740 & #7789(1) Glass
- Type I, Class B Borosilicate = #7800 Glass
- Type II, Soda Lime = #0215 Glass
- **Outros Tipos**
 - Lead Glass
 - Vycor Glass (Vitreous Silica)
 - Aluminosilicate Glass
 - Alkali Barium Silicate
 - Technical Glass
 - Glass Ceramic
 - Optical Glass
 - Sealing Glass

7740 Borossilicato

- Este tipo de vidro foi patenteado pela Corning como Pyrex, possuindo alta resistência química e baixo coeficiente de expansão térmica e boa resistência mecânica. Seu processo de fabricação é mais econômico que o de outros vidros.

Composição	%
SiO_2	80,6%
B_2O_3	13,0%
Na_2O	4,0%
Al_2O_3	2,3%
Elementos Traços	0,1%

Propriedades Óticas



Wavelength (Nanometers)
Transmittance in Percent

7740 Transmittance
Approx 1 mm thick

http://www.corning.com/Lifesciences/technical_information/techDocs/descglasslabware.asp#7740LowExpansion

Propriedades Físicas

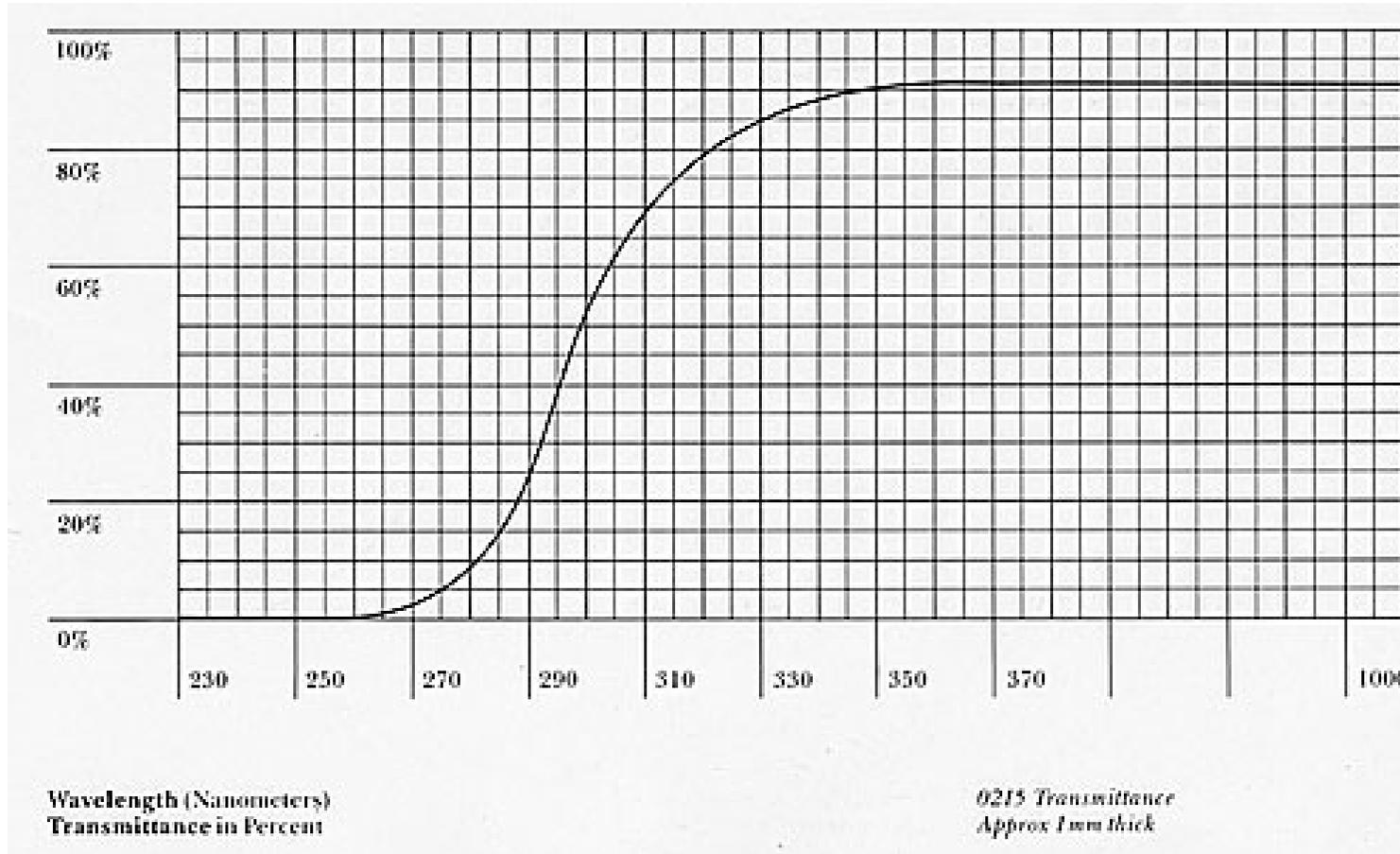
Coef. Expansão Térmica	$32,5 \times 10^{-7} \text{cm/cm/}^\circ\text{C}$
Ponto de Têmpera	510°C
Ponto de Recozimento	560°C
Ponto de Amolecimento	821°C
Densidade	$2,23 \text{ g/cm}^3$
Módulo de Young	$6,4 \times 10^3 \text{ Kg/mm}^2$
Índice de Refração	1,474 @ Linha D do Sódio
Limites de Temperatura	490°C (Temperatura Máxima)
	230°C (Temperatura de Trabalho Recomendada)
Choque Térmico Máximo	160°C

7780 Borossilicato

Soda Lime

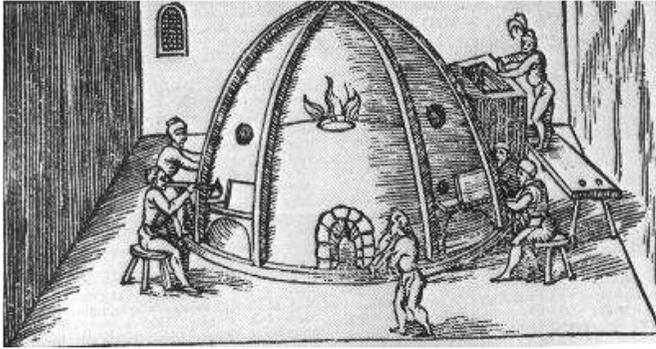
Composição	%
SiO_2	73%
Na_2O	14%
CaO	7%
MgO	4%
Al_2O_3	2%

Propriedades Óticas



Propriedades Físicas

Coef. de Expansão Térmica	$89 \times 10^{-7} \text{cm/cm/}^{\circ}\text{C}$
Ponto de Têmpera	511 $^{\circ}\text{C}$
Ponto de Recozimento	545 $^{\circ}\text{C}$
Ponto de Amolecimento	724 $^{\circ}\text{C}$
Densidade	2,40 g/cm ³
Módulo de Young	-
Índice de Refração	1,515 @ Linha D do Sódio



Lead Glass



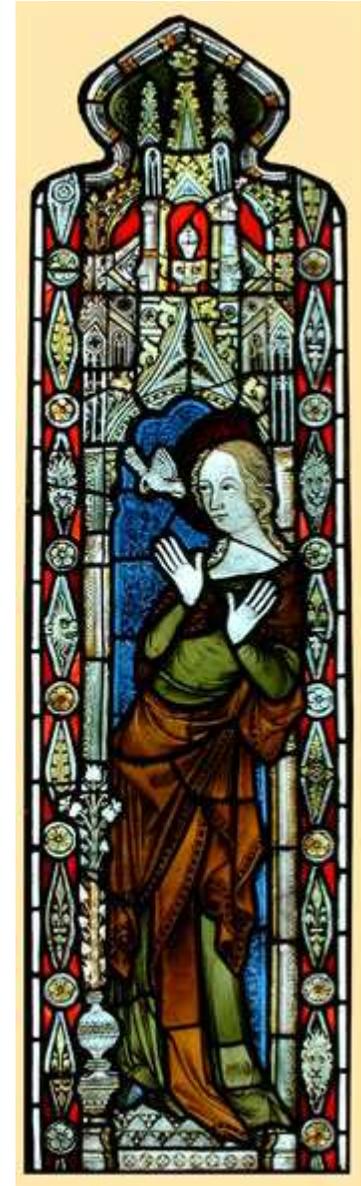
- Vidro conhecido como lead crystal é usado para fabricar objetos decorativos. Ele têm a mesma quantidade de sílica, alumina, Na_2O e MgO do soda lime mas no lugar do CaO possui PbO . O nome cristal surgiu porque os habitantes da ilha de Murano em Veneza utilizavam este tipo de vidro para substituir o cristal de rocha.
- A adição de chumbo aumenta o índice de refração e abaixa a viscosidade do material fundido e a temperatura de amolecimento. O brilho dos cristais de chumbo está relacionado ao maior índice de refração do material.
- O cristal ressona ao ser tocado ao passo que o soda lime não, isto ainda hoje é usado para verificar a autenticidade da peça.





Lead Glass

- A adição de chumbo ajuda a dissolver pigmentos a base de óxidos de estanho, arsênio e cobre o que ajuda na fabricação de artefatos coloridos.

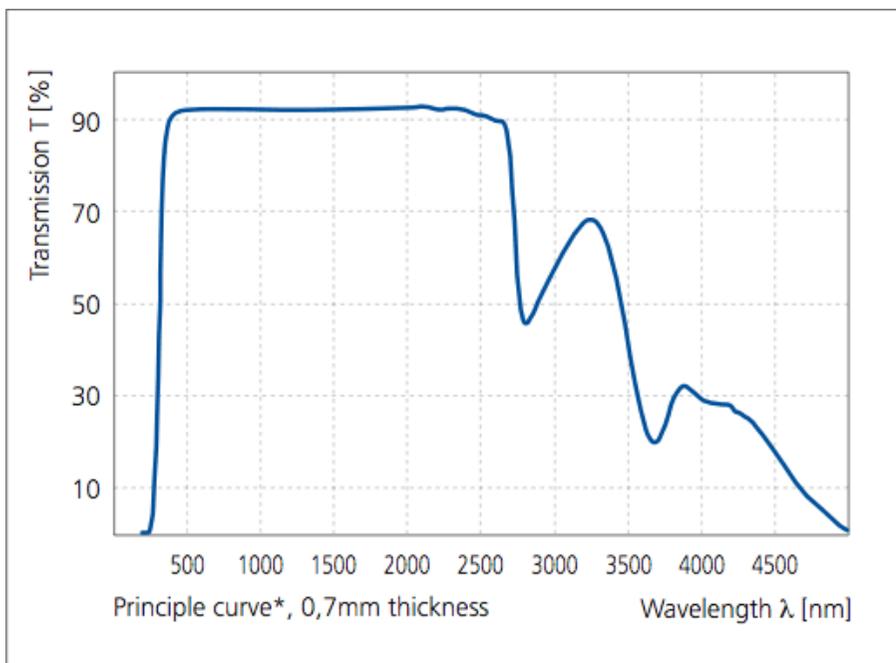


The Virgin Annunciate c.1340

Hadzor Church in Worcestershire

Aluminosilicate Glass

- Contém 20% de Al_2O_3 e CaO , MgO e B_2O_3 em pequenas quantidades. Este vidro resiste a temperaturas mais altas que o borossilicato sem amolecer e a um choque térmico maior sendo usado para tubos de combustão, janelas de veículos espaciais, válvulas de alta pressão de caldeiras e tubos de lâmpada de tungstênio. O custo destes vidros é normalmente três vezes mais caro que os do borossilicato. Cobertos com filmes finos condutores eles podem ser usados como suportes para circuitos eletrônicos.



Corning 1737 Low Alkali Glass

$n_D = 1,5186$ (589nm)

$d = 2,54 \text{ g/cm}^3$ (20°C)

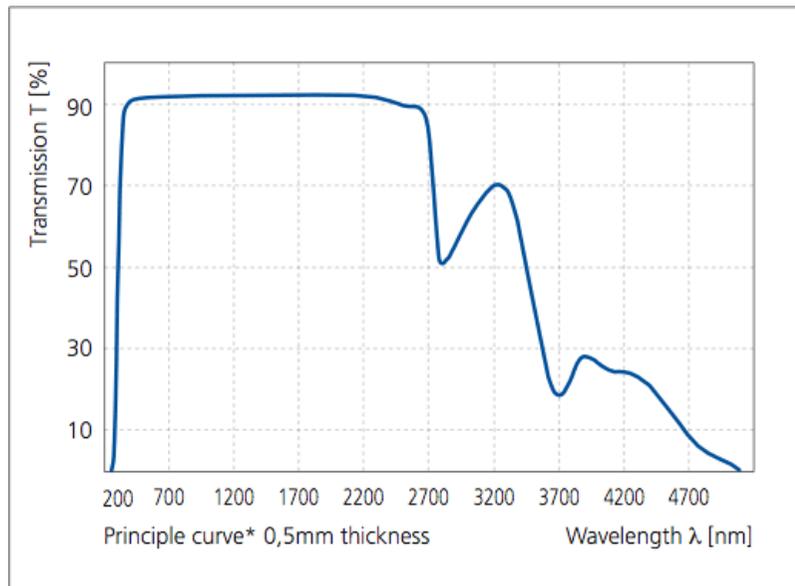
$E = 7,14 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$

Alkali Barium Silicate

- Este tipo de vidro é usado em tubos de raios catódicos de TV e telas (quando enriquecidos com chumbo) para absorver os raios-X emitidos. Eles podem ser usados em sistemas para blindagem de raios-X, veja a



LX-57B X-Ray shielding lead glass



Corning 7059 zero alkali Barium Silicate

$$n_D = 1,5333 (589,3\text{nm})$$

$$d = 2,76 \text{ g/cm}^3 (20^\circ\text{C})$$

$$E = 6,89 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$$

Softening Point 844°C

Annealing Point 639°C

Technical Glass

- É um termo utilizado para classificar os vidros usados na indústria eletrônica. O progresso da indústria microeletrônica depende do encapsulamento dos chips onde são usados vidros a base de borato de baixo ponto de amolecimento.
- Vidros a base de fosfato são usados para multiplicadoras de elétrons secundários.
- Vidros de calcogenetos (sem óxidos) são usados como materiais transparentes ao infravermelho, e na construção de dispositivos de chaveamento.

Optical Glass

- Vidros ópticos são classificados pelos seus componentes químicos principais de e são identificados pelo seu índice de refração (n_d) e número de Abbe (v_d).

Classificação de Vidros de Qualidade Óptica

Table 1 Group / Designation Collation

Group	HOYA	SCHOTT	Group	HOYA	SCHOTT
Fluor Crown	FC	FK	Extra Light Flint	FEL	LLF
Dense Fluor Crown	FCD	FK	Barium Flint	BaF	BaF
Phosphate Crown	PC	PK	Light Flint	FL	LF
Special Phosphate Crown	PCS	PK	Flint	F	F
Dense Phosphate Crown	PCD	PSK	Dense Barium Flint	BaFD	BaSF
Boro Silicate Crown	BSC	BK	Dense Flint	FD	SF
Light Barium Crown	BaCL	BaLK	Special Dense Flint	FDS	SFS
Crown	C	K	Fluor Flint	FF	TiF
Zinc Crown	ZnC	ZK	Light Lanthanum Flint	LaFL	LaF
Barium Crown	BaC	BaK	Lanthanum Flint	LaF	LaF
Dense Barium Crown	BaCD	SK	Niobium Flint	NbF	LaF
Extra Dense Barium Crown	BaCED	SSK	Tantalum Flint	TaF	LaF, LaSF
Light Lanthanum Crown	LaCL	LaK	Dense Niobium Flint	NbFD	LaF, LaSF
Lanthanum Crown	LaC	LaK	Dense Tantalum Flint	TaFD	LaSF
Tantalum Crown	TaC	LaK	Abnormal Dispersion Crown	ADC	—
Crown Flint	CF	KF	Abnormal Dispersion Flint	ADF	KzFS
Antimony Flint	SbF	KzF	Athermal Crown	ATC	—
Light Barium Flint	BaFL	BaLF	Athermal Flint	ATF	—

Índice de Refração

Table 2 Wavelengths of Spectral Lines for Determining Refractive Indices

Wavelength (nm)	Spectral Line	Element
1,013.98	t	Hg
852.11	S	Cs
768.19	A'	K
706.52	r	He
656.27	C	H
643.85	C'	Cd
632.8	632.8	He-Ne Laser
589.29	D	Na
587.56	d	He
546.07	e	Hg
486.13	F	H
479.99	F'	Cd
435.83	g	Hg
404.66	h	Hg
365.01	i	Hg

Número de Abbe

The main dispersion is expressed by $(n_F - n_C)$ and $(n_F - n_C')$. The Abbe-number is defined:

$$v_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (1)$$

Also listed is the v_e value:

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_{F'} - n_{C'}} \quad (2)$$

Código Numérico de Vidros de Qualidade Ótica

Vidro	Código	n_d	v_d	Densidade g/cm ³
Borossilicato BK7	517642	1,517	64,2	2,51
Crown K5	522595	1,522	59,5	2,59
Dense barium crown SK4	618551	1,618	55,1	3,57
Dense flint SF6	805254	1,805	25,4	518

Tipos de Vidro processamento

- Vidro Recozido
- Vidro Temperado
- Vidro Laminado
- Vidro Aramado
- Vidro Anti-Reflexo
- Vidro Refletivo
- Fibra Ótica
- Lã de Vidro

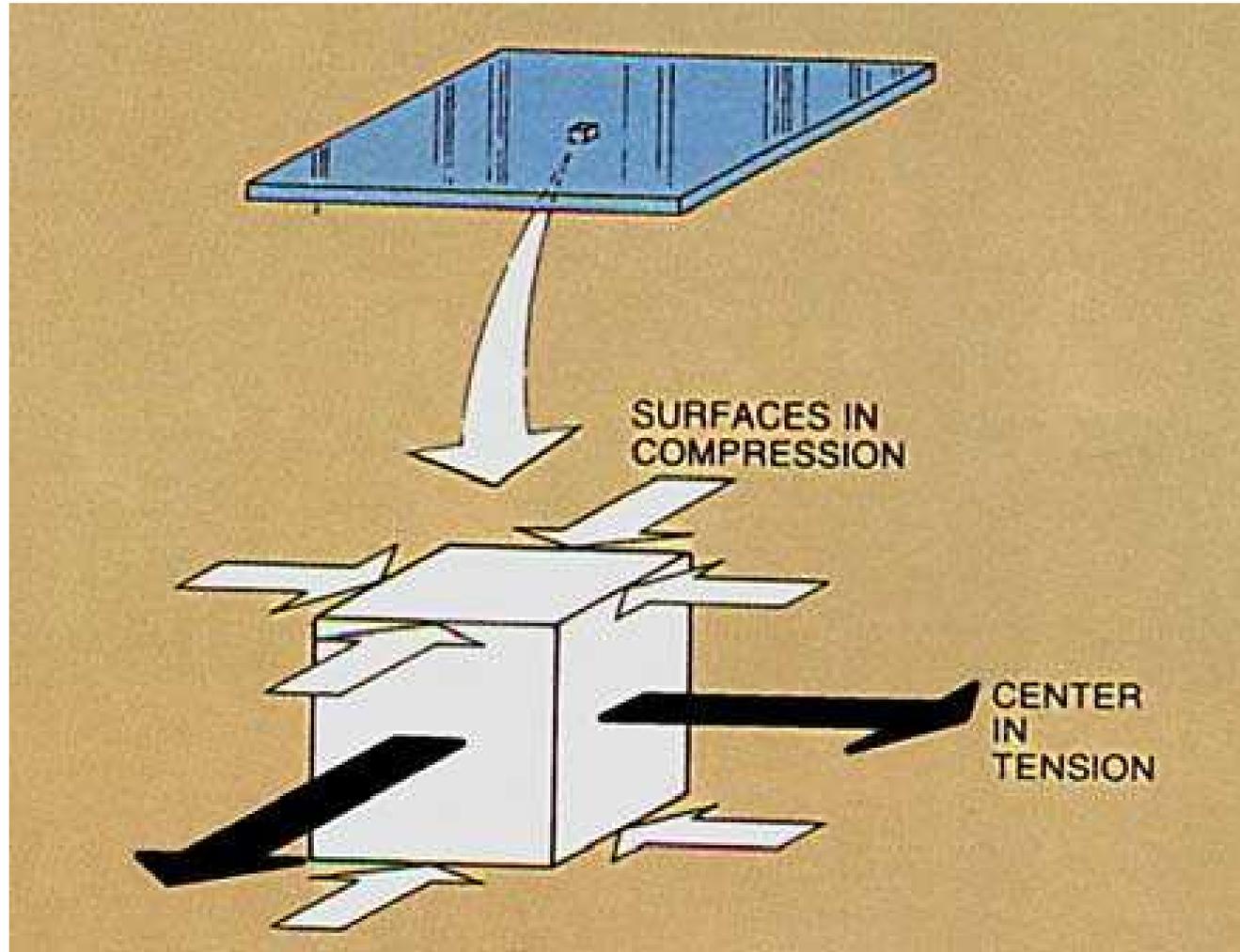
Vidro Recozido

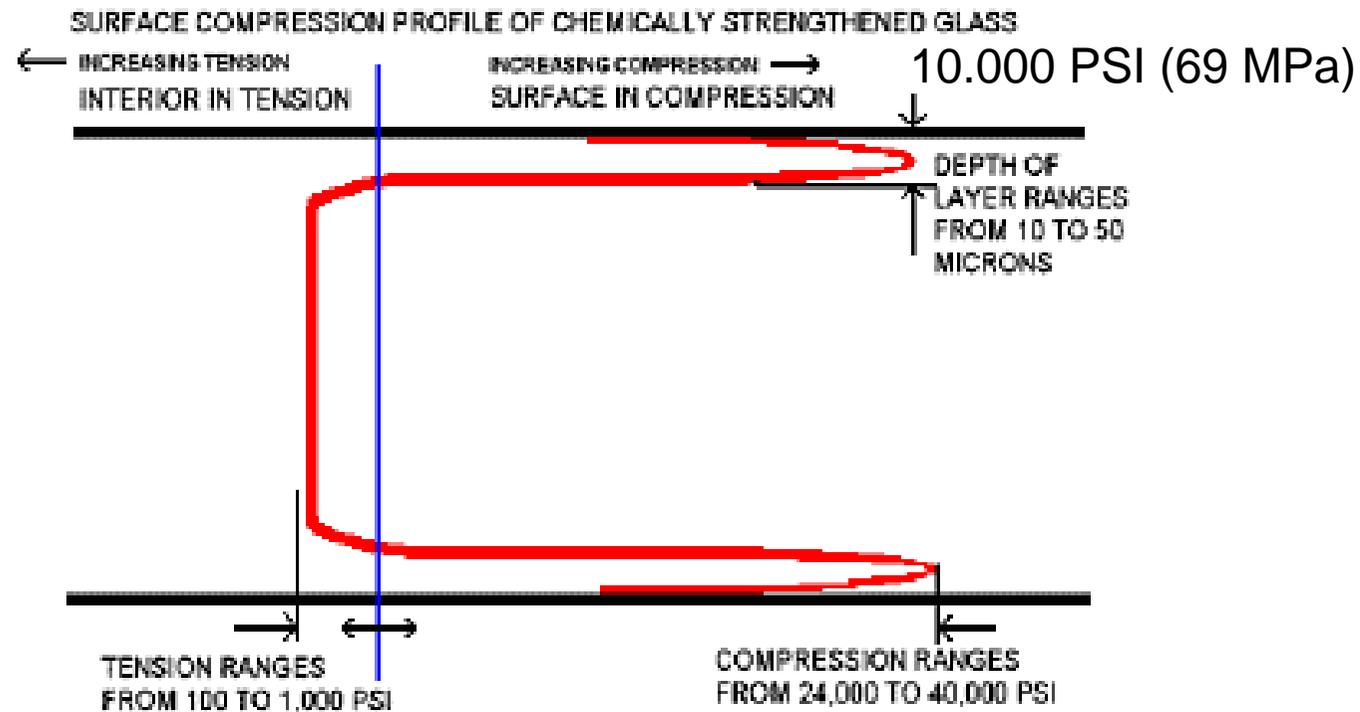
O vidro após resfriamento é recozido para eliminar tensões ocasionadas pelo resfriamento relativamente rápido. Este resfriamento rápido não permite que os átomos ocupem os sítios de menor energia. Aquecendo o vidro até próximo do ponto de transição, ou seja onde a viscosidade atinge 10^{12} Pa s.

Vidro Temperado

- Processo de têmpera que estabelece tensões nas zonas superficiais contrárias às tensões no centro do vidro. Este processo foi desenvolvido pela Saint-Gobain em 1929 para vidros para a indústria automobilística. A têmpera do vidro consiste no resfriamento rápido da superfície do material de 600C para 300C no intervalo de alguns segundos.

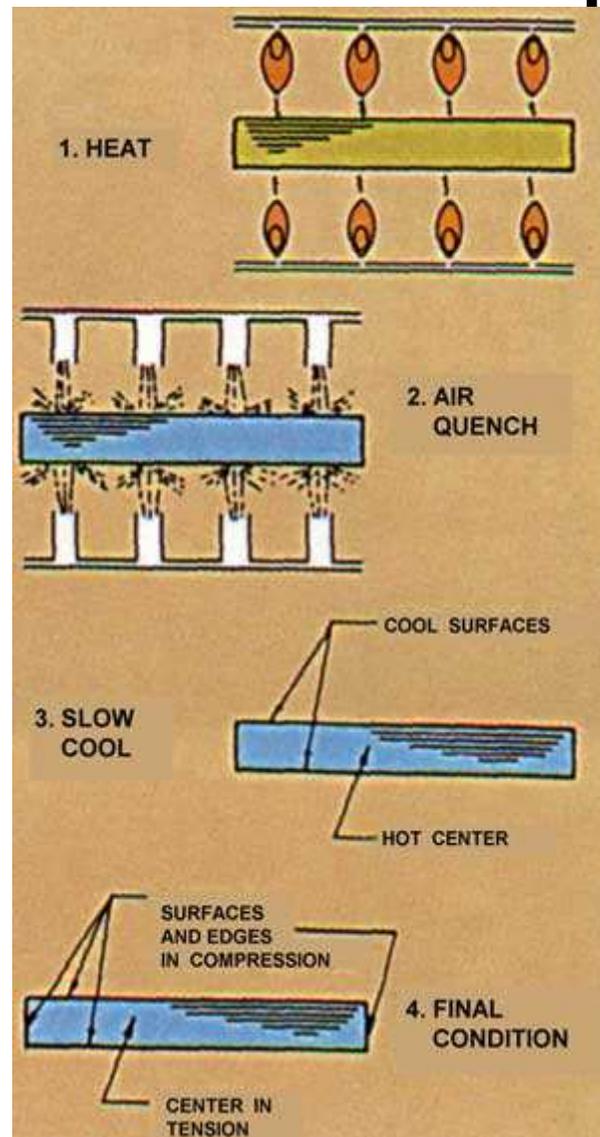
Esquema de Forças de Compressão Superficiais e de Volume





- Perfil de fortalecimento do vidro por tratamento térmico.
- Um impacto violento sobre o vidro temperado leva ao estilhaçamento do mesmo em pequenos pedaços, por isto este vidro é chamado de vidro de segurança.
- Vidros tratados desta forma podem resistir a choques térmicos de 140C.

Processo de Têmpera Térmica

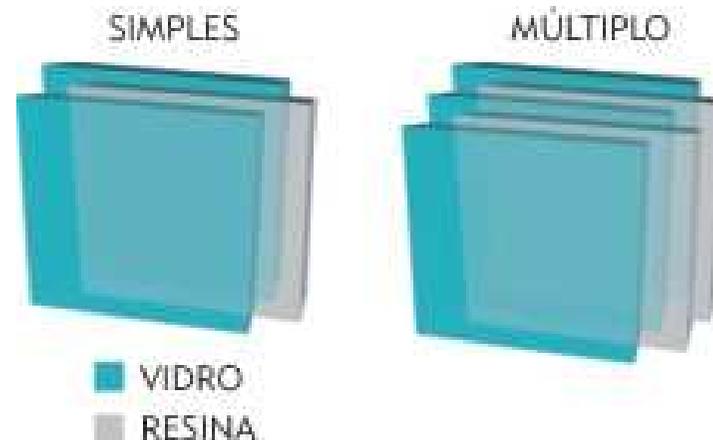


Vidro Temperado via Química

- É possível conseguir melhorar as propriedades mecânicas do vidro através da imersão do mesmo em nitrato de potássio à quente por 8 a 16h seguidas. Tempos mais longos de imersão no fundido causam uma melhora mais significativa das propriedades mecânicas.
 - Resistência ao impacto
 - Resistência à flexão
- Este vidro não é um vidro de segurança e não tem o mesmo padrão de estilhaçamento do vidro temperado.
- Este tipo de tratamento é mais indicado para obtenção de vidros temperados finos (menor que um oitavo de polegada).

Vidro Laminado

- Vidro formado pela intercalação de um filme de polivinilbutiral entre duas placas de vidro conferindo a propriedade de não se estilhaçar ao ser quebrado. Este processo foi desenvolvido pelo Químico francês Edouard Benedictus. Pode-se usar no lugar do polivinilbutiral uma resina de acrílico, no caso de vidros a prova de balas usa-se filmes de policarbonato.

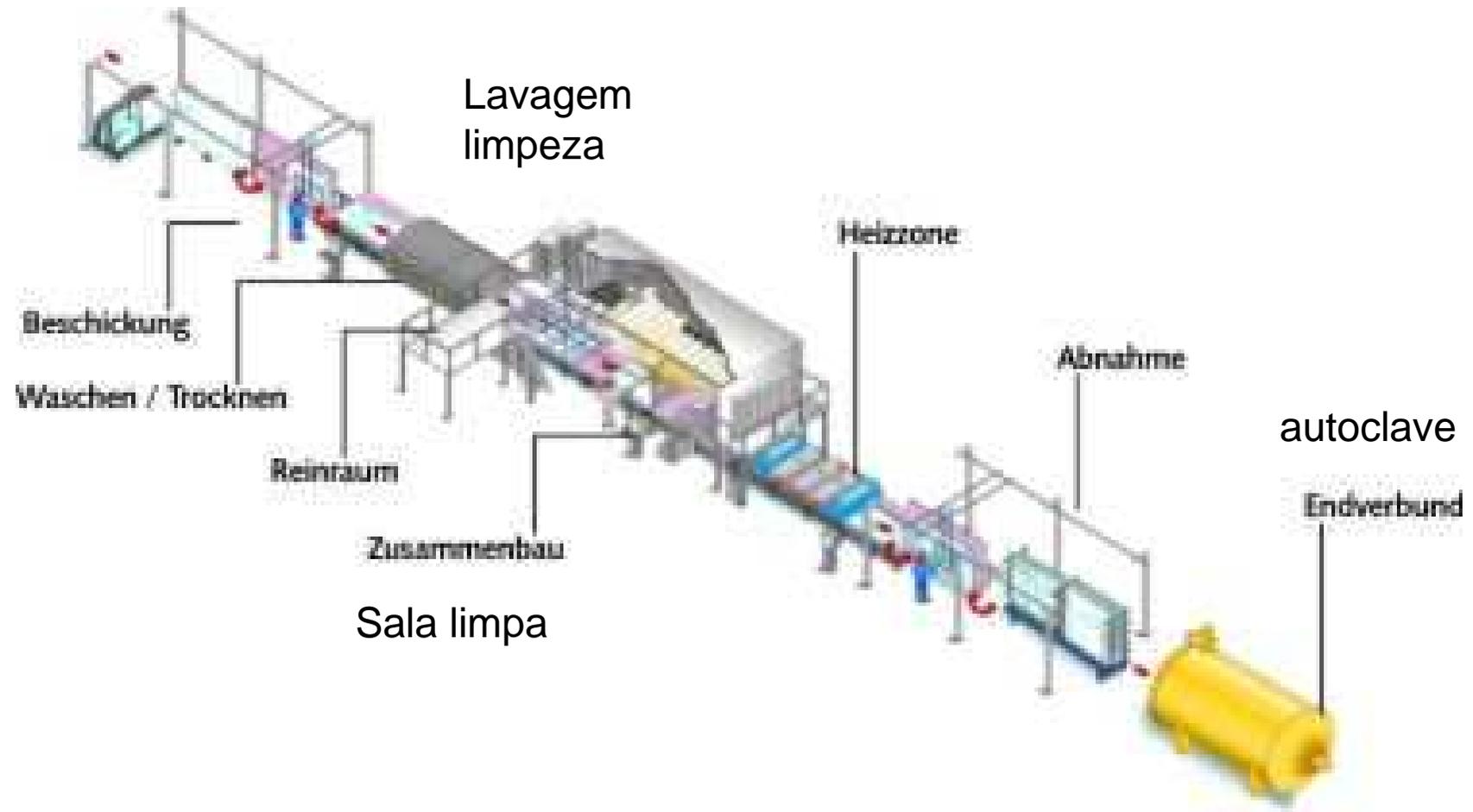


Vidros laminados

Estilhaçamento



Linha de Produção



Sala Limpa



- O acesso à sala de montagem, no piso térreo, e à sala de filme plástico, no piso de cima, é feito através de passagens próprias para pessoas e filme, onde existem duas portas consecutivas. Painéis de poliuretano que barram o vapor mantêm as necessárias condições climáticas e de higiene da sala.

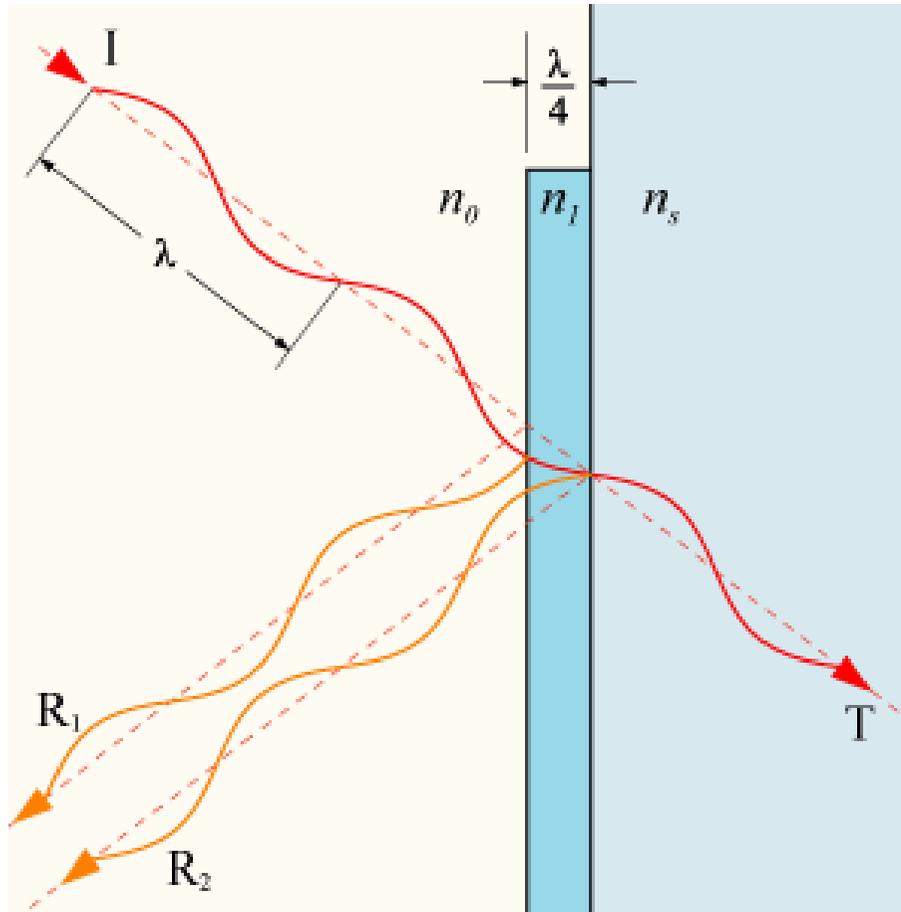
Um sistema de ar condicionado próprio para o efeito encarrega-se da regulagem da temperatura e da umidade relativa dos filmes de PVB. Existe ainda um sistema sobressalente para filmes frios.

Vidros Anti-reflexo

- Estes vidros são baseados vidros recobertos com camadas antirefletoras orgânicas ou inorgânicas resistentes.
- A Carl Zeiss usa camadas de Teflon e a SaintGobain camadas de filmes duros cerâmicos dielétricos depositados por Deposição a Partir de Fase Vapor.



Usando a Interferência Destrutiva



Se a espessura do filme for de um quarto do comprimento da onda incidente então as ondas refletidas nas duas interfaces estarão exatamente fora de fase ao saírem do vidro o que leva a uma amplitude resultante nula. **O material da camada deve ter um índice de refração que é a raiz quadrada do índice de refração do substrato.**

Os vidros óticos tem índice de refração de 1,52 e desta forma o material ideal teria que ter índice de refração de 1,23. O material que mais se aproxima é o MgF_2 .

Vidros Refletivos

- **Os vidros refletivos são indicados para o controle de entrada de calor no ambiente, proporcionando conforto e economia ao usuário. A luz solar passa através do vidro, enquanto o calor é refletido de volta para o ambiente externo.**

Permite economia de energia elétrica pela redução dos gastos com ar condicionado ou aquecedores.

Existem dois processos de fabricação destes vidros que determinam a proteção da radiação e da condução do calor.

Vidros Refletivos

Tipos

- **PIROLÍTICOS (OFF LINE)**

- Aplicação da camada metalizada é feita durante a fabricação do vidro float, por pulverização de óxidos metálicos. Este processo é realizado em temperaturas elevadas garantindo uma aderência maior da camada metalizada.
- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS :**
- Moderado controle do calor solar e entrada da luz (média de 50%).
Maior resistência a agressões externas.
Pode ser temperado ou curvado.

METALIZADOS À VÁCUO (ON LINE)

- A aplicação da camada metalizada é feita por bombardeio de partículas de átomos de metal eletrostaticamente aceleradas em uma câmara de vácuo. No momento da aplicação dos óxidos metálicos a temperatura é bem menor que no processo pirolítico.
- **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS :**
- Maior controle do calor solar e entrada de luz(média de 80%).
Mais sensível a agressões externas de todo tipo.
Não apresenta resistência a abrasão.

Fibra de Vidro

- Vidros na forma de fibras têm uma larga aplicação na indústria. Sua composição depende de seu uso.
- Para forros isolantes usa-se normalmente o soda lime, para indústria têxtil o aluminoborossilicato com baixo teor de sódio (E glass) por causa da sua maior resistência química e alto ponto de amolecimento. Esta também é a composição usada para compósitos com plásticos para uso em barcos e elmos de proteção por exemplo.
- As fibras também são usadas na produção de cimentos reforçados e borrachas.
- **Processo de fabricação de Fibras de Vidro**
- Fibras de vidro longas são produzidas na forma de feixes de fibras. O fundido sai da fornalha ou tanque através de um túnel (forehearth) para uma série de orifícios (feitos em liga PtRh em número de 200 até 4000 em múltiplos de 200) e é puxado dos orifícios a velocidades de até milhares de metros cúbicos por minuto levando a filamentos de até 9 μm de diâmetro.

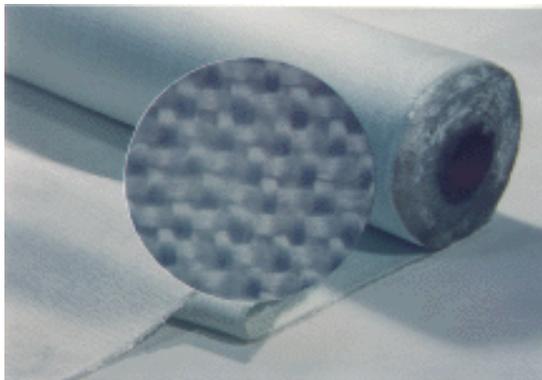


Tipos de Fibras de Vidro

- 1) A-glass fibra de alto conteúdo de Na_2O e CaO , 25%, com boa resistência química mas maior constante dielétrica.
- 2) C-glass fibra de altíssima resistência química.
- 3) E-glass é uma fibra de baixo teor de álcalis e excelente resistividade e resistência a água. Esta é a fibra mais usada para reforço em compósitos.
- 4) S-glass é uma fibra de maior resistência a tração que a E-glass, cerca de 30%.
- 5) D-glass tem baixa cte dielétrica, indicada para aplicações que demandem isolamento elétrico mas possui menor resistência química e mecânica que a E e S-glass.

Tecidos com Fibra de Vidro

- Estes tecidos tem larga aplicação como material de reforço em compósitos e materiais para isolamento acústico e térmico.



Tecido texturizado para isolamento acústico e térmico substituindo o amianto



Tecido para reforço

TEXIGLASS



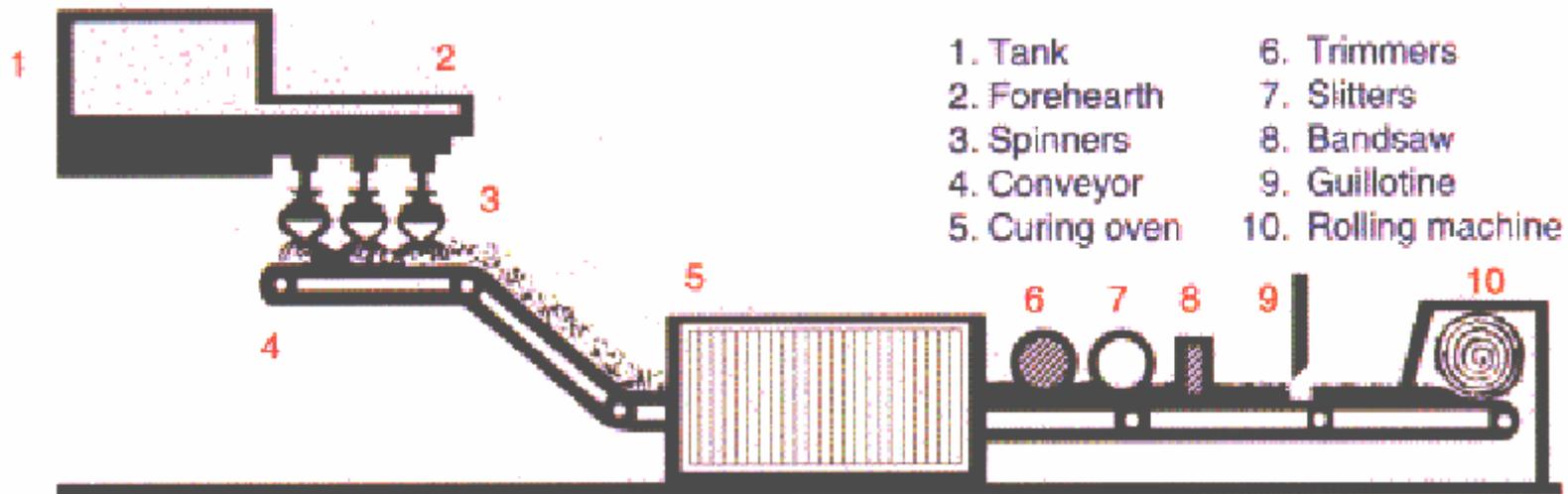
Utilizada na bandagem de motores, transformadores, isolamentos elétricos, reforço de cabos de energia e telefônicos, proteção de cabos telefônicos contra a ação de roedores.

Lã de Vidro

- Lã de vidro é produzida por um processo chamado de processo Crown. Do forno do tanque um espesso e viscoso fundido flui por gravidade dos orifícios em uma roda de aço girando em alta velocidade (Crown) a qual tem centenas de pequenas perfurações no seu perímetro. O fundido é espalhado em direção aos orifícios na periferia pela força centrípeta formando filamentos que são posteriormente estendidos para formar fibras suficientemente finas por um jato de gás quente. Depois de serem recobertas por um jato de spray de adesivo as fibras são sugadas para uma corrente transportadora. O feixe de fibras formado na esteira é levado até um forno que tratará de curar o adesivo e daí para uma guilhotina que cortará o produto no tamanho adequado.

Nota: O processo Crown foi inventado em 1320 por vidreiros franceses e foi mantido em segredo até 1678 quando foi usado em Londres. Este foi o processo preferido até o início do século XIX para vidros de janelas.

Processo de Fabricação da Lã de Vidro



Quadro Resumo de Propriedades Físicas

Table 3.6
Physical properties of some commercial glasses

Type of glass	Viscosity data			Coefficient of linear thermal expansion $\times 10^7$ (0–300°C)	Refractive index (n_D)	Log(volume resistance) (ohm-cm at 250°C)	Power factor	Dielectric constant (1 Mc., 20°C)
	Strain point* (°C)	Annealing point† (°C)	Softening point‡ (°C)					
Fused silica	1070	1140	1667	5.5	1.458	12.0	0.000 2	3.78
96 % silica glass	820	910	1500	8.0	1.458	9.7	0.000 5	3.80
						11.2	0.000 24	3.8
						11.7	0.000 19	3.8
Soda-lime sheet glass	505	548	730	85	1.510	6.5	0.004	7.0
Soda-lime plate glass	510	553	735	87	1.510	6.7	0.011	7.4
Soda-lime container glass	505	548	730	85	1.520	7.0	0.011	7.6
Soda-lime bulb glass	470	510	696	92	1.512	6.4	0.009	7.2
Lead alkali silicate (elc.)	395	430	626	91	1.539	8.9	0.001 6	6.6
		435	630	89	1.560	10.1	0.001 6	6.66
High lead alkali silicate	390	430	580	91	1.639	11.8	0.000 9	9.5
Alumino silicate	670	715	915	42	1.534	11.4	0.003 7	6.3
	540	580	795	49	1.490	6.9	0.010	5.6
Low expansion borosilicate	520	565	820	32	1.474	8.1	0.004 6	4.6
Low electrical loss Borosil	455	495	—	32	1.469	11.2	0.000 6	4.0
Borosilicate for tungsten seal	485	525	755	36	1.487	8.8	0.002 7	4.7
Borosilicate for Kovar seal	435	480	708	46	1.484	9.2	0.002 6	5.1

* Strain point corresponds to a viscosity of $10^{14.5}$ poises and represents a temperature, usually 35.45°C below the annealing point.

† Annealing point corresponds to a viscosity of 10^{13} poises and represents a temperature at which internal strains are reduced to an acceptable limit in 15 minutes.

‡ Softening point corresponds to a viscosity of $10^{7.5}$ to 10^8 poises.

Faturamento da Indústria do Vidro

- O setor vidreiro faturou em 2006 R\$ 3,981 bilhões, alta de 4,4% ante o ano anterior, segundo relatório da Abividro (associação do setor). A capacidade instalada total dos segmentos que compõem o setor se manteve no período em 3.090 toneladas/ano. No ano, as empresas vidreiras investiram US\$ 109 milhões.

Fonte. Guilherme Barros - Folha de São Paulo - 21/03/2007

Dados da Indústria do Vidro

FATURAMENTO GLOBAL DO SETOR [MILHÕES R\$] *GLOBAL REVENUE [R\$ MILLION]*

Segmento <i>Segment</i>	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Varição <i>Variation</i>
Embalagem <i>Glass Container</i>	829	967	1.034	1.109	1.168	1.230	5,3%
Doméstico <i>Domestic</i>	330	358	430	480	474	512	8,0%
Vidros Técnicos <i>Technical Glass</i>	660	853	896	1.119	1.078	1.081	0,3%
Vidros Planos <i>Flat Glass</i>	846	924	968	998	1.033	1.095	6,0%
TOTAL	2.665	3.102	3.328	3.706	3.753	3.918	4,4%

http://www.abividro.org.br/upload/conteudo//02faturamento_setor.gif

CAPACIDADE INSTALADA DO SETOR [MIL TONELADAS/ANO] *INSTALLED CAPACITY [THOUSAND TONS/YEAR]*

Segmento <i>Segment</i>	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Varição <i>Variation</i>
Embalagem <i>Glass Container</i>	1.335	1.358	1.293	1.277	1.292	1.297	0,4%
Doméstico <i>Domestic</i>	236	236	296	283	220	228	3,6%
Vidros Técnicos <i>Technical Glass</i>	241	264	265	297	332	325	-2,1%
Vidros Planos <i>Flat Glass</i>	1.110	1.050	1.050	1.240	1.240	1.240	0,0%
TOTAL	2.922	2.908	2.904	3.097	3.084	3.090	0,2%

EMPREGOS [MIL] *JOBS [THOUSANDS]*

Segmento <i>Segment</i>	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Varição <i>Variation</i>
Embalagem <i>Glass Container</i>	5,6	5,6	5,6	5,4	5,1	5,1	0,0%
Doméstico <i>Domestic</i>	2,6	2,6	2,6	2,6	2,3	2,3	0,0%
Vidros Técnicos <i>Technical Glass</i>	3,0	3,1	3,0	3,5	3,4	3,3	-2,9%
Vidros Planos <i>Flat Glass</i>	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	0,0%
TOTAL	12,6	12,7	12,5	12,9	12,2	12,1	-0,8%

Algumas Plantas Industriais Brasil

- **Saint-Gobain Vidros S.A.**
- Vidro Automobilístico
- PR - Curitiba RS - Gravataí SP - Mauá SP - São Caetano
- **Embalagens de vidro**
- RS - Campo Bom
- **SP - Porto Ferreira**
- SP - São Paulo (Água Branca)
- **Artigos de mesa em vidro**
- RS – Canoas, São Paulo, Água Branca,
- **Fio de vidro para reforço**
- SP - Capivari
- **Vidro Plano para Eletrodomésticos**
- SP - São Caetano
- **Lã de vidro e Moldes para indústria do vidro**
- São Paulo SP
- **Vidro Plano**
- SP - Guarulhos
- **Vidro Plano (Vidro Impresso)**
- São Vicente

Saint-Gobain

- A Compagnie de SAINT-GOBAIN nasceu na França por ordem do Rei Luis XIV em 1665, criada por Colbert com o objetivo de fabricar os espelhos para o Palácio de Versailles.



Presença em
50 países

**Número de Funcionários:
180.000**

**Número de Empresas
Consolidadas: cerca de 1.200**

**Faturamento em 2005: 35
bilhões de Euros**



Vendas Globais 2,23 bilhões de euros
 74% fora da Alemanha dos quais 6% vai para Pesquisa e Desenvolvimento,
 193 Meuros de lucro líquido
 16.800 empregados
 Usinas em 41 fábricas

www.schott.com/jobs



Vitrocerâmicos



Embalagem de Componentes Eletrônicos



Vidros Ópticos



Displays

SCHOTT Brasil Ltda.
Divisao Vitrofarma
 Rua Ivan de Oliveira Lima 155
 CEP 20760-600 Rio de Janeiro

SCHOTT Glaverbel do Brazil Ltda.
 Rua Turmalina 543
 Bairro Recreio Campestre Jóia
 CEP 13347-040, Indaiatuba - SP
 Cx. Postal: 2148

Pilkington

Uma das maiores produtoras mundiais de vidro para os setores da Construção Civil e Automotivo.

Fundada em 1826 com sede no Reino Unido, o Grupo tem fábricas em 24 países e cinco continentes.

Suas ações são cotadas na Bolsa de Valores desde 1970.

Faturamento anual no exercício fiscal de 2005 de £2,7 bilhões.

Vendas em 130 países - o maior alcance global entre todos os fabricantes de vidro

Mais da metade das vendas do Grupo ocorrem na Europa, cerca de um terço na América do Norte e o restante na América do Sul e Australásia.

25 plantas de vidro float no mundo, com participação em outras nove.

23,8 mil funcionários em todo o mundo.

Em conjunto com empresas associadas e parceiros estratégicos, tem maior alcance geográfico e posições de liderança de mercado nos setores da Construção Civil e Automotivo.

Fábricas de produtos para a Construção Civil em 19 países.

Reconhecido líder tecnológico na indústria mundial de vidros.

O processo float, inventado por Sir Alastair Pilkington em 1952, é atualmente o padrão mundial para a fabricação de vidros de alta qualidade.

Líder mundial no fornecimento de produtos automotivos. Operações de manufatura e processamento em 16 países.

Divisão Automotiva global atende as principais montadoras do mundo.

Inventores do primeiro vidro autolimpante do mundo - Pilkington Activ™.

<http://www.pilkington.com/the+americas/brazil/portuguese/employment+opportunities/default.htm>