

Estudo das propriedades do vidro: análise da reatividade química na presença de ácidos e bases

O vidro está presente na vida do ser humano desde os primórdios, com relatos de até quatro milênios atrás, sendo descoberto acidentalmente pelos fenícios. O domínio do material transparente foi essencial para o avanço tecnológico e científico posteriormente. Com esse material, o holandês Zacharias Jansen foi capaz de revolucionar a biologia, por meio da criação do microscópio composto, que seria impossível sem as lentes de vidro³. Tangente a isso, houve a construção de um dos primeiros telescópios por Galileu Galilei, objeto esse que inovou a astrologia e possibilitou a observação dos astros¹¹.

Dessa forma, é notório que o vidro é substancial para o avanço da ciência como conhecemos, entretanto, também está extremamente presente no cotidiano da sociedade. Utensílios de mesa, pratos e recipientes, constantemente são feitos desse material. Pelas características típicas do vidro de ser transparente, rígido, isolante dielétrico e impermeável, ele pode ser usado em laboratórios como matéria prima para fabricação de vidrarias.

O vidro, segundo Shelby¹⁴, pode ser definido como um sólido não cristalino, amorfo, com ausência completa de ordem a longo alcance e periodicidade, exibindo uma região de transição vítrea. A figura 1 deixa evidente e bem clara a diferença entre a estrutura do vidro (material amorfo com ausência de simetria e periodicidade translacional) e a estrutura do quartzo (arranjo cristalino, simétrico e periódico).

O vidro é fabricado em grandes indústrias com fornos extremamente potentes, que podem chegar até 1700 °C. Esse material possui 70% de sua composição de dióxido de silício (SiO_2 ou sílica), 14% de carbonato de sódio (Na_2CO_3), 11% de óxido de cálcio (CaO), 2% de óxido de alumínio III (Al_2O_3) e outros compostos em baixas quantidades¹. O SiO_2 é responsável pela resistência térmica e mecânica do vidro, mas também é o componente substancial para a resistência desse material perante a maioria dos ácidos.

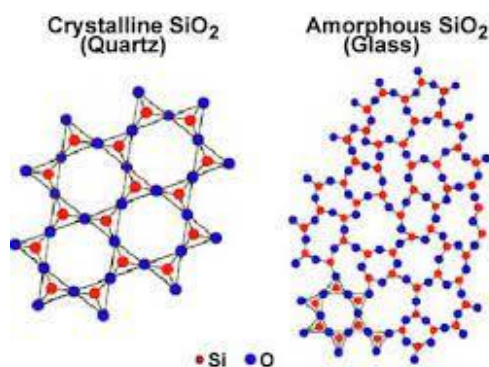


Figura 1²: Representação gráfica da cadeia formada no vidro e no quartzo.

1. Experimento envolvendo a resistência química do vidro na presença de ácido clorídrico e sulfúrico

No laboratório do Colégio Agostiniano São José foi realizado um experimento no qual foram colocadas placas de vidro pelo período de 24 horas (lâminas de microscopia de vidro) em um recipiente contendo HCl e o outro com H_2SO_4 , ambos com concentração de 1 mol/L (figura 2 e 3). Após um dia do experimento, ambas as placas estavam perfeitamente intactas, como mostra a figura 4.



Figura 2: Materiais do experimento



Figura 3: Vidro já posicionado dentro do béquer com as soluções de ácido clorídrico e ácido sulfúrico

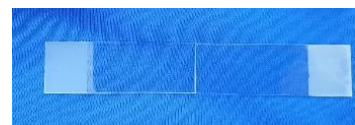


Figura 4: Placas de vidro após um dia de experimento.

Com base nesse experimento autoral, chega-se à conclusão de que nem um desses dois ácidos fortes conseguem corroer o vidro, ou seja, quebrar a ligação que o silício faz. O motivo do observado será discutido adiante quando será comparada a reatividade do vidro na presença dos ácidos fluorídrico e clorídrico.

2. Reatividade química do vidro na presença de ácido fluorídrico

Após a análise do primeiro experimento, buscou-se um vídeo⁷ experimental na internet para verificar a reatividade química do vidro na presença de ácido fluorídrico (HF).

No segundo experimento analisado, o HF é colocado em um recipiente de polietileno e tem contato direto com a superfície do vidro temperado. Após uma semana de reação o vidro encontra-se relativamente desgastada, como mostrado na figura 5⁷. Durante o experimento o material se quebrou, entretanto, os resultados não se perderam. A imagem do vidro ao final do experimento está na figura 6⁷. Após algumas medidas com um paquímetro foi possível observar que a espessura do material foi de 4,76mm para 1,19mm, devido à corrosão⁷.

Com base nesse experimento, podemos concluir que o ácido fluorídrico realmente consegue corroer o vidro, ao decorrer de um tempo relativamente curto. Essa experiência poderia ser mais otimizada caso o ácido fluorídrico no compartimento fosse frequentemente renovado, garantindo uma alta concentração de HF constantemente, pois, devido à reação, a quantidade do ácido por volume diminui. Essa afirmação se concretiza quando é levado em conta a figura 7⁸, pois evidencia a relação da concentração do ácido fluorídrico e a taxa de corrosão sobre amostras de vidros temperados e não temperados.

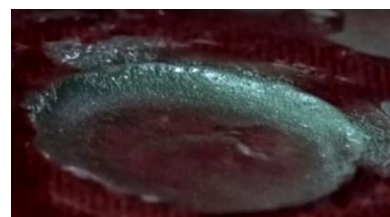
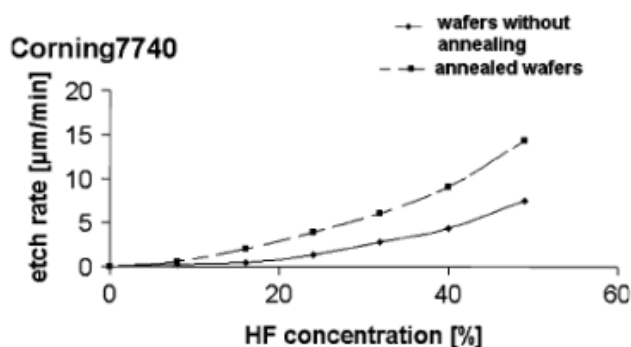


Figura 5⁷: Imagem do vidro após quase uma semana em contato com HF



Figura 6⁷: Imagem do vidro após o final do experimento

Figura 7⁸: Gráfico que mostra a taxa de corrosão em função da concentração de HF, tanto em vidros temperados e não temperados

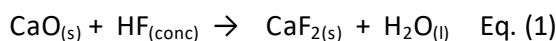
Ao final do experimento, foi encontrada a substância presente na imagem da figura 8⁷ que é o fluoreto de cálcio (CaF_2), mostrado aqui também puro e seco na figura 9⁹. A obtenção desse composto é justificada pela equação química (1), devido à presença de CaO presente no vidro.



Figura 8⁷: Substância úmida encontrada após o experimento

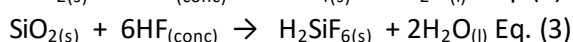
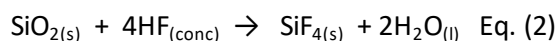


Figura 9⁹: Fluoreto de cálcio sólido



O ácido fluorídrico é gerado através de uma ligação covalente entre um átomo de hidrogênio e um átomo de flúor. O motivo pelo qual esse ácido fraco é o único para corroer o vidro é devido à elevada eletronegatividade do flúor presente em sua estrutura, ou seja, o átomo de flúor atrai os elétrons da ligação ($\text{Si} - \text{O}$) para si e, assim, a ligação entre o silício e o oxigênio se quebra e o vidro é corroído¹³. Além disso, outro fator é importante: o pequeno raio iônico dos íons fluoreto¹² em relação aos demais ânions formados

no mesmo grupo. Esse fator é importante para que os íons fluoreto possam se encaixar no espaço entre as moléculas de sílica na estrutura do vidro e provoquem a sua corrosão em meio fortemente ácido. Portanto, essas são diferenças fundamentais para que HCl não ataque o vidro enquanto HF provoque a corrosão do mesmo. Devido a esse fator, o HF reage diretamente com o SiO₂ e consegue quebrar essa rígida estrutura, formando como produto dessa reação o tetrafluoreto de silício (SiF₄) ou o ácido hexafluorossilícico (H₂[SiF₆]) e água, como mostrado nas equações 2 e 3⁴.



3. Reatividade química do vidro na presença de hidróxido de sódio

No terceiro experimento¹⁰ analisado a partir de um vídeo da internet, observou-se que foi colocada, em uma lata de aço, uma porção de hidróxido de sódio sólido. Após isso, o recipiente foi aquecido por um bico de Bunsen e, após a fusão de toda a substância, um pote de vidro foi posicionado dentro da lata tendo contato direto com hidróxido de sódio fundido. Depois de alguns minutos, a parte do vidro que estava em contato com o líquido foi totalmente corroída, e formou-se um buraco no pote de vidro, como bem mostra a figura 10¹⁰.

Semelhantemente ao HF, as bases também conseguem corroer os vidros. Com esse experimento, percebe-se que a soda cáustica fundida tem um poder de corrosão no vidro extremamente alto. Em comparação ao tempo de reação do HF, o NaOH fundido conseguiu agir muito mais rápido. Isso se deve a dois fatores: concentração da base e elevada temperatura, já que o experimento foi realizado sob aquecimento. Esses dois fatores alteram a cinética da reação, ou seja, aumentam a velocidade da reação química, pois quanto maior a concentração de um dos reagentes e maior a temperatura do sistema (maior energia cinética), maior a chance de colisões efetivas e, portanto, da ocorrência da reação.

Figura 10¹⁰: Pote de vidro com o fundo corroído pelo hidróxido de sódio



Com base na figura 11⁵, sabe-se que quanto maior o pH do meio, maior será a corrosão do SiO₂ presente no vidro. É notório que ao passo que a concentração de NaOH em uma solução aumenta, maior é

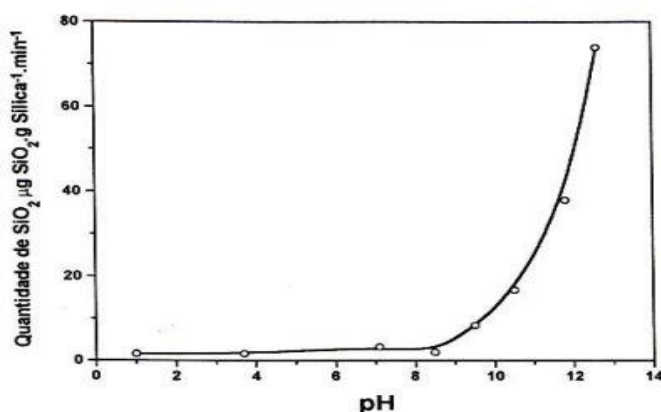
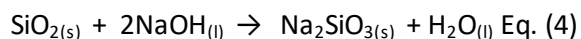


Figura 11⁵: Gráfico da quantidade de SiO₂ corroído em função do pH

o pH da solução e mais alcalino fica o meio. Com as duas informações, percebe-se que o aumento da concentração da base tem relação direta com a velocidade da corrosão.

Como já se viu, o dióxido de silício (um óxido ácido) consegue reagir com hidróxido de sódio e, ao final do experimento, foi observada a formação do sal silicato de sódio (Na₂SiO₃) e água, como mostra a equação química (4).



A base concentrada produz a corrosão do vidro devido à quebra das ligações químicas entre o átomo de silício e o átomo de oxigênio. A partir disso, nesse processo, ocorre a troca de íons hidróxido da base, principalmente, por íons Na⁺ presentes no vidro, processo esse conhecido como troca iônica⁵.

Além da questão do pH, outra característica desse processo é em relação à temperatura. A velocidade da reação é proporcional à quantidade de calor cedido à reação, como representado na figura 12⁶. No caso da reação do vidro com o hidróxido de sódio, resultados perceptíveis podem ser observados depois de meses, mas ao levar a base ao seu ponto de fusão (318°C)¹², a reação leva minutos. Fica evidente, portanto, que

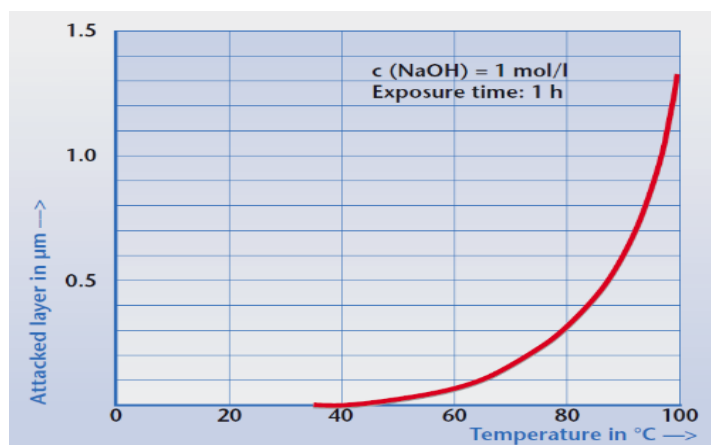


Figura 12⁶: Gráfico da profundidade da corrosão do vidro em função da temperatura

tanto o ácido fluorídrico quanto o hidróxido de sódio possuem a capacidade de corroer o vidro, diferentemente do ácido clorídrico e do ácido sulfúrico. Devido a esse fato, ambas substâncias devem ser armazenadas em recipientes de polietileno, a fim de não haver perdas de material, acidentes e contaminação dessas soluções devido aos produtos gerados a partir das reações. Quando a reação da base e de HF são comparadas, percebe-se que o NaOH fundido consegue desgastar o material muito mais rápido do que o HF. Entretanto, o processo para corroer o vidro com esse ácido halogenídrico é relativamente mais simples do

que o da base forte em questão, visto que não é necessário o uso de uma fonte de calor constante para que a reação ocorra.

Em suma, o vidro é um material extremamente importante em nossa sociedade e o desenvolvimento de diferentes tipos desse material e o estudo da sua baixa reatividade química frente a diferentes substâncias foram de suma importância para o desenvolvimento de novos materiais nos últimos anos, avanços e benefícios consideráveis para a civilização.

Referências bibliográficas

- [1]: Site: <<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/quimica-do-vidro.htm>> Acessado em 5/02/2023
- [2]: Site: <<https://sites.google.com/site/arquiteturaemvidro/conceituac?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>> Acessado em 5/02/2023
- [3]: Site: <<https://blog.portaleducacao.com.br/a-invencao-do-microscopio-e-a-descoberta-da-celula/>> Acessado em 6/02/2023
- [4]: LEE, J. D. Química Inorgânica não tão concisa, 5 ed, Ed. Blucher, 1999.
- [5]: Site: <https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcem/wp-content/uploads/sites/116/2020/06/NaturezaEstrut_Prop_Vidro-Saint-Gobain-2000.pdf> acessado em 08/02/2023
- [6]: Site: <<https://chemistry.stackexchange.com/questions/53760/concentration-of-naoh-to-dissolve-glass>> Acessado em 19/02/2023
- [7]: Site: <<https://youtu.be/hilWVOV04kQg>> Acessado em 15/12/2022
- [8]: Site: <https://www.researchgate.net/figure/Etch-rate-versus-HF-concentration-for-annealed-and-unannealed-glass-wafers-Corning-7740_fig2_225572577> Acessado em 23/02/2023
- [9]: Site: <https://pt.made-in-china.com/co_huayuantilin/product_Calcium-Fluoride-Fluorite-CaF2-euueorsng.html> Acessado em 23/02/2023
- [10]: Site: <<https://youtu.be/nmktRTHL1NA>> Acessado em 19/02/2023
- [11]: Site: <<https://futuroastronomo.com.br/quem-inventou-o-telescopio/>> Acessado em 5/02/2023
- [12]: Atkins, P. & Jones, L. Chemical Principles: The Quest for insight. 7ª edição, 2016.
- [13]: Brow, R. K. The role of fluorine in glass formation. Chemical Reviews, 2001.
- [14]: Site: <<http://gnesc.sbg.org.br/online/cadernos/02/vidros.pdf>>. Acessado em 10/03/2023