



|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 | QUÍMICA GERAL                    |
| 2 | LIGAÇÕES QUÍMICAS                |
| 3 | LIGAÇÕES SECUNDÁRIAS             |
| 4 | FORÇAS OU INTERAÇÕES MOLECULARES |
| 5 | INTERAÇÕES ENTRE ÍONS            |

# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Interação íon-dipolo



Lei de Coulomb para atração

$$\vec{F} = - \frac{|q|^2}{4\pi\epsilon_0 d^2} (\vec{u}_x + \vec{u}_y + \vec{u}_z)$$

Repulsão

Atração

Cada íon de Sódio atrai todos os íons Cloretos do retículo cristalino

É a interação mais forte de todas

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Porque é uma interação muito forte?

Porque é necessária uma energia muito grande para romper as ligações

Se pensarmos em temperatura a partir de 800°C essas interações começam a se romper.

Nas ligações covalentes

Carga parcial ou densidade de carga

(δ<sup>-</sup>)

(δ<sup>+</sup>)

Nas ligações iônicas

Carga real

# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Interações intermoleculares

Moléculas Apolares

Moléculas Polares

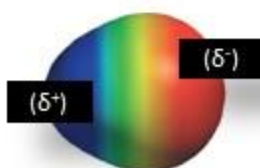
Moléculas Apolares



Possuem uma distribuição simétrica de carga

Ex.  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ 

Moléculas Polares

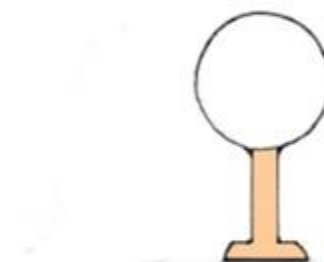


Possuem uma distribuição assimétrica de carga

Ex.  $HF$ ,  $HCl$ 

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Polarização de cargas num condutor



Pelo processo da indução elétrica pode-se separar cargas num condutor, conforme mostra a animação. Com a aproximação das cargas indutoras do bastão (no caso, cargas negativas), os "elétrons livres" mais próximos, sofrendo ação de forças elétricas mais intensas, são repelidos para mais distante possível, estabelecendo dois pólos com cargas elétricas opostas: um pólo (+) com "falta de elétrons" e outro pólo (–) com excesso de elétrons.

# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Moléculas Apolares

Dipolo-Dipolo induzido (ddi)

ou

Forças de London

Força de Van Der Waals

MOLÉCULA DE  $H_2$

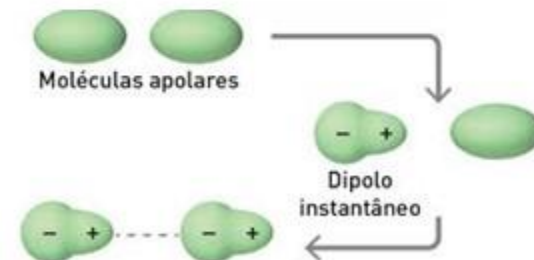
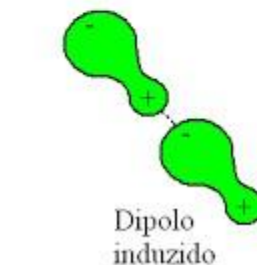
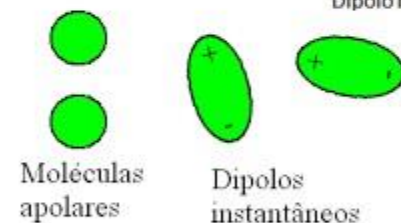


## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Moléculas Apolares



Interação intermolecular  
Dipolo instantâneo – dipolo induzido



# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Moléculas Polares

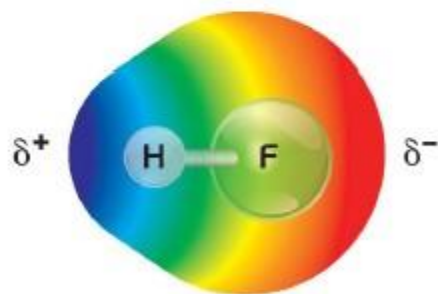
Dipolo-Dipolo permanente (ddp)

ou

Forças de London

Ligações de Hidrogênio

Força de Van Der Waals



FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Moléculas Polares

Ordem decrescente de eletronegatividade



Ordem crescente das interações intermoleculares

 $Ddi < ddp < \text{lig. Hidrogênio}$ 

Ordem crescente das interações

 $Ddi < ddp < \text{lig. Hidrogênio} < \text{ion-dipolo}$



# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS INTERMOLECULARES

### Tipos de Ligações

Primárias

Secundárias

Intramolecular

Intermolecular

### Primárias

São as forças que mantêm os átomos unidos nas ligações (intramolecular). São elas:

iônica

covalente

metálica

### Secundárias

Intermoleculares

São as forças de atração entre as moléculas, responsáveis por várias propriedades macroscópicas dos compostos, como ponto de **ebulição**, ponto de **fusão**, **viscosidade**, **solubilidade**, entre outras.

## FORÇAS INTERMOLECULARES

### Propriedades Macroscópicas

TF, TE, Solubilidades, Viscosidade

### Forças Intermoleculares

Íon-íon

Íon-dipolo

Dipolo permanente

Dipolo-dipolo

Pontes de Hidrogênio

Ligação de hidrogênio

Forças de dispersão de London

Van der Waals

DIPOLO INDUZIDO

As forças intermoleculares são responsáveis por manter as moléculas unidas, principalmente no estado líquido e no estado sólido, ou seja, matéria condensada.

# Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

Íon-íon

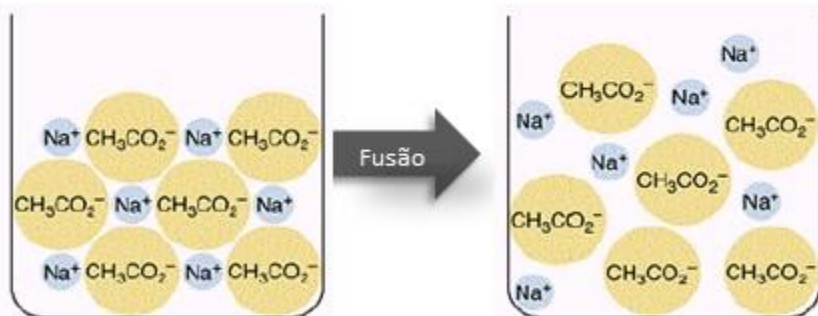
FORÇAS INTERMOLECULARES

Íon-íon

Mantém os íons no estado cristalino

São forças eletrostáticas de redes fortes

É necessário grande energia térmica para separar os íons



Íon-dipolo

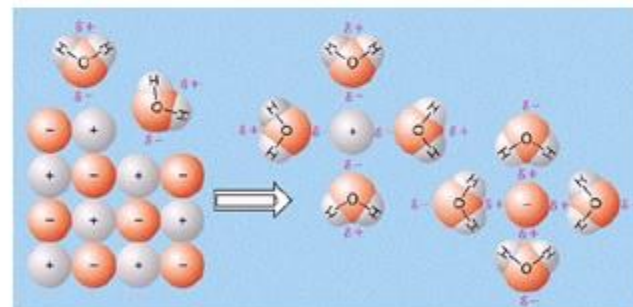
FORÇAS INTERMOLECULARES

Íon-dipolo

Atração entre **íons** e moléculas **polares**

Presentes em solução contendo íon e solvente polar.

Exemplo: NaCl



# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

Dipolo-induzido

FORÇAS INTERMOLECULARES

Forças de Van der Waals

Forças de dispersão de London

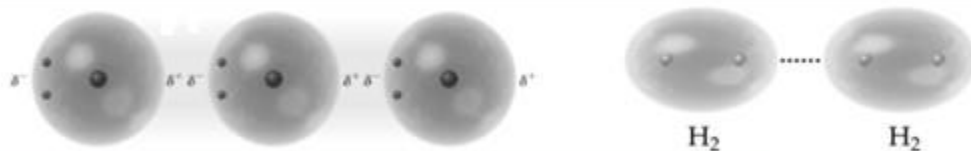
DIPOLO INDUZIDO

Moléculas Apolares

Movimento de elétrons

Dipolo temporário

Dipolos induzidos (atrativos) nas moléculas vizinhas



Observação

Influência da superfície nas forças de Van der Waals

A força de Van der Waals atua somente a distâncias muito pequenas. Ela será maior quanto maior for a área de contato entre as moléculas

Dipolo-dipolo

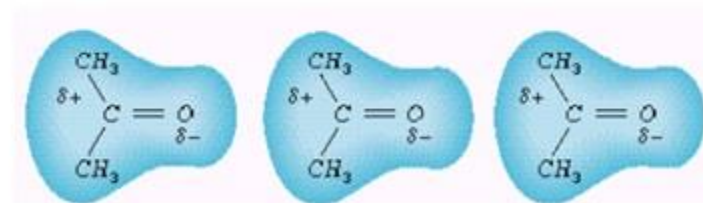
FORÇAS INTERMOLECULARES

Dipolo-dipolo

Moléculas Polares

Distribuição não uniforme dos elétrons na molécula.

Orientação das extremidades atrativas





# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

Ligação de hidrogênio

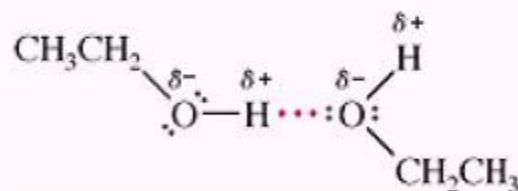
FORÇAS INTERMOLECULARES

Ligação de hidrogênio

Pontes de hidrogênio

É um tipo **especial** de dipolo-dipolo

Ocorre entre átomo de hidrogênio ligado a átomos pequenos e fortemente eletronegativos (**F, N e O**) e pares de elétrons não ligantes.



Observação

- Há dois tipos de ligação de hidrogênio:
- **Intramolecular** (ocorre na mesma molécula);
  - **Intermolecular** (ocorre entre duas moléculas)

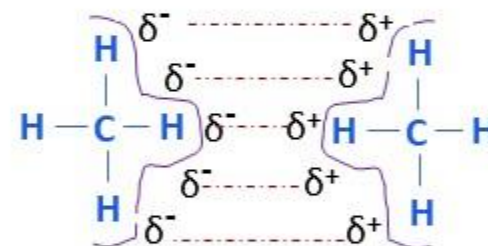
Forças de Van der Waals

FORÇAS INTERMOLECULARES

Forças de dispersão de London

Exemplo

Polar



Polar

PE = -164° C

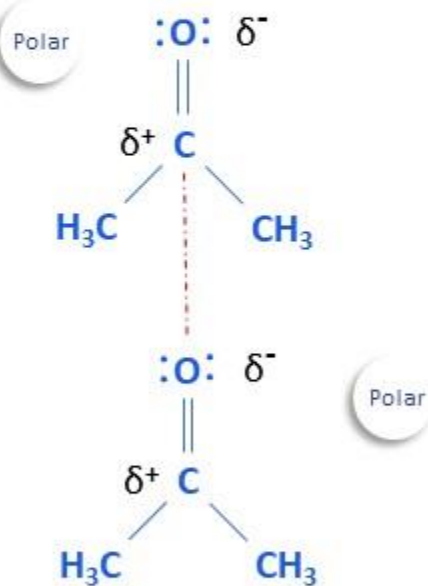
É um gás à temperatura ambiente

# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS INTERMOLECULARES

### dipolo-dipolo

Exemplo



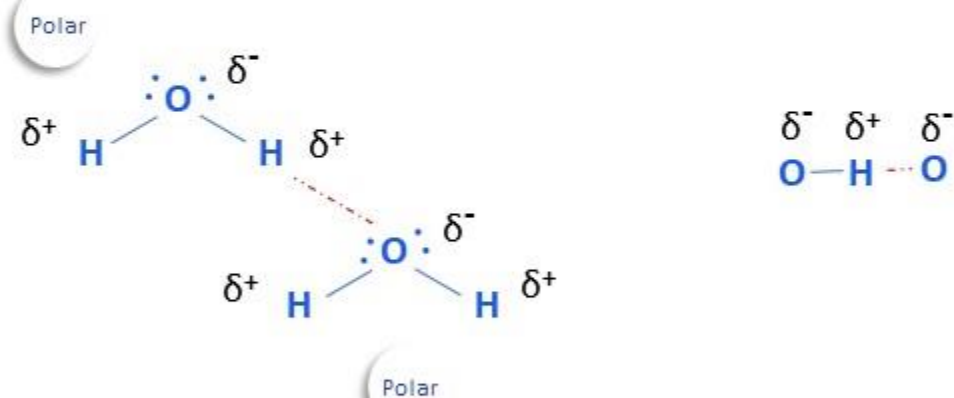
PE = 56° C

É líquido à temperatura ambiente

## FORÇAS INTERMOLECULARES

### Pontes de Hidrogênio

Exemplo



PE = 100° C

É líquido à temperatura ambiente

Para saber se não é uma interação dipolo-dipolo simplesmente, basta saber com qual átomo o hidrogênio está se ligando



## Forças **intermoleculares** ou **ligações secundárias**

### FORÇAS INTERMOLECULARES

**Íon – dipolo** - Ocorre entre íons e dipolos de moléculas polares. É a interação mais forte, pois o íon possui uma carga real. É a interação que ocorre na solvatação dos sólidos.

**Ligação de hidrogênio** - Ocorre entre grupos FH, NH e OH. Devido à grande diferença de eletronegatividade entre o H e o F ou N ou O, o H fica quase sem seu elétron, de modo que é bastante atraído pelo F, N ou O da outra molécula, fortemente negativo. Chega até a ocorrer a sobreposição dos orbitais do H com o orbital do outro ametal, a ligação só não ocorre porque o hidrogênio ainda não perdeu completamente o outro elétron. É a segunda interação intermolecular mais forte.

**Dipolo permanente – dipolo permanente.** - Ocorre em moléculas polares, por meio da interação da parte negativa de uma com a positiva de outra. É a terceira interação intermolecular mais forte, pois ambos os dipolos são permanentes.



### FORÇAS INTERMOLECULARES

**Dipolo permanente – dipolo induzido** - Ocorre em interações de moléculas polares com apolares. A molécula polar, ao se aproximar da polar, forma dipolos induzidos, devido à repulsão/atração dos elétrons da molécula apolar pelos dipolos da molécula apolar. Esses dipolos induzidos, então, interagem com os dipolos permanentes das moléculas polares. É mais fraca que a anterior, pois um dos dipolos não é permanente. É a interação que explica a dissolução do oxigênio molecular na água.

**Dipolo instantâneo – dipolo induzido (dispersão de London)** - Ocorre quando um fraco dipolo instantâneo surge aleatoriamente em uma molécula apolar. Esse dipolo irá induzir um dipolo em moléculas próximas, de maneira semelhante ao caso anterior. Então, ambos os dipolos irão interagir rapidamente, até que o dipolo que surgira inicialmente suma. É a interação intermolecular mais fraca, pois ambos os dipolos não são permanentes.



## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

### FORÇAS INTERMOLECULARES

#### IMPORTANTE

Uma molécula pode apresentar mais de um tipo de força intermolecular.

Todas as moléculas apresentam as forças do tipo dipolo instantâneo – dipolo induzido, podendo ter outras forças ou não.

O tipo das interações intermoleculares determina várias propriedades macroscópicas dos materiais.

Quanto mais intensas forem as forças intermoleculares, maiores serão os pontos de ebulição e de fusão e maior será a viscosidade, pois maior será a dificuldade de afastar as moléculas

#### DICA

Para se determinar a ordem de pontos de ebulição, ordenar primeiro segundo a intensidade da principal interação intermolecular.

Os compostos que tiverem o mesmo tipo de força intermolecular, desempatar pela polarizabilidade: quanto maiores forem os ligantes, maior a capacidade deles de distorcer suas nuvens eletrônicas, de modo que maiores serão os dipolos instantâneos formados e, conseqüentemente, maiores as forças de dispersão de London (geralmente, quanto maior a massa molar, mais polarizável é o átomo).





# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Entre

Moléculas Polares

PONTES DE HIDROGÊNIO

E

DIPOLO - DIPOLO

PONTES DE HIDROGÊNIO

H ligado a

F O N

MAIS FORTE

As ligações de hidrogênio também é uma interação dipolo-dipolo

Moléculas polares também apresentam forças de London

Entre

Moléculas Polares

DIPOLO PERMANENTE – DIPOLO PERMANENTE

MENOS FORTE

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Entre

Moléculas Apolares

DIPOLO INSTANTÂNEO – DIPOLO INDUZIDO

MOVIMENTO DOS ELÉTRONS

FRACA

Moléculas apolares só apresentam forças de London

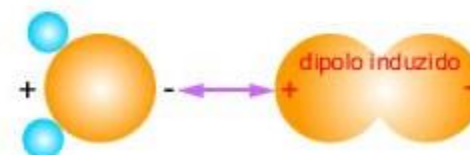
Entre

Moléculas Polares e Apolares

DIPOLO PERMANENTE – DIPOLO INDUZIDO

MOVIMENTO DOS ELÉTRONS

FRACA



Molécula polar x molécula apolar

Dipolo permanente x dipolo induzido



# Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Tipos de Interações Intermoleculares

Ocorre em

Moléculas

LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO

ou

Pontes de hidrogênio

polares



DIPOLO-DIPOLO

ou

Dipolo permanente

polares

DIPOLO INDUZIDO

ou

Forças de Dispersão de London

Forças de Van Der Waals

apolares



## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Determinação da Polaridade

A determinação da polaridade de uma molécula pode ser realizada por meio do

Momento de Dipolo ou Momento Dipolar Resultante

$\mu$  mi (pronunciar "miú")

$$\mu = \delta \cdot d$$

O **momento dipolar** ( $\mu$ ) é a multiplicação entre o valor da carga elétrica parcial ( $\delta$ ) sem o sinal e a distância ( $d$ ) entre os dois extremos do dipolo

Já o **momento dipolar resultante** é a soma dos vetores de cada ligação polar da molécula.

A molécula será apolar se o momento dipolar for igual a zero, mas se for diferente de zero, significa que ela é polar.

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Determinação da Polaridade

Considerar:

Diferença de  
eletronegatividade

Entre os átomos dos elementos participantes da reação, pois a distribuição das cargas não é simétrica, apresentando dipolos elétricos.

Geometria da  
molécula

A disposição espacial dos vetores

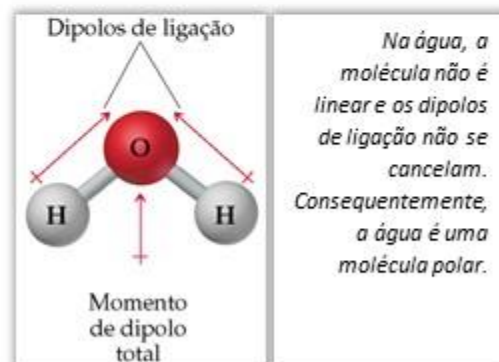
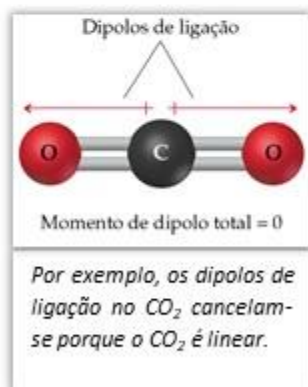
# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Forma Molecular e Polaridade Molecular

Quando existe uma diferença de eletronegatividade entre dois átomos, a ligação entre eles é polar.

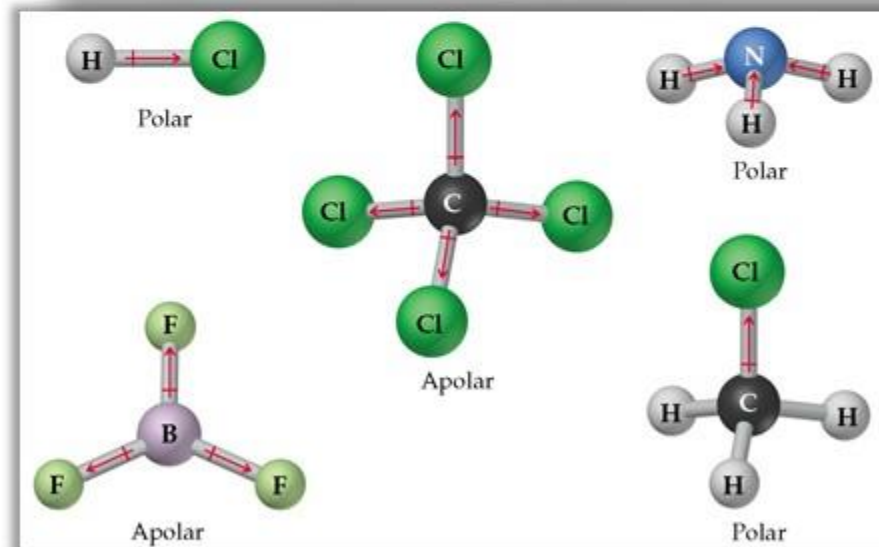
É possível que uma molécula que contenha ligações polares não seja polar.



## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Forma Molecular e Polaridade Molecular

A polaridade como um todo de uma molécula depende de sua geometria molecular.



## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

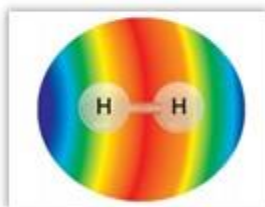
FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Ligação Covalente Apolar

Ligação covalente em que os elétrons ligantes são igualmente partilhados pelos átomos Unidos.

A ligação covalente numa molécula **diatômica homonuclear**, isto é, formada por dois átomos do mesmo elemento, é **apolar**.



## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES



#### Polaridade e Tensão Superficial

O leite é uma mistura de várias substâncias, principalmente água e gordura.

Os corantes não se misturam no leite por causa de sua gordura. Mas o detergente é um agente tensoativo, que é capaz de quebrar essa tensão superficial que impede o corante de se dissolver no leite.

O detergente quebra a tensão e eles começam a se misturar loucamente.

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Polaridade e Tensão Superficial

O detergente é constituído por moléculas com longas cadeias carbônicas apolares e uma extremidade polar.

O detergente é capaz de interagir tanto com a gordura como com a água. A extremidade polar interage com a água e a cadeia longa apolar interage com a gordura, formando pequenos glóbulos, chamados de micelas.

Nas micelas, a parte apolar fica voltada para a parte interna do glóbulo em contato com a gordura, e a parte polar fica voltada para a parte exterior, em contato com a água. Dessa forma, quando se “arrastam” as micelas de detergente, removem-se também a gordura junto, pois ela estará aprisionada na região central da micela.



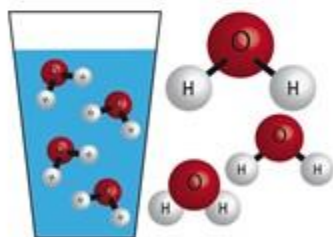
## Forças intermoleculares ou ligações secundárias

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Tensão Superficial

A propriedade que todos os líquidos possuem, a Tensão Superficial.

Tensão superficial é uma propriedade da superfície de um líquido, que permite a ele resistir a uma força externa. É essa tensão que permite aos insetos 'caminhar' na superfície da água e também é o que permite que uma gota de água se forme antes de cair da torneira.



A força de atração das moléculas na superfície da água é diferente da força de atração das moléculas abaixo da superfície. Isso ocorre por que as moléculas que estão abaixo da superfície interagem com outras moléculas de água em diversas direções:

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Tensão Superficial

pra frente, pra trás, pra cima, pra baixo, pra esquerda, pra direita e isso faz com que elas se atraem com a mesma força, já as moléculas que ficam na superfície da água não possuem moléculas acima delas, por tanto as ligações de hidrogênio se restringem somente as moléculas do lado e as abaixo formando assim uma camada chamada de tensão superficial

Devido à tensão superficial as moléculas de água são atraídas umas pelas outras, que permite que sobre a superfície da água se forme uma fina camada, cuja pressão interna é capaz de sustentar certa intensidade de força, por exemplo, sustentar um pequeno inseto em repouso.



## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Tensão Superficial



A tensão superficial é responsável pela formação de gotas de líquido. Embora facilmente deformáveis, as gotas de água tendem a se manter na forma esférica pelas forças coesivas da camada superficial. Na ausência de outras forças, incluindo a gravidade, as gotas de praticamente todos os líquidos seriam perfeitamente esféricas.



### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Coesão da água

A **coesão** se refere à atração de moléculas por outras moléculas do mesmo tipo e as moléculas de água possuem forças de coesão fortes graças a sua capacidade de formarem ligações de hidrogênio entre si.

As forças coesivas são responsáveis pela **tensão superficial**,

#### Adesão da água

A água tende a aderir a si mesma, mas em certas circunstâncias tende a unir-se a outros tipos de moléculas. **Adesão** é a atração das moléculas de um tipo por moléculas de outro tipo, e ela pode ser bem forte no caso da água, especialmente com moléculas que têm carga positiva ou negativa.

## Forças **intermoleculares** ou ligações **secundárias**

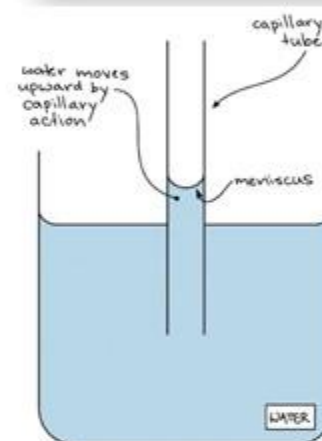
### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

#### Adesão da água

A adesão permite que a água "escale", suba, em tubos finos de vidro (chamados tubos capilares) colocados num béquer com água. Esse movimento para cima, contra a gravidade, conhecido como capilaridade, depende da atração entre as moléculas de água e as paredes do tubo de vidro (adesão), bem como das interações entre as moléculas de água (coesão).

As moléculas de água são mais fortemente atraídas pelo vidro que pelas outras moléculas de água (porque as moléculas de vidro são mais polares ainda que as de água).

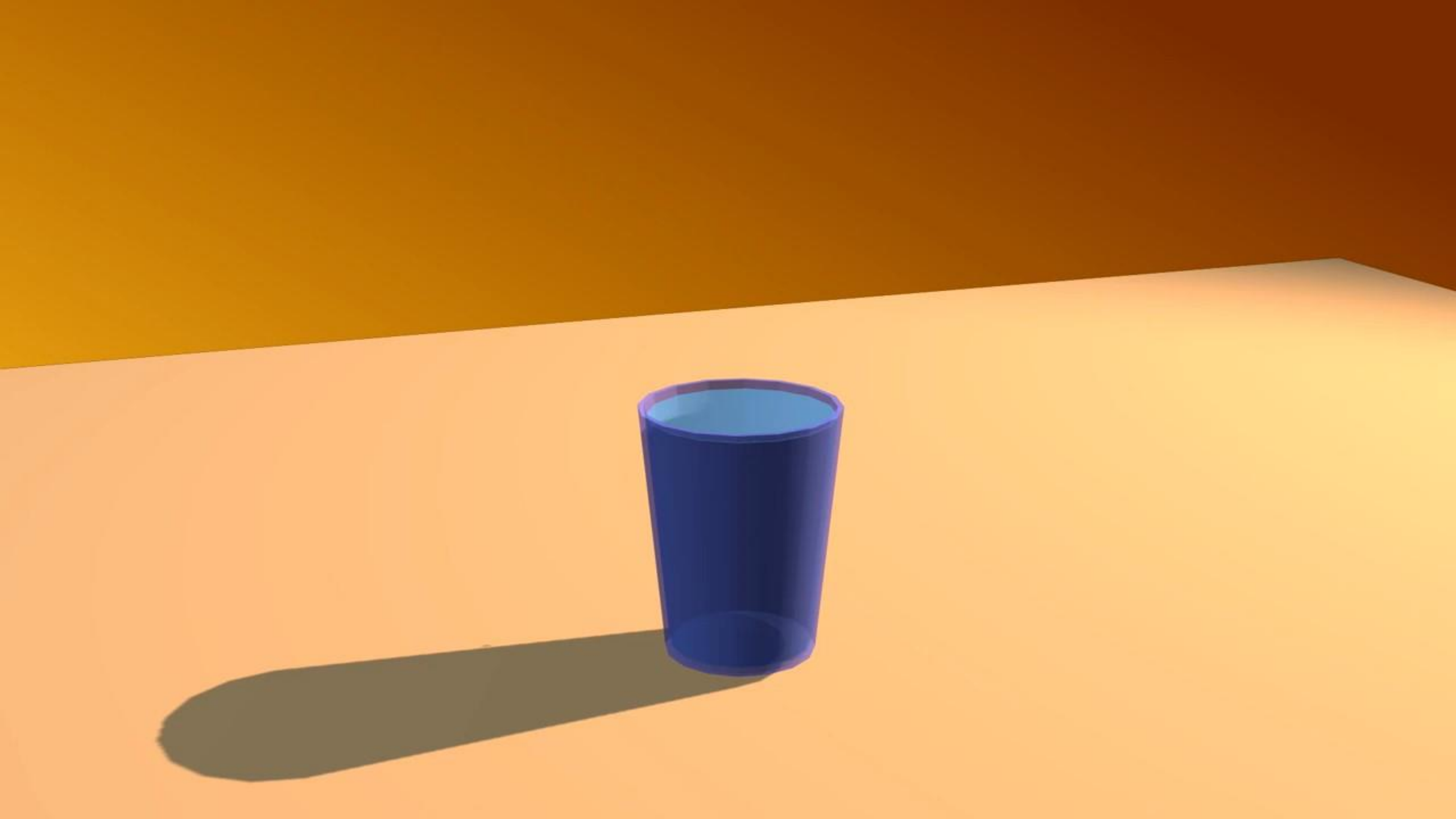
### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES



A água eleva-se mais onde ela entra em contato com as bordas do tubo e fica mais baixa no meio. A superfície curva formada por um líquido num cilindro ou tubo, é chamada de menisco.

#### A importância para a vida

As forças de coesão e adesão são importantes para a vida porque desempenham um papel importante em muitos processos biológicos baseados na água, incluindo o movimento d'água para o topo das árvores e a drenagem das lágrimas dos dutos lacrimais nos cantos dos seus olhos.







## Forças intermoleculares ou ligações secundárias

### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Por que o detergente rompe a tensão superficial da água?

O uso de surfactantes e detergentes rompe a tensão superficial, por reduzir as forças de coesão entre as moléculas do líquido. Moléculas de detergente têm duas extremidades que podem atuar como uma ponte entre moléculas de água e de gordura (lipídios). Isso permite que o sabão ou detergente 'segure' a gordura de um prato sujo e a outra extremidade da molécula de detergente atraia a água.

Essas duas diferentes extremidades das moléculas de detergente o tornam capaz de romper a tensão superficial da água. A extremidade que atrai lipídios tenta evitar ficar em torno de moléculas de água (propriedade conhecida como hidrofobicidade). Ao tentar se afastar das moléculas de água, as extremidades hidrofóbicas das moléculas de detergente se direcionam para a superfície da água, enfraquecendo as interações entre as moléculas de água da superfície. O resultado é a quebra da tensão superficial da água.



### FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

**Tensoativos** são substâncias que diminuem a tensão superficial ou influenciam a superfície de contato entre dois líquidos. Entre os tensoativos encontram-se substâncias sintéticas que são utilizadas regularmente, como detergentes e produtos para máquina de lavar louça.

#### "Semelhante dissolve semelhante"

A regra geral de solubilidade determina que, "Semelhante dissolve semelhante". Essa regra diz respeito à polaridade do solvente e do soluto e explica o fato de o óleo não se dissolver em água, mas ser solúvel em gasolina.

A água, conhecida como solvente universal, é uma substância formada por ligações covalentes polares na molécula. Portanto, a água só dissolve solutos polares, como, por exemplo, sais, açúcar, álcool, etc. O óleo por sua vez é composto por ligações apolares e por isso não é miscível com água, mas se mistura com gasolina por ser esta também um composto apolar.



# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Moléculas Anfífilas

Molécula **Anfipática** ou **Anfifílica** – Possui dupla afinidade (Polar e Apolar)

### Semelhante dissolve semelhante

A parte polar consegue se solubilizar em água **Solvente polar**

A parte apolar consegue se solubilizar em gordura (lipídios) **Solvente apolar**

Para que serve?

Para fazer sabões e detergentes, por exemplo

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

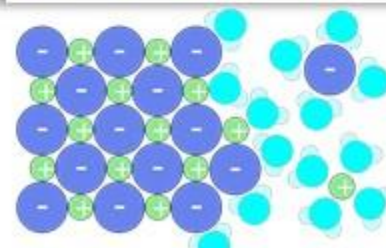
### Outras nomenclaturas

**Polar** – **Hidrofílico** e **Lipofóbico**

**Apolar** – **Lipofílico** e **hidrofóbico**

### Solvatação

Ocorre quando um composto iônico ou polar se dissolve em uma substância polar, sem formar uma nova substância. As moléculas do soluto são rodeadas pelo solvente. A solvatação acontece tanto em soluções iônicas quanto moleculares.



# Forças intermoleculares ou ligações secundárias

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Propriedades Físicas

Quanto mais forte a atração entre as moléculas

Maior é a quantidade de energia para separá-las

Maior a temperatura de ebulição

Atrações muito fortes entre as moléculas



É mais difícil passar para o estado gasoso

Ponto de ebulição alto

Menor será a pressão máxima de vapor

## FORÇAS OU INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

### Propriedades Físicas

Quanto mais forte as forças intermoleculares:

Para um líquido

Maior é a temperatura na qual um líquido entra em **ebulição**

Quanto mais forte as forças intermoleculares:

Para um sólido

maior é o ponto de **fusão** de um sólido.