

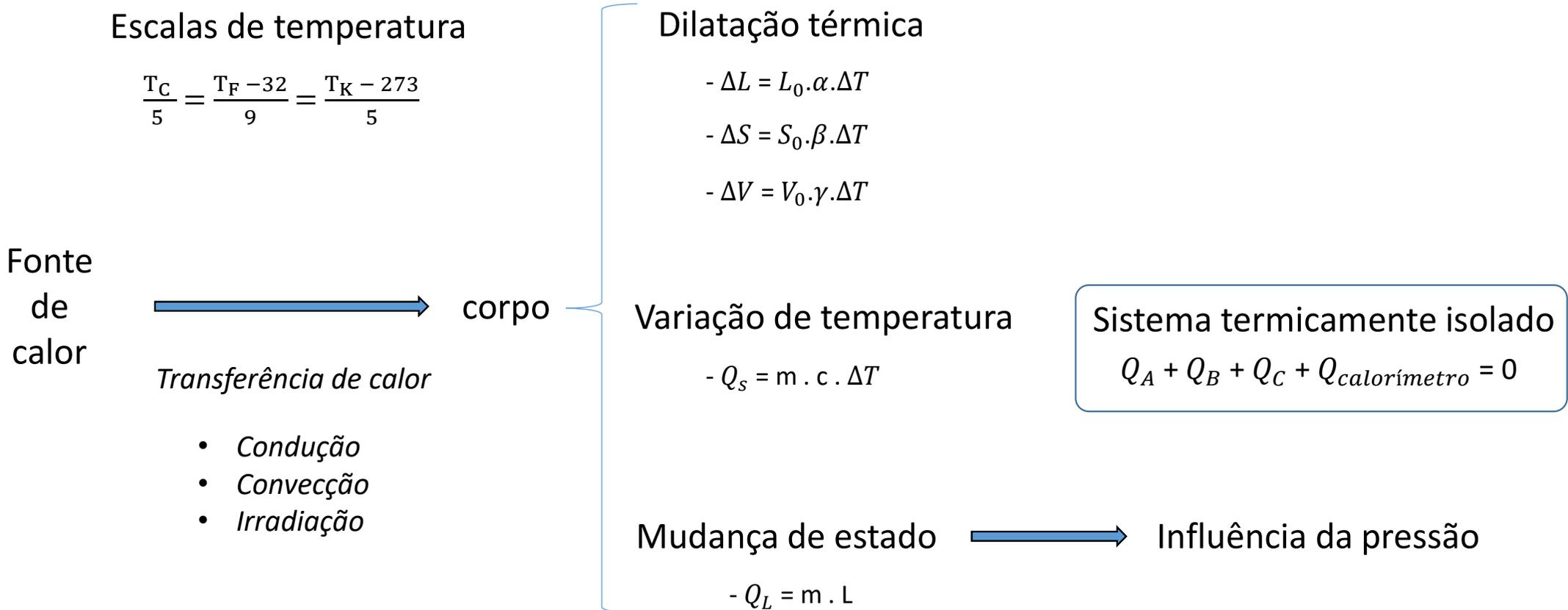
## Mudança de estado e influência da pressão e diagrama de fases

- Aula 4 / Octa 1 / Pg. 747

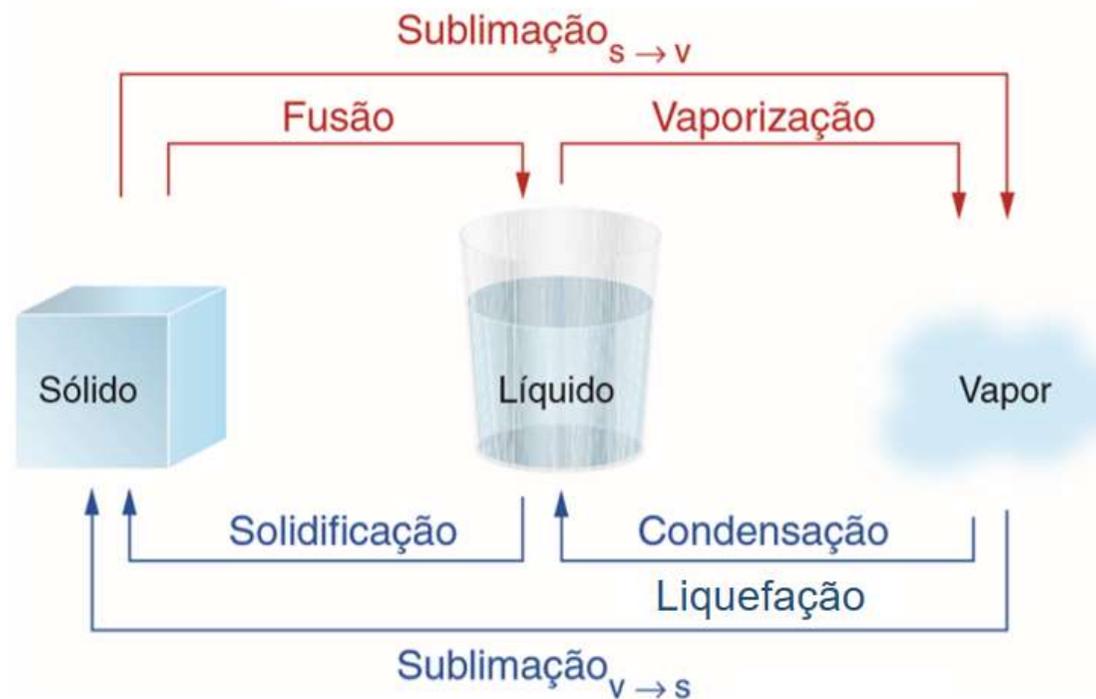
- SL 02 – Mapa conceitual
- SL 03 – Estados físicos
- SL 06 – Vaporização
- SL 07 – Curvas de vaporização e fusão da água
- SL 14 – Diagrama de estados da água
- SL 18 – Diagrama de estados do  $CO_2$
- SL 22 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

## Mapa conceitual



Processos endotérmicos → substância absorve/recebe calor →  $Q > 0$



Processos exotérmicos → substância cede/perde calor →  $Q < 0$

# Vaporização

Evaporação



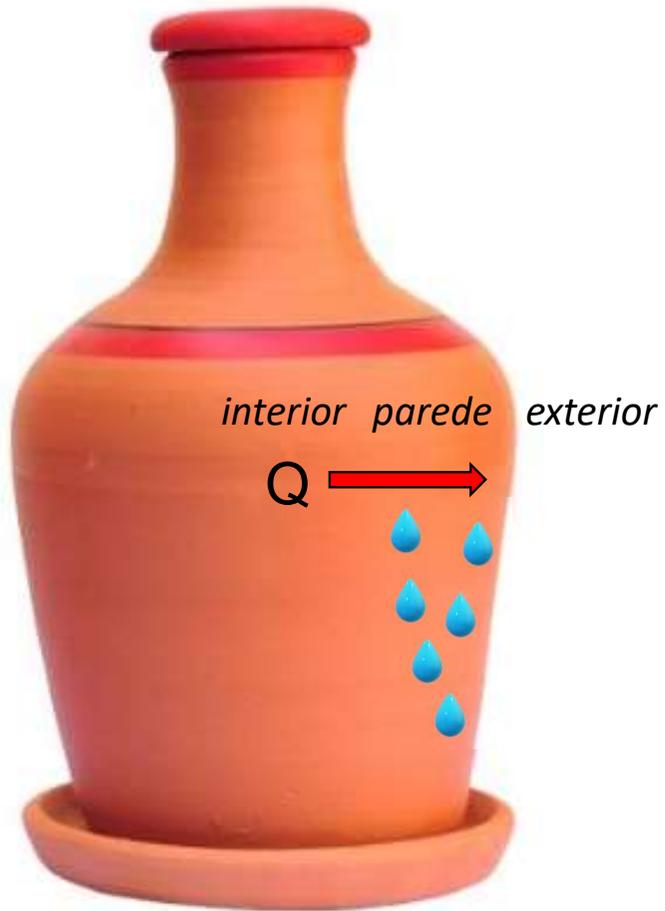
Ebulição



Calefação

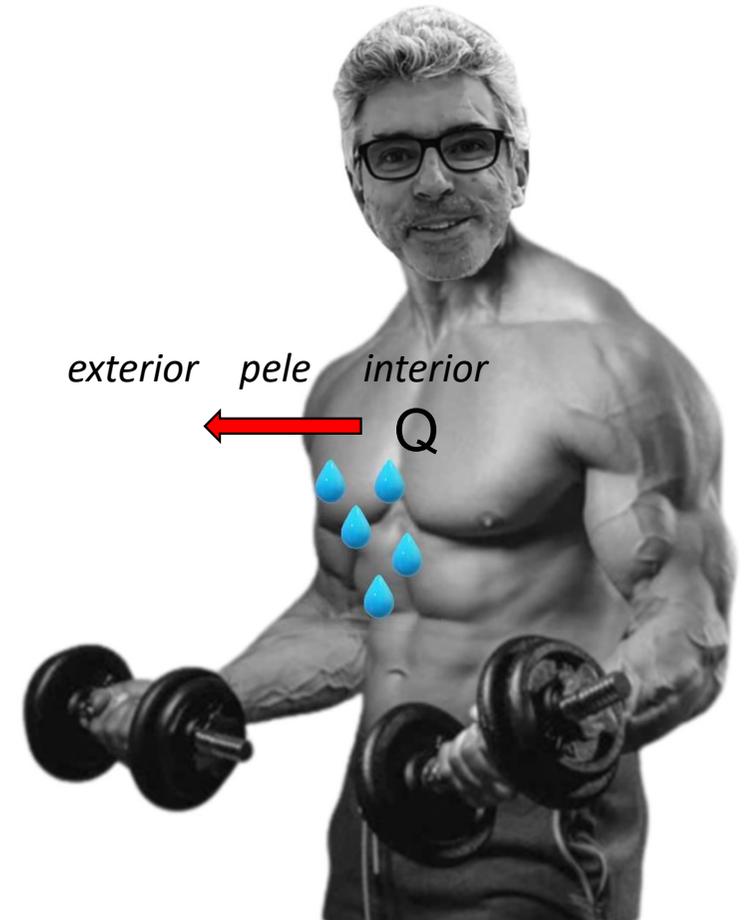


Vasilhame de barro

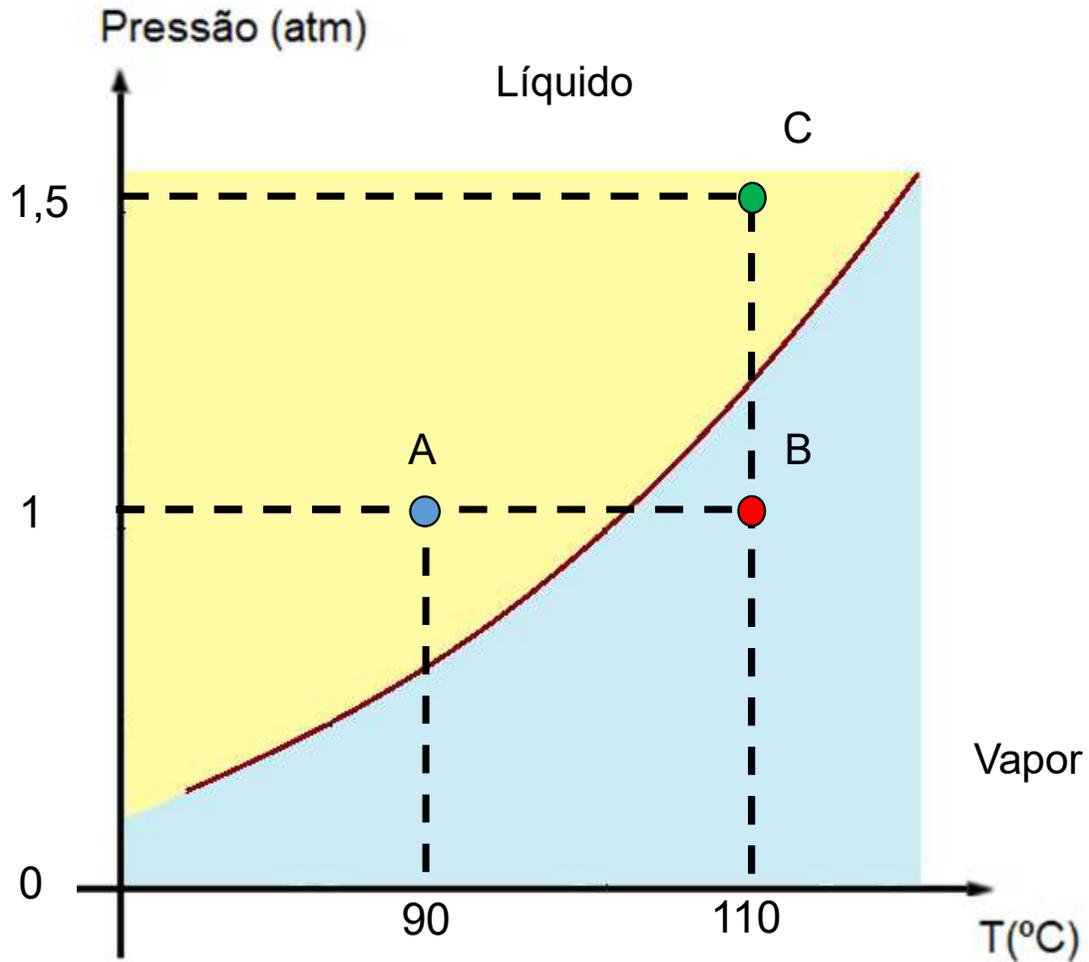


# Evaporação

Transpiração

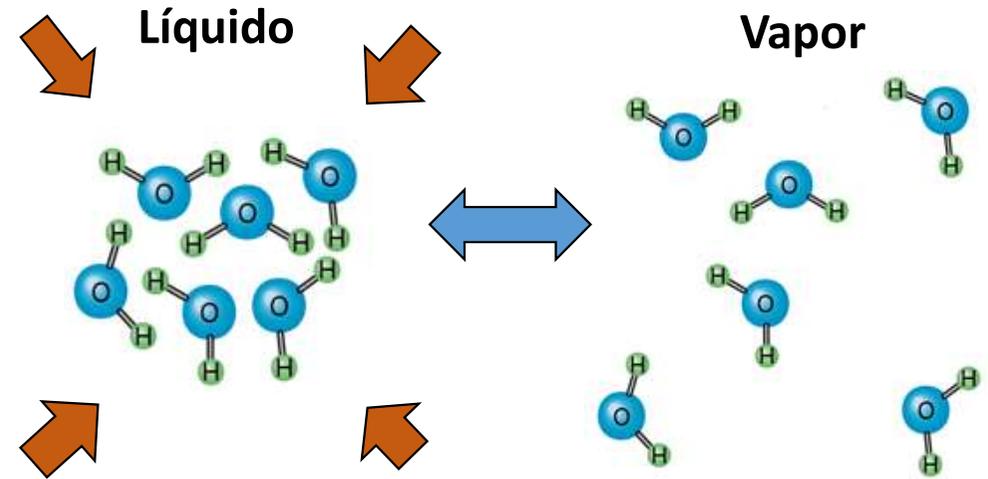
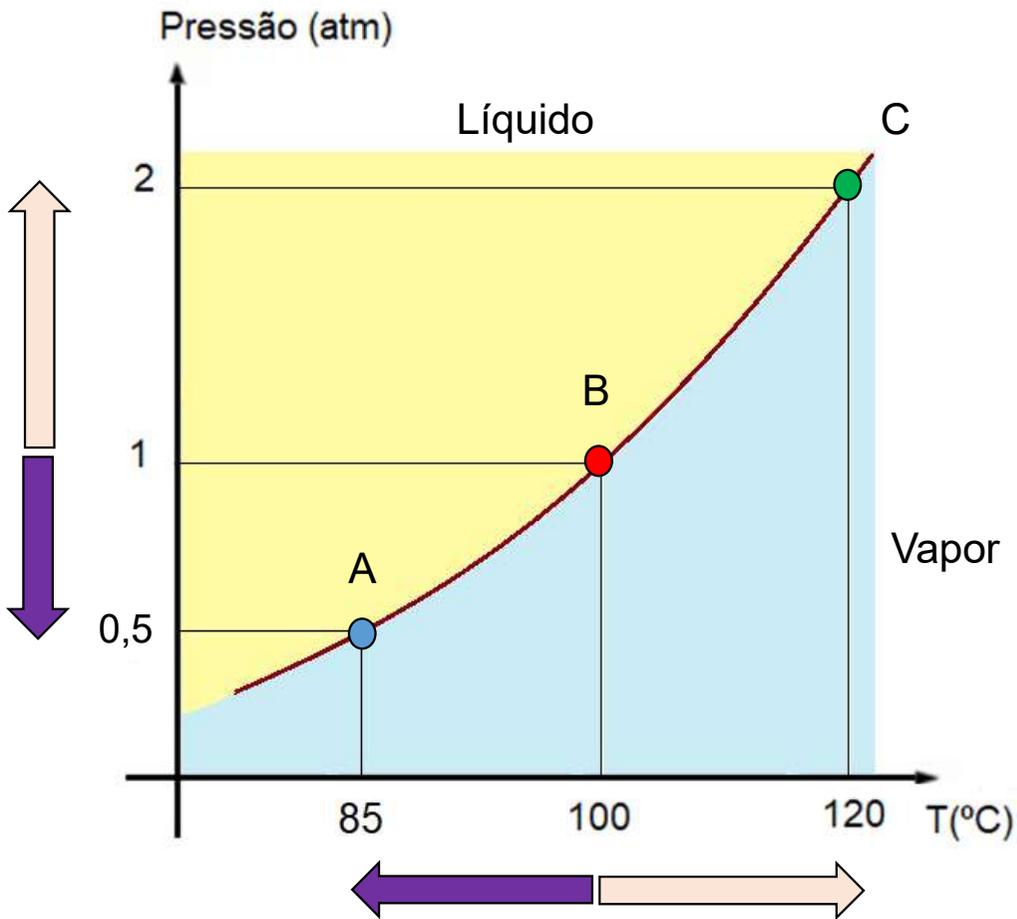


## Curva de vaporização (água)



- A:  $p = 1 \text{ atm}$  e  $T = 90^\circ\text{C}$  → líquido
- B:  $p = 1 \text{ atm}$  e  $T = 110^\circ\text{C}$  → vapor
- C:  $p = 1,5 \text{ atm}$  e  $T = 110^\circ\text{C}$  → líquido

# Curva de vaporização (água)

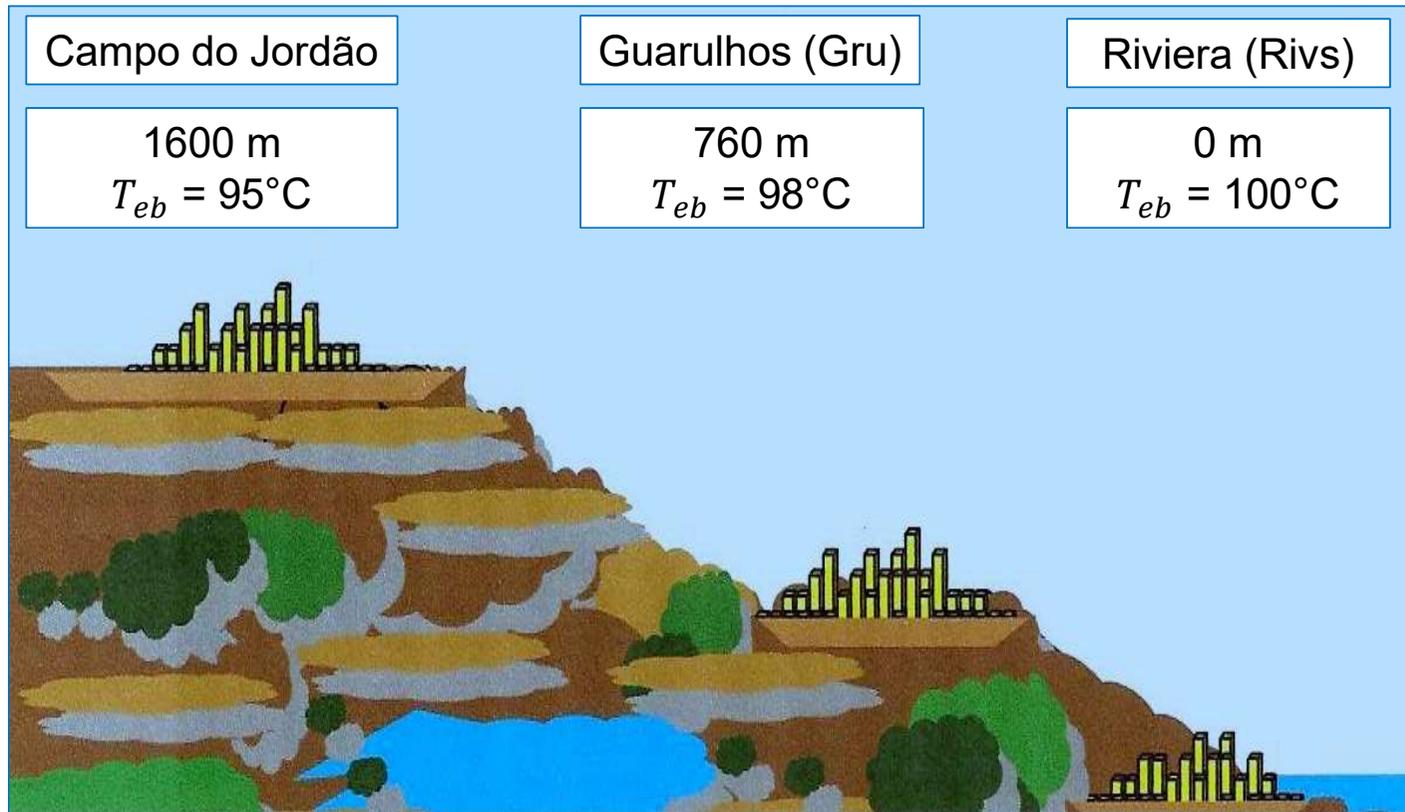


P aumenta  $\rightarrow T_{ebuli\c{c}ao}$  Aumenta  
 O aumento da pressão desfavorece a ebuli\c{c}ao

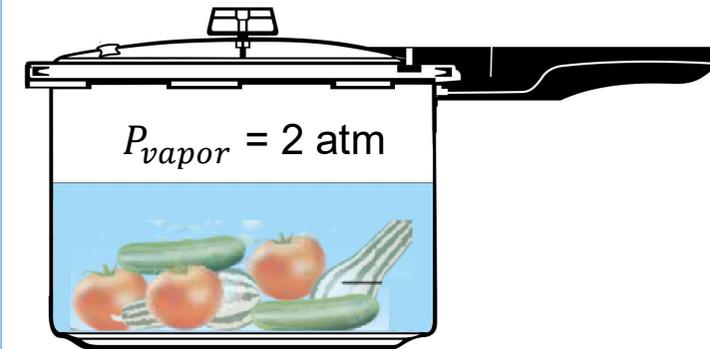
P diminui  $\rightarrow T_{ebuli\c{c}ao}$  diminui  
 A diminui\c{c}ao da pressão favorece a ebuli\c{c}ao

## Curva de vaporização (água)

Temperatura de ebulição e altitude



Panela de pressão

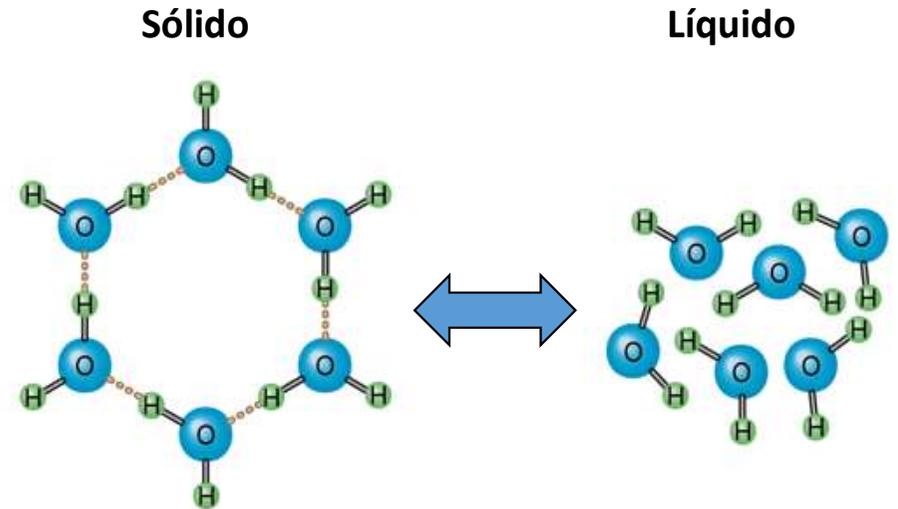
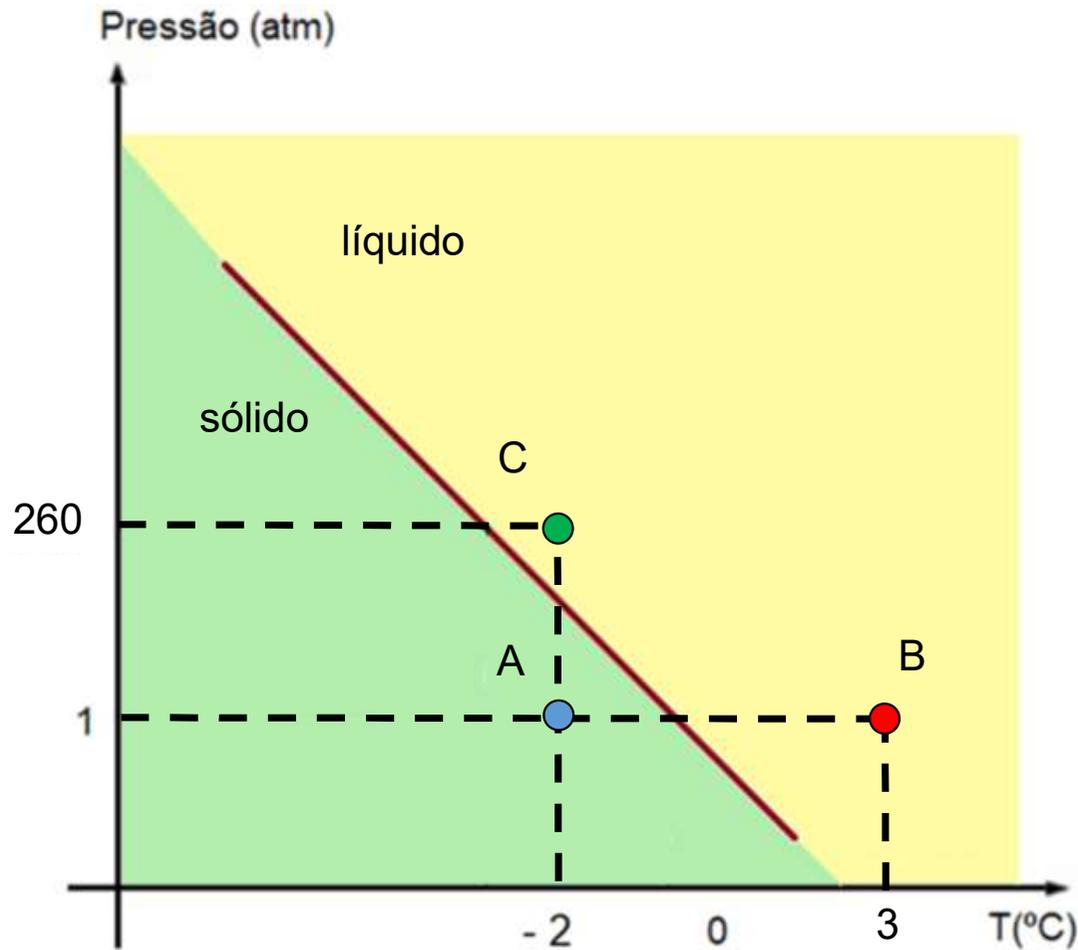


$$T_{\text{água}} = 110^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{água}} < T_{\text{ebulição}}$$

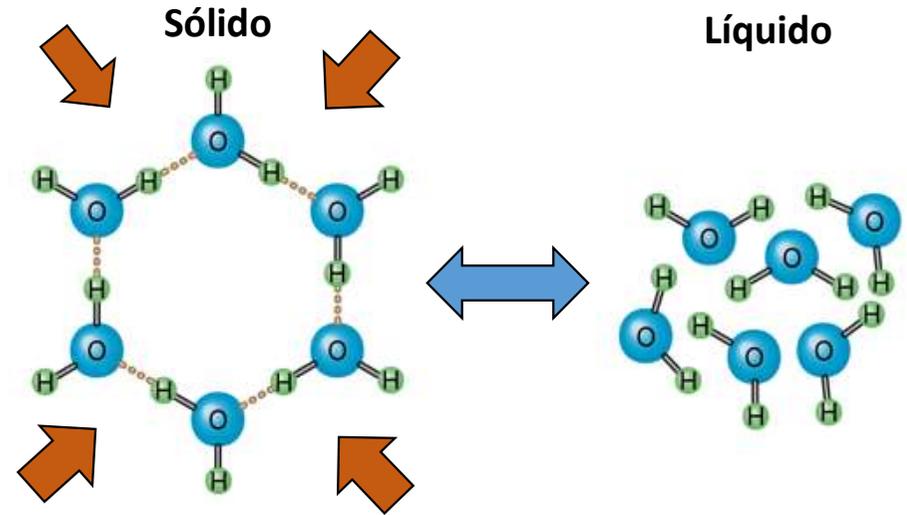
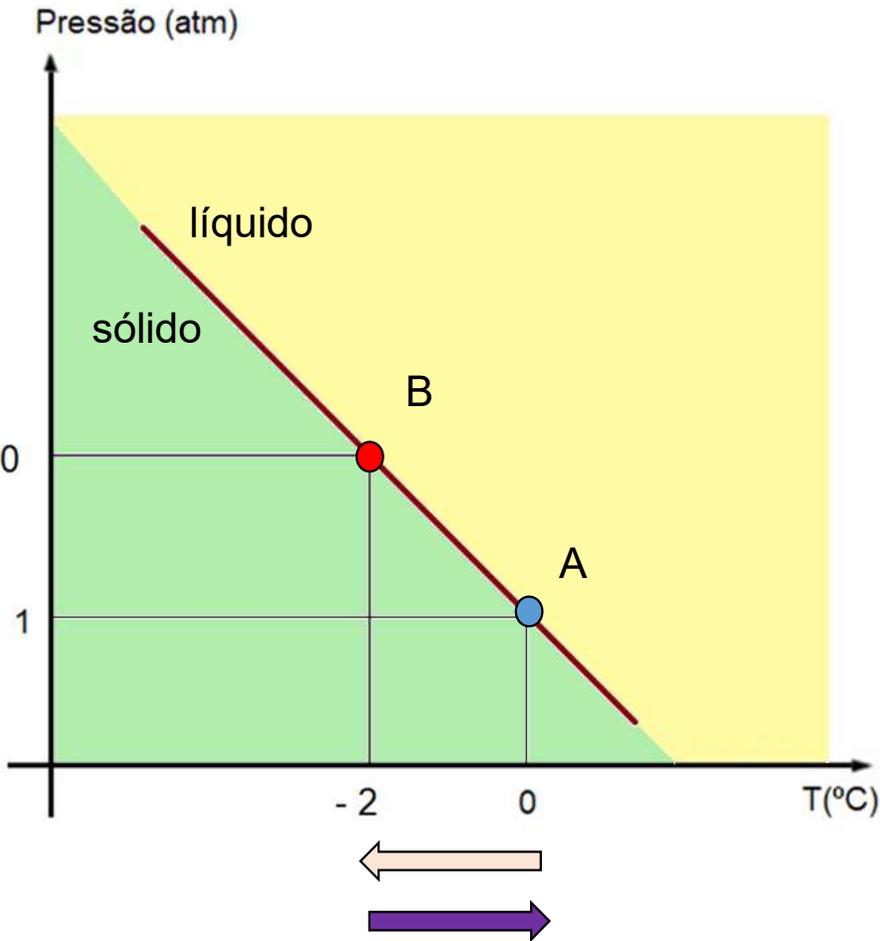
$$110^{\circ}\text{C} < 120^{\circ}\text{C}$$

## Curva de fusão (água) *Substância que diminui de volume na fusão*



- A:  $p = 1 \text{ atm}$  e  $T = -2^\circ\text{C} \rightarrow$  sólido
- B:  $p = 1 \text{ atm}$  e  $T = 3^\circ\text{C} \rightarrow$  líquido
- C:  $p = 250 \text{ atm}$  e  $T = -2^\circ\text{C} \rightarrow$  líquido

# Curva de fusão (água) *Substância que diminui de volume na fusão*



P aumenta  $\rightarrow T_{fusão}$  diminui  
 O aumento da pressão favorece a fusão

P diminui  $\rightarrow T_{fusão}$  aumenta  
 A diminuição da pressão desfavorece a fusão

# Curva de fusão – Exemplo do patins sobre o gelo

$P = 1 \text{ atm}$



Gelo ( $-1^\circ\text{C}$ )

$p = 1,0 \text{ atm}$

$$T_{\text{gelo}} < T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} < 0$$

$P = 250 \text{ atm}$



Gelo ( $-1^\circ\text{C}$ )

$p' = 250 \text{ atm}$

$$T_{\text{água}} > T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} > -2^\circ$$

fusão

$P = 1 \text{ atm}$



Gelo ( $-1^\circ\text{C}$ )

$p = 1,0 \text{ atm}$

$$T_{\text{gelo}} < T_{\text{fusão}}$$

$$-1^\circ\text{C} < 0$$

solidificação

Pressão: aumenta



$T_{\text{fusão}}$  diminui



O gelo sofre fusão



Pressão: diminui



$T_{\text{fusão}}$  aumenta



O gelo sofre solidificação

# DIAGRAMA DE ESTADOS DA ÁGUA

Substância que diminui de volume na fusão

## Diagrama de estados da água (substância que diminui de volume na fusão)

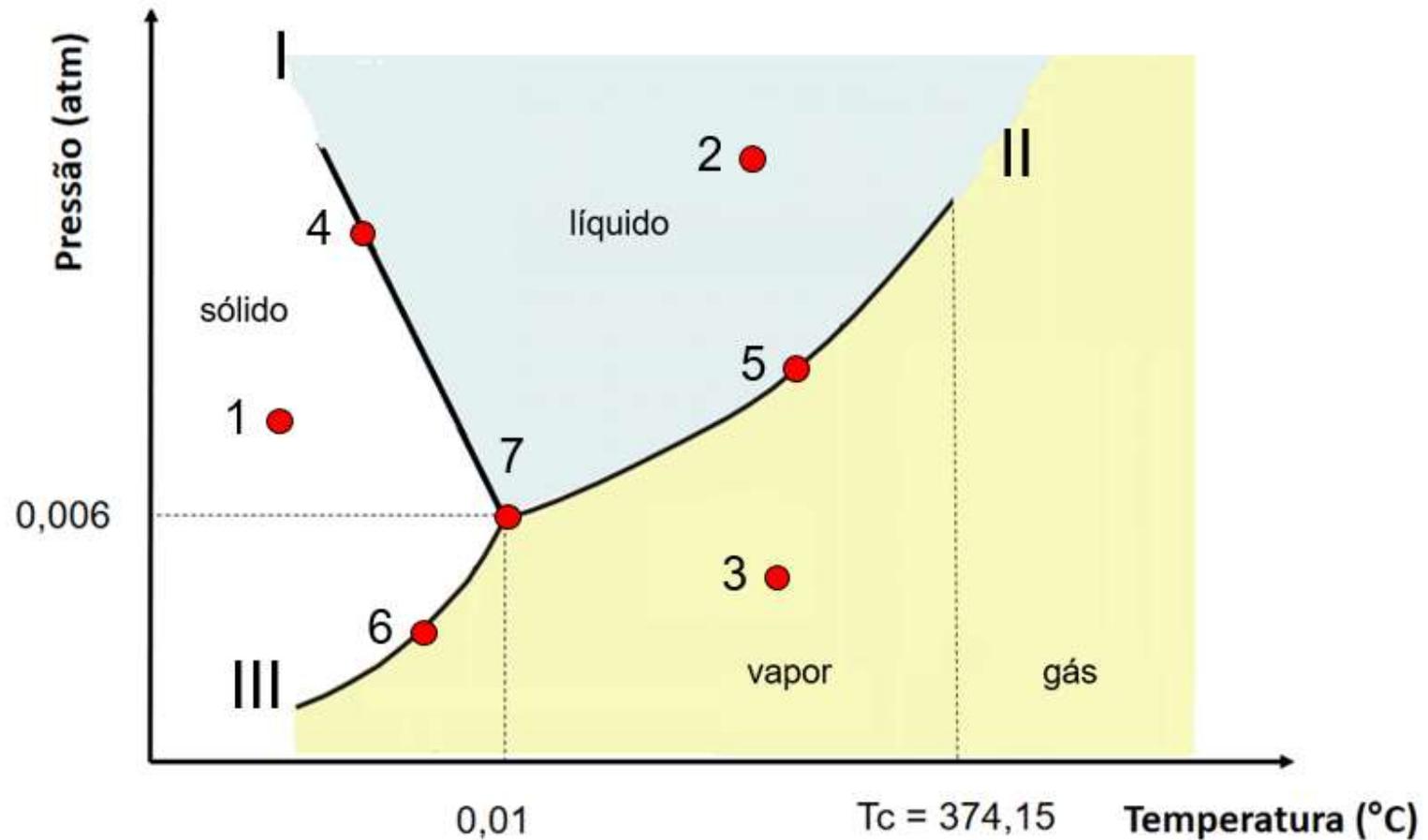
### Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

- 1 – sólido
- 2 – líquido
- 3 – vapor
- 4 – líquido e/ou sólido
- 5 – líquido e/ou vapor
- 6 – sólido + vapor
- 7 – sólido e/ou líquido e/ou vapor (ponto triplo)



## Diagrama de estados da água (substância que diminui de volume na fusão)

### Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

- 1 – sólido
- 2 – líquido
- 3 – vapor
- 4 – líquido e/ou sólido
- 5 – líquido e/ou vapor
- 6 – sólido + vapor
- 7 – sólido e/ou líquido e/ou vapor (ponto triplo)



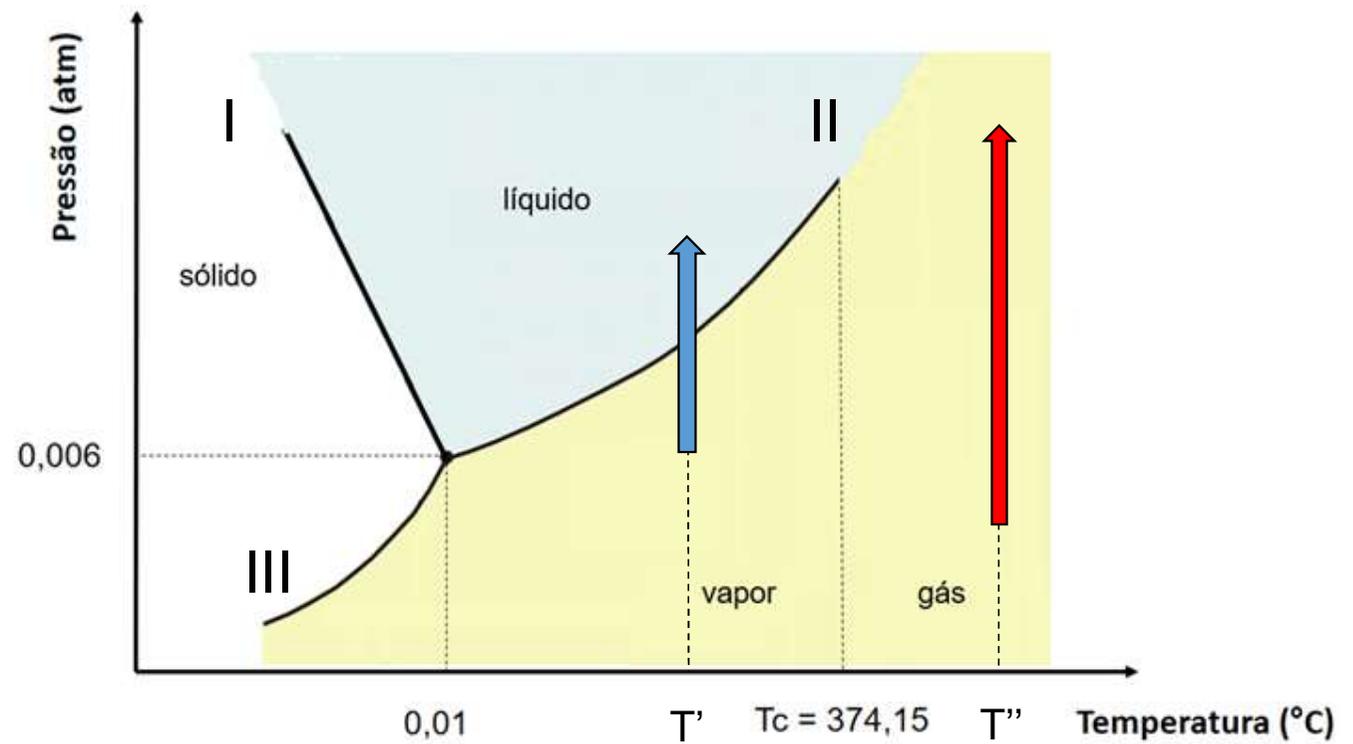
## Diagrama de estados da água (substância que diminui de volume na fusão)

### Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação



- **Temperatura crítica (Tc)**
- **Vapor ( $T < T_c$ )** pode ser liquefeito apenas com aumento de pressão (compressão isotérmica).
- **Gás ( $T > T_c$ )**: não pode ser liquefeito apenas com aumento de pressão (compressão isotérmica).

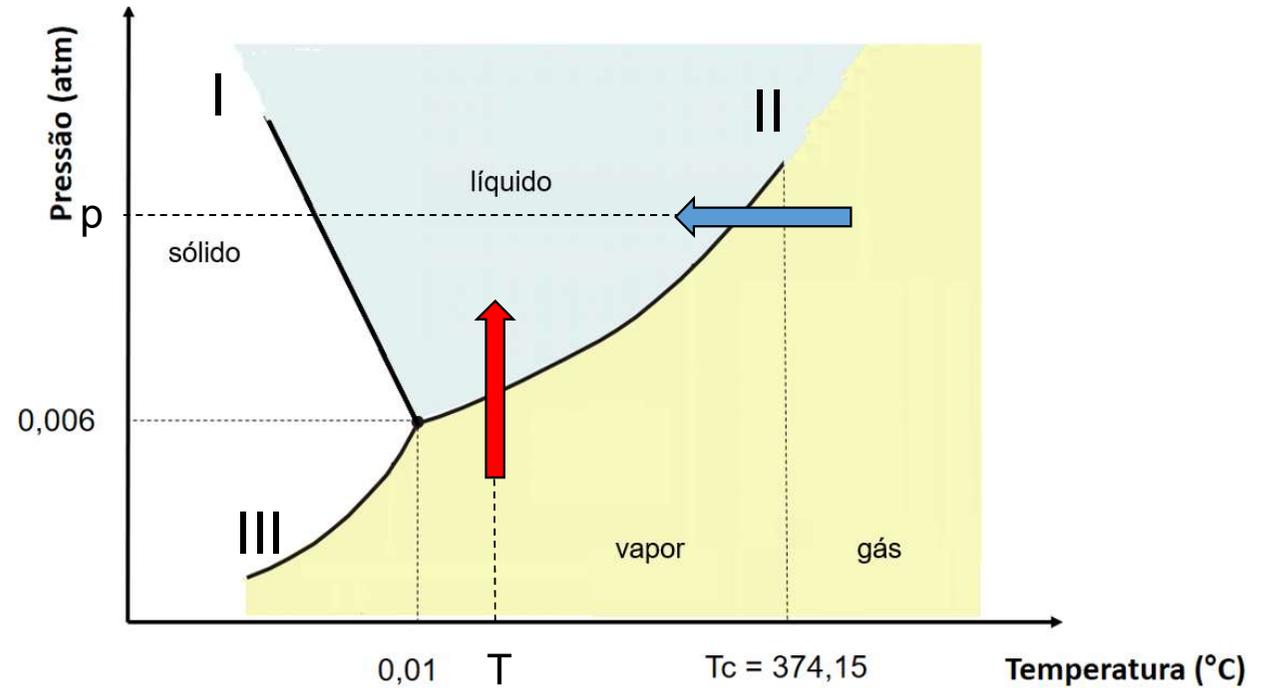
## Diagrama de estados da água (substância que diminui de volume na fusão)

### Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

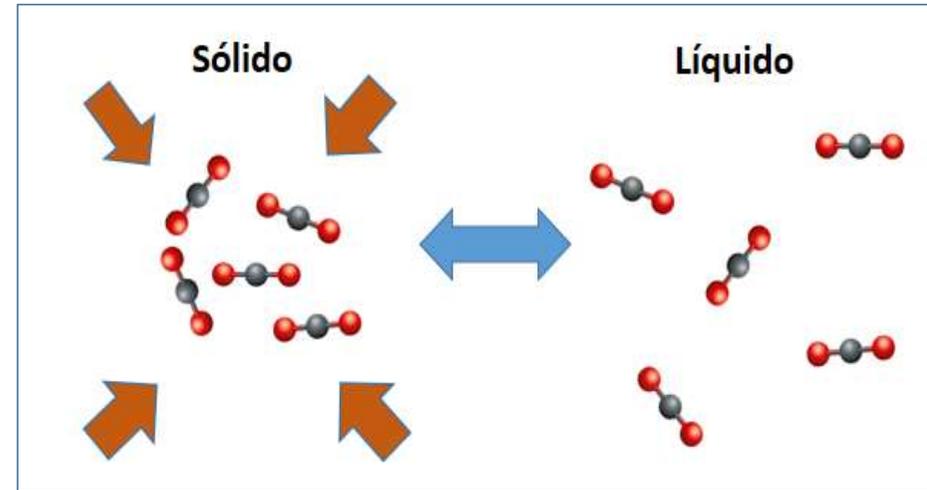
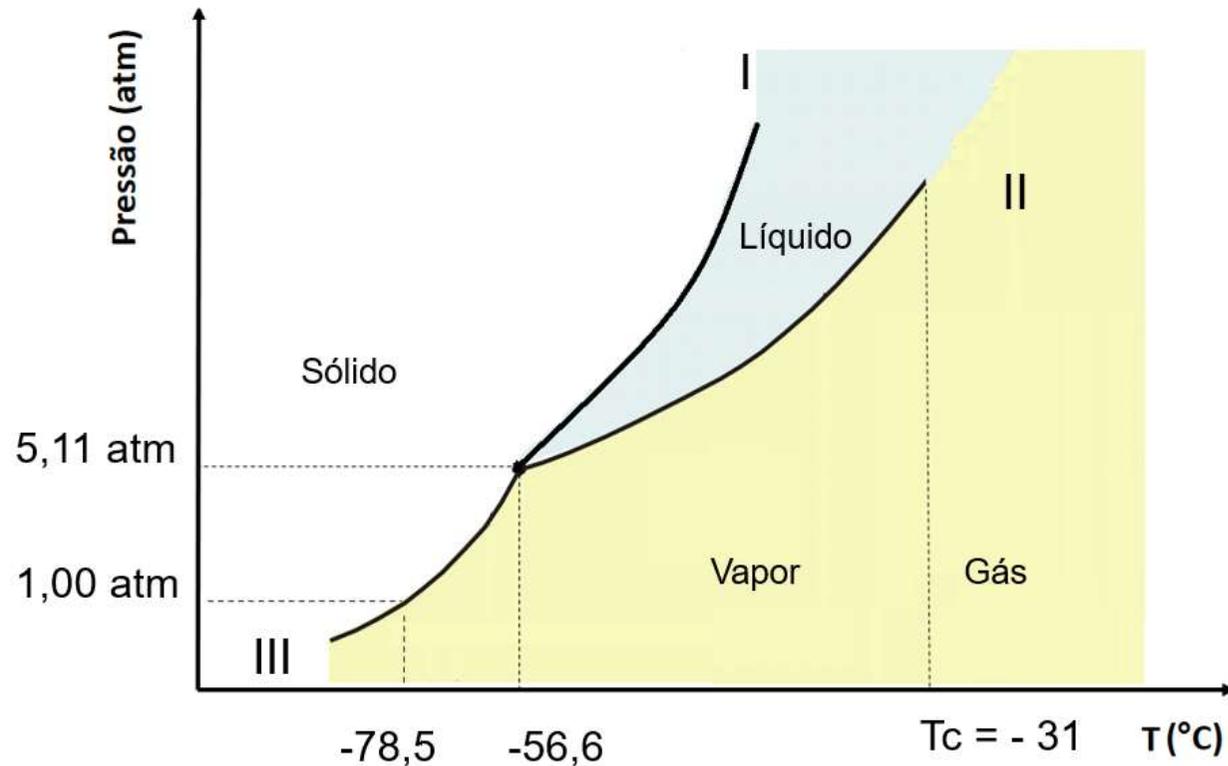


- **Liquefação**: transição do estado de vapor para o estado líquido com temperatura constante.
- **Condensação**: transição do estado vapor para o estado líquido com pressão constante.

## DIAGRAMA DE ESTADOS DO $CO_2$

Substância que aumenta de volume na fusão

## Diagrama de estados do $CO_2$ (Substância que aumenta de volume na fusão)



$P$  aumenta  $\rightarrow T_{fusão}$  Aumenta

O aumento da pressão desfavorece a fusão

$P$  diminui  $\rightarrow T_{fusão}$  diminui

A diminuição da pressão favorece a fusão

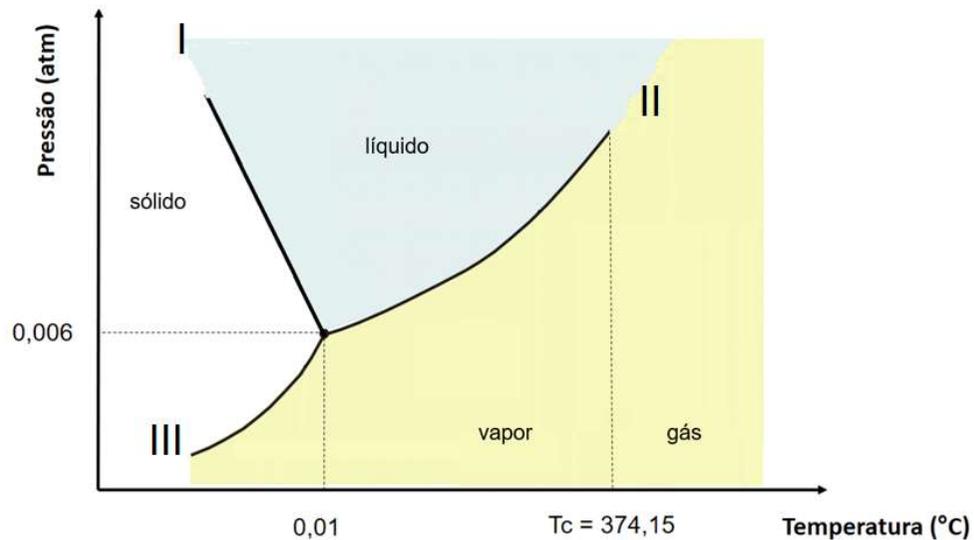
**Curvas** I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

## Diagrama de estados da água e do $CO_2$

**Diagrama de estados – água**  
(substância que diminui de volume na fusão)



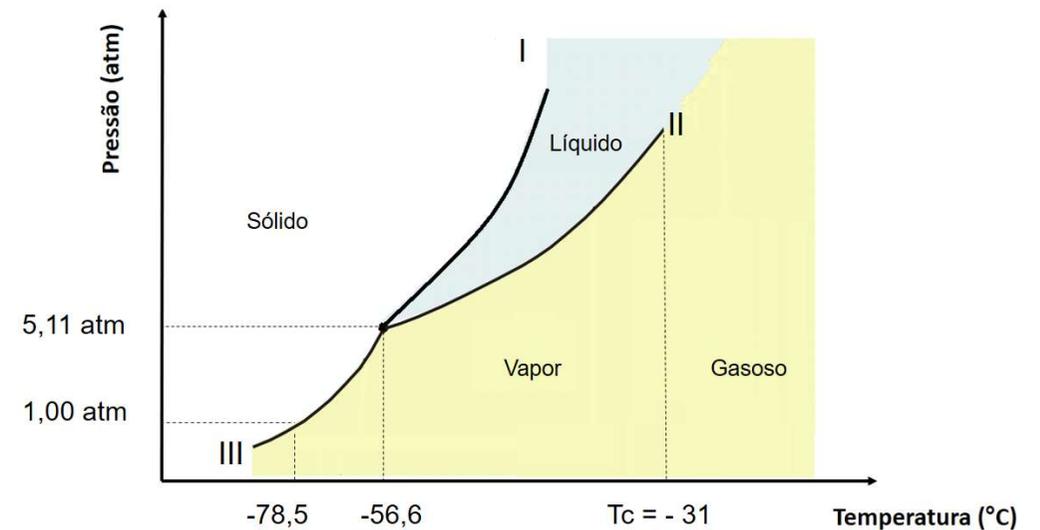
### Curvas

I – fusão

II – vaporização

III – sublimação

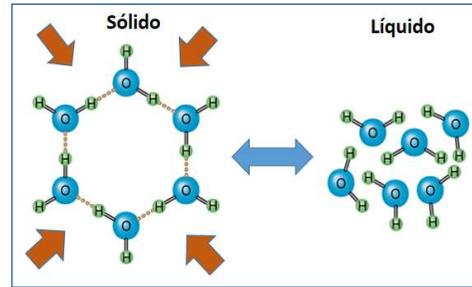
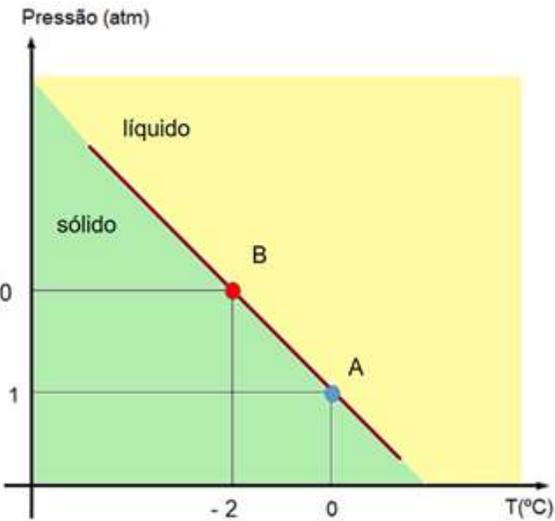
**Diagrama de estados –  $CO_2$**   
(substância que aumenta de volume na fusão)



## Diagrama de estados da água e do $CO_2$

### Curva de fusão / solidificação (água)

*Substância que diminui de volume na fusão*



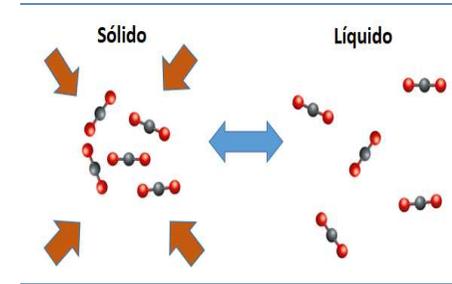
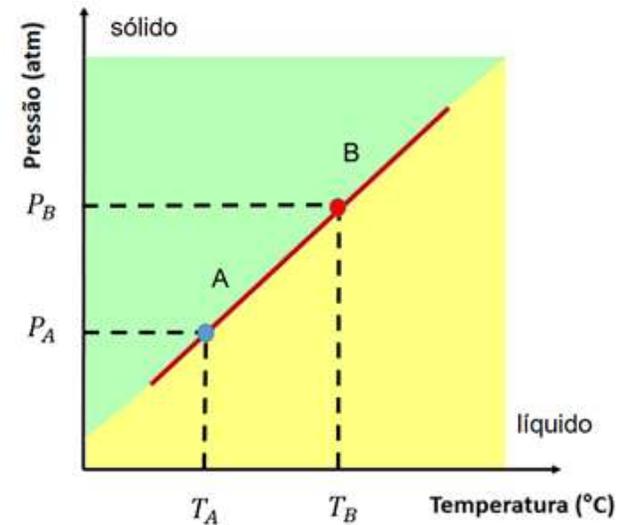
$P$  aumenta  $\rightarrow T_{fusão}$  diminui

O aumento da pressão favorece a fusão

Exemplos: bismuto, germânio e gálio (apresentam comportamento anômalo).

### Curva de fusão / solidificação ( $CO_2$ )

*Substância que aumenta de volume na fusão*



$P$  aumenta  $\rightarrow T_{fusão}$  Aumenta

O aumento da pressão desfavorece a fusão

Exemplos: demais substâncias que não apresentam esse comportamento anômalo.

## Exercício extra

1. (Unesp) A liofilização é um processo de desidratação de alimentos que, além de evitar que seus nutrientes saiam junto com a água, diminui bastante sua massa e seu volume, facilitando o armazenamento e o transporte.

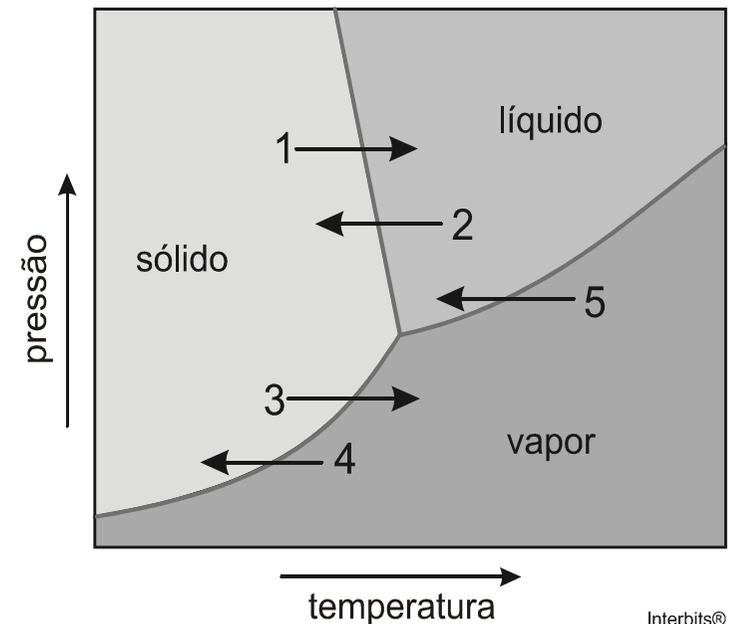
O processo de liofilização segue as seguintes etapas:

- I. O alimento é resfriado até temperaturas abaixo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para que a água contida nele seja solidificada.
- II. Em câmaras especiais, sob baixíssima pressão (menores do que  $0,006\text{ atm}$ ), a temperatura do alimento é elevada, fazendo com que a água sólida seja sublimada. Dessa forma, a água sai do alimento sem romper suas estruturas moleculares, evitando perdas de proteínas e vitaminas.

O gráfico mostra parte do diagrama de fases da água e cinco processos de mudança de fase, representados pelas setas numeradas de 1 a 5.

A alternativa que melhor representa as etapas do processo de liofilização, na ordem descrita, é

- a) 4 e 1.
- b) 2 e 1.
- c) 2 e 3.
- d) 1 e 3.
- e) 5 e 3.



1. (Unesp) A liofilização é um processo de desidratação de alimentos que, além de evitar que seus nutrientes saiam junto com a água, diminui bastante sua massa e seu volume, facilitando o armazenamento e o transporte.

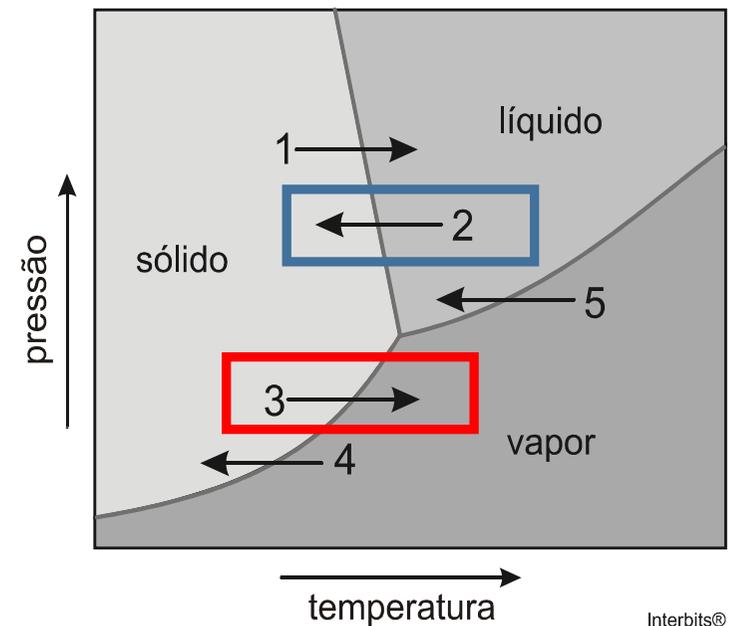
O processo de liofilização segue as seguintes etapas:

- I. O alimento é resfriado até temperaturas abaixo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para que a água contida nele seja solidificada.
- II. Em câmaras especiais, sob baixíssima pressão (menores do que  $0,006\text{ atm}$ ), a temperatura do alimento é elevada, fazendo com que a água sólida seja sublimada. Dessa forma, a água sai do alimento sem romper suas estruturas moleculares, evitando perdas de proteínas e vitaminas.

O gráfico mostra parte do diagrama de fases da água e cinco processos de mudança de fase, representados pelas setas numeradas de 1 a 5.

A alternativa que melhor representa as etapas do processo de liofilização, na ordem descrita, é

- a) 4 e 1.
- b) 2 e 1.
- c) 2 e 3. ←
- d) 1 e 3.
- e) 5 e 3.



## **Ebulição com seringa**

<https://youtu.be/Nsvoqw1GqJA>

## **Pressionado cubos de gelo**

<https://youtu.be/9d5jogvZaFU>

## **Ponto triplo do cicloexano**

<https://youtu.be/SbgnsM9ZB84>