



# 20T2060

Tecnologia de Biopolímeros

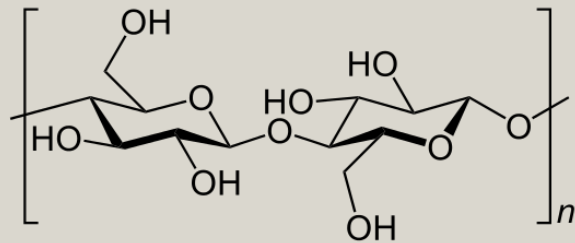
Profa. Talita M. Lacerda  
talitalacerda@usp.br

# Polímeros

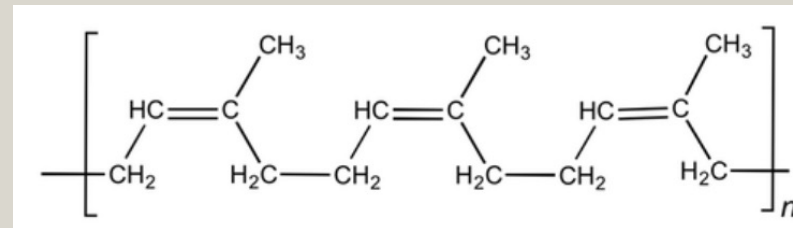
- **Século XIV – 1920:** total desconhecimento sobre a estrutura macromolecular dos polímeros



**celulose**

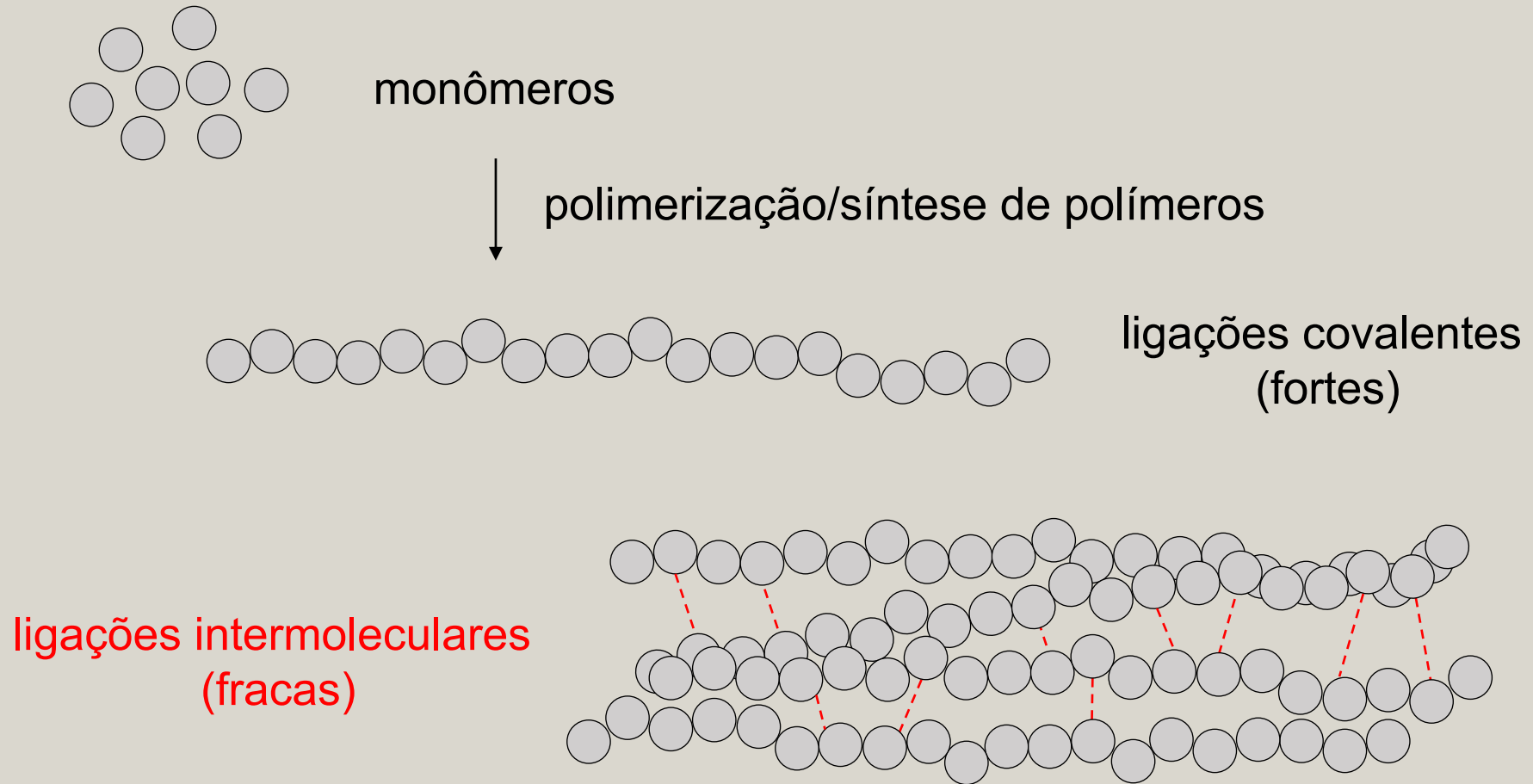


**borracha natural**



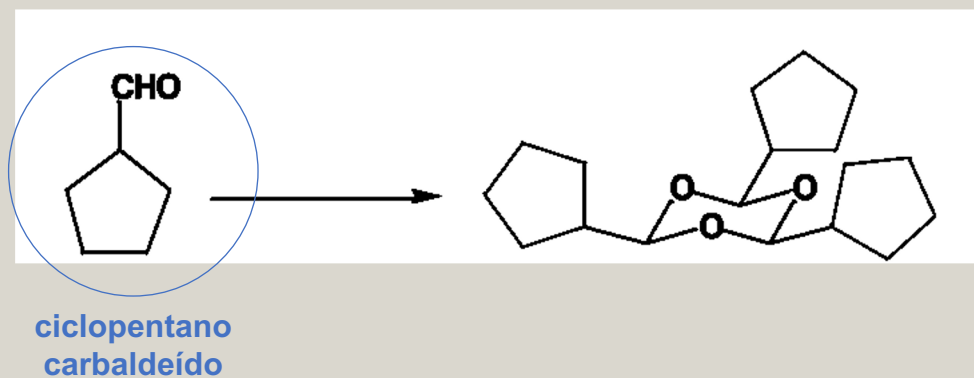
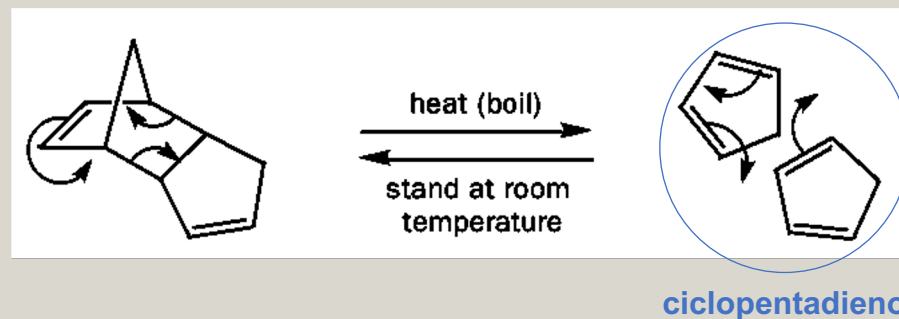
# Polímeros

---



# Monômeros, dímeros, oligômeros...

Algumas moléculas podem reagir entre si, gerando estruturas de maior massa molecular...

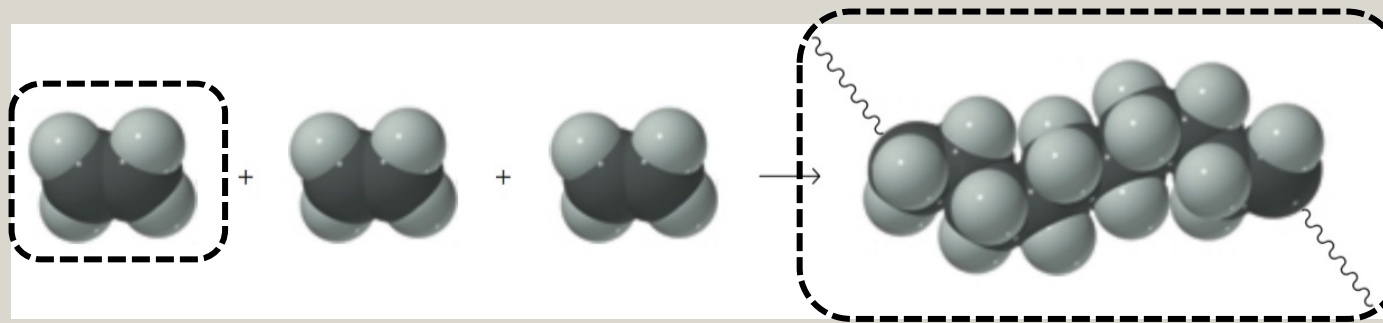


**Os reagentes são  
monômeros?  
E os produtos  
são polímeros?**



# O que faz com que uma molécula seja um monômero?

Número de pontos reativos de uma molécula ( $f$ ) = **funcionalidade**



molécula de baixa  
massa molecular

$f \geq 2$

polímero

# Reações de polimerização

---

**1929: Wallace Hume Carothers**



**POLÍMEROS DE  
ADIÇÃO**

**POLIMERIZAÇÃO EM  
CADEIA**

**CHAIN-GROWTH  
POLYMERIZATION**



★1896 - †1937

**POLÍMEROS DE  
CONDENSAÇÃO**

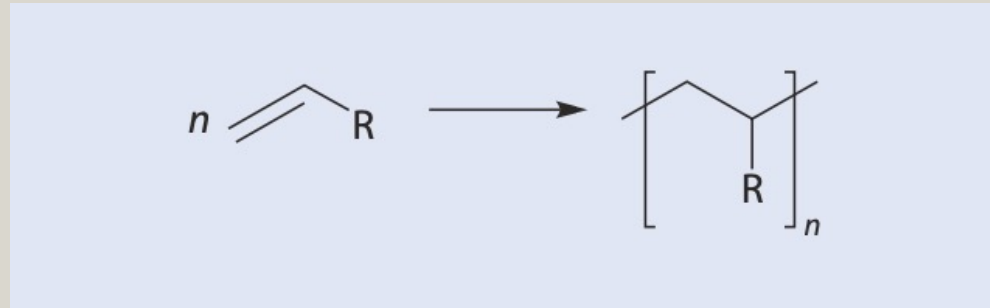
**POLIMERIZAÇÃO  
EM ETAPAS**

**STEP-GROWTH  
POLYMERIZATION**

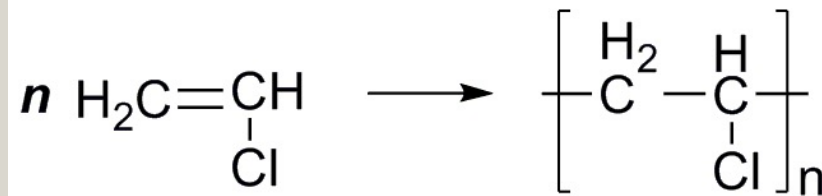
# Reações de polimerização

Como se dá o crescimento da cadeia?

*Polimerização em cadeia*



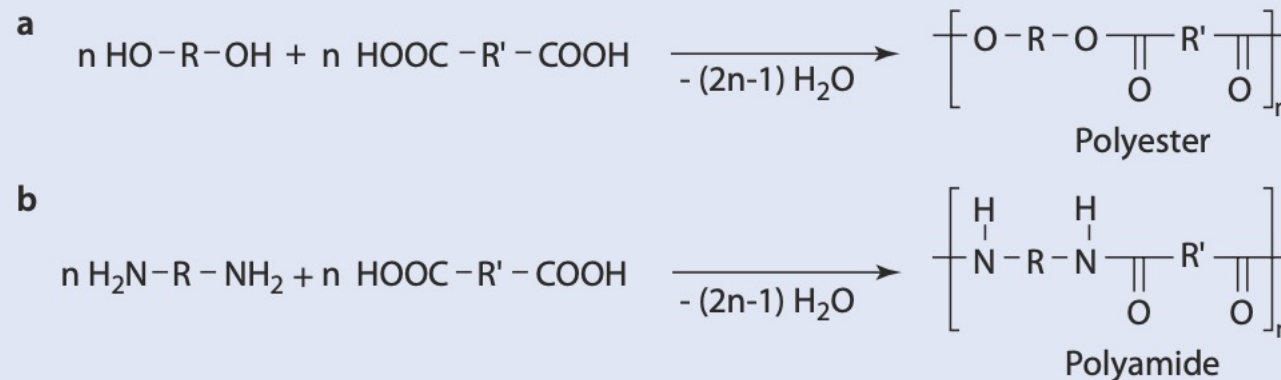
**Em geral:** polímeros de cadeia carbônica (PE, PP, PVC, PMMA...)



# Reações de polimerização

## Como se dá o crescimento da cadeia?

### *Polimerização em etapas*



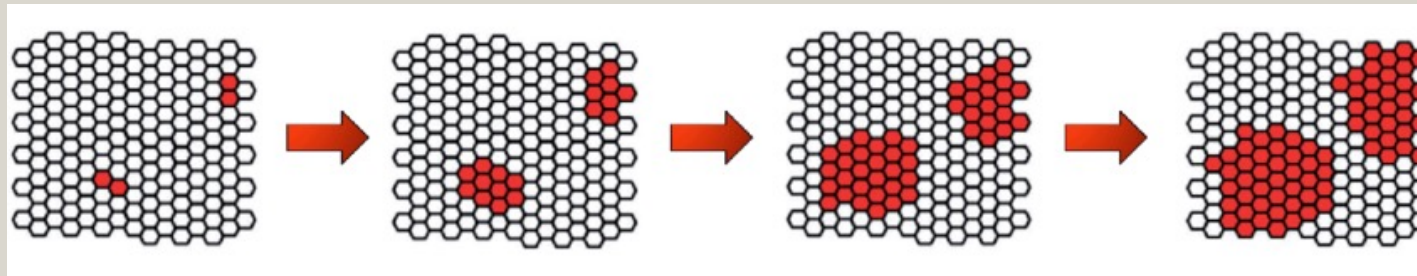
*Reação de dois grupos funcionais reativos com a eliminação de moléculas de baixo peso molecular ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ...)*



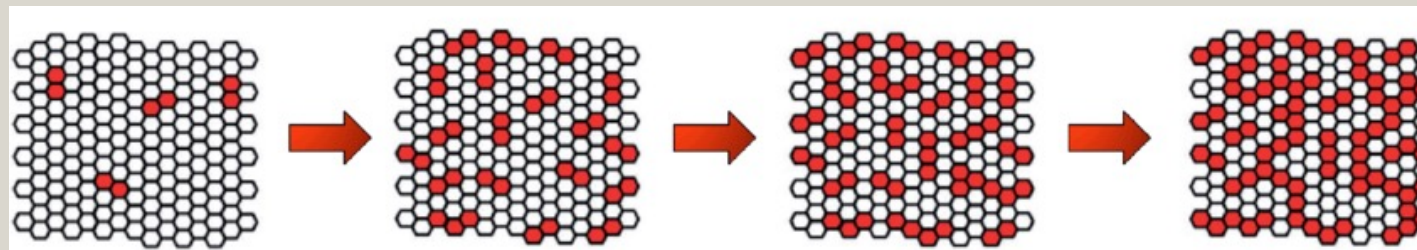
# Reações de polimerização

Como se dá o crescimento da cadeia?

*Polimerização em cadeia*

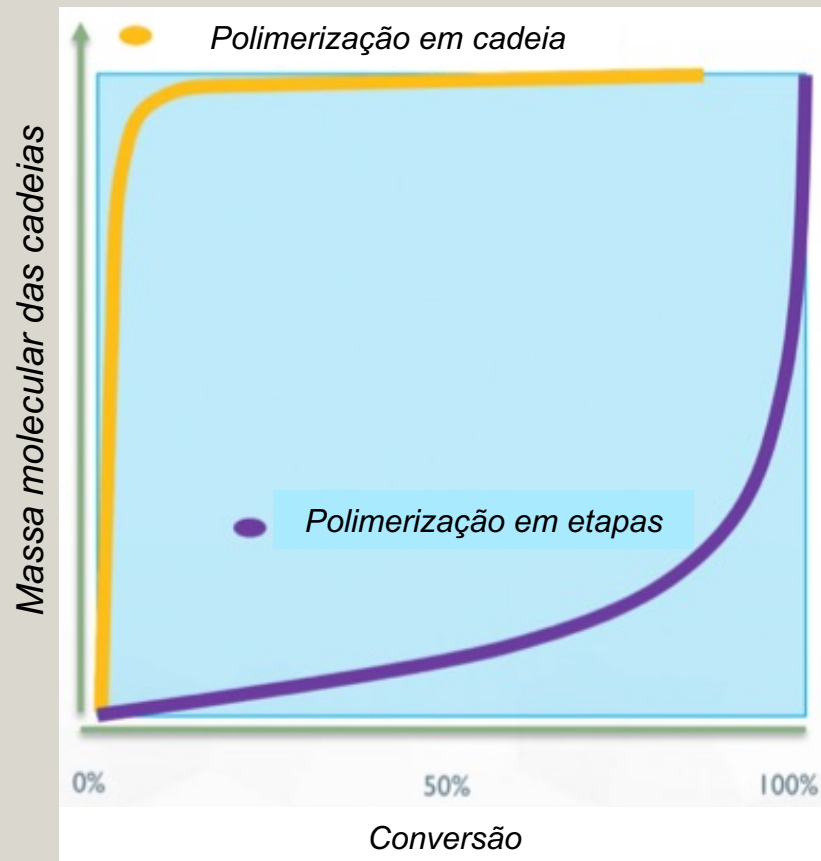


*Polimerização em etapas*



# Reações de polimerização

## Como se dá o crescimento da cadeia?



Diferenças consideráveis em relação à cinética de polimerização!

**É IMPOSSÍVEL ATRIBUIR UM ÚNICO VALOR DE MASSA MOLECULAR A UM DADO POLÍMERO!!!**

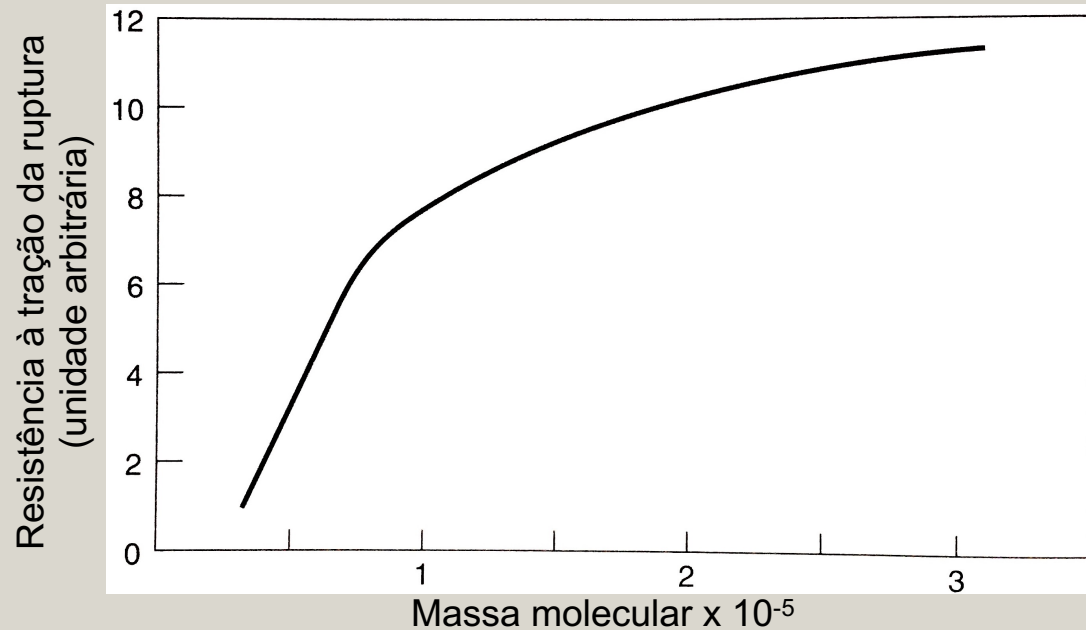
*reação de polimerização: o comprimento da cadeia formada é totalmente determinado por eventos aleatórios*

**RESULTADO: mistura de cadeias de diferentes tamanhos. SEMPRE!**

# Massa molecular média

*reação de polimerização: o comprimento da cadeia formada é totalmente determinado por eventos aleatórios*

**RESULTADO**: *mistura de cadeias de diferentes tamanhos. SEMPRE!*



**POLÍMEROS NÃO SÃO  
PRODUTOS HOMOGÊNEOS**

**AUSÊNCIA DE  
UNIFORMIDADE  
MOLECULAR**

**CADEIAS COM DIFERENTES  
MASSAS MOLECULARES**

# Forças moleculares primárias

Os átomos de uma molécula estão conectados entre si por **ligações primárias fortes**

Covalente

Metálica

Coordenada

Iônica ou eletrovalente

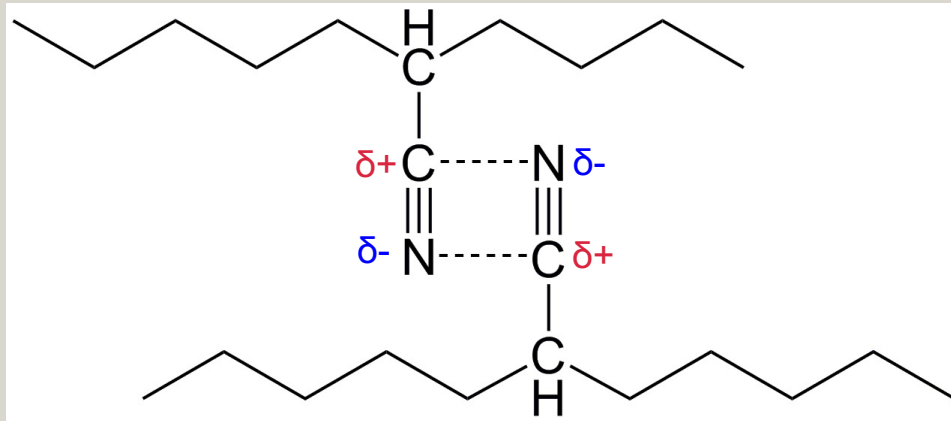
**Compartilhamento de dois elétrons entre átomos**

Ligação	Energia de ligação	Exemplo	Ligação	Energia de ligação	Exemplo
C≡N	213 kJ.mol <sup>-1</sup>	Poliacrilonitrila	Si-O	88 kJ.mol <sup>-1</sup>	Silicones
C≡C	194 kJ.mol <sup>-1</sup>		C-O	84 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polié(s)ter
C=O	171 kJ.mol <sup>-1</sup>	Poliéster	C-C	83 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polietileno
C=N	147 kJ.mol <sup>-1</sup>		S-H	81 kJ.mol <sup>-1</sup>	
C=C	147 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polidienos	C-Cl	79 kJ.mol <sup>-1</sup>	PVC
C-F	120 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polifluorados	C-N	70 kJ.mol <sup>-1</sup>	Poliamidas
C=S	114 kJ.mol <sup>-1</sup>		C-Si	69 kJ.mol <sup>-1</sup>	Silicones
O-H	111 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polióis	C-S	62 kJ.mol <sup>-1</sup>	Vulcanização
C-H	99 kJ.mol <sup>-1</sup>	Polietileno	S-S	51 kJ.mol <sup>-1</sup>	Ponte de S
N-H	93 kJ.mol <sup>-1</sup>	Poliamidas	O-O	33 kJ.mol <sup>-1</sup>	Peróxidos

# Forças moleculares secundárias

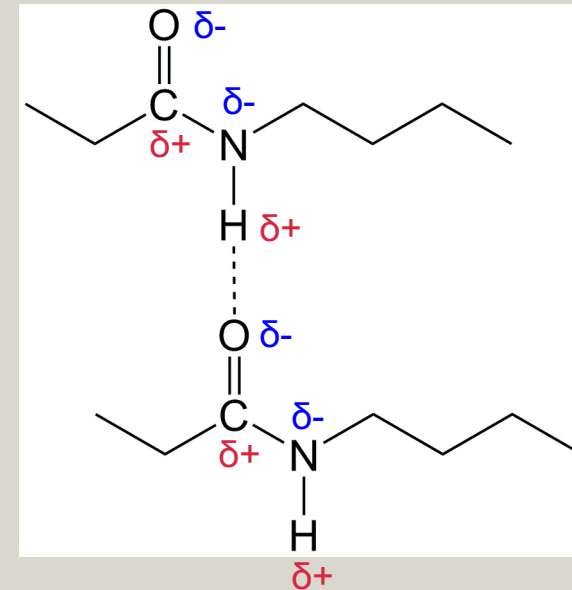
**Ligações intermoleculares** são forças entre segmentos de cadeias poliméricas que **umentam** com a presença de **grupos polares** e **diminuem** com o aumento da **distância** entre moléculas

Forças de Van der Waals



*poliacrilonitrila*

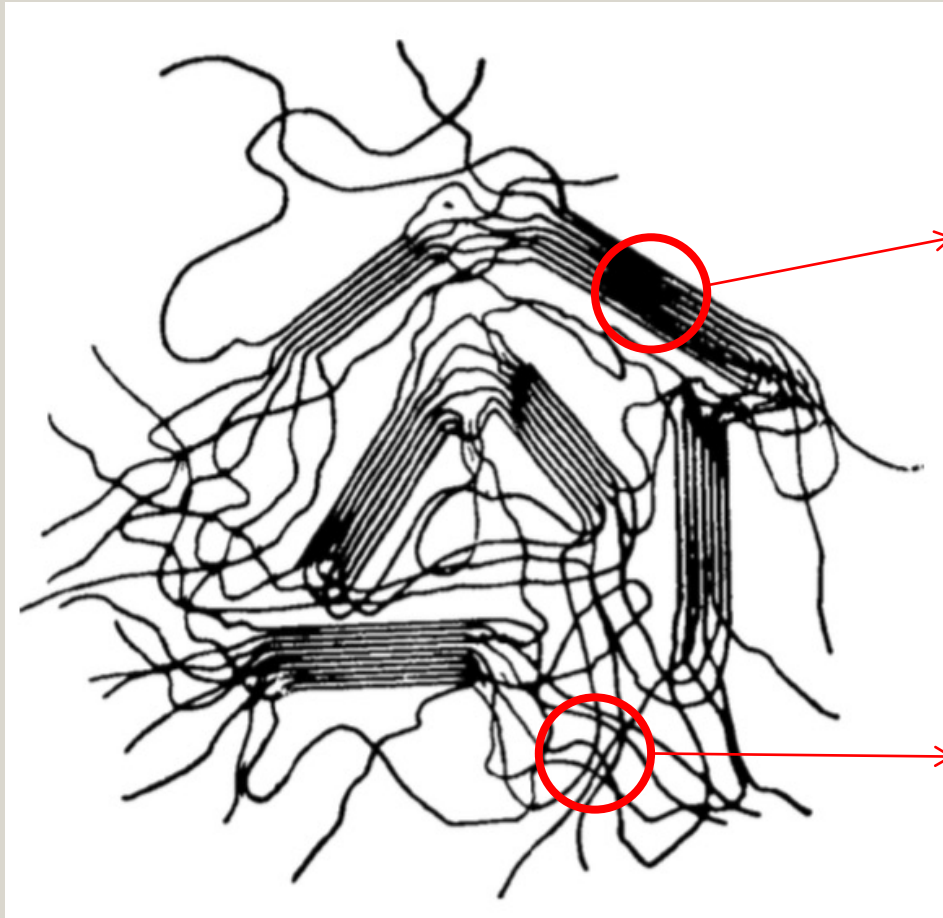
Ligações de Hidrogênio



*poliamidas*

# Forças moleculares secundárias

Possibilitam a formação de **regiões cristalinas** entre cadeias poliméricas



Alto grau de interações intermoleculares  
**REGIÕES CRISTALINAS**

Interações intermoleculares minimizadas  
**REGIÕES NÃO-CRISTALINAS**  
(amorfas)