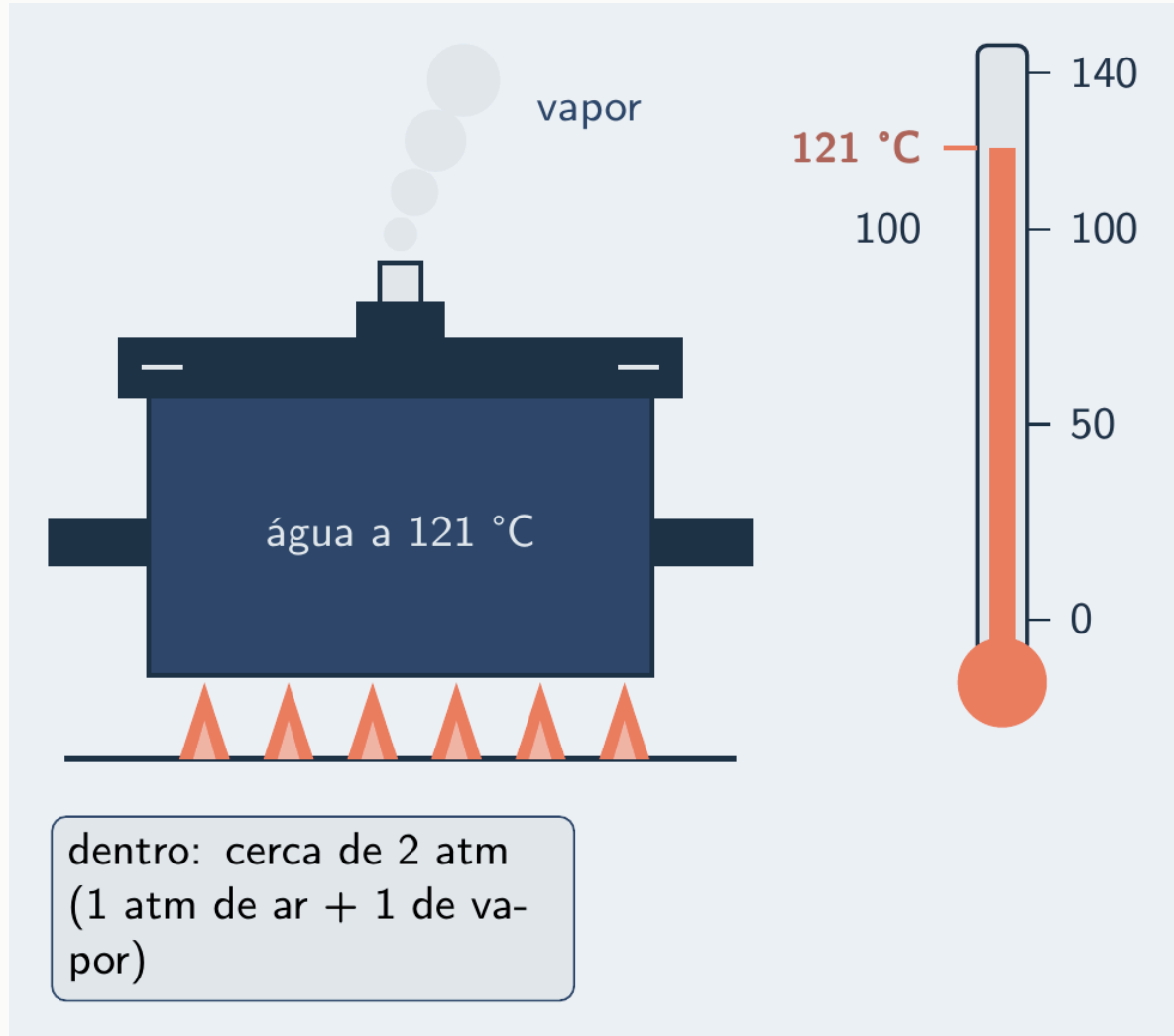


Termodinâmica I · Episódio 9

A panela que ferve a cento e vinte e um graus

Ebulição, pressão e diagrama de fases

0 caso

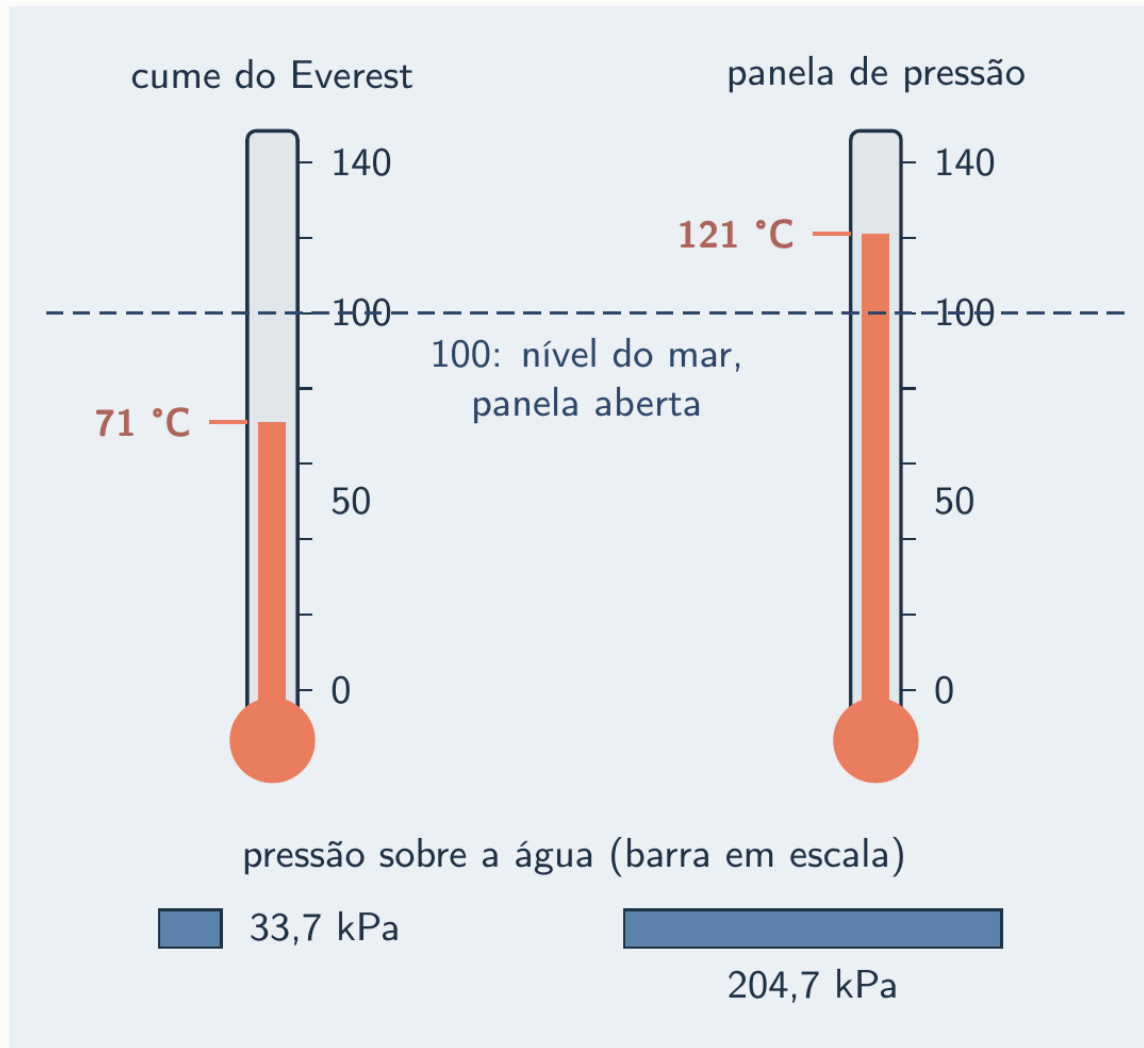


- panela fechada: água ferve a **121 °C**
- válvula: **15 psi**, cerca de 103 kPa acima do ar
- pressão total: cerca de **2 atm**
- cume do Everest (8 848,86 m): 0,33 atm · ferve a **71 °C**

Pergunta do episódio

Se a água é a mesma, quem escolhe o número em que ela ferve?

Conceito 1 – Em que número a coluna trava



- fervura: bolhas no líquido todo · T **constante**
- 100 °C só vale **a 1 atm**
- outra pressão → outro número

Exemplo resolvido – aquecer até ferver

1 kg de água a 20 °C · panela aberta (1), ferve a 100 °C · fechada (2), a 121 °C

Fórmula:

$$Q_1 = m c \Delta T$$

$$Q_2 = m c \Delta T$$

Substituição:

$$Q_1 = 1 \cdot 4\,186 \cdot 80$$

$$Q_2 = 1 \cdot 4\,186 \cdot 101$$

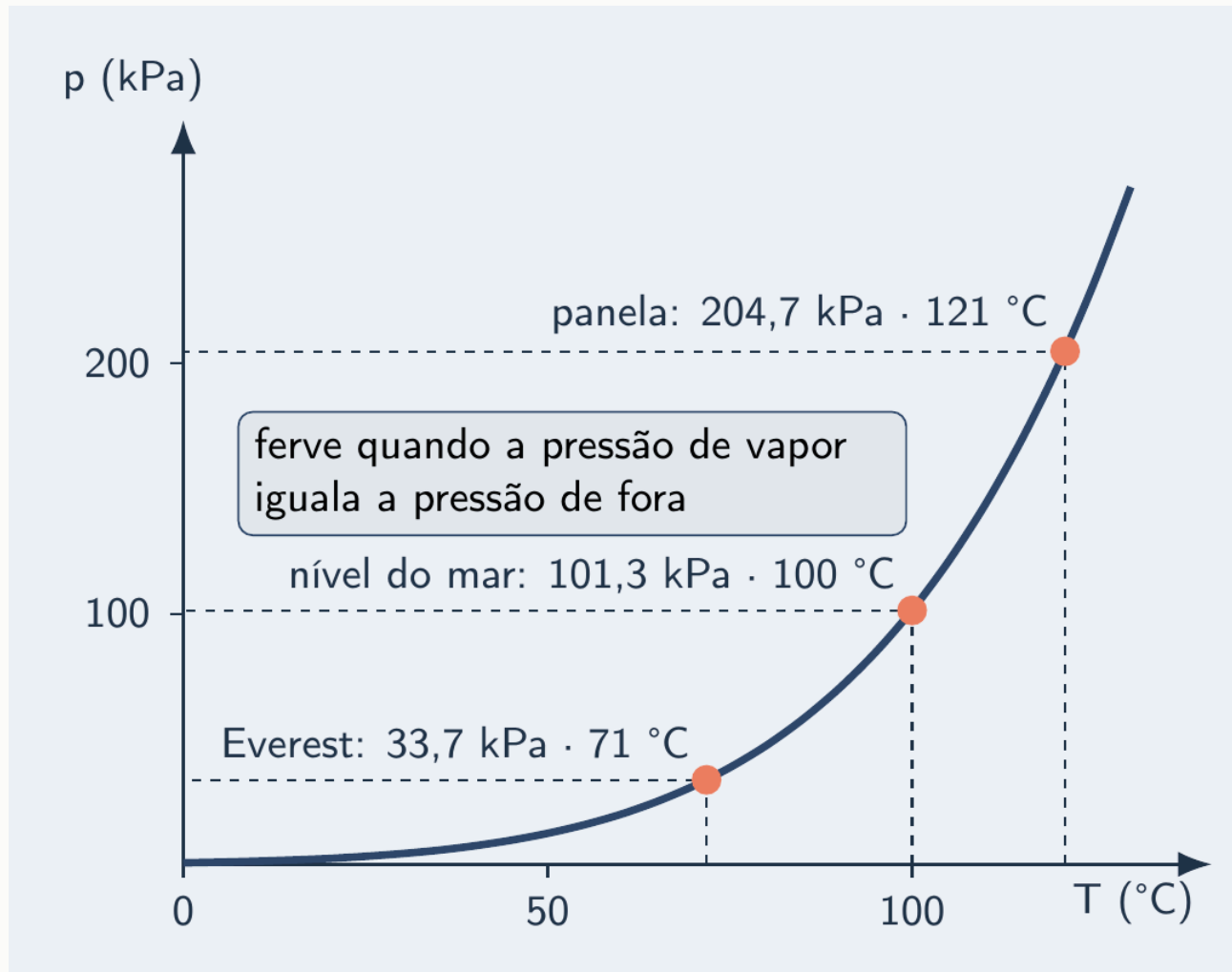
Resultado:

$$Q_1 \approx \mathbf{335\text{ kJ}}$$

$$Q_2 \approx \mathbf{423\text{ kJ}}$$

- 88 kJ a mais na fechada

Conceito 2 – Pressão de vapor



- empurrão do vapor · cresce com T
- ferve quando $p_{\text{vapor}} = p_{\text{fora}}$
- leitura: pressão no eixo vertical $\rightarrow$ curva $\rightarrow T$

Exemplo resolvido — a pressão de Vênus

Superfície de Vênus: cerca de 93 atm; $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$

Fórmula:

$$p (\text{kPa}) = 101,3 \cdot p (\text{atm})$$

Substituição:

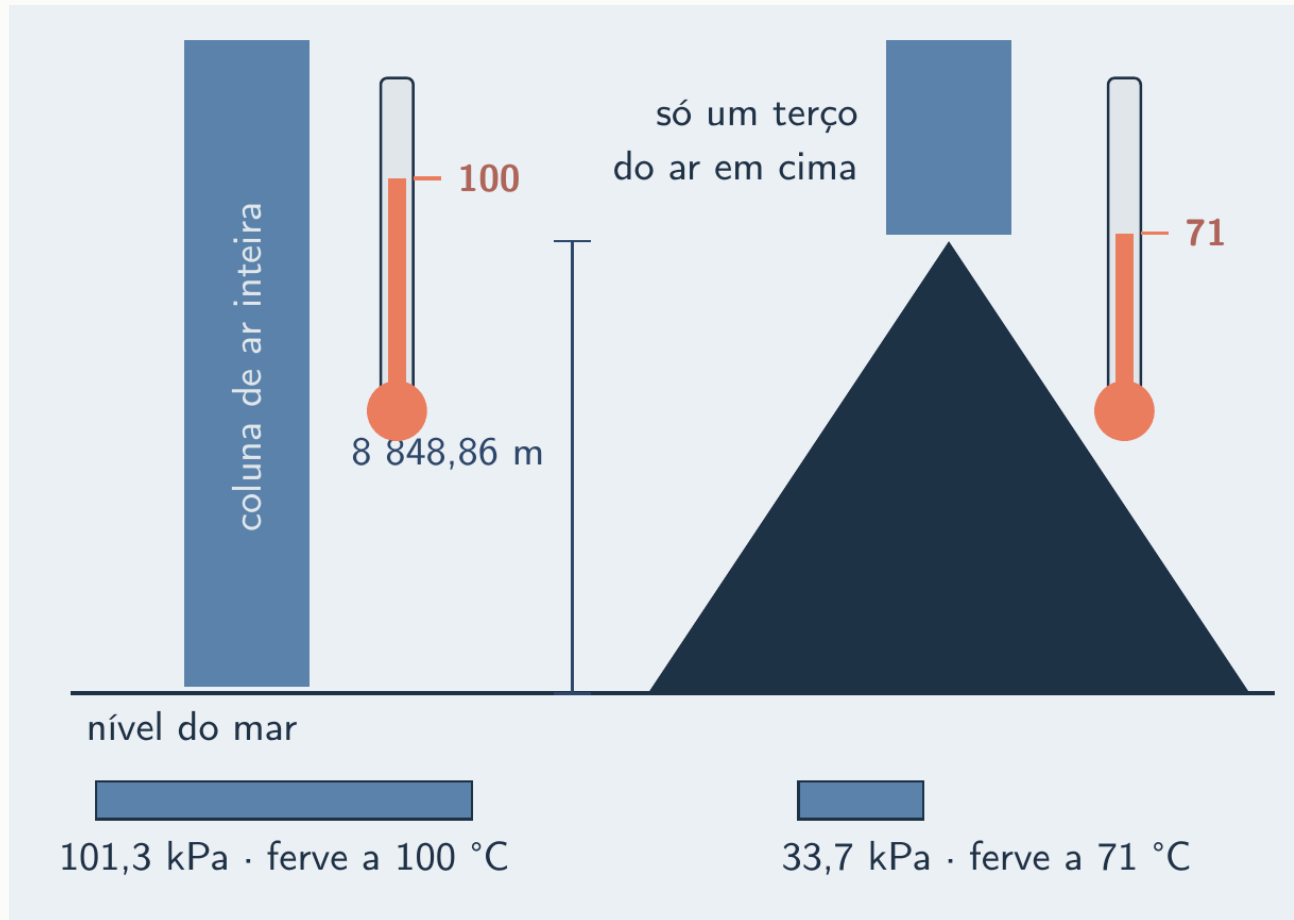
$$p = 101,3 \cdot 93$$

Resultado:

$$p \approx \mathbf{9\,400\,kPa}$$

- água só ferveria acima de $300\text{ }^{\circ}\text{C}$

Conceito 3 – Menos ar: o Everest



- pressão: peso do ar que está **em cima**
- cume: um terço do ar → ferve a 71 °C
- mais chama: mais vapor, **mesma** temperatura

Exemplo resolvido – o cume em atm

No topo, 33,7 kPa (253 torr); $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$

Fórmula:

$$p (\text{atm}) = \frac{p (\text{kPa})}{101,3}$$

Substituição:

$$p = \frac{33,7}{101,3}$$

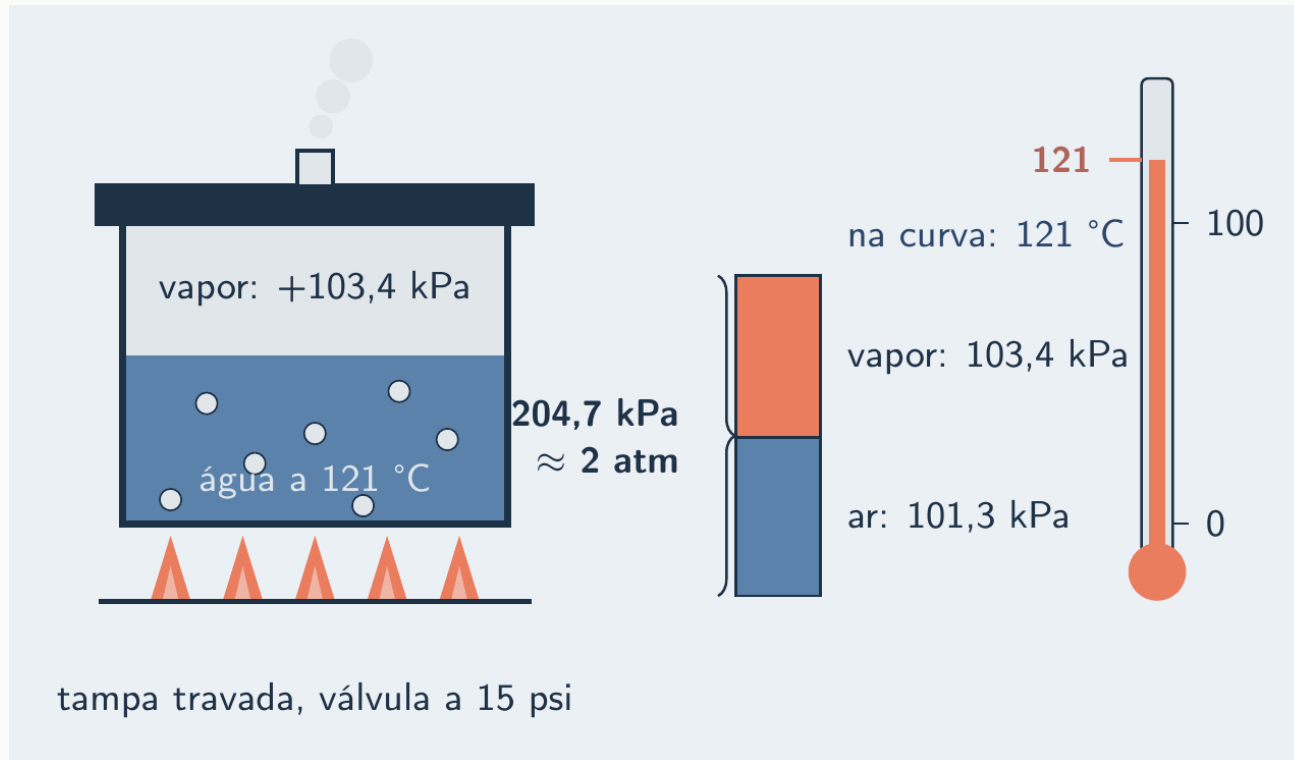
Resultado:

$$p \approx \mathbf{0,33 \text{ atm}}$$

- confere em torr:

$$\frac{253}{760} \approx 0,33$$

Conceito 4 – Mais pressão: a panela



- tampa prende o vapor · válvula regula
- **absoluta**: de fora + **manométrica**
- cozinha rápido por estar **mais quente**, não por "amolecer"

Exemplo resolvido – a válvula de 15 psi

Válvula a 15 psi acima do ar: $p_{\text{man}} = 15 \cdot 6,895 = 103,4 \text{ kPa}$

Fórmula:

$$p = p_{\text{atm}} + p_{\text{man}}$$

Substituição:

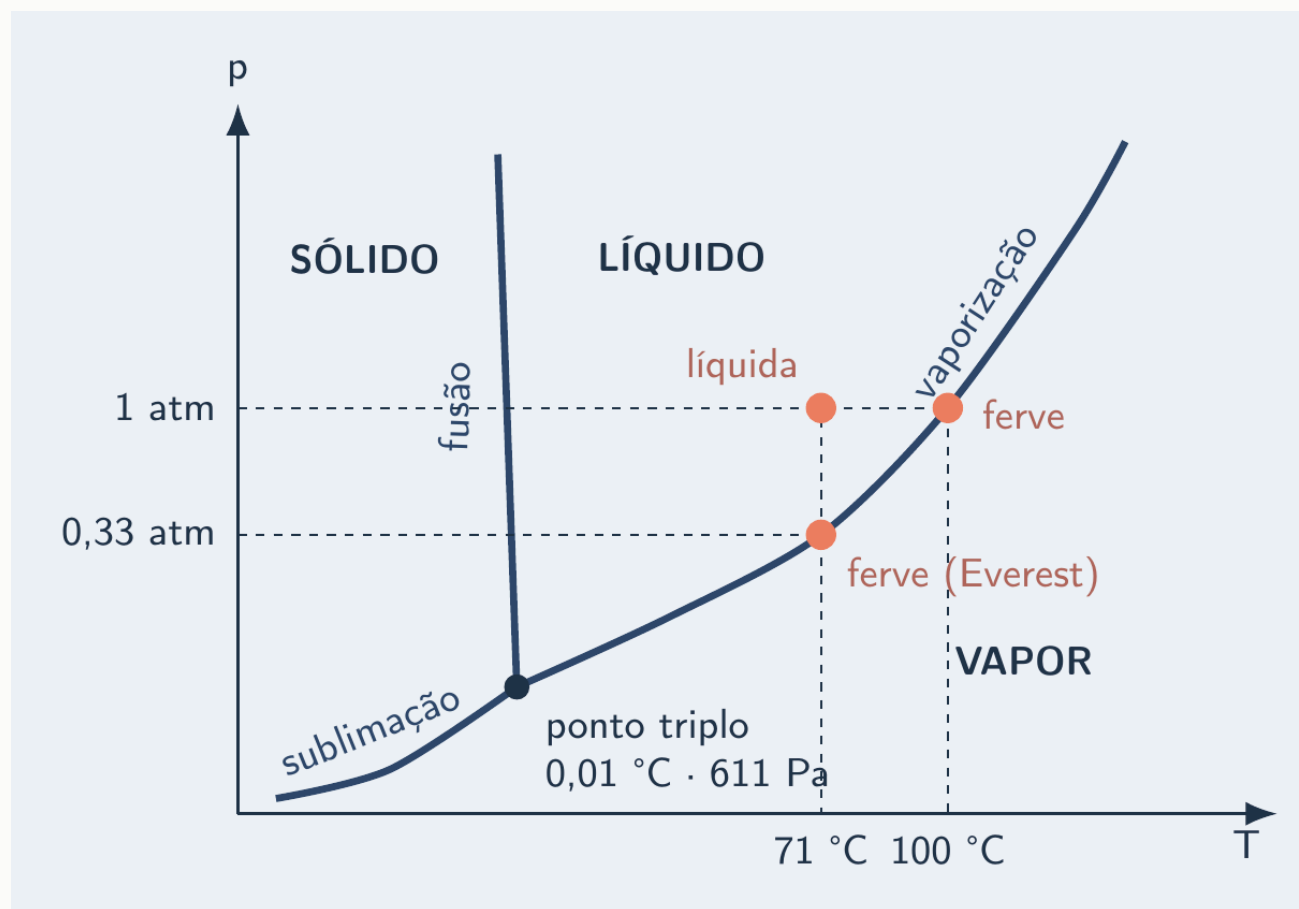
$$p = 101,3 + 103,4$$

Resultado:

$$p \approx \mathbf{204,7 \text{ kPa}}$$

- absoluta, cerca de 2 atm · a curva dá **121 °C**

Conceito 5 – Diagrama de fases



- 3 regiões · 3 curvas: fusão, vaporização, sublimação
- sobre a curva: duas fases juntas
- ponto triplo da água: **0,01 °C · 611 Pa**

Exemplo resolvido – três pontos no mapa

Estado da água em (1 atm; 100 °C), (1 atm; 71 °C), (0,33 atm; 71 °C)

Fórmula:

$$p_{\text{fora}} = p_{\text{vapor}}(T)$$

Substituição:

$$101,3 = 101,3$$

$$101,3 > 33$$

$$33,7 \approx 33$$

Resultado:

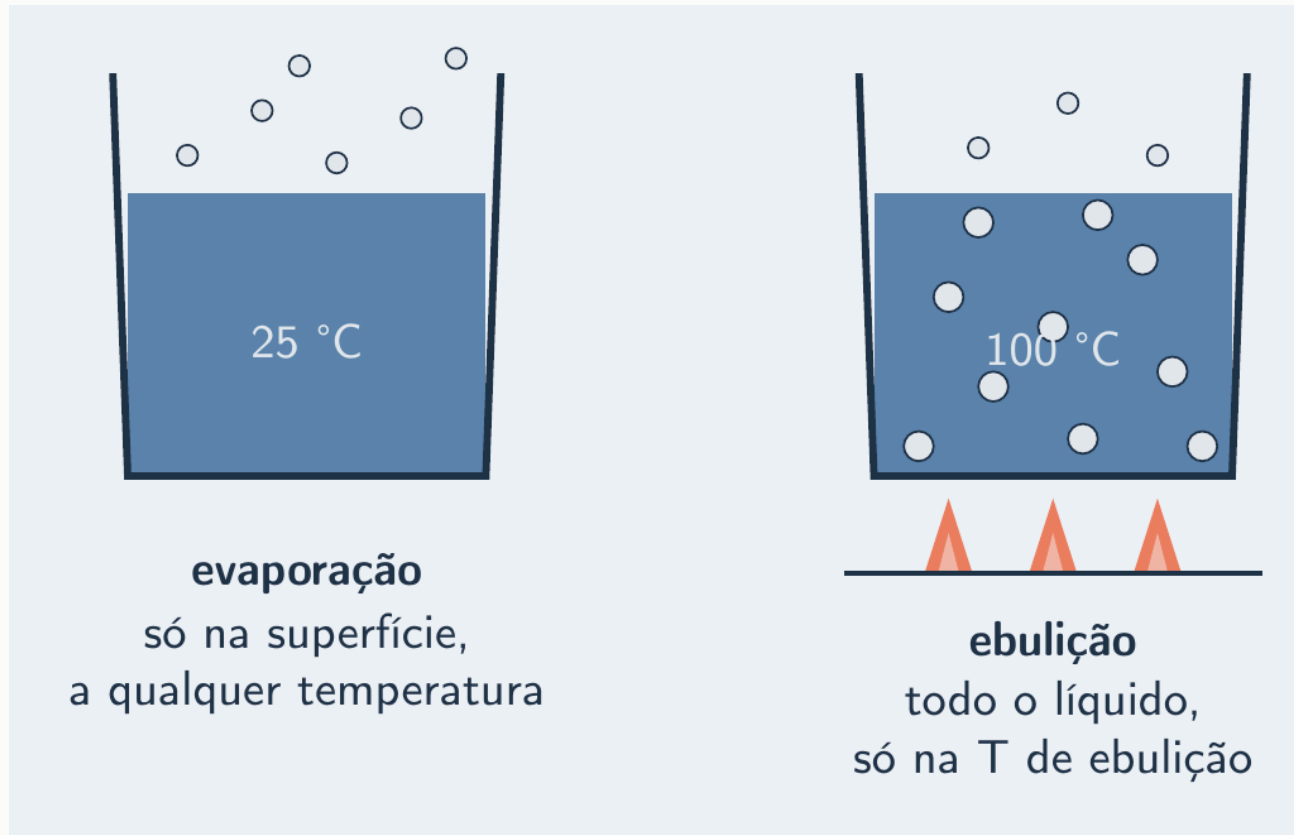
ferve

líquida

ferve

- pressões em kPa · decide o par (p, T)

Conceito 6 – Evaporação × ebulição



- evaporação: superfície · **qualquer** temperatura
- ebulição: bolhas no volume · **só** em um número
- evaporar rouba calor: suor, moringa

Exemplo resolvido – suor que some

10 g de suor evaporam da pele; L de cerca de 540 cal/g

Fórmula:

$$Q = m L$$

Substituição:

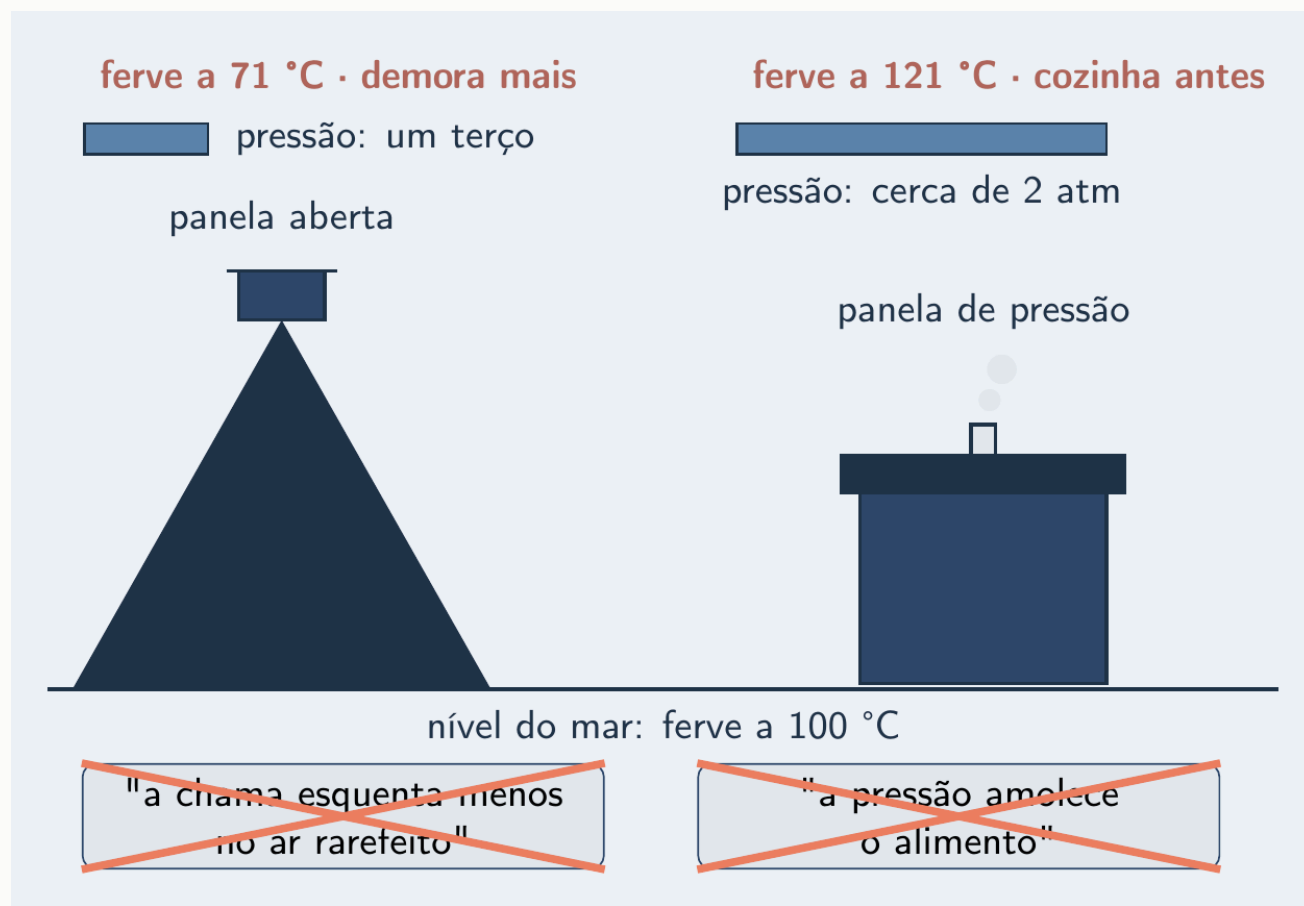
$$Q = 10 \cdot 540$$

Resultado:

$$Q \approx \mathbf{5\ 400\ cal}$$

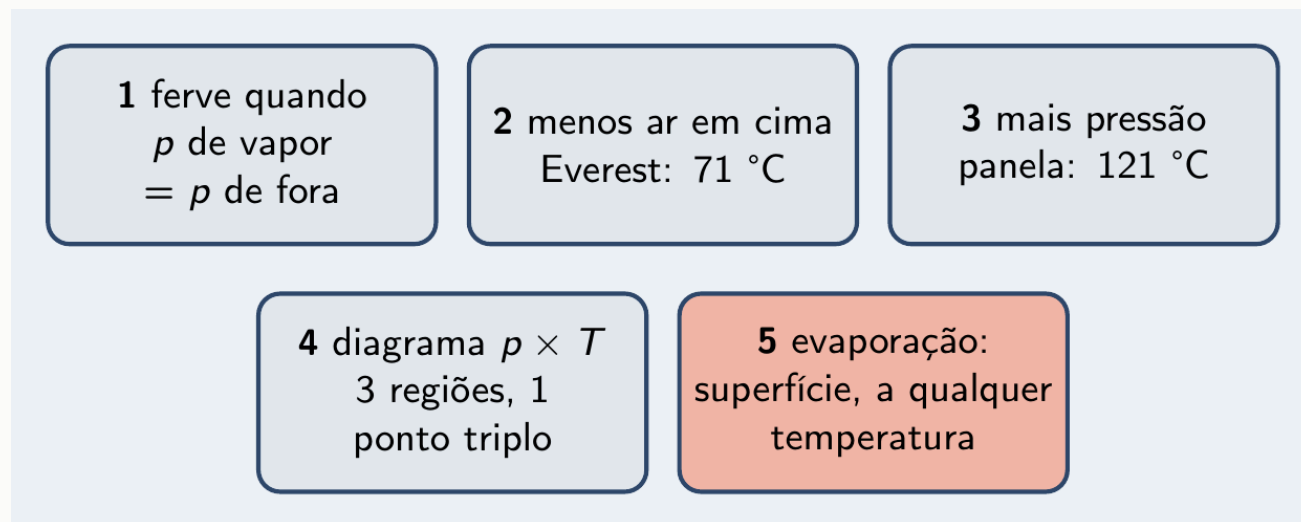
- tirados da pele

Radar ENEM



- ✗ "água ferve sempre a 100 °C"
- ✗ na montanha "a chama esquentava menos"
- ✗ 15 psi sem somar a atmosfera
- ✗ pressão que "amolece" o feijão
- ✓ altitude → menos pressão → ferve abaixo de 100 °C

Resumo em cinco peças



1. ferve: vapor iguala pressão externa
2. cume: 0,33 atm, 71 °C
3. panela: 2 atm, 121 °C
4. mapa $p \times T$, ponto triplo
5. evaporar não é ferver

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/t1/c9/lista>

Canarinho · lista do Episódio 9

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/t1/c9/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/t1/c9/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/termodinamica1/li>
[vro/](#)