

## Experimento 5

### CRIOSSORÇÃO EM ZEOLITA E CARVÃO ATIVADO

#### Introdução

Certas substâncias, como as zeolitas e carvão, têm uma superfície interna muito grande, e por isso são muito úteis no bombeamento criogênico (ou em temperatura ambiente) de gases. Alguns tipos de zeolitas e de carvões minerais ou vegetais chegam a ter centenas de metros quadrados de área interna por grama. A propriedade adsorvente de um determinado material é caracterizada por sua isoterma de adsorção, que fornece, para uma dada temperatura de adsorção, a relação entre pressão e quantidade do gás adsorvida. Frequentemente, essa quantidade é expressa em Torr.litro/grama (nas CNTP) de adsorvente (ver figura 1), que chamaremos de  $C_N$ .

A figura 1 mostra exemplos de isotermas de adsorção para alguns gases adsorvidos em zeolite e em carvão ativado.

Massas: Zeolita = ##g  
Carvão= ##g

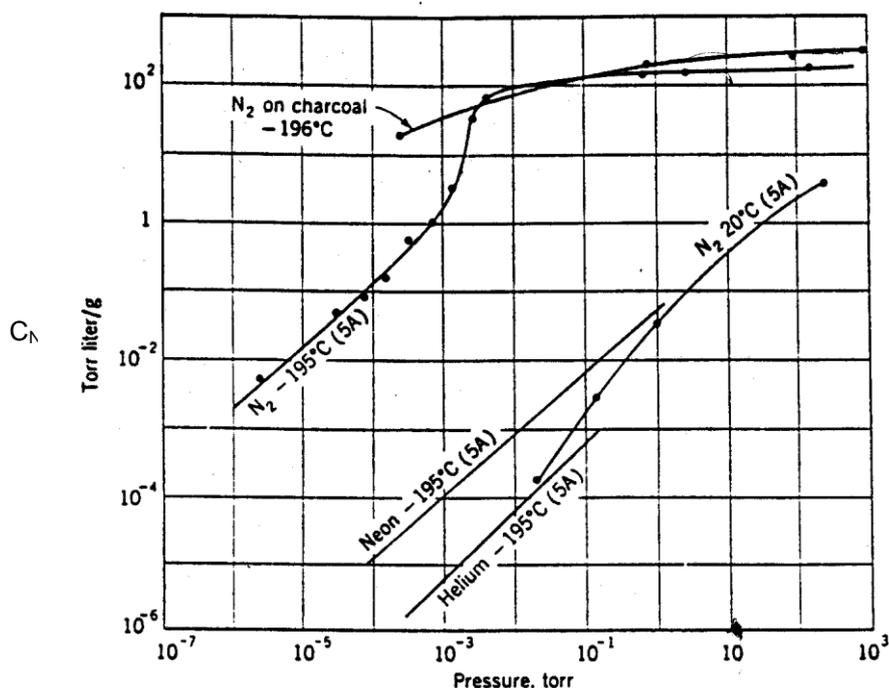


Figura 1. Isotermas de adsorção para  $N_2$ , Ne e He adsorvidos em zeolite artificial (Linde tipo SA) e para  $N_2$  em carvão ativado

Quando uma monocamada de gás é adsorvida, a área interna por grama do material A, pode ser calculada pela expressão:

$$A = N \frac{d^2}{m}$$

onde **N** é o número de moléculas adsorvidas, **d** o diâmetro da molécula adsorvida e **m** a massa do material adsorvente.

O objetivo da presente experiência é o de estudar a adsorção de ar, que é composto essencialmente de N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, por zeólita Linde 5A e por carvão mineral pelletizado.

## Experimento

A figura 2 esquematiza a montagem experimental a ser usada:

O sistema consiste de uma câmara de aço inox ligada por válvulas a um volume calibrado, a um manômetro tipo Bourdon, a uma válvula agulha e a uma bomba mecânica e, finalmente, a um tubo de quartzo que contém a substância adsorvente.

Faça o experimento seguindo o roteiro abaixo:

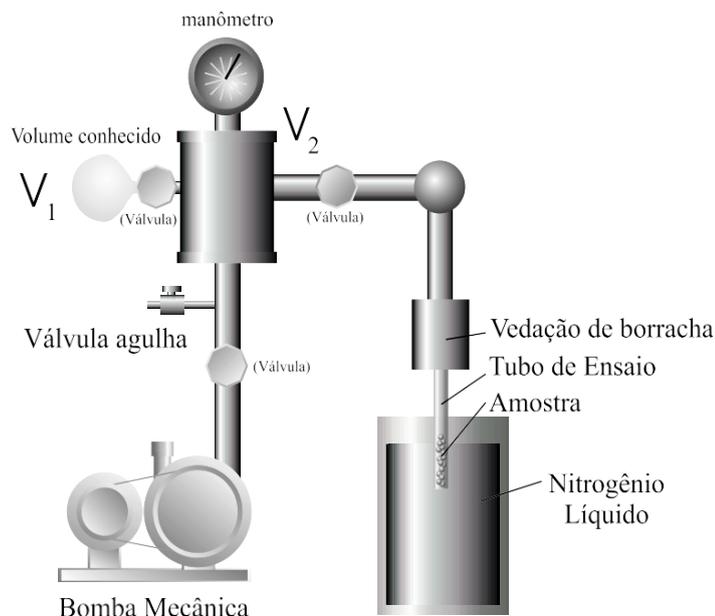


Figura 2 – Sistema utilizado para o estudo da adsorção de gases

- 1) **Determinação do volume da câmara.** Isso pode ser feito evacuando-se a câmara ( $P = 0$  neste manômetro) volume calibrado e em seguida colocando-se uma pressão conhecida no volume da câmara, fechando a válvula que liga o volume calibrado à câmara. E em seguida faz-se uma expansão isotérmica abrindo-se a válvula do volume calibrado. Lendo as pressões inicial e final determina-se o volume desejado.
- 2) **Ativação da substância adsorvente.** Isto é conseguido aquecendo-se o tubo com um aquecedor conveniente (que pode ser um soldador ou um soprador de ar quente) enquanto o tubo está sendo evacuado com a bomba de vácuo. Após a ativação (cerca de 30 minutos), o tubo deve ser isolado, sob vácuo, do resto do sistema.
- 3) **Adsorção de ar pela substância adsorvente.** Isola-se então a câmara da bomba de vácuo e, através da válvula agulha, admite-se uma certa quantidade de ar dentro da câmara. Sugerimos começar com uma pressão de 45 mbar. Coloca-se o tubo dentro do nitrogênio líquido, espera-se equilíbrio térmico (10 minutos é suficiente), e faz-se a expansão do gás para o tubo. Ao entrar em contacto com a substância adsorvente ativada, o gás é adsorvido, e a pressão do sistema é abaixada. Como a superfície interna é muito grande, nessa primeira adsorção a pressão cairá a valores próximos de zero na escala do manômetro Bourdon. Repita novamente o processo até obter uma pressão diferente de zero (após algumas tentativas). Deve-se então repetir o procedimento, até o limite de leitura de pressão do manômetro Bourdon, e obter assim outros pontos da isoterma. Com as variações de pressão medidas,

utilizando a equação de estado dos gases ideais, calcula-se a quantidade de gás adsorvida que está em equilíbrio com a fase gasosa pressão medida. **Este par  $N$  x  $P$  é um ponto da isoterma de adsorção da substância na temperatura do nitrogênio líquido (-196°C).** A partir de  $N$  obtenha um parâmetro mais usado, o qual denotaremos por  $C_N$  dado em unidades de [pressão]x[volume]/[massa], (veja figura 1), que é obtido, usando-se a equação dos gases ideais, através da razão  $P.V/m$ , onde  $P$  = pressão atmosférica,  $V$  o volume que as moléculas adsorvidas ocupariam nas CNTP e  $m$  a massa do adsorvente. Demonstre que:

$$C_N = V_c \frac{(P_0 - P_{eq})}{m}$$

Onde

$V_c$  = Volume da câmara

$P_0$  = Pressão inicial na câmara

$P_{eq}$  = Pressão de equilíbrio, ou pressão final

$m$  = massa do material adsorvente

Lembrando que no gráfico da isoterma apresentado no início deste roteiro (figura 1) a quantidade de gás é dada em termos de Torr.litro/grama (nas condições normais de temperatura e pressão - CNTP), para se comparar os dados experimentais com os obtidos aqui deve-se usar o volume a 0°C. Esse procedimento deve ser feito com a zeolita e com uma amostra de carvão. Com os dados de saturação, e sabendo que o diâmetro da molécula de  $N_2$  é 3,7 Å, calcule a área interna por unidade de massa para cada amostra assumindo que a superfície interna do adsorvedor está saturada com uma monocamada de gás. Faça uma análise crítica indicando possíveis causas de discrepâncias com os dados da literatura.

---

## RELATÓRIO (seguir o modelo da página 5)

**Resumo** – Faça um resumo do relatório (em poucas linhas)

**I – Introdução** – destaque os objetivos e a motivação para o estudo deste experimento

**II – Descrição do procedimento** – descreva como o experimento foi realizado com informações de dados utilizados.

**III – Resultados**

- 1) Volume da câmara
- 2) Tabela contendo as pressões de equilíbrio, a quantidade de moléculas adsorvida até esta pressão e o parâmetro  $C_N$  ( $P.V/m$ , ver roteiro) para carvão

- e zeolita (mostre os cálculos de  $C_N$ ).
- 3) Curva da isoterma  $C_N \times P_{eq}$  (ver figura 1) para carvão e zeolita. Compare seus resultados com os das curvas fornecidas no início do roteiro.
  - 4) Área interna por unidade de massa das substâncias utilizadas
  - 5) Demonstre a equação 2

#### **IV Discussão**

#### **V Conclusão**

#### **Referências**