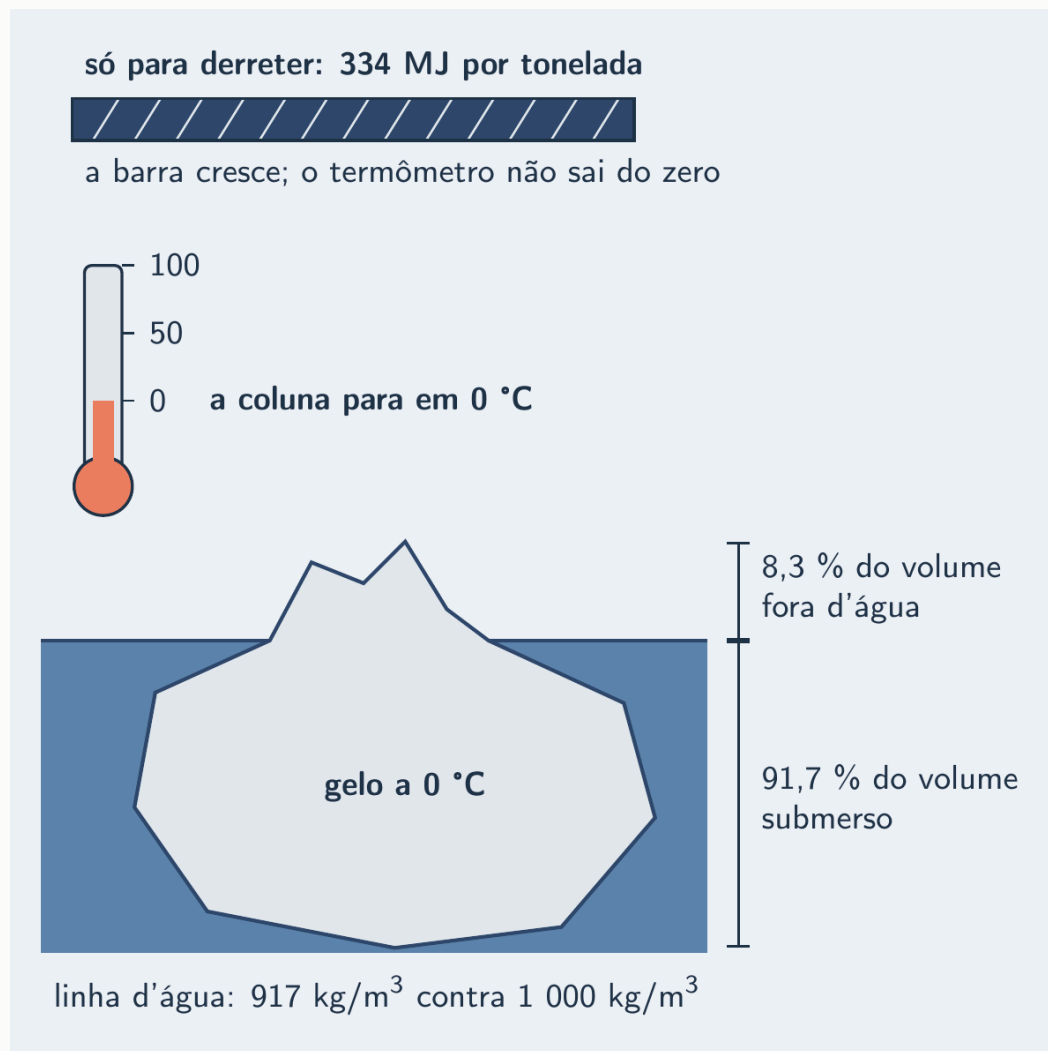


Termodinâmica I · Episódio 8

O iceberg que rouba calor sem esquentar

Calor latente e mudanças de fase

Uma tonelada de gelo rouba calor sem sair do zero

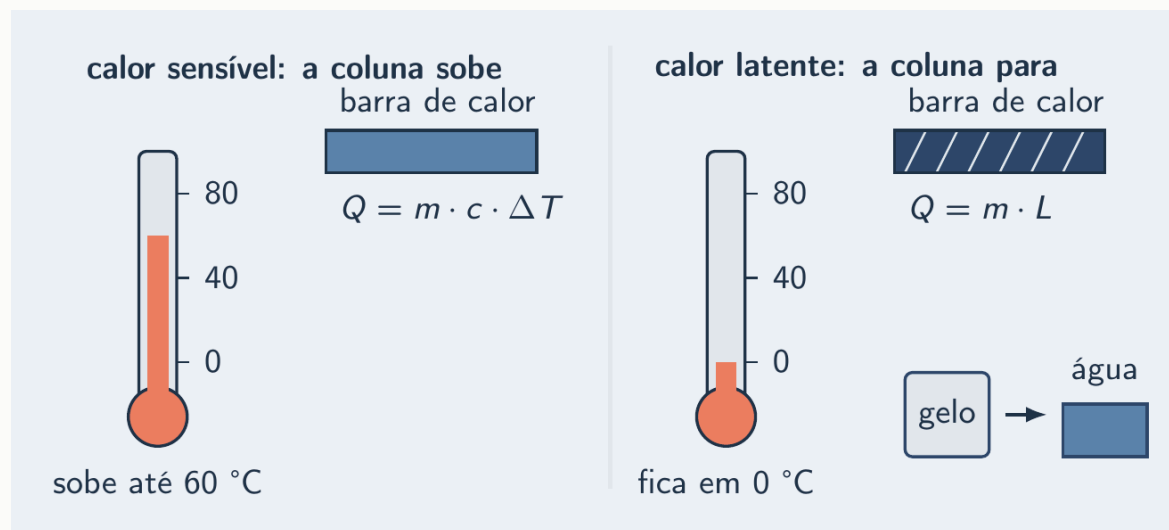


- Em 14/04/1912, às 23h40, havia um iceberg no Atlântico Norte.
- Só **8,3%** do gelo fica fora d'água, porque o gelo tem 917 kg/m³ e a água, 1 000 kg/m³.
- Uma tonelada desse gelo a 0 °C pede **334 MJ** só para derreter.
- Oitenta quilos de água fervente que esfriam até 0 °C cedem só **33,5 MJ**.

Pergunta do episódio

Para onde vai o calor que entra no gelo sem mexer no termômetro?

O calor latente muda a fase e deixa a temperatura parada



- Latente quer dizer **escondido**: o termômetro não acusa esse calor.
 $Q = m L$
- O calor latente L se mede em J/kg ou em cal/g.
- Enquanto a fase muda, a temperatura fica **constante**.

Exemplo resolvido – a tonelada de gelo

Uma tonelada de gelo a 0 °C vira água a 0 °C, com $L = 334 \text{ kJ/kg}$.
Quanto calor o gelo recebe?

Fórmula:

$$Q = m L$$

Substituição:

$$Q = 1\,000 \cdot 334\,000$$

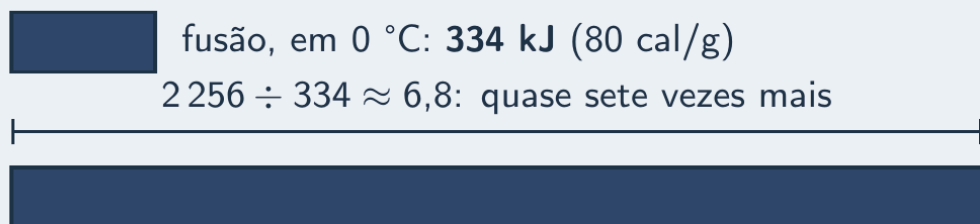
Resultado:

$$Q = \mathbf{3,34 \times 10^8 \text{ J}}$$

- Por isso o gelo **recebe** 334 MJ sem que o termômetro saia do zero.

Derreter e ferver têm preços fixos e diferentes

1 kg de água: os dois pedágios, na mesma escala



vaporização, em 100 °C: **2 256 kJ** (540 cal/g)

calor é barra: cresce quando o corpo recebe, encolhe quando cede

- A fusão a 0 °C custa **334 kJ/kg**, ou **80 cal/g**.
- A vaporização a 100 °C custa **2 256 kJ/kg**, ou **540 cal/g**.
- Na ida o corpo **recebe** calor; na volta ele **cede** o mesmo valor, com o sinal trocado.

Exemplo resolvido – chuveiro fervendo 1 kg

Um chuveiro de 5 500 W recebe 1 kg de água já a 100 °C e transforma tudo em vapor. Quanto tempo isso leva?

Fórmula:

$$\Delta t = \frac{m L}{P}$$

Substituição:

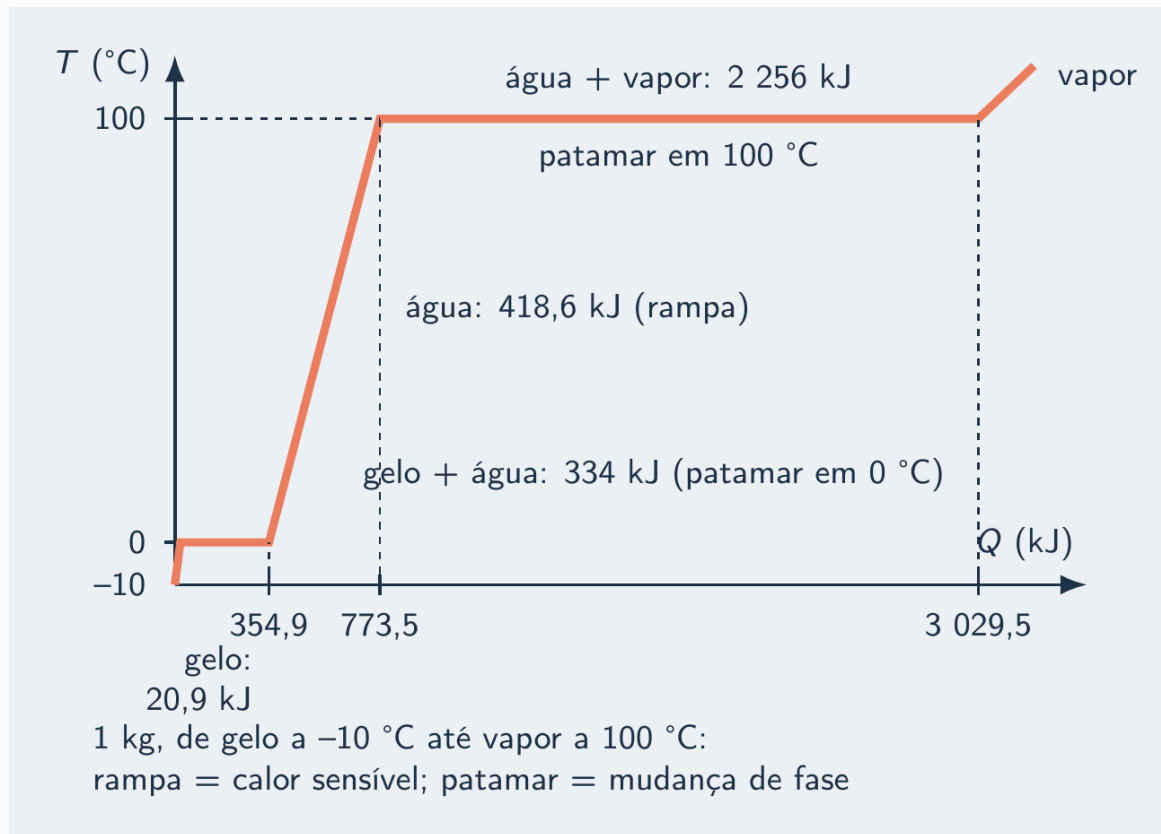
$$\Delta t = \frac{1 \cdot 2\,256\,000}{5\,500}$$

Resultado:

$$\Delta t \approx \mathbf{410\,s}$$

- Por isso o chuveiro leva cerca de **6,8 min** só na cabine da vaporização.

A curva de aquecimento sobe nas rampas e deita nos patamares



- Na **rampa**, o calor é sensível, e a inclinação vale $\frac{1}{m c}$.
- No **patamar**, a fase muda, e o comprimento vale $m L$.
- O patamar de baixo é a fusão, e o de cima é a ebulição.

Exemplo resolvido – L lido no gráfico

Uma substância de 100 g recebe calor, e o primeiro patamar da curva dura 8 000 cal. Qual é o calor latente de fusão?

Fórmula:

$$L = \frac{Q}{m}$$

Substituição:

$$L = \frac{8\,000}{100}$$

Resultado:

$$L = 80 \text{ cal/g}$$

- Por isso esse patamar é a **fusão**: 80 cal/g é o preço de derreter a água.

O gelo não faz frio: ele recebe calor sem esquentar

extrato de calor, na mesma escala

1 t de gelo, derretendo a 0 °C — recebe



80 kg de água fervente, de 100 a 0 °C — cede



$$334 \div 33,5 \approx 10$$

dez para um

sinal declarado: recebe $Q > 0$, cede $Q < 0$

- O gelo **recebe** calor de quem está em volta e continua a 0 °C.
- No isopor, cada grama de gelo que derrete puxa **80 cal**.
- Antes da conta vem o sinal: quem cede tem $Q < 0$.

Exemplo resolvido – a água fervente

Oitenta quilos de água esfriam de 100 °C a 0 °C, com $c = 4\,186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. Quanto calor a água cede?

Fórmula:

$$Q = m c \Delta T$$

Substituição:

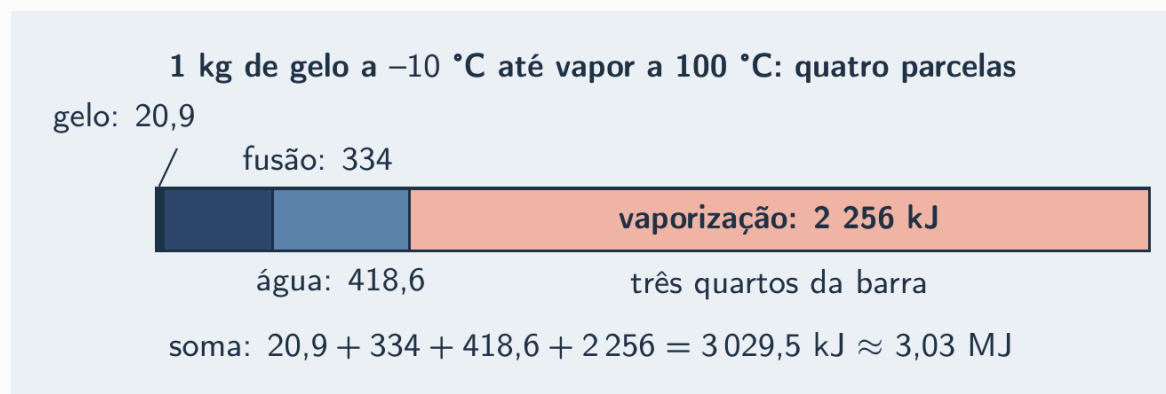
$$Q = 80 \cdot 4\,186 \cdot (0 - 100)$$

Resultado:

$$Q \approx -\mathbf{3,35 \times 10^7 \text{ J}}$$

- Por isso a água cede **33,5 MJ**, e o gelo leva dez vezes isso.

Cada trecho da curva entra na conta com a sua parcela



- Cada trecho da curva rende **uma parcela** de calor.
- A rampa vale $m c \Delta T$, com o c da fase, e o patamar vale $m L$.
- Desenhe a curva **antes** de somar as parcelas.

Exemplo resolvido – do gelo ao vapor (1/2)

Um quilo de gelo a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ esquenta até $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e derrete. Quanto calor pedem essas duas etapas?

Fórmula:

$$Q_1 = m c_{\text{gelo}} \Delta T_1$$

$$Q_2 = m L_{\text{fus}}$$

Substituição:

$$Q_1 = 1 \cdot 2\,090 \cdot 10$$

$$Q_2 = 1 \cdot 334\,000$$

Resultado:

$$Q_1 = 20\,900\text{ J}$$

$$Q_2 = 334\,000\text{ J}$$

- Por isso a fusão pesa muito mais que a rampa do gelo.

Exemplo resolvido – do gelo ao vapor (2/2)

A água vai de 0 a 100 °C e vira vapor. Quanto dão as quatro etapas?

Fórmula:

$$Q_3 = m c_{\text{água}} \Delta T_2$$

$$Q_4 = m L_{\text{vap}}$$

Substituição:

$$Q_3 = 1 \cdot 4\,186 \cdot 100$$

$$Q_4 = 1 \cdot 2\,256\,000$$

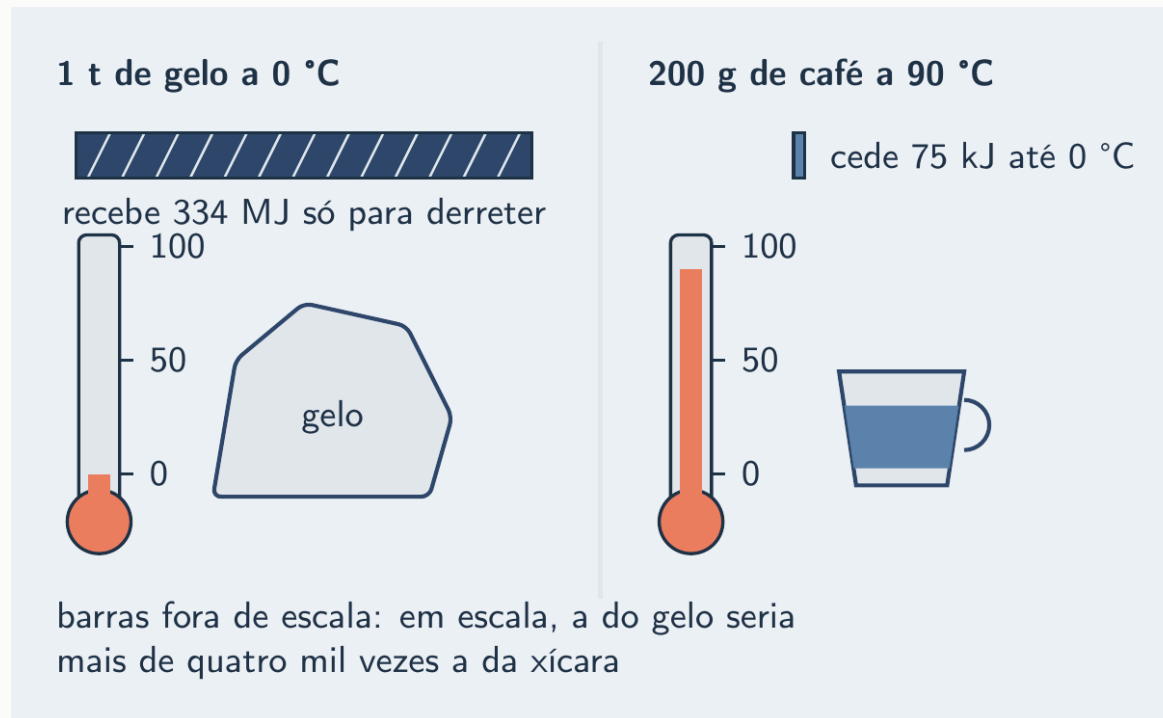
Resultado:

$$Q_3 = 418\,600 \text{ J}$$

$$Q_4 = 2\,256\,000 \text{ J}$$

- Por isso a soma dá $Q \approx \mathbf{3,03 \text{ MJ}}$, e **74%** vai só para o vapor.

Temperatura não é energia: o iceberg guarda mais que a xícara



- O suor que **evapora** leva cerca de 540 cal/g da pele.
- A temperatura diz o **sentido** do fluxo, e a energia diz **quanto** flui.
- Um iceberg a 0 °C tem mais energia térmica que uma xícara a 90 °C.

Exemplo resolvido – a xícara de café

Uma xícara com 200 g de café a 90 °C esfria até 0 °C, com $c = 4\,186 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. Quanto calor ela cede?

Fórmula:

$$Q = m c \Delta T$$

Substituição:

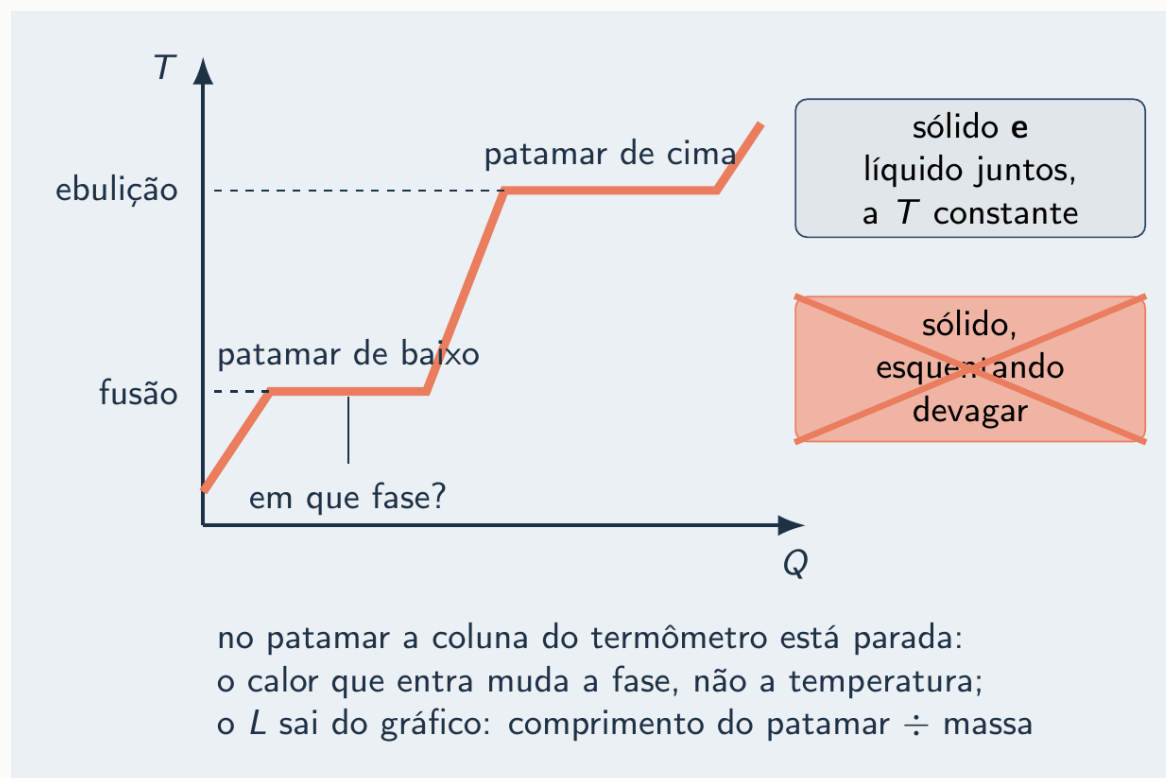
$$Q = 0,2 \cdot 4\,186 \cdot (0 - 90)$$

Resultado:

$$Q \approx -75 \text{ kJ}$$

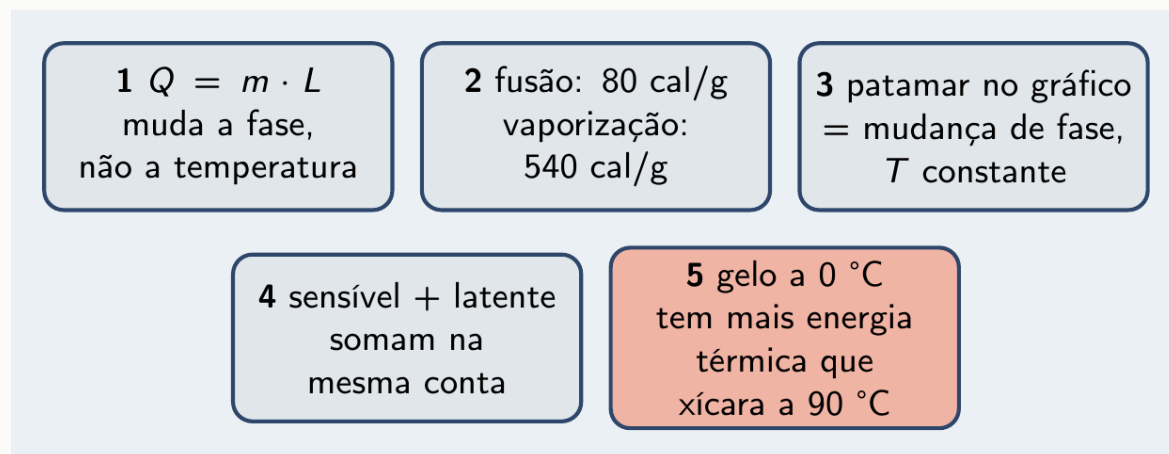
- Por isso a tonelada de gelo, com 334 MJ, vale cerca de **4 450** xícaras.

Radar ENEM



- ✗ "No patamar a temperatura sobe devagar": ela fica **constante**.
- ✗ "A rampa do gelo não conta": a soma pede **todas** as parcelas.
- ✗ "Tanto faz kg ou g": misturar as unidades **erra por mil**.
- ✗ "O L vale 8 000 cal": é preciso **dividir pela massa**.
- ✓ A régua é uma só: no patamar há **duas fases** juntas, com T constante.

Resumo em cinco peças



1. O calor latente muda a fase e deixa a temperatura parada, com $Q = m L$.
2. Para a água, derreter custa 80 cal/g e virar vapor custa 540 cal/g.
3. No gráfico, o patamar é a mudança de fase, e a rampa é o calor sensível.
4. Sensível e latente somam na mesma conta, parcela por parcela.
5. A temperatura não mede energia: o iceberg guarda mais que a xícara.

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/t1/c8/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/t1/c8/lista>

Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que
leva ao vídeo e à lista daquele
tema.

<https://professorcanario.com.br/termodinamica1/livro/>