



# Polímeros e Interações Intermoleculares

**Denise Curi**

O conceito de interações intermoleculares - interações de van der Waals, interação dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, interação molécula-íon - é um conceito importante pois grande parte das aplicações que fazemos de determinados materiais que utilizamos são derivadas dessas interações. O presente artigo mostra uma possibilidade de se trabalhar esses conceitos através de experimentos simples, empregando-se materiais poliméricos como papel, sacola plástica, gel para plantas e fraldas descartáveis.

▶ interações intermoleculares, relação estrutura-propriedade, polímeros ◀

Recebido em 11/4/05; aceito em 14/3/06

O ensino de Química no Ensino Médio deveria ter como foco as “explicações químicas” necessárias à vida do aluno/cidadão (Holman e Hunt, 2002; MEC/SEM-TEC, 1999), pois elas: (i) têm significado prático na vida dos indivíduos; (ii) permitem que as pessoas entendam muitas das notícias veiculadas na mídia, nas quais questões de dimensão científica estão envolvidas; (iii) podem mudar a maneira como o aluno/cidadão percebe o mundo, despertando novos interesses.

Para isso, ao se planejar um curso deve-se ter claro algumas das principais idéias e/ou conceitos que qualquer cidadão deveria saber sobre Química. A Tabela 1 mostra algumas dessas idéias e a sua importância na compreensão de alguns fatos/fenômenos/observações, segundo Holman (2001). Segundo esse autor, a compreensão da estrutura da matéria é uma das idéias/conceitos fundamentais, pois é através dela que conseguimos entender as propriedades das substâncias, e portanto, dos materiais obtidos a partir destas.

Dentro desta perspectiva, as interações intermoleculares e como estas afetam as propriedades das substâncias e dos materiais torna-se um tema importante e que deve ser trabalhado

de modo que os alunos percebam a relação entre a estrutura molecular e as propriedades macroscópicas da substância ou material em questão.

Interações intermoleculares são as forças de atração, de natureza eletrostática, que mantêm as moléculas unidas nos estados sólido e líquido. No estado gasoso as moléculas estão em constante movimento e a força de atração entre elas é muito fraca, por isso não nos referimos a esse estado quando tratamos de interações intermoleculares. Para moléculas neutras as interações intermoleculares a serem consideradas são: dispersão de London, interações dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. As primeiras são as mais fracas, pois ocorrem em moléculas apolares, nas quais não existe um dipolo permanente - é a distorção da nuvem eletrônica devida à aproximação de uma outra molécula que leva à formação de um dipolo temporário. Em moléculas polares as interações são mais fortes, pois nestas os dipolos são permanentes.

As ligações de hidrogênio são as interações mais fortes das três, podendo ser consideradas como um caso extremo das interações dipolo-dipolo, devido à diferença de eletro-negatividade entre o hidrogênio e oxigênio, nitrogênio e flúor. É esse tipo

de interação que explica porque o papel absorve água mas não uma sacola plástica feita de polietileno. A Tabela 2 mostra as ordens de grandeza dessas interações em relação às das ligações covalentes e iônicas.

Outro tipo de interação que também deve ser considerado é a interação íon-dipolo, importante para soluções iônicas. É essa interação a responsável pela solvatação dos íons quando uma substância iônica se dissolve em água, por exemplo. E é também essa interação que permite que uma fralda descartável absorva água, uma vez que o polímero superabsorvente contém íons sódio e carboxilato (Figura 1).

Neste artigo mostramos que essas interações podem ser introduzidas através de experimentos simples utilizando-se materiais poliméricos como papel, sacola plástica, cristais de gel para plantas e fraldas descartáveis, com ênfase nas estruturas das moléculas que formam esses produtos. As sugestões aqui apresentadas foram aplicadas durante quatro anos com alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Bandeirantes, na cidade de São Paulo, num projeto extracurricular sobre polímeros.

Os experimentos realizados e aqui sugeridos são todos adaptados da

Tabela 1: O que todo mundo deveria saber sobre Química\*.

As idéias	Importantes para a compreensão:
1. <i>Tudo é feito de átomos e moléculas</i> <sup>1</sup> :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eles são muito pequenos</li> <li>• Eles estão em constante movimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Do comportamento de sólidos, líquidos e gases</li> </ul>
2. <i>Substâncias químicas têm uma composição fixa, invariável</i> :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tudo é feito de elementos</li> <li>• Toda substância pura tem uma fórmula fixa</li> <li>• Amostras de um composto químico em particular são idênticos, não importa como nós os obtemos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da idéia de pureza</li> <li>• Da idéia de concentração</li> <li>• Da idéia de composição constante</li> </ul>
3. <i>A idéia de transformação química</i> :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando ocorre uma transformação química, os átomos se ligam de um modo diferente do inicial, produzindo novas substâncias com novas propriedades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O que a indústria química faz</li> <li>• Dos diferentes efeitos biológicos dos elementos e substâncias</li> </ul>
4. <i>A noção de que as propriedades das substâncias dependem de sua estrutura molecular</i> :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A "forma" das moléculas que constituem a substância e a maneira como elas se mantêm unidas definem como é a substância e as suas propriedades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A "arquitetura" da matéria</li> <li>• Como os químicos planejam materiais, drogas etc. com propriedades específicas</li> </ul>
5. <i>O poder e as limitações da Ciência</i> :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como os cientistas tentam responder as questões</li> <li>• As questões às quais a Ciência pode ou não responder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerações éticas de questões relativas a Ciências de um modo racional</li> <li>• Avaliar as "histórias" científicas veiculadas na mídia</li> </ul>

\* Publicada por Holtz (2001).

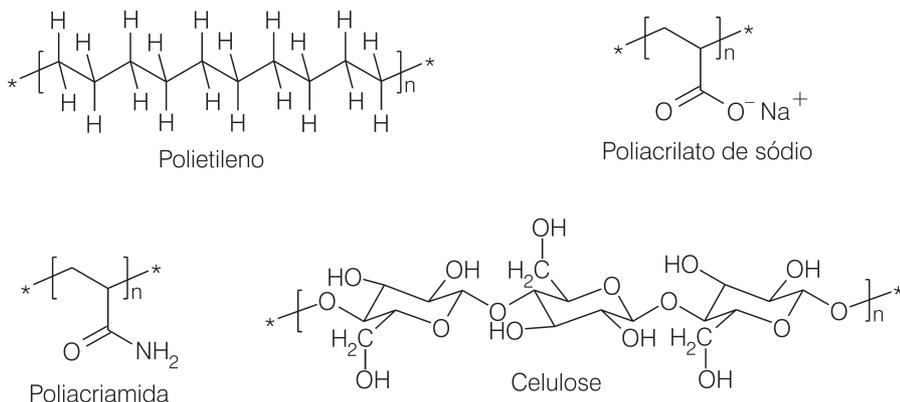


Figura 1: Estruturas dos polímeros citados neste artigo.

Tabela 2: Comparação entre interações intermoleculares e ligações químicas.

Interação	Tipo	Ordem de grandeza / kJ mol <sup>-1</sup>
Ligações químicas	Ligação covalente	100-1000
	Ligação iônica	100-1000
Interações intermoleculares	Dispersão de London*	0,1-2
	Dipolo-dipolo	0,1-10
	Ligação de hidrogênio	10-40

\*Também conhecida como dipolo instantâneo-dipolo induzido.

literatura e requerem materiais simples e baratos. Por não requererem nenhum equipamento, reagentes ou cuidados especiais (como trabalhar em capela, por exemplo), eles podem ser realizados em sala de aula, nas escolas onde não há laboratório disponível.

Nesses experimentos observou-se um grande interesse dos alunos, demonstrado por uma frequência nas aulas maior do que 90% e pelo baixo índice de desistência, menor do que 15%, índices expressivos para um projeto extracurricular. Todos os alunos mostraram uma boa compreensão dos fenômenos e conceitos discutidos: em cada nova aula eles se mostravam mais preparados para discutir os resultados obtidos e a relação com a estrutura dos polímeros relacionados com os experimentos. Vários alunos participantes do projeto foram capazes de responder uma questão modificada da FUVEST<sup>2</sup>, para explicar o processo de tingimento da celulose com o corante crisoidina sem a presença do fixador, mostrando que muitos foram capazes de transferir o conhecimento adquirido através dos experimentos para uma outra situação.

## Objetivos

O principal objetivo do projeto foi discutir as propriedades e, portanto, as aplicações que damos aos diferentes produtos em função da sua estrutura molecular e das interações intermoleculares. Um segundo objetivo foi o de desenvolver novas estratégias que pudessem ser utilizadas em sala de aula para a discussão de conceitos fundamentais para a compreensão da Química.

## Atividades experimentais

As atividades apresentadas a seguir mostram como foram realizados os experimentos e as discussões.

### Atividade 1 - Por que o papel molha?

Esta atividade (Sarquis, 1995) tem como objetivo iniciar as discussões sobre interações intermoleculares e as propriedades macroscópicas dos materiais utilizados. Os testes mostram porque o papel não encerado

absorve água, enquanto o plástico não. As discussões são feitas mostrando aos alunos as diferenças entre as moléculas de celulose, que compõem o papel, e as de polietileno, principal componente das sacolas plásticas (Figura 1). O trabalho com estruturas em duas e três dimensões dessas moléculas, por meio de sítios disponíveis na Internet, facilita a visualização, por parte dos alunos, das interações entre os polímeros e a molécula de água. Animações (Lee, 2005) mostrando os diferentes tipos de interações moleculares também colaboram no entendimento desta e das demais atividades. A comparação entre o papel comum (folha de caderno ou saco de pão) e um papel encerado serve para mostrar como podemos modificar as propriedades dos materiais e solucionar um problema, a partir do momento que entendemos os fenômenos que originam esse problema.

#### Material

- Pedacos de papel (não encerado-guardanapo, folha de caderno, saco de papel de padaria etc.) de 10 cm x 10 cm
- Pedacos de papel encerado de 10 cm x 10 cm
- Pedacos de saco plástico (sacola plástica) de 10 cm x 10 cm

#### Procedimento

1. Coloque os diferentes pedacos de papel e de saco plástico lado a lado.

2. Pingue algumas gotas de água sobre cada um deles e espere alguns minutos. Observe. Quais materiais absorvem água? Houve diferença na velocidade de absorção?

3. Construa uma tabela para anotar os resultados.

#### Questões sugeridas para discussão

1. Comparando-se as estruturas da celulose, do polietileno e da água, explique porque o papel é capaz de absorver água mas não o plástico, pensando em termos de interações entre os polímeros e a molécula de água.

2. Sabendo-se que ceras são formadas por hidrocarbonetos, porque o papel encerado não absorve água?

### Atividade 2 - Como funcionam os "cristais de gel" para plantas?

Nesta atividade (Mateus, 2001) - absorção de água por "cristais" de gel de poli(acrilamida) - a discussão principal gira em torno das ligações de hidrogênio formadas entre o polímero e as moléculas de água. O experimento com a solução aquosa de NaCl 10% serve para mostrar aos alunos que as interações entre a água e os íons de sódio e cloreto são muito mais fortes que as interações entre a água e o grupo  $\text{NH}_2$  da poli(acrilamida). A desidratação do gel, observada quando se adiciona cloreto de sódio sólido sobre o mesmo, permite que se introduza a discussão sobre interações íons-dipolo.

Esta atividade também pode ser usada para se discutir o significado do termo "poli(acrilamida com ligações cruzadas)", ou seja, cadeias de poli(acrilamida) ligadas em rede, que formam "poros" onde as moléculas de água ficam alojadas, permitindo o crescimento do cristal.

#### Material

- 2 béqueres de 100 mL (ou copo descartável)
- Água destilada (ou água da torneira)
- Solução aquosa de NaCl a 10% m/m
- NaCl sólido (ou sal de cozinha)
- Régua
- "Cristais de gel" para plantas (encontrados em floricultura, gel de poli(acrilamida) de laços cruzados)
- Etiquetas
- Proveta de 50 mL

#### Procedimento

1. Rotule 2 béqueres com identificações "Água destilada" e "Solução de NaCl 10%". Adicione 20 mL de água destilada no béquer correspondente. No outro adicione 20 mL da solução de NaCl 10%.

2. Pegue 4 cristais de gel para plantas com tamanhos parecidos. Meça-os e anote o tamanho de cada um deles. Em cada um dos béqueres adicione 2 cristais de gel. Espere aproximadamente 20 min.

3. Retire os cristais de gel da água destilada e coloque-os sobre a bancada. Observe o que aconteceu e meça-os. Faça o mesmo com os cris-

tais de gel da solução de NaCl 10%. Anote os resultados.

4. Adicione NaCl sólido sobre um dos cristais de gel que estava em água destilada e observe. O que acontece?

#### Questões sugeridas para discussão

1. Conhecendo a estrutura da poli(acrilamida), explique porque ela é capaz de absorver água.

2. Por que os cristais que estavam na solução de NaCl 10% absorveram menos água?

3. Como você explica o que acontece quando se joga NaCl sólido sobre o gel com água?

### Atividade 3 - Por que fraldas descartáveis são mais eficientes?

Esta atividade (Mateus, 2001; Marconato e Franchetti, 2002) nos mostra novamente que as interações íons-dipolo são muito mais fortes do que ligações de hidrogênio entre os grupos OH da celulose e as moléculas de água (Figura 1). O conceito de osmose pode ser trabalhado quando se observa uma maior absorção de água ao mergulhar a fralda em água destilada, em relação às soluções aquosas de NaCl. Quanto maior a concentração do sal, menor o volume de água absorvido, pois menor a diferença de concentração entre a solução e o interior do FlocGel<sup>®</sup>, marca registrada da Johnson & Johnson para o poli(acrilato de sódio) (Figura 1).

#### Material

- 4 béqueres de 100 mL (ou copo descartável)
- Água destilada (ou água da torneira)
- Solução aquosa de NaCl 1% m/m
- Solução aquosa de NaCl 10% m/m
- NaCl sólido (ou sal de cozinha)
- Balança (ou régua, caneta e tesoura)
- 0,5 g do "recheio" de uma fralda descartável - FlocGel<sup>®</sup> (ou pedacos de 3 cm x 3 cm)
- 0,5 g de fralda de algodão (ou pedacos de 5,5 cm x 5,5 cm)

#### Procedimento

1. Etiquete os béqueres da seguinte maneira: "Água destilada" (2 béqueres); "NaCl (aq) 1%" (1 béquer) e "NaCl (aq) 10%" (1 béquer).

2. Coloque um pedaco de fralda de

algodão num béquer para água destilada.

3. Coloque os pedaços de fralda descartável (apenas o recheio) nos outros béqueres.

4. Acrescente em cada béquer 50 mL das diferentes amostras de água e soluções salinas.

5. Aguarde por aproximadamente 20-30 min.

6. Observe os tamanhos dos pedaços de fralda descartável e compare com o da fralda de algodão.

7. Meça o volume de água que sobrou em cada béquer simplesmente transferindo o excesso de água para a proveta.

8. Anote em uma tabela os resultados (volume inicial, volume final e volume absorvido).

#### Questões sugeridas para discussão

1. Qual fralda é a mais eficiente, a de algodão ou a descartável? Por quê?

2. Em qual situação a fralda descartável absorveu a maior quantidade de água? Explique em termos de interações intermoleculares.

#### Considerações finais

As atividades, embora muito simples, trabalham conceitos importantes da Química, relacionando-os ao dia-a-

dia do aluno e, também, trabalham habilidades importantes como observação, comparação, construção de tabelas etc. Os alunos são levados a elaborar respostas nas quais eles precisam relacionar estrutura química com propriedades macroscópicas, tornando a Química mais “palpável” e, portanto, mais compreensível.

Os experimentos mostraram-se muito valiosos na introdução do tema *interações intermoleculares*<sup>3</sup>. O fato dos experimentos terem sido aplicados a alunos do 1º ano do Ensino Médio mostra que é possível se trabalhar esses conceitos através da utilização de moléculas orgânicas mais complexas mesmo com alunos iniciando seus estudos em Química. O professor pode também aplicá-los para a introdução ao estudo da Química Orgânica.

É importante ressaltar que a compreensão das interações intra e intermoleculares não é importante apenas para a Química. Conceitos importantes em Biologia, como a estrutura do DNA e o motivo do emparelhamento das bases nitrogenadas serem sempre citosina-guanina e adenina-timina, por exemplo, podem ser melhor compreendidos se discutidos em termos das ligações de hidrogênio que ocorrem entre as bases nitrogenadas.

A discussão sobre as aplicações tecnológicas em função das propriedades das moléculas que compõem os produtos permite apresentar aos alunos uma outra perspectiva da importância do estudo da Química. Um excelente exemplo é a discussão sobre os diversos tipos de polímeros, e suas funções, que estão presentes nas fraldas descartáveis, como mostram Marconato e Franchetti (2002).

#### Notas

1. O autor, nessa afirmação, está se referindo apenas às substâncias, portanto, sólidos, líquidos e gases, não levando em consideração as diferentes formas de energia utilizadas pelo homem, ou a natureza “partícula-onda” do elétron.

2. Questão 5 da 2ª fase da Fuvest 2002.

3. A autora coloca-se à disposição para fornecer roteiros de outros experimentos realizados no projeto, assim como apostilas; basta mandar-lhe uma mensagem eletrônica solicitando-os.

**Denise Curi** (denicuri@colband.com.br), licenciada/bacharel em Química e doutora em Ciências (Química Orgânica) pela USP, realizou estágio de pós-doutoramento na Univ. de Harvard (EUA), na UNICAMP e na USP. É professora do Ensino Médio do Colégio Bandeirantes, em São Paulo - SP.

#### Referências bibliográficas

HOLMAN, J. All you need to know about chemistry... *Educ. Chem.*, v. 39, n. 1, p. 10-11, 2002.

HOLMAN, J. e HUNT, A. What does it mean to be chemically literate? *Educ. Chem.*, v. 39, n. 1, p. 12-14, 2002.

LEE, M. Types of chemical bond. Em: *ICSD Science Zone*. (<http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/mleebonding/default.htm>). Acesso em março/2005.

MARCONATO, J.C. e FRANCHETTI, S.M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: Um material alternativo para o ensino de polímeros. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 42-44, 2002.

MATEUS, A.L. *Química na cabeça. Experiências espetaculares para você fazer em casa ou na escola*. Belo Hori-

zonte: Ed. UFMG, 2001. p. 90-92.

MEC/SEMTEC - Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências Matemáticas e da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. v. 3.

SARQUIS, M. (Ed.). Chain gang - The chemistry of polymers. Em: *Science in Our World*. Middletown: Terrific Science Press, 1995. v. 5.

#### Para saber mais

MANO, E.B. e MENDES, L.C. *Introdução a polímeros*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.

#### Na Internet

MINATTI, E. Forças intermoleculares. Em: *QMCWEB-Revista Eletrônica do*

*Departamento de Química da UFSC*. Disponível em: [http://quark.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/forcas\\_intermoleculares.html](http://quark.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/forcas_intermoleculares.html) (março/2005).

ROCHA, W.R. Interações intermoleculares. Em: AMARAL, L.O.F. e ALMEIDA, W.B. de. (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 4, 31-36, 2001. Disponível em: <http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/uploads/602/interac.pdf> (março/2005).

SENESE, F. What are van der Waals forces? Em: *General chemistry online*. Disponível em <http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/liquids/faq/h-bonding-vs-london-forces.shtml> (março/2005).

Sítio *The Macrogalleria-a cyberwonderland of polymer fun*. Disponível em <http://www.pslc.ws/macrog.htm> (março/2005).

**Abstract:** *Polymers and Intermolecular Interactions* – The concept of molecular interactions - van der Waals interactions, dipole-dipole interaction, hydrogen bond, molecule-ion interaction -, is an important concept since most applications that we do of certain materials that we use are derived from these interactions. This paper shows the possibility of working with these concepts through simple experiments, using polymeric materials such as paper, plastic bags, plant gel and discardable diapers.

**Keywords:** molecular interactions, structure-property relationship, polymers