

FCAV/UNESP

ASSUNTO: Forças Intermoleculares
e Propriedades Físicas de Compostos
Orgânicos

Prof^a. Dr^a. Luciana Maria Saran

FORÇAS INTERMOLECULARES

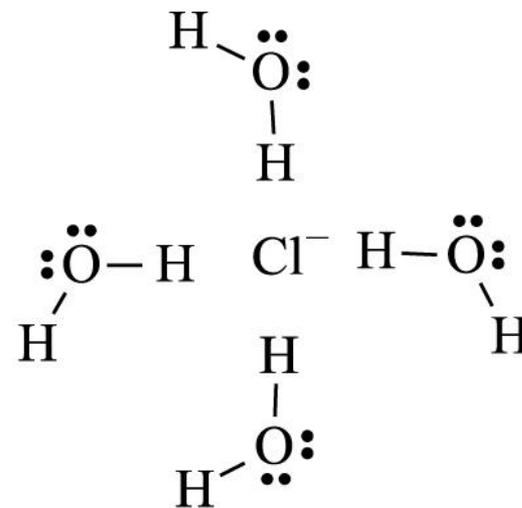
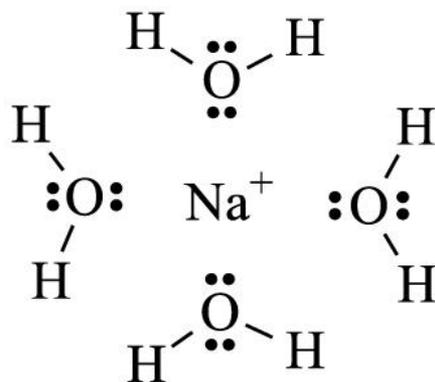
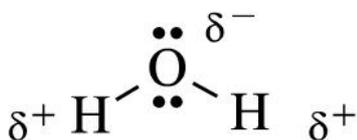
QUADRO 1.2 Forças intermoleculares e espécies envolvidas

Tipo de interação	Força relativa	Espécies envolvidas
Íon–dipolo	Forte	Íons e moléculas polares
Dipolo–dipolo	Moderadamente forte	Moléculas polares
Dipolo–dipolo induzido	Muito fraca	Molécula polar e outra apolar
Dipolo instantâneo–dipolo induzido	Muito fraca*	Qualquer tipo de molécula, incluindo as apolares
Ligação de hidrogênio	Forte	Moléculas que possuem hidrogênio ligado a elemento bastante eletronegativo como F, N e O

* Em geral essas forças são fracas, mas, uma vez que aumentam com a superfície de contato entre as moléculas, podem se tornar intensas.

FORÇAS INTERMOLECULARES

1. Interação Íon-Dipolo



Fonte: BARBOSA, 2004.

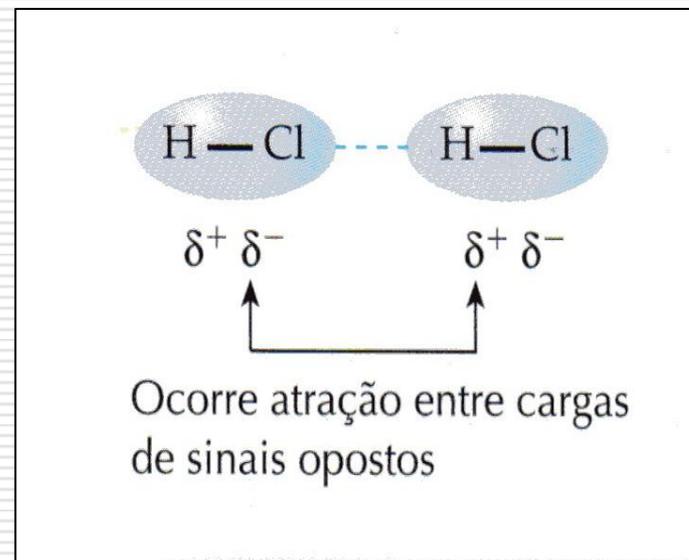
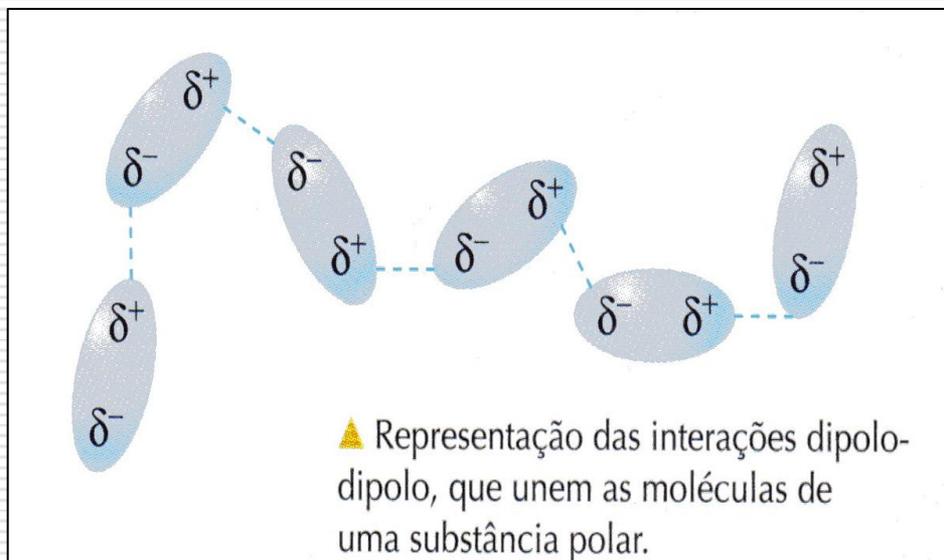
FORÇAS INTERMOLECULARES

2. Interações entre Moléculas com Dipolos Permanentes

- ✓ Ocorrem entre moléculas da mesma espécie ou diferentes.
- ✓ Influenciam a evaporação e o ponto de ebulição de um líquido.
- ✓ Afetam a solubilidade.

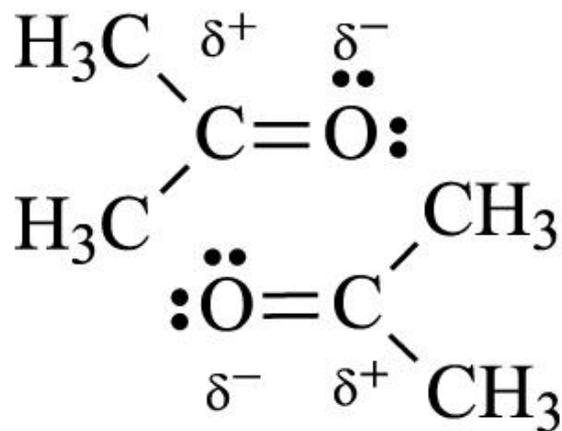
FORÇAS INTERMOLECULARES

2. Interações entre Moléculas com Dipolos Permanentes



FORÇAS INTERMOLECULARES

2. Interações entre Moléculas com Dipolos Permanentes

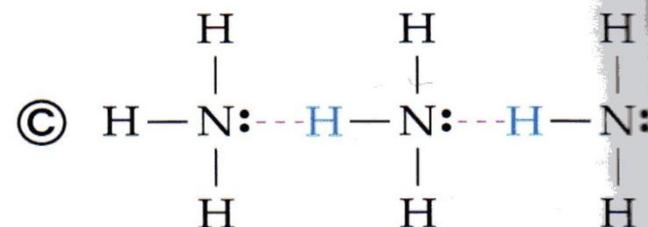
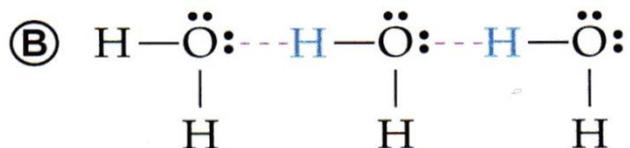
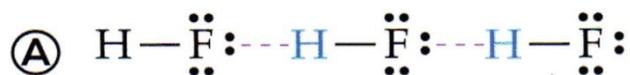


Fonte: BARBOSA, 2004.

FORÇAS INTERMOLECULARES

3. Ligações de Hidrogênio

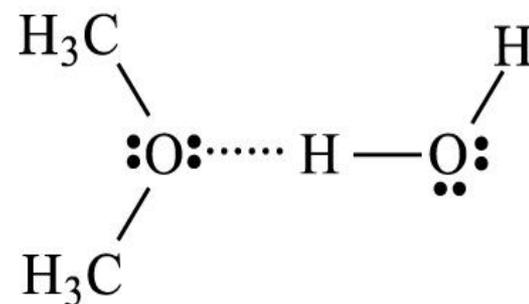
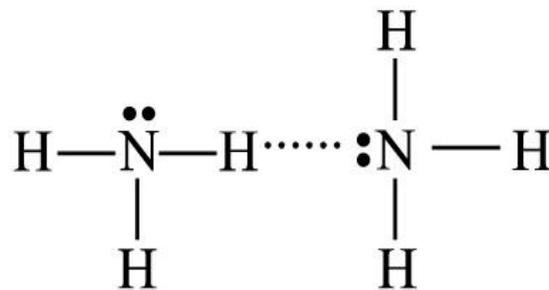
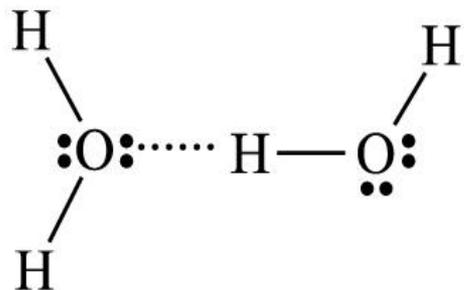
- ✓ Ocorrem tipicamente entre moléculas que apresentam átomo de H ligado a F, O ou N.



▲ Representação esquemática das ligações de hidrogênio no fluoreto de hidrogênio (Ⓐ), na água (Ⓑ) e na amônia (Ⓒ), líquidos ou sólidos.

FORÇAS INTERMOLECULARES

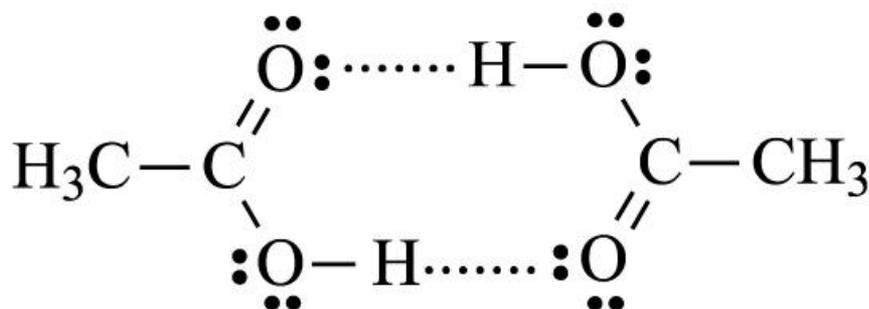
3. Ligações de Hidrogênio



Fonte: BARBOSA, 2004.

FORÇAS INTERMOLECULARES

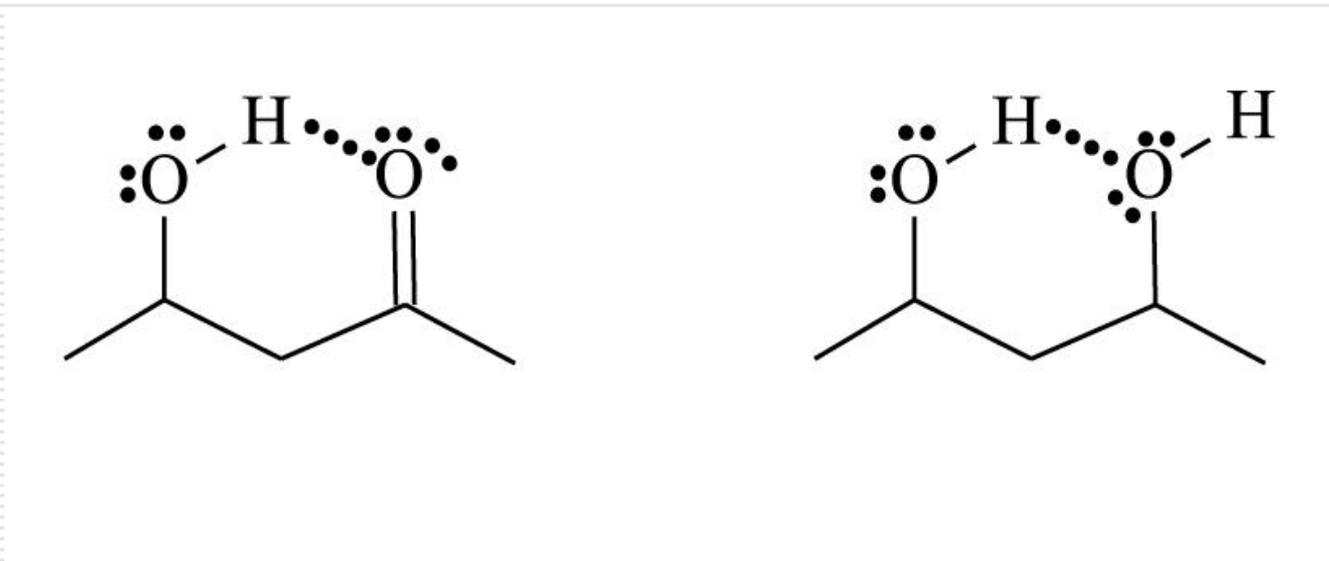
3. Ligações de Hidrogênio



Fonte: BARBOSA, 2004.

FORÇAS INTERMOLECULARES

3. Ligações de Hidrogênio



Fonte: BARBOSA, 2004.

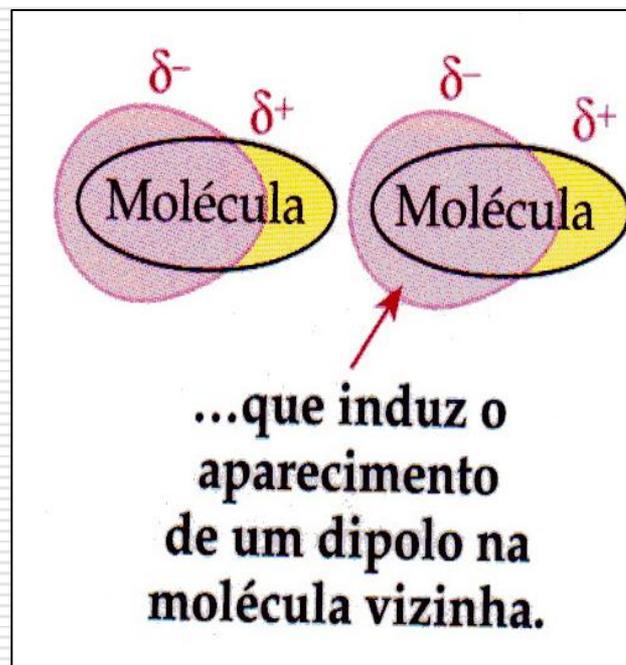
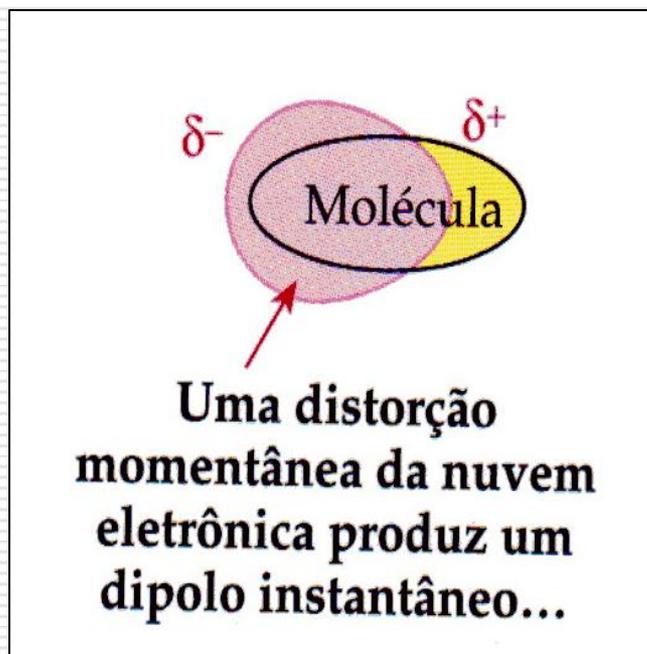
FORÇAS INTERMOLECULARES

4. Interações Dipolo Instantâneo-Dipolo Induzido (Forças de London)

- ✓ Ocorrem entre as moléculas das substâncias apolares.
- ✓ São decorrentes de distorções momentâneas das nuvens eletrônicas das moléculas.

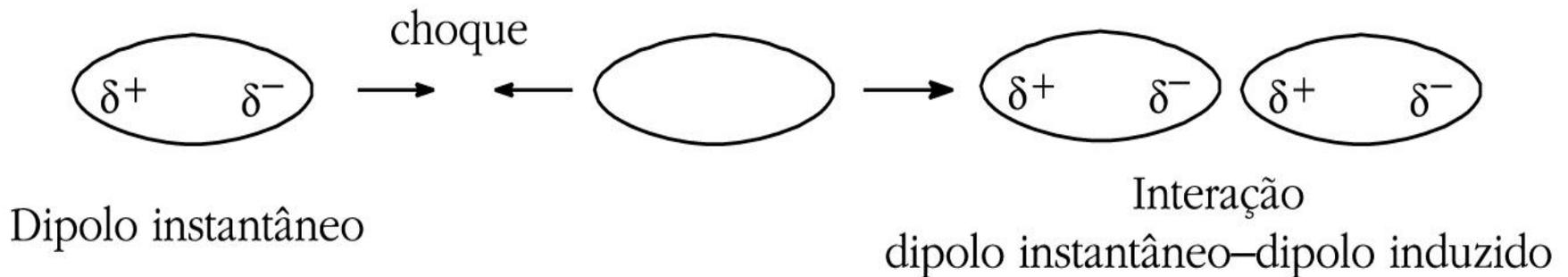
FORÇAS INTERMOLECULARES

4. Interações Dipolo Instantâneo-Dipolo Induzido



FORÇAS INTERMOLECULARES

4. Interações Dipolo Instantâneo-Dipolo Induzido



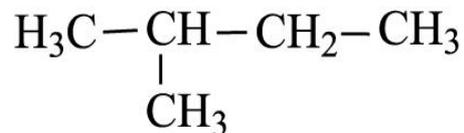
Fonte: BARBOSA, 2004.

FORÇAS INTERMOLECULARES

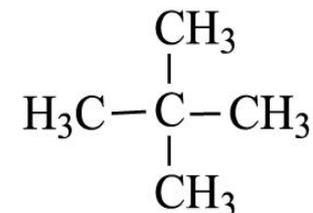
4. Interações Dipolo Instantâneo-Dipolo Induzido



Pentano
Te = 36 °C



2-metilbutano
Te = 28 °C

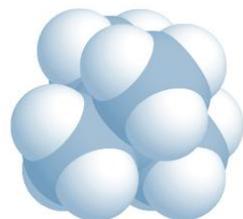
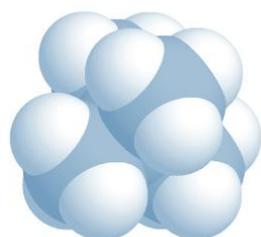


2,2-dimetilpropano
Te = 9,5 °C

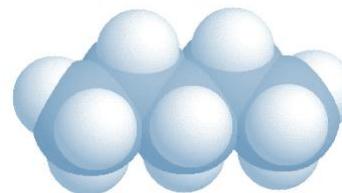
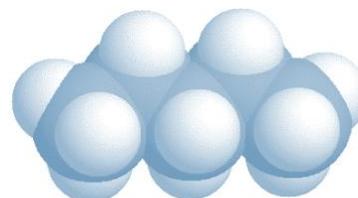
Fonte: BARBOSA, 2004.

FORÇAS INTERMOLECULARES

4. Interações Dipolo Instantâneo-Dipolo



2,2-dimetilpropano



Pentano

FIGURA 1.11

Modelos das estruturas do 2,2-dimetilpropano e do pentano, em que as esferas claras representam os átomos de hidrogênio e as escuras, os de carbono. Os raios das esferas são proporcionais aos raios atômicos.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ As temperaturas de fusão e ebulição dos compostos orgânicos normalmente se elevam com aumento da superfície de contato e em função da natureza das forças intermoleculares.
- ✓ No caso dos compostos com massas molares semelhantes, elas serão maiores quanto mais fortes forem as atrações entre as moléculas, ou seja, quanto mais polares elas forem.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ De modo geral, compostos e grupos que possuem apenas carbono, hidrogênio e halogênios, são pouco polares.
- ✓ Grupos como: **-OH**, **=NH**, **-NH₂**, **-COOH** e **-COO⁻**, quando presentes nas moléculas, conferem-lhes características polares.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

QUADRO 1.3

Temperaturas de ebulição de diferentes compostos com massas molares semelhantes

Composto	M/(g mol ⁻¹)	T _e /°C	Força intermolecular predominante
1. CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58	0	London
2. CH ₃ OCH ₂ CH ₃	60	8	Dipolo–dipolo
3. CH ₃ COCH ₃	58	54	Dipolo–dipolo
4. CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	60	98	Ligação de hidrogênio
5. CH ₃ CO ₂ H	60	118	Ligação de hidrogênio

- 1. Hidrocarboneto (alcano):** butano; **2. Éter:** éter etílico e metílico
3. Cetona: propanona; **4. Álcool:** propan-1-ol; **5. Ácido carboxílico:** ácido etanóico

Fonte: BARBOSA, 2004.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

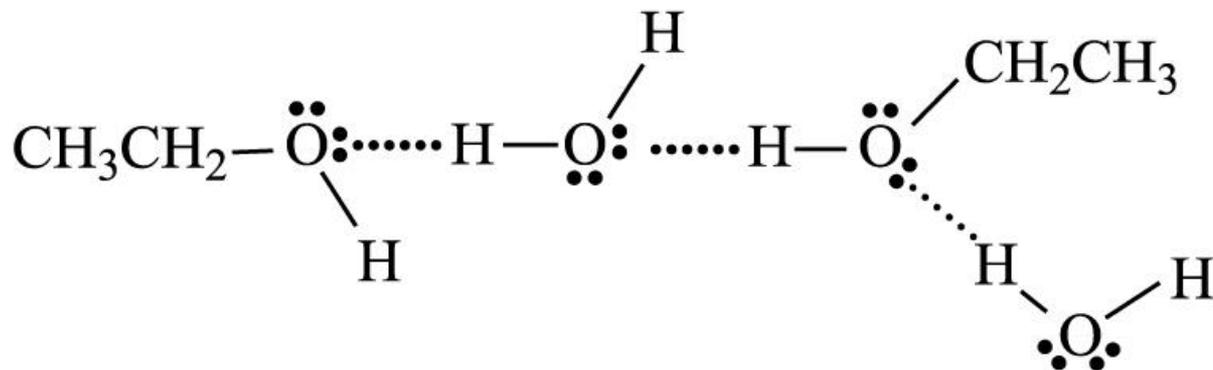
- ✓ Como regra prática geral, os compostos se dissolverão bem em solventes com polaridades semelhantes.
- ✓ Os compostos iônicos e os polares tendem a se dissolver bem em solventes polares e os compostos pouco polares tendem a se dissolver bem em solventes pouco polares.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ **Alcanos:** pouco polares. São totalmente insolúveis em água e solúveis em solventes pouco polares, como por exemplo, éter dietílico, clorofórmio, benzeno e tolueno.
- ✓ **Alcenos e alcinos,** também são pouco polares e em função disso insolúveis em água e solúveis em solventes pouco polares.

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ O *etanol* e a *água*, por exemplo, misturam-se em qualquer proporção, pois além de ambos serem polares, formam ligação de hidrogênio.

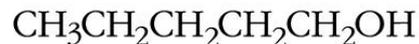
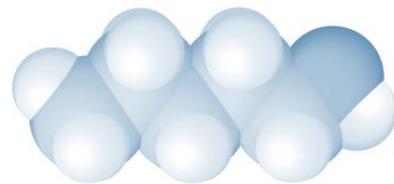
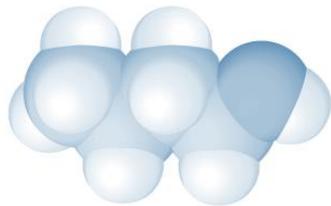


Representação das interações entre moléculas de água e etanol

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ A polaridade de uma molécula dependerá da geometria da mesma e do balanço entre a parte polar e a parte pouco polar (ou apolar).

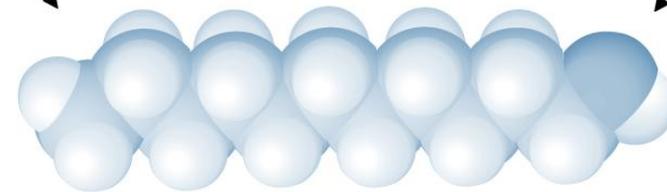
S = 7,9 g/100 mL de H₂O



Cadeia hidrofóbica

Grupo hidrofílico

Praticamente Insolúvel



S = 2,3 g/100 mL de H₂O

PROPRIEDADES FÍSICAS E FORÇAS INTERMOLECULARES

- ✓ A solubilidade do butan-1-ol é 7,9 g/100 mL de H₂O. Quando um novo grupo OH é acrescentado a essa molécula, forma-se o butano-1,4-diol, que é totalmente miscível em água.
- ✓ Esses dois álcoois possuem cadeia carbônica, que corresponde à parte pouco polar, do mesmo tamanho, mas um deles possui maior número de grupos OH (hidrofílico), o que o torna mais polar e, conseqüentemente, mais solúvel em água.

TAMANHO DA CADEIA CARBÔNICA E SOLUBILIDADE

TABELA 2: Solubilidade de alguns álcoois em água, a 25°C.

Álcool	Solubilidade em água (g/100g de H ₂ O)
CH ₃ OH	ilimitada
CH ₃ CH ₂ OH	ilimitada
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	ilimitada
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	8,0
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	2,2
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	0,6

Aumenta o tamanho da cadeia carbônica

Diminui a solubilidade em água

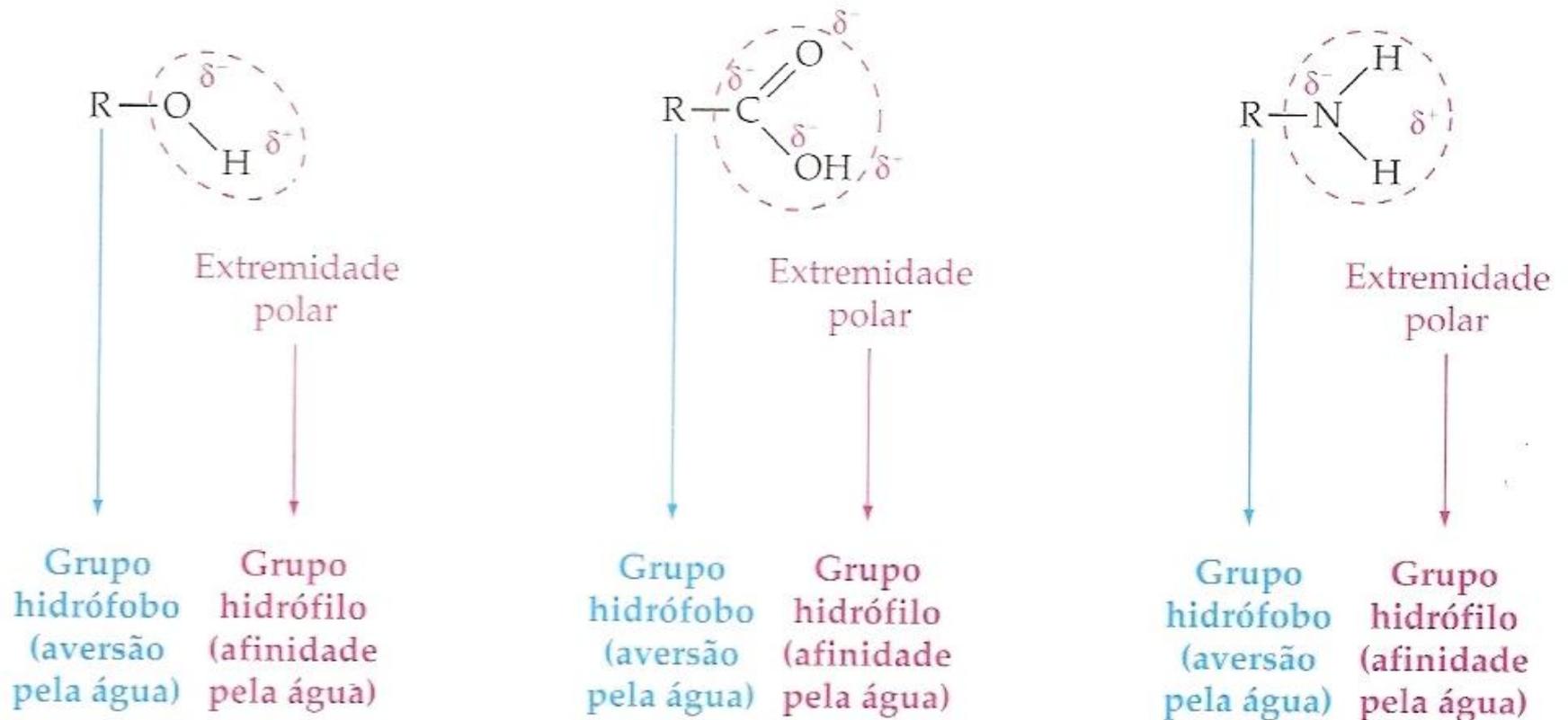
Fonte: PERUZZO, 2006 : p. 238.

TAMANHO DA CADEIA CARBÔNICA E SOLUBILIDADE

QUESTÃO PARA DEBATE:

QUAL A EXPLICAÇÃO (OU JUSTIFICATIVA) PARA A TENDÊNCIA OBSERVADA NA **TABELA 2**?

As partes apolares de uma molécula são denominadas **grupos hidrófobos**. Sua presença contribui para que o composto não se dissolva bem em água. As partes polares de uma molécula são chamadas de **grupos hidrófilos**. Quanto maior o número de grupos hidrófilos, maior será a tendência de a substância se solubilizar em água.



EFEITO DO TAMANHO DA MOLÉCULA SOBRE O PONTO DE EBULIÇÃO

TABELA 3: Comparação entre temperatura de ebulição de álcoois.

Substância	Massa molecular (u)	Tipo de força intermolecular	PE (°C)
metanol, CH ₃ OH	32	Ligação de hidrogênio	65
etanol, C ₂ H ₅ OH	46	Ligação de hidrogênio	78
propan-1-ol, C ₃ H ₇ OH	60	Ligação de hidrogênio	97
butan-1-ol, C ₄ H ₉ OH	74	Ligação de hidrogênio	118

Aumenta a massa molecular

Aumenta o PE

EFEITO DO TAMANHO DA MOLÉCULA SOBRE O PONTO DE EBULIÇÃO

TABELA 4: Comparação entre temperatura de ebulição de alcanos.

Substância	Massa molecular (u)	Tipo de força intermolecular	PE (°C)
pentano, C ₅ H ₁₂	72	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	36
hexano, C ₆ H ₁₄	86	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	69
heptano, C ₇ H ₁₆	100	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	98
octano, C ₈ H ₁₈	114	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	126

Aumenta a massa molecular

Aumenta o PE

EFEITO DO TAMANHO DA MOLÉCULA SOBRE O PONTO DE EBULIÇÃO

QUESTÃO PARA DEBATE:

QUAL A EXPLICAÇÃO (OU JUSTIFICATIVA) PARA A
TENDÊNCIA OBSERVADA NAS **TABELAS 3 E 4?**

EFEITO DO TIPO DE FORÇA INTERMOLECULAR

TABELA 5: Exemplo da influência do tipo de interação intermolecular sobre a temperatura de ebulição.

Substância	Massa molecular (u)	Tipo de força intermolecular	PE (°C)
propano, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	-42
éter dimetílico, CH_3OCH_3	46	Dipolo-dipolo	-25
etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46	Ligação de hidrogênio	78

EFEITO DO TIPO DE FORÇA INTERMOLECULAR

TABELA 6: Exemplo da influência do tipo de interação intermolecular sobre a temperatura de ebulição.

Substância	Massa molecular (u)	Tipo de força intermolecular	PE (°C)
butano, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	-1
trimetilamina, $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} - \text{N} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	59	Dipolo-dipolo	3
propilamina, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	59	Ligação de hidrogênio	47

EFEITO DO TIPO DE FORÇA INTERMOLECULAR

QUESTÃO PARA DEBATE:

QUAL A EXPLICAÇÃO (OU JUSTIFICATIVA) PARA A TENDÊNCIA OBSERVADA NAS **TABELAS 5 E 6**?

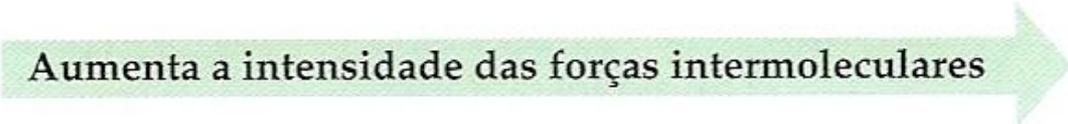
EFEITO DO TIPO DE FORÇA INTERMOLECULAR

Dipolo instantâneo-
dipolo induzido

Dipolo permanente-
dipolo permanente

Ligações de
hidrogênio

Aumenta a intensidade das forças intermoleculares



REFERÊNCIAS

BARBOSA, L. C. de. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo:Prentice Hall, 2004.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. do. **Química na Abordagem do Cotidiano**. 4. ed. São Paulo:Moderna, 2006. v. 3, Química Orgânica.