

---

# **ATIVIDADE DE ÁGUA EM ALIMENTOS**

---

# ÁGUA NOS ALIMENTOS

---

## Água livre

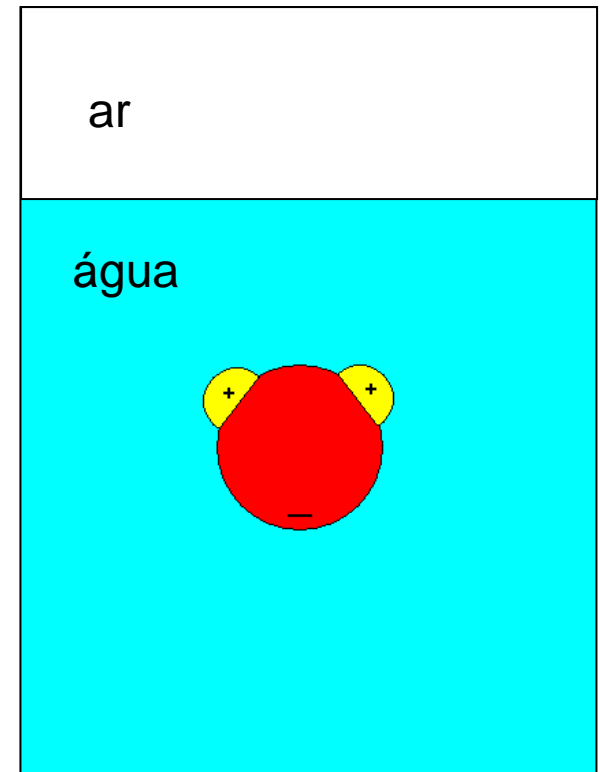
Fracamente ligada ao substrato, permitindo o crescimento dos microorganismos e a realização de reações químicas. É perdida facilmente (evaporação)

## Água ligada

Fortemente ligada ao substrato, mais difícil de ser eliminada e não pode ser utilizada para o desenvolvimento de microorganismos e realização de reações químicas

# PROPRIEDADES DAS MOLÉCULAS DE ÁGUA

- ✖ Moléculas tem energia
- ✖ Moléculas se movem
- ✖ Quanto maior a mobilidade,  
maior o teor de água livre



# INTERFERENTES DA MOBILIDADE DAS MOLÉCULAS DE ÁGUA

---

- × **Físicos**

- + Temperatura

- + Pressão

- × **Químicos**

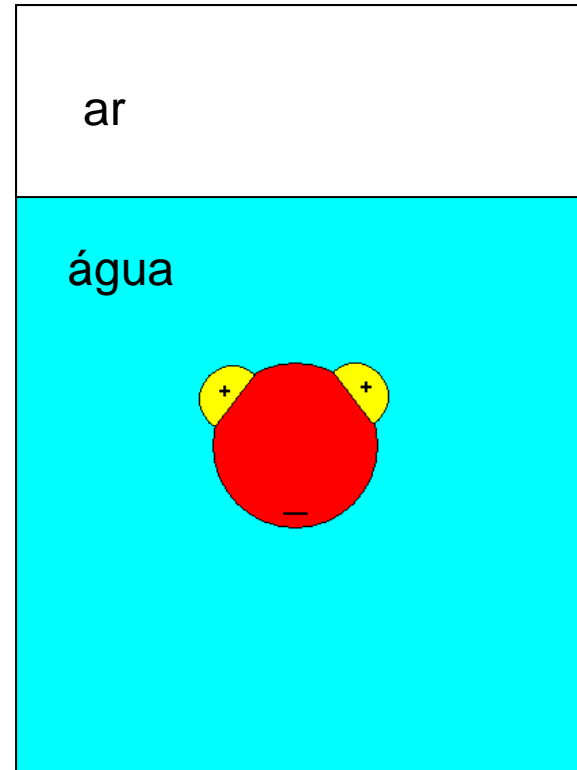
- + Solutos

- + Sólidos hidrofílicos

- × Combinação de fatores para gerar energia suficiente para o trabalho das moléculas de água

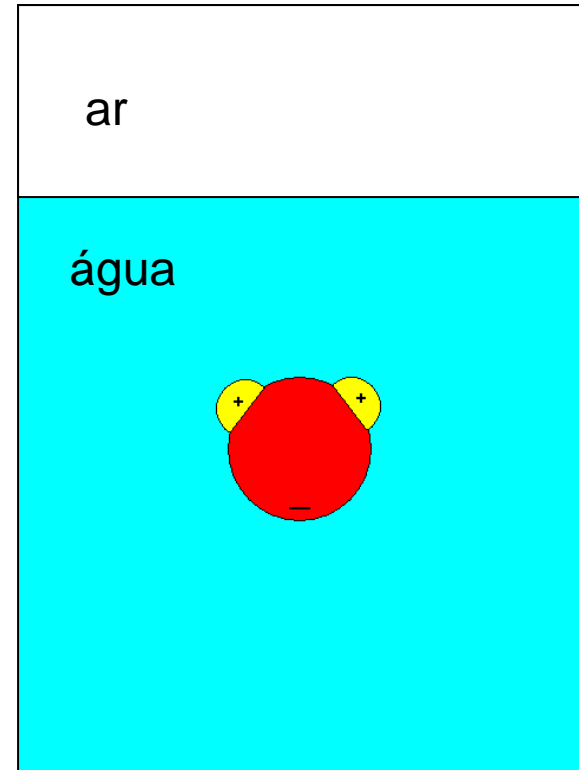
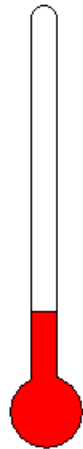
# ZERO ABSOLUTO

---



**Sem movimento  
molecular**

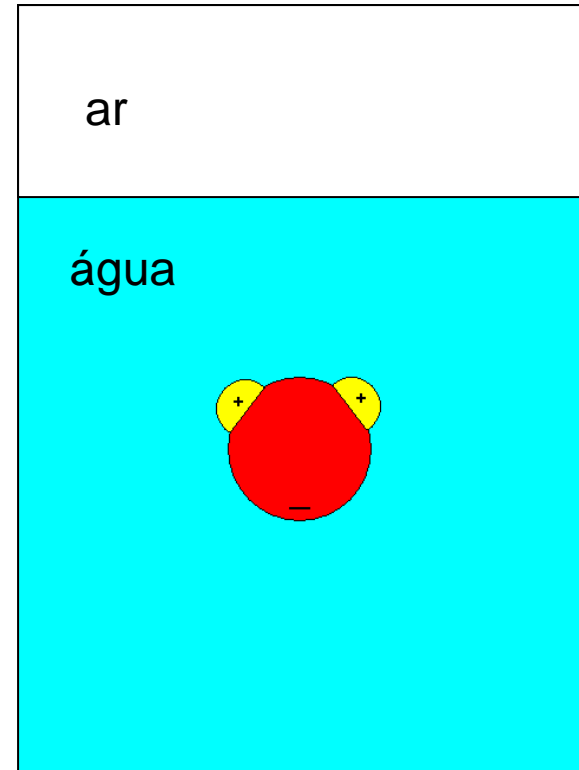
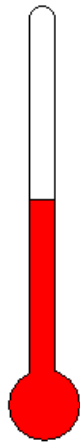
# BAIXAS TEMPERATURAS



**Movimentos  
moleculares lentos**

# TEMPERATURA MÉDIA

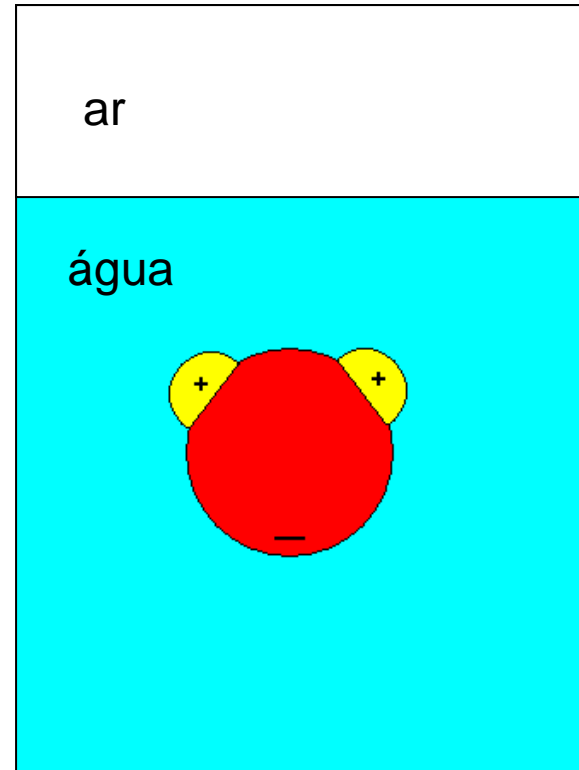
---



**Movimentos  
moleculares de média  
velocidade**

# ALTAS TEMPERATURAS

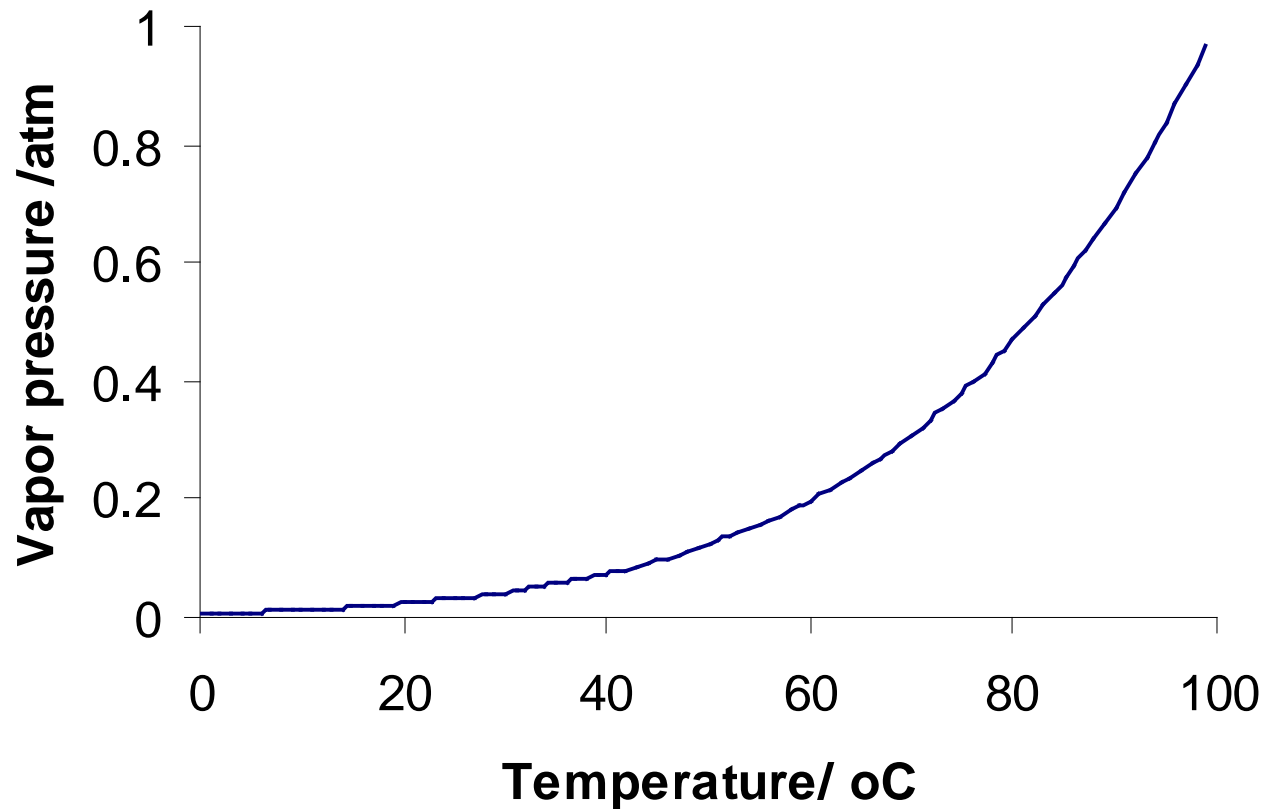
---



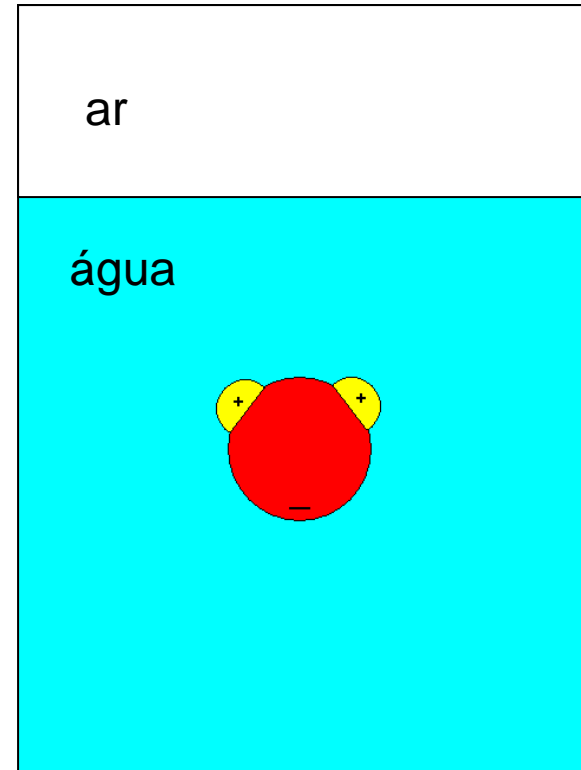
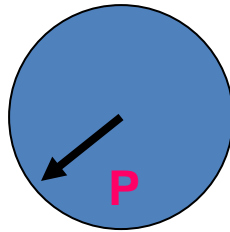
**Movimentos  
moleculares rápidos**



# PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA

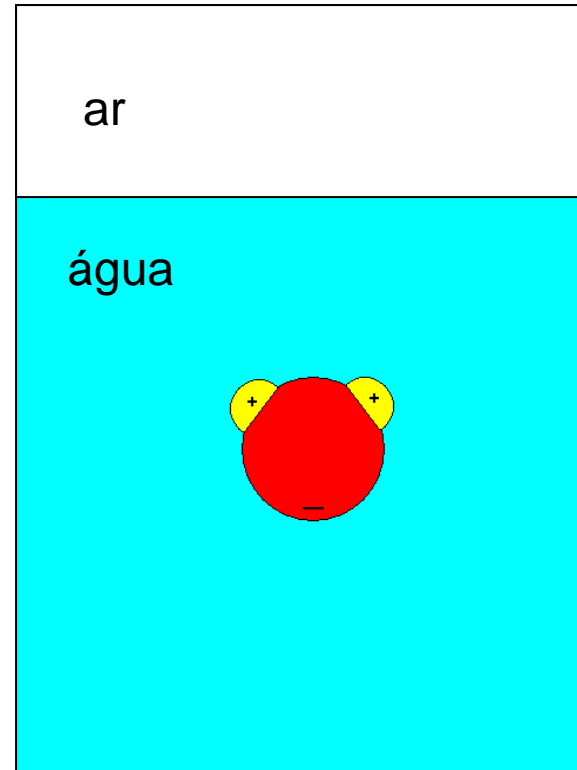
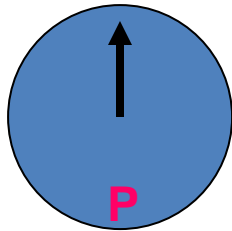


# BAIXA PRESSÃO



**Movimentos  
moleculares lentos**

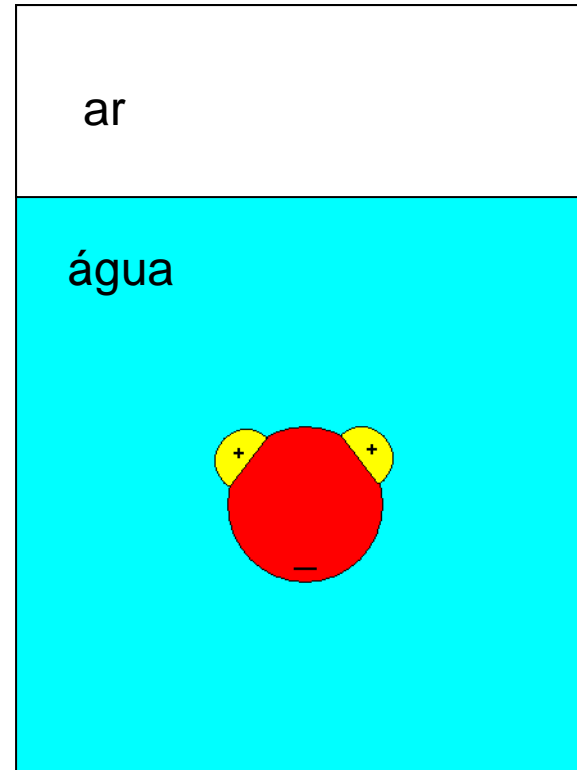
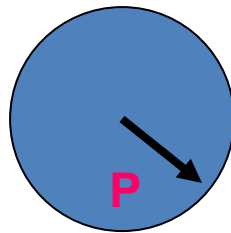
# PRESSÕES MÉDIAS



**Movimentos  
moleculares de média  
velocidade**

# ALTA PRESSÃO

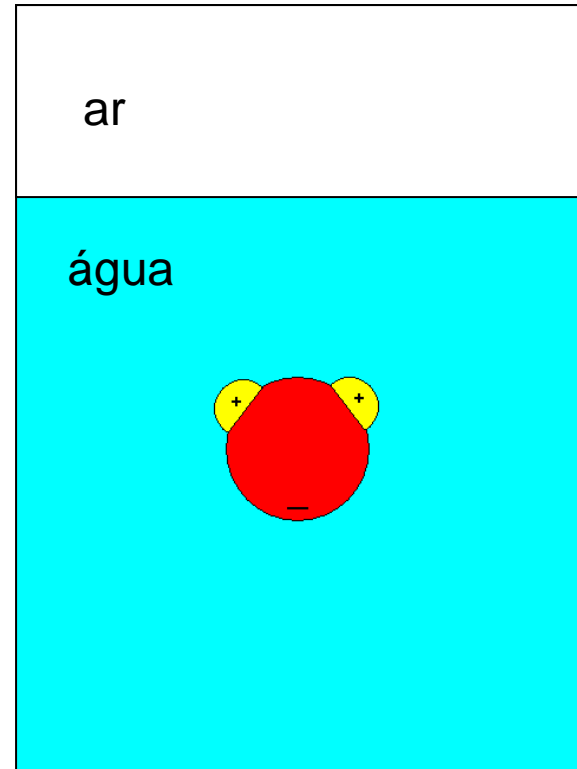
---



**Movimentos  
moleculares rápidos**

# SEM SOLUTOS

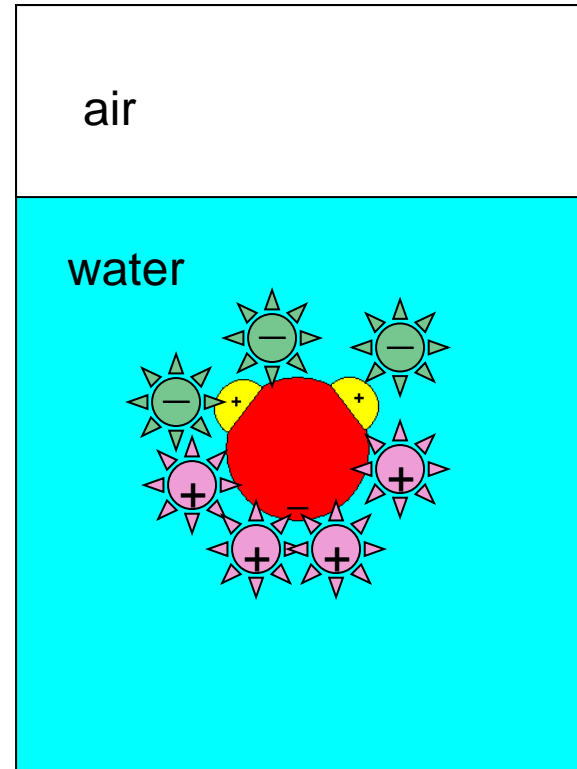
**Molécula de água  
não ligada a solutos**



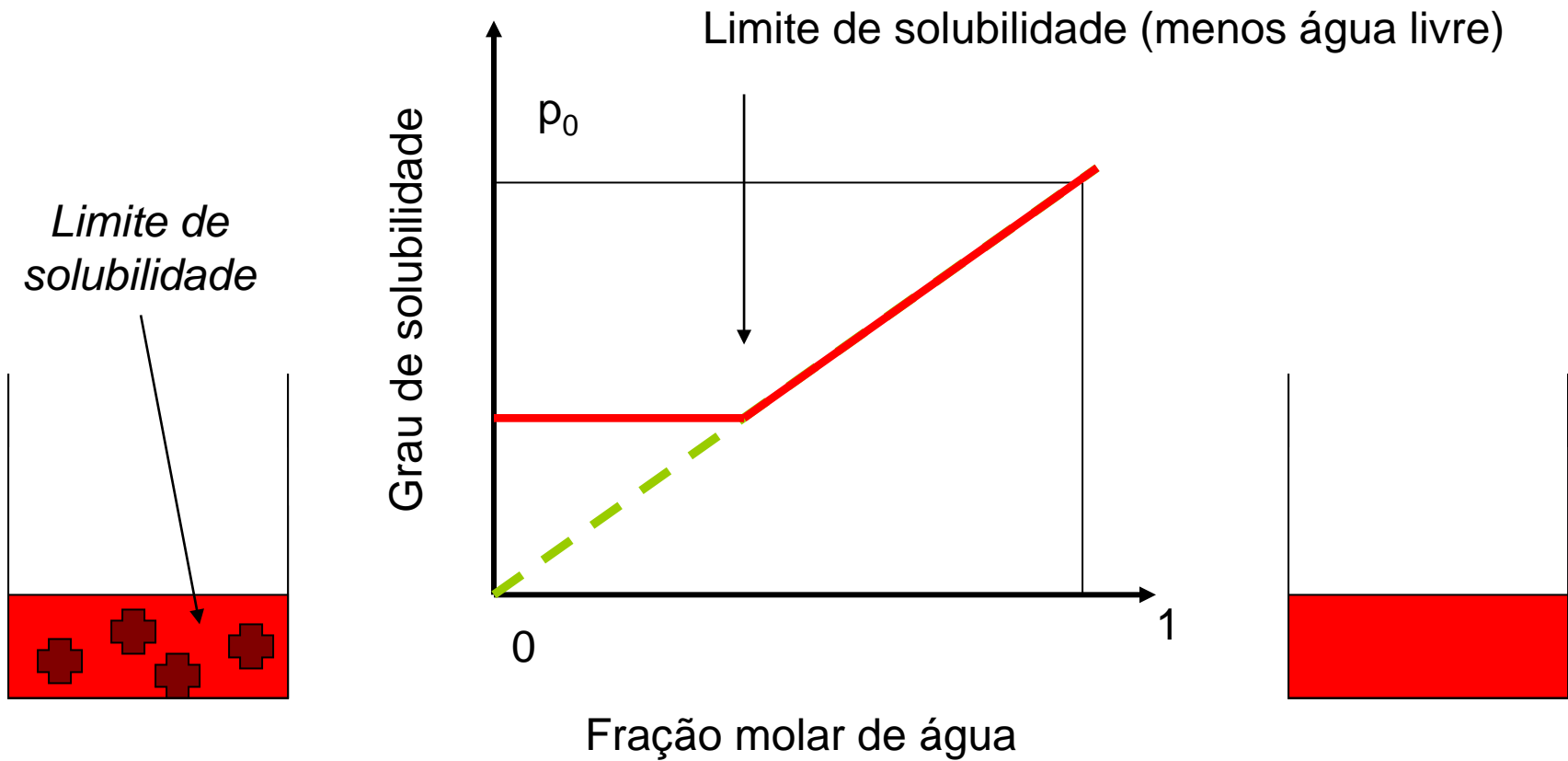
# ADIÇÃO DE SOLUTOS

**Movimentos mais lentos**

**Moléculas de água  
parcialmente ligadas a  
solutos**



# SOLUÇÕES SATURADAS



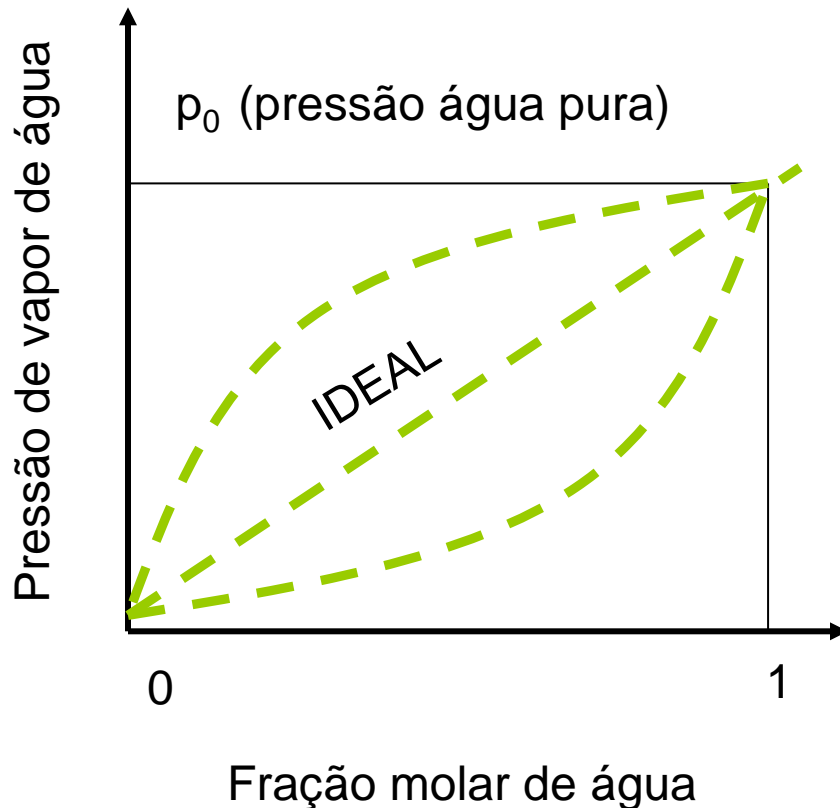
# SOLUÇÕES SATURADAS

---

- ✖ Ao adicionar um soluto ao líquido a evaporação para a fase gasosa diminui = diminui a pressão de vapor.
- ✖ A pressão de vapor será menor do que a pressão da água pura
- ✖ Diferentes soluções saturadas terão diferentes pressões parciais de água



# PRESSÃO DE VAPOR SOBRE A SOLUÇÃO



- ✖ A pressão parcial de água sobre a solução é reduzida pela presença de soluto
- ✖ Pressão de vapor depende da concentração de soluto bem como da temperatura

# ATIVIDADE DE ÁGUA ( $A_w$ )

---

- + Indica a intensidade das forças que unem a água com outros componentes não-aquosos
- + Água disponível para o crescimento de microorganismos e para que se possam realizar diferentes reações químicas e bioquímicas.
- + Água sem solutos (pura)  $\rightarrow A_w \text{ padrão} = 1$
- + Água com solutos  $\rightarrow A_w < 1$

# MUDANÇAS NA $A_w$

---

## × Aumento

+ ↑ temperatura

+ ↑ pressão

## × Diminuição

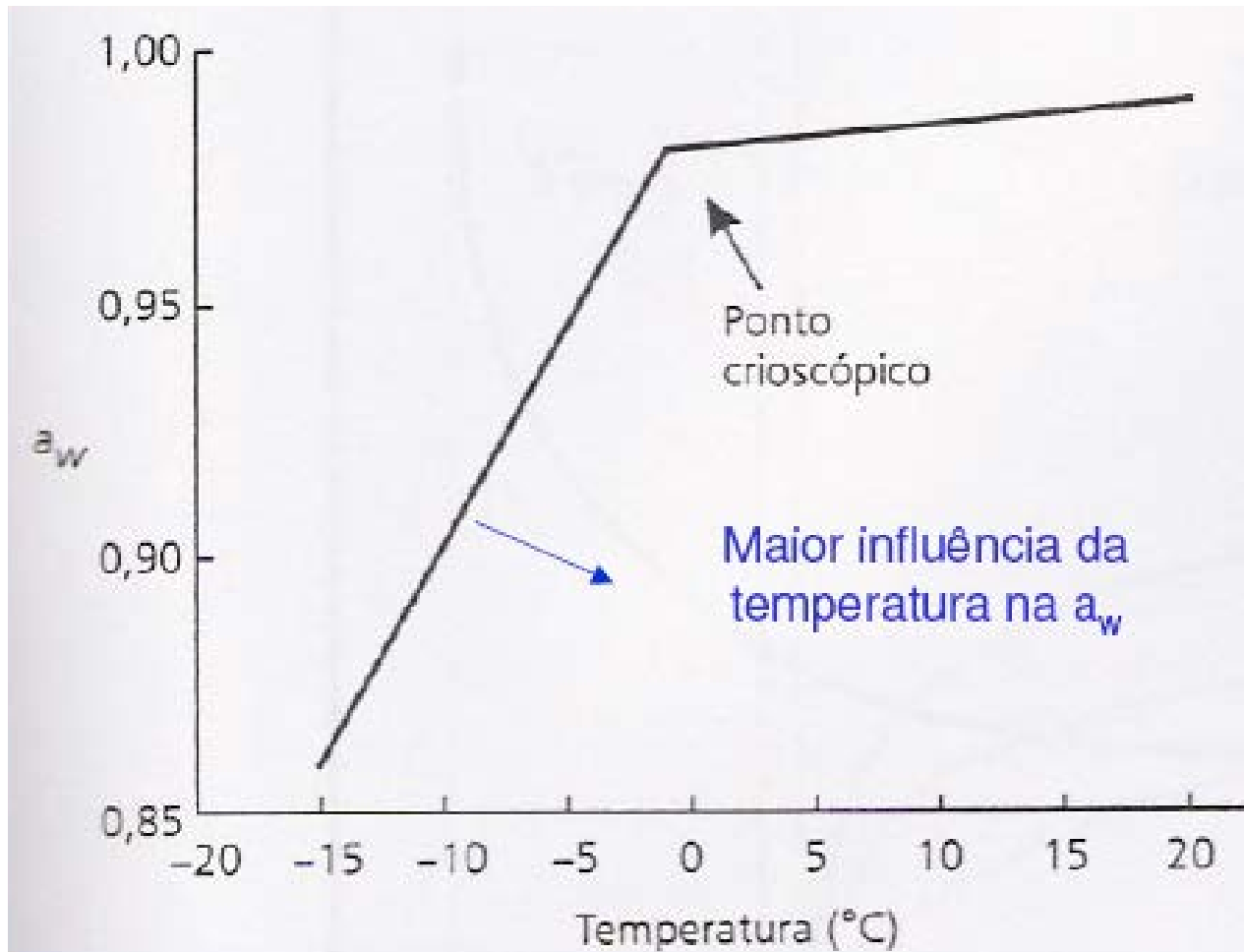
+ ↓ temperatura

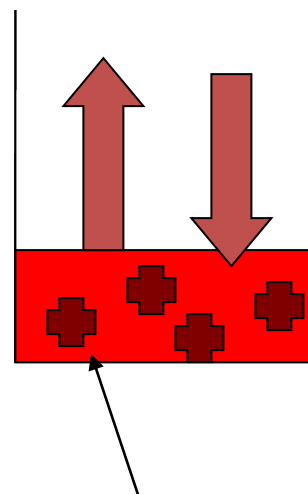
+ ↓ pressão

+ Adição de solutos

# $A_w$ E TEMPERATURA

À medida que aumenta a temperatura o mesmo ocorre com  $a_w$ , porque cresce a pressão de vapor.





**Grande concentração  
de solutos não  
dissolvidos → menor  
 $A_w$**

# Aw DE ALIMENTOS

---

- ✖ Aw da solução comparada à  $A_w$  de uma solução padrão (água pura)
- ✖ Aw de alimentos não pode ser maior que a Aw padrão, pois a adição de solutos diminui a Aw
  - +  $A_w$  de alimentos  $< 1$

# $A_w$ DE ALIMENTOS

---

- × Alimentos com o mesmo conteúdo de água apresentam diferentes graus de perecibilidade
  - + Perecibilidade depende da intensidade com que a água se associa com compostos não aquosos → água fortemente ligada é menos propensa para reações químicas

# ATIVIDADE DE ÁGUA

---

$$A_w \approx p/p_o$$

Onde:

$p$  = pressão parcial de água sobre a solução

$p_o$  = pressão parcial sobre a água pura

**De acordo com a Lei de Raoult**

$$p/p_o = n_2/(n_1+n_2)$$

Onde:

$n_1$  = mols de soluto

$n_2$  = mols de solvente



# ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

---

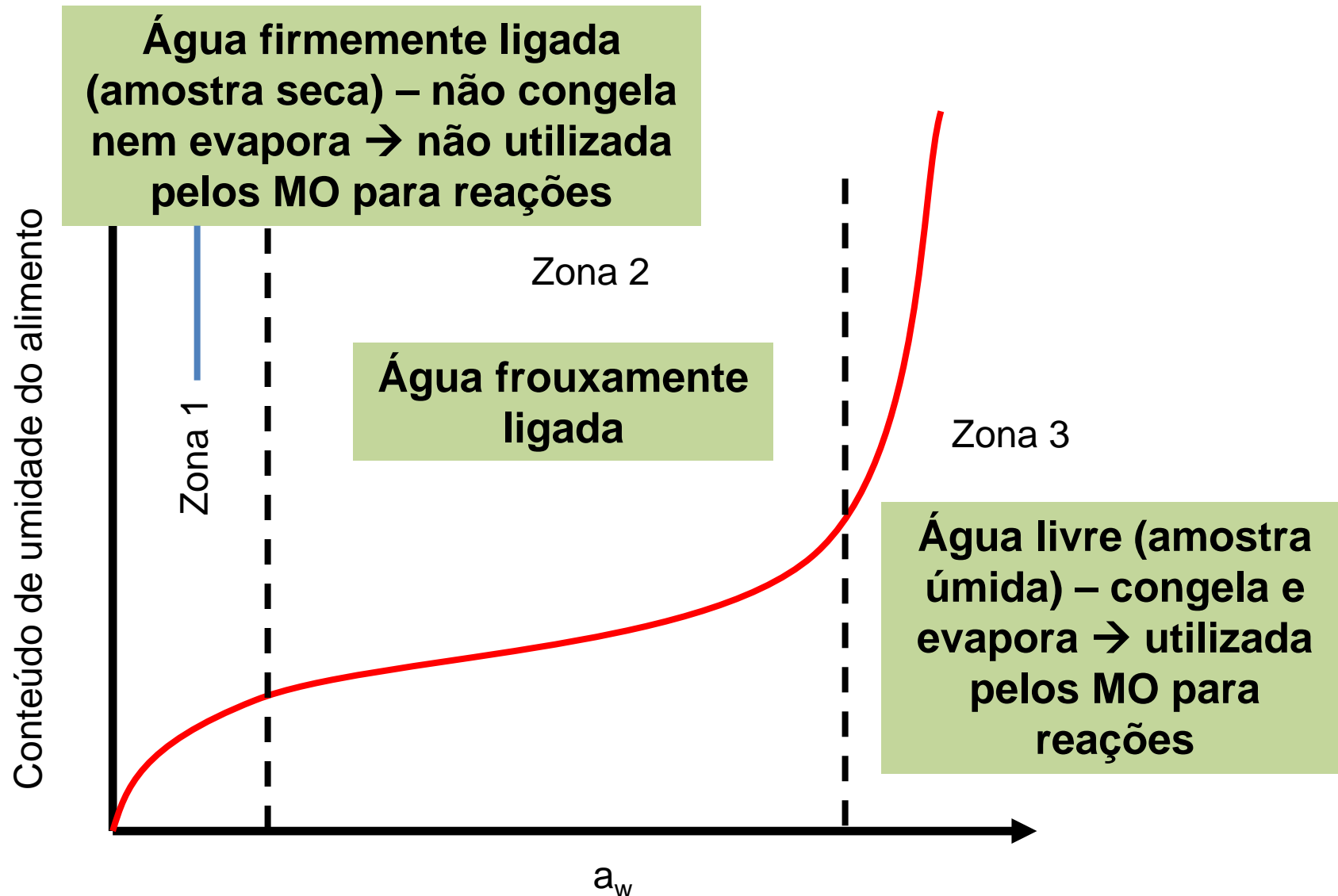
- ✘ Gráficos que relacionam a  $A_w$  de um alimento com a umidade relativa da atmosfera que circunda o alimento ou com a quantidade de água do alimento
- ✘ A maioria das isotermas apresenta forma sigmóide, com pequenas variações conforme a estrutura física, a composição química, a temperatura e a capacidade de retenção de água do alimento.

# ISOTERMAS DE SORÇÃO DE UMIDADE

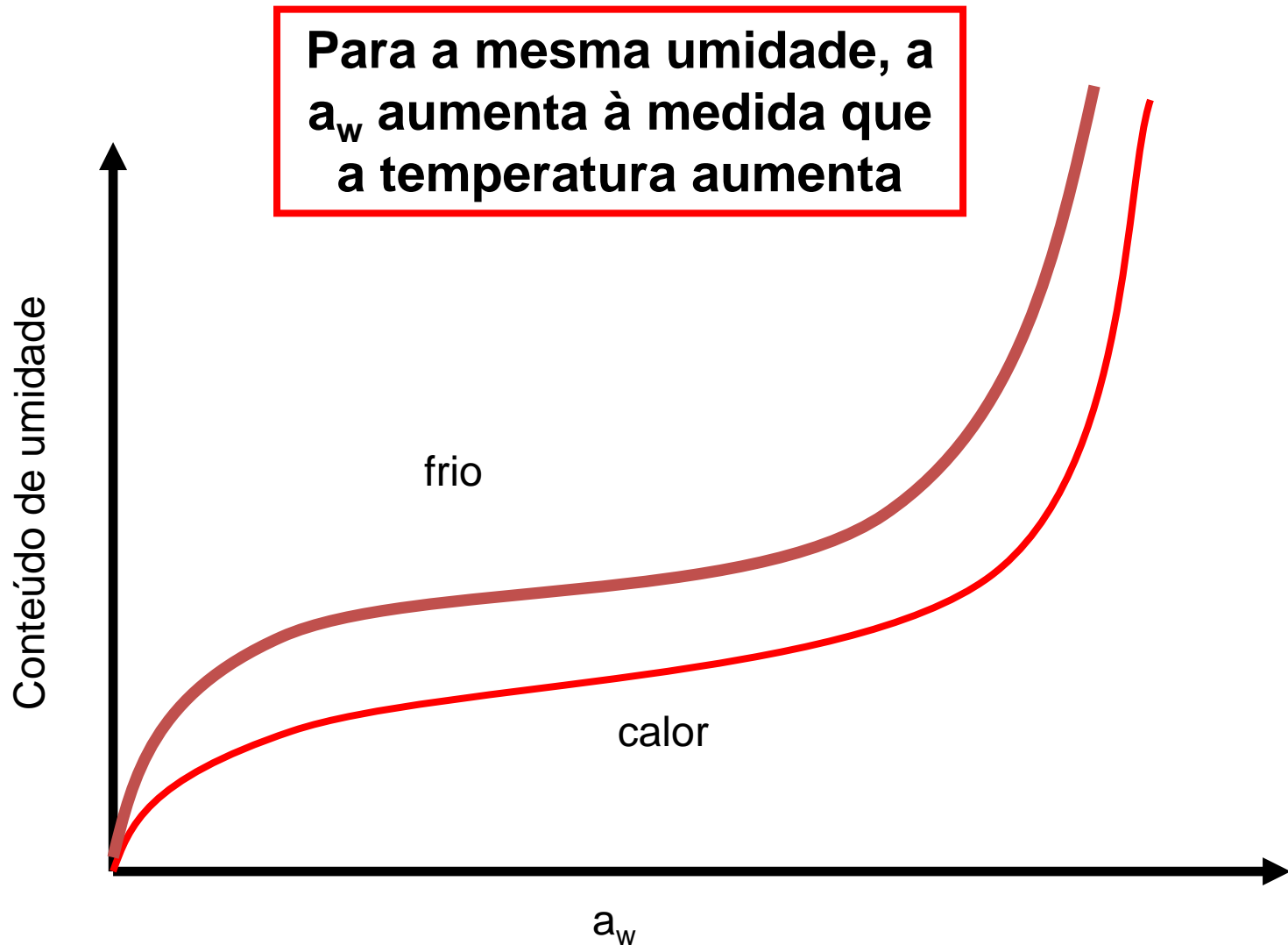
---

- ✘ À medida que a umidade aumenta, o alimento absorve a água do ambiente e aumenta progressivamente sua  $a_w$
- ✘ Inicialmente, a água absorvida vai se ligando às moléculas do soluto, até que, em condições de muito alta umidade, forma-se uma camada de água livre
- ✘ Chega a um ponto em que a umidade é tão alta, que o alimento está saturado de água e não aumenta mais sua  $a_w$
- ✘  $A_w$  e a umidade relativa do ar tendem a se equilibrar

# ISOTERMA DE SORÇÃO DE UMIDADE



# DEPENDÊNCIA DA TEMPERATURA



# SORÇÃO E DESSORÇÃO

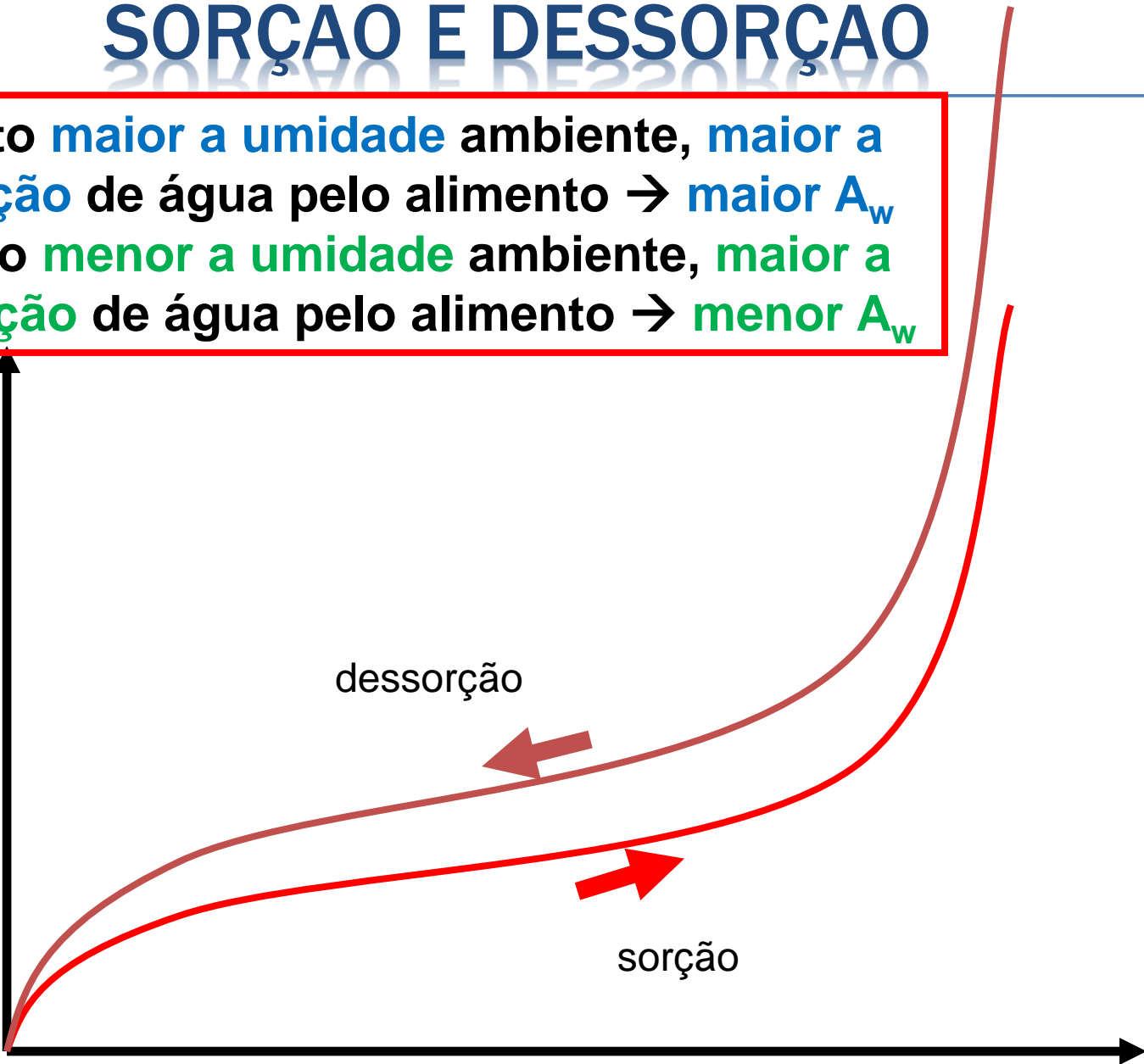
- Quanto **maior a umidade** ambiente, **maior a absorção** de água pelo alimento → **maior  $A_w$**
- Quanto **menor a umidade** ambiente, **maior a dessorção** de água pelo alimento → **menor  $A_w$**

Umidade atmosférica

dessorção

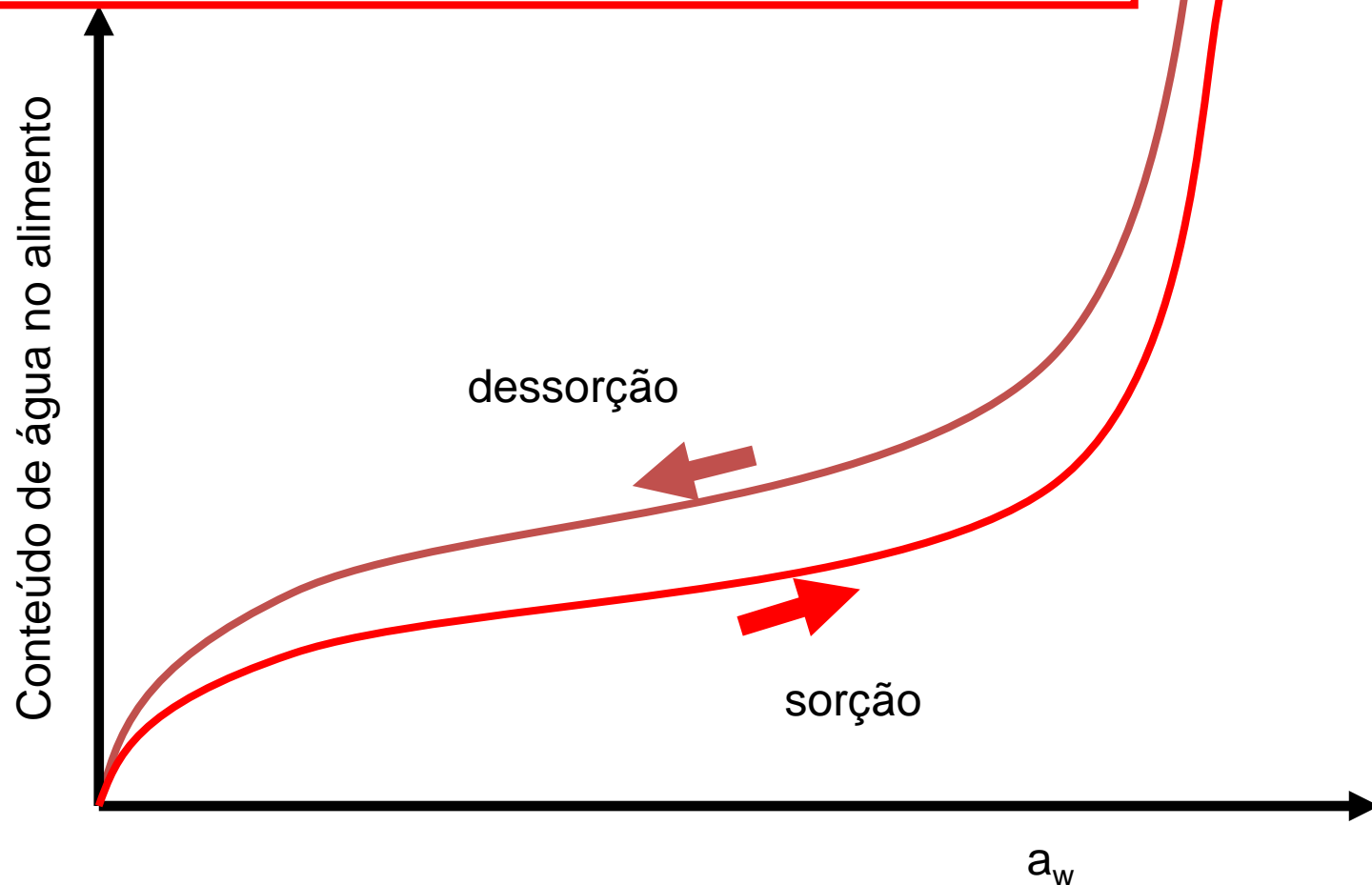
sorção

$a_w$

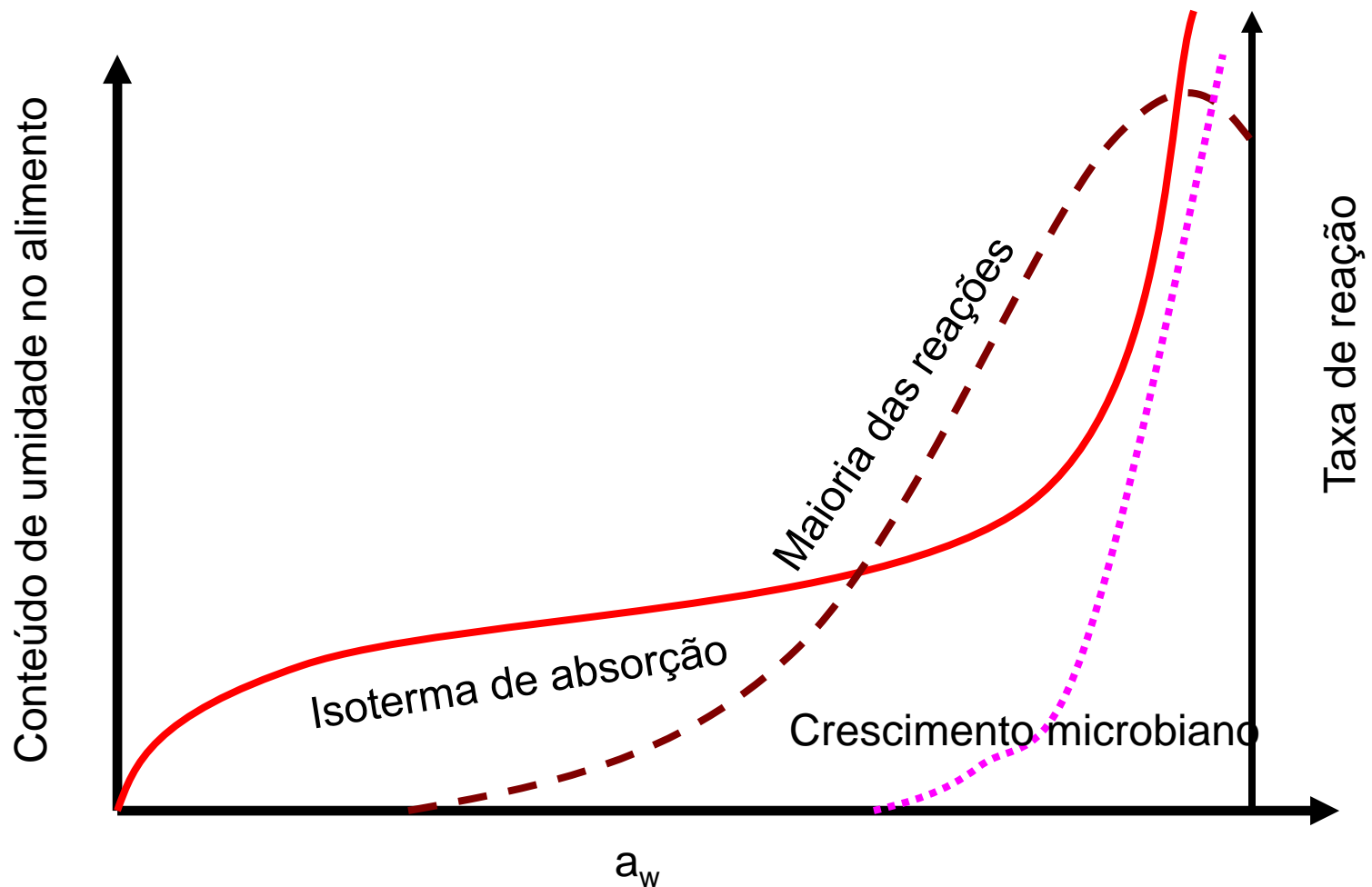


# SORÇÃO E DESSORÇÃO

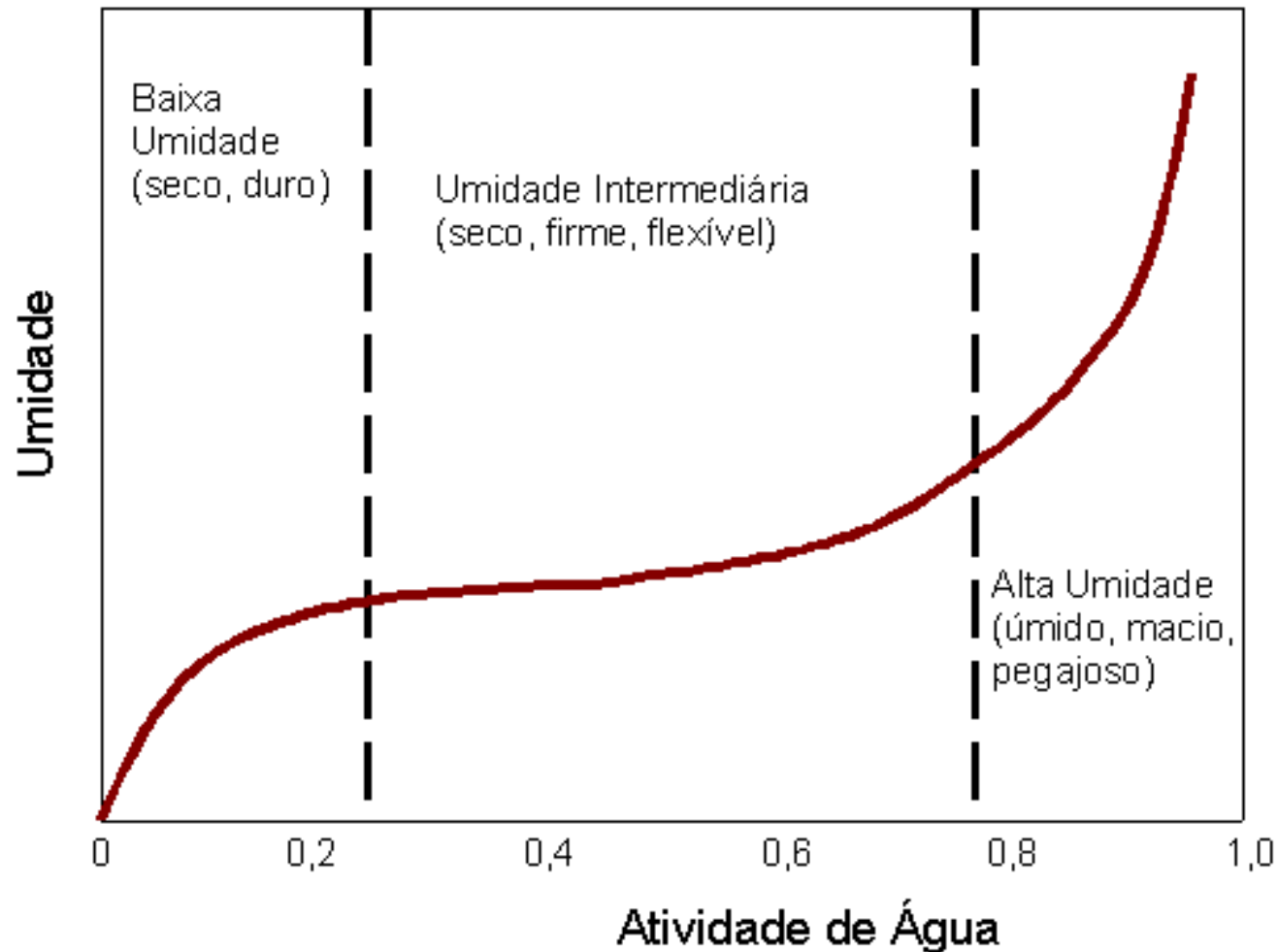
- As curvas de sorção e dessorção não são iguais (**histerese**)
- A uma mesma  $a_w$ , os alimentos apresentam maior conteúdo de água durante a dessorção do que na adsorção → mais fácil que o alimento desidrate do que se hidrate



# REAÇÕES QUÍMICAS X ATIVIDADE DE ÁGUA

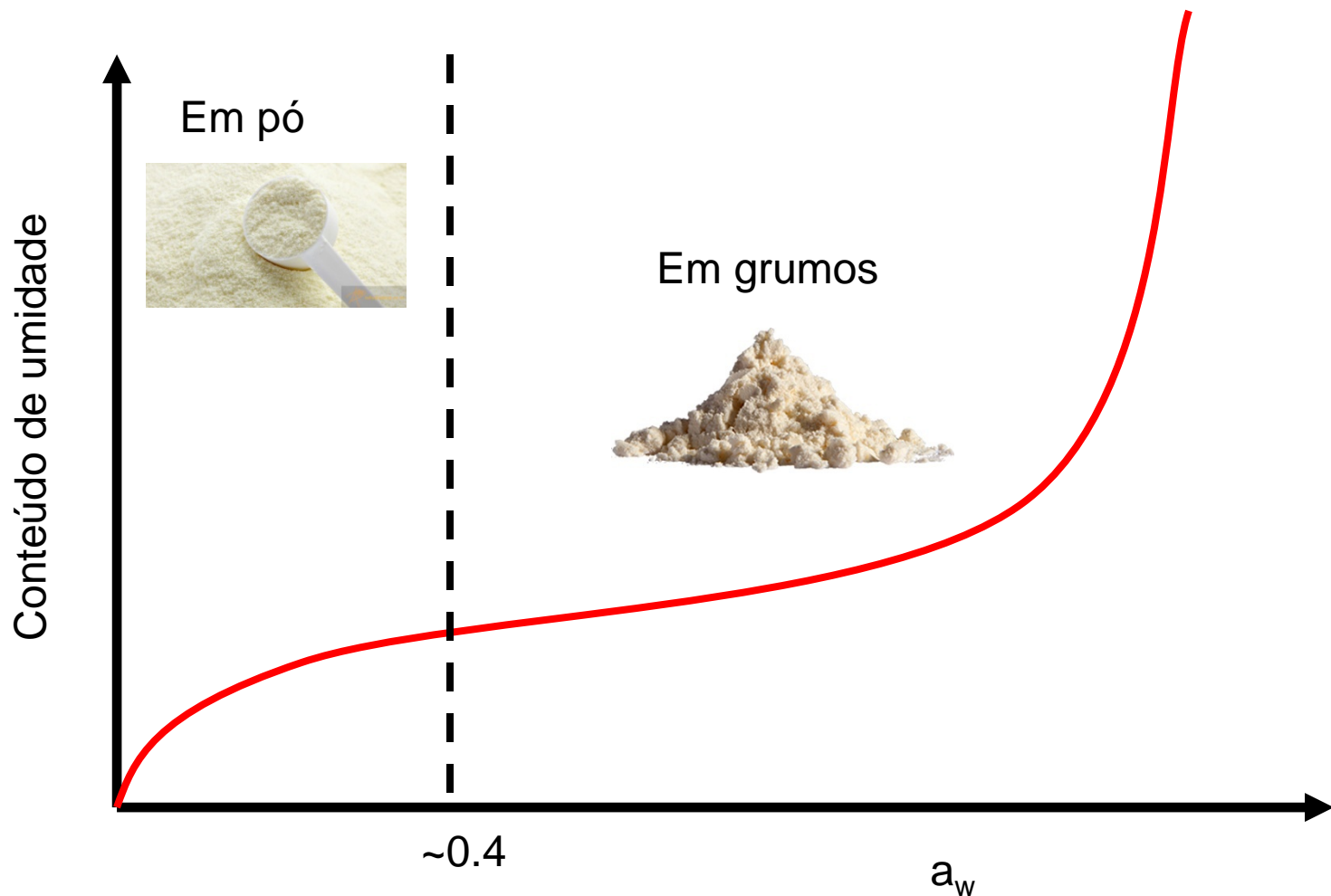


# ATIVIDADE DE ÁGUA X TEXTURAS

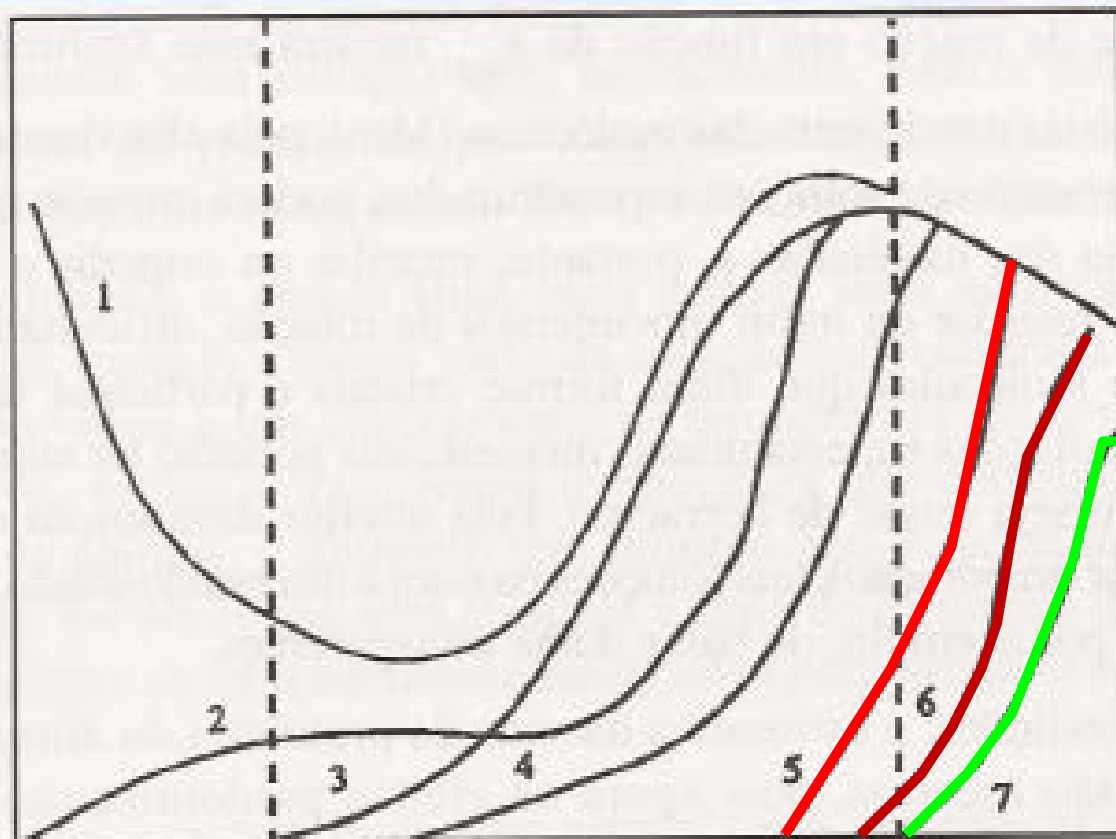




# ATIVIDADE DE ÁGUA X TEXTURAS



Velocidade Relativa das Reações e do  
Crescimento de Microorganismos



Atividade da água

1. Oxidação de lipídios (rancificação)
2. Isoterma de a sorção de umidade
3. Escurecimento não-enzimático
4. Atividade enzimática
5. Crescimento de fungos —
6. Crescimento de leveduras —
7. Crescimento de bactérias —

# ATIVIDADE DE ÁGUA X UMIDADE



**Armazenamento em ambiente onde a umidade é menor que a  $A_w$  do alimento**



**Ressecamento (ex.: queijo aberto na geladeira)**



**Armazenamento em ambiente onde a umidade é maior que a  $A_w$  do alimento**



**Absorção de umidade (ex.: leite em pó exposto no ambiente)**

# ATIVIDADE DE ÁGUA X CONTEÚDO DE ÁGUA



**Por que a salmoura não  
sofre deterioração?**



**Moléculas de água  
estão ligadas ao NaCl  
(baixa  $A_w$ )**