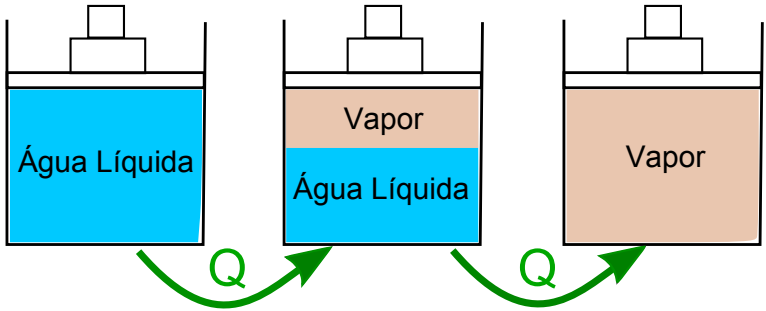
Propriedades de uma Substância Pura

1 Substância Pura

É aquela que tem composição química invariável e homogênea. Pode existir em várias fases.

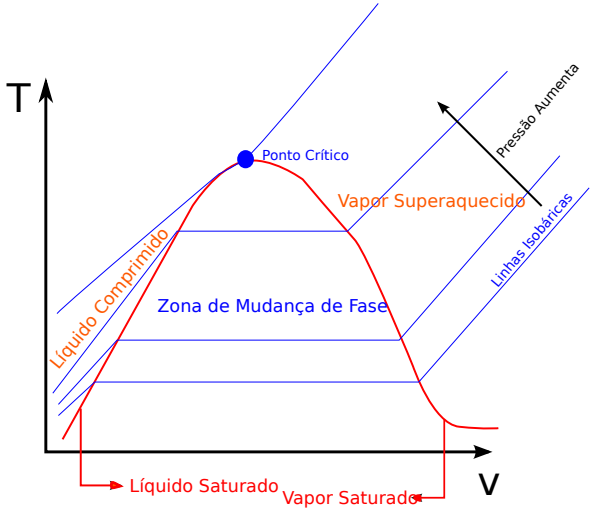
Uma mistura de gases, tal como o ar, pode ser considerada substância pura desde que não haja mudança de fase.

2 Equilíbrio de Fases



$$\boxed{\text{Título: } x = \frac{m_{\text{vapor}}}{m_{\text{total}}}}$$

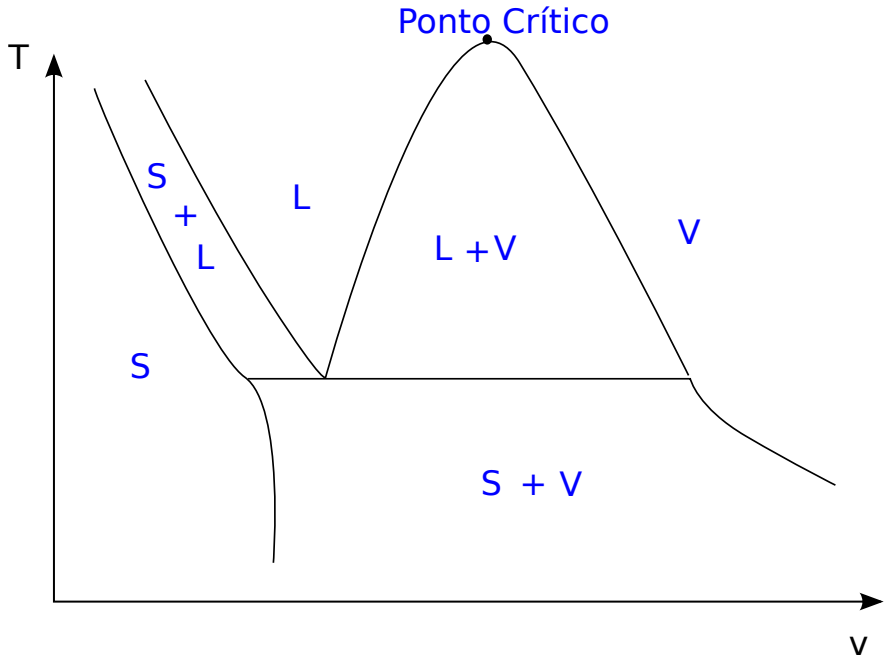
3 Diagrama T–v



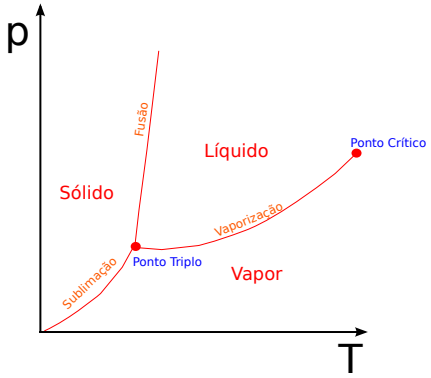
– linhas isobáricas

Comentários:

- Acima do ponto crítico não faz sentido diferenciar líquido de vapor.
- Vapor superaquecido e líquido comprimido.
- Não é o gráfico completo.


Ponto Crítico
T
S
+
L
L
L +V
V
S
S + V
v

4 Diagrama p–T



O estado de uma substância pura simples é definido por duas propriedades independentes.*

*Mostrar slides com diagramas p–T e superfícies termodinâmicas.

5 Equação de Estado - Gás Perfeito

- Equação na base molar:

$$p\overline{v} = \overline{R}T \qquad \left[\, \overline{R} = 8{,}3145\,\mathrm{kJ/(kmol \cdot K)} \,\right]$$

ou:

$$p\cancel{V} = n\overline{R}T$$

- Equação na base mássica:

$$pv = RT \qquad \left[R = \frac{\overline{R}}{M}, \text{tabelado} \right]$$

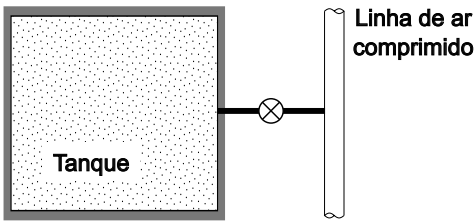
ou:

$$p\cancel{V} = mRT$$

Válido para baixas massas específicas!

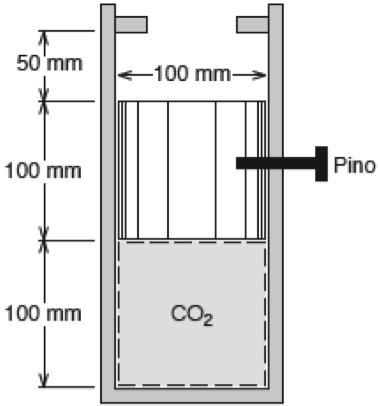
Exercício 1

Um tanque rígido com volume de $1\,\mathrm{m}^3$ contém ar a $1\,\mathrm{MPa}$ e $400\,\mathrm{K}$. O tanque está conectado a uma linha de ar comprimido do modo mostrado na figura. A válvula é então aberta e o ar escoa para o tanque até que a pressão alcance $5\,\mathrm{MPa}$. Nesta condição a válvula é fechada e a temperatura do ar no tanque é $177\,^{\circ}\mathrm{C}$. Qual a massa de ar antes e depois do processo de enchimento? Se a temperatura do ar no tanque carregado cair para $300\,\mathrm{K}$, qual será a pressão do ar neste novo estado?



Exercício 2

O conjunto cilindro-pistão mostrado na figura contém CO_2. Inicialmente, a pressão e a temperatura do CO_2 são iguais a 200 kPa e 290 K e o pistão está imobilizado por um pino. O pistão é construído com um material que apresenta massa específica igual a 8000 kg/m^3. O ambiente onde está localizado o conjunto está a 290 K e a pressão ambiente é igual a 101 kPa. O pino é então removido e espera-se até que a temperatura no gás atinja a temperatura do ambiente. Qual a nova posição do pistão? O pistão encosta nos esbarros?



6 Tabelas de Propriedades Termodinâmicas

Nas tabelas de estado saturado, pressão e temperatura não são independentes. Propriedades do vapor saturado e do líquido saturado são listadas.

Ex: volume específico.

$$\cancel{V} = \cancel{V}_{liq} + \cancel{V}_{vap} \quad \Rightarrow \quad mv = m_{liq}v_l + m_{vap}v_v$$

$$v = (1-x)v_l + xv_v$$

$$\text{Definindo: } v_{lv} = v_v - v_l \quad \Rightarrow \quad v = v_l + xv_{lv}$$

- Nas tabelas de vapor superaquecido pressão e temperatura são independentes.
- Nas tabelas de líquido comprimido, pressão e temperatura são in-

dependentes. O volume específico varia pouco – pode-se usar o valor do líquido saturado à mesma temperatura.

Exercício 3

Determine:

(a) v de R-134a a $40\,°\mathrm{C}$ e $x = 80\%$

(b) fase e v da água, $T = 300\,°\mathrm{C}$ e $p = 5\,\mathrm{MPa}$

(c) fase e v da amônia, $T = -10\,°\mathrm{C}$ e $p = 400\,\mathrm{kPa}$

(d) fase, x e T da água, $p = 100\,\mathrm{kPa}$ e $v = 1{,}8\,\mathrm{m}^3/\mathrm{kg}$

(e) fase, p e x da água, $T = 120\,°\mathrm{C}$ e $v = 0{,}5\,\mathrm{m}^3/\mathrm{kg}$

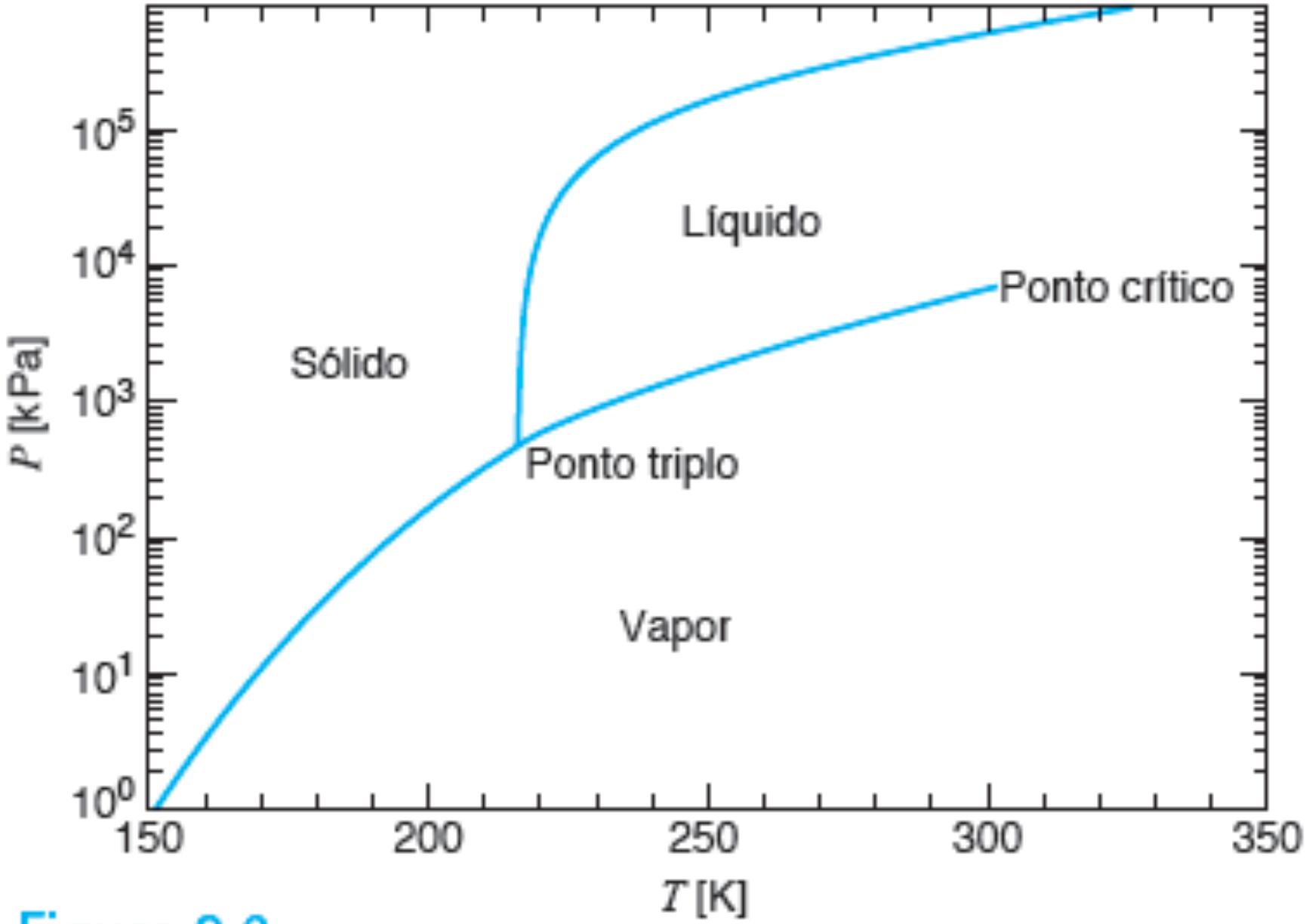


Figura 3.6
Diagrama de fases do dióxido de carbono.

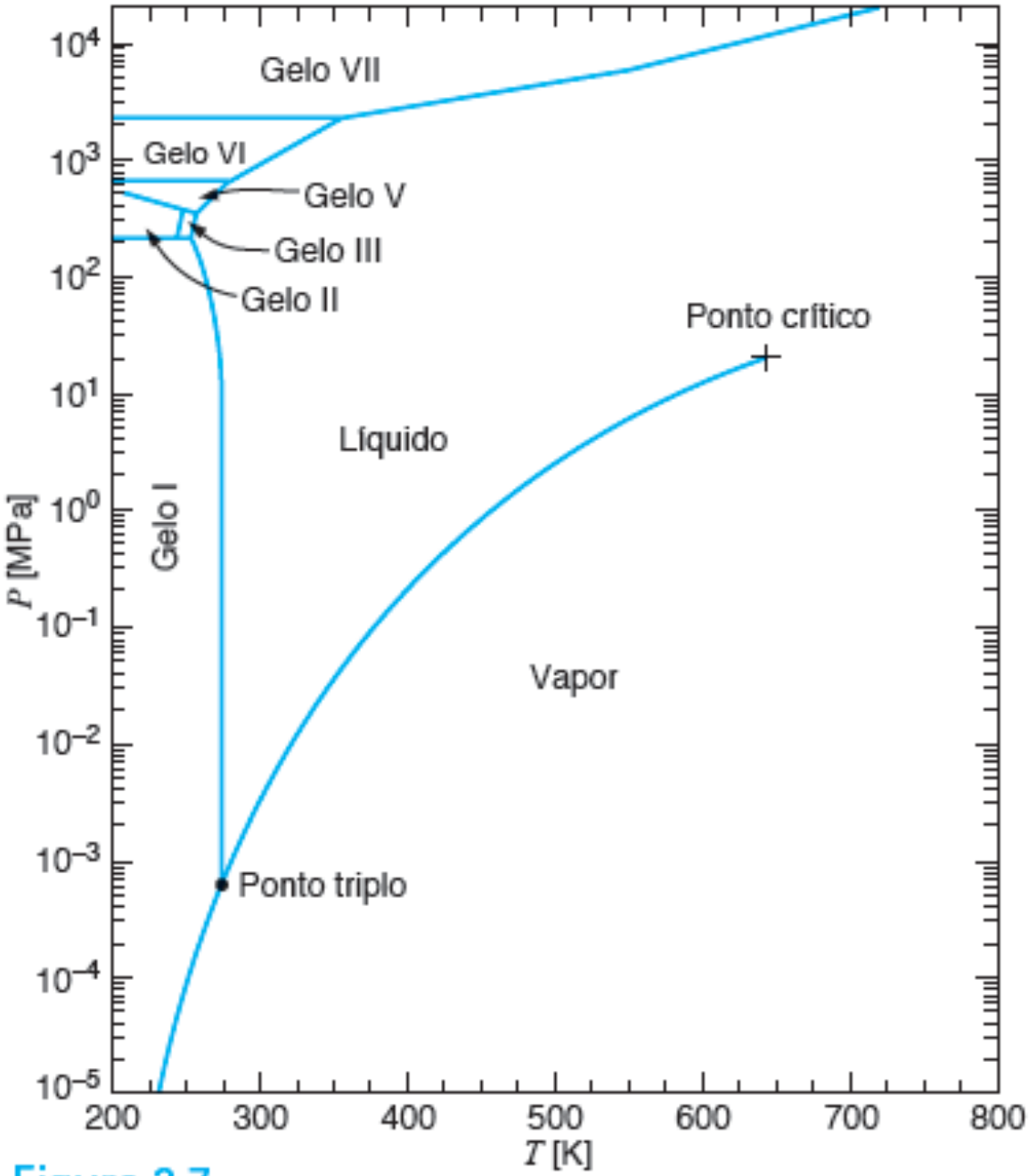


Figura 3.7
Diagrama de fases da água.

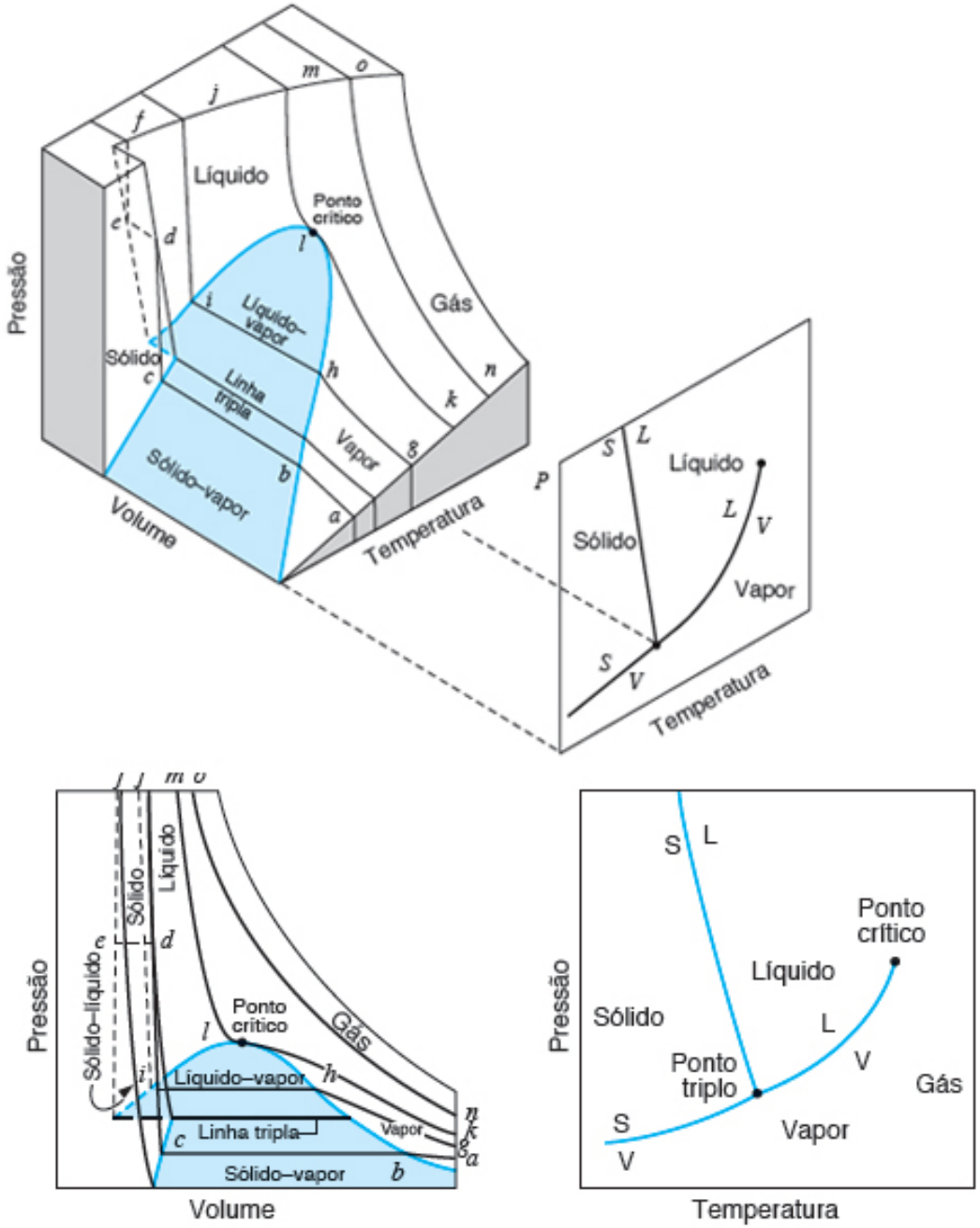


Figura 3.18
Superfície pressão–volume–temperatura para uma substância que expande na solidifação.

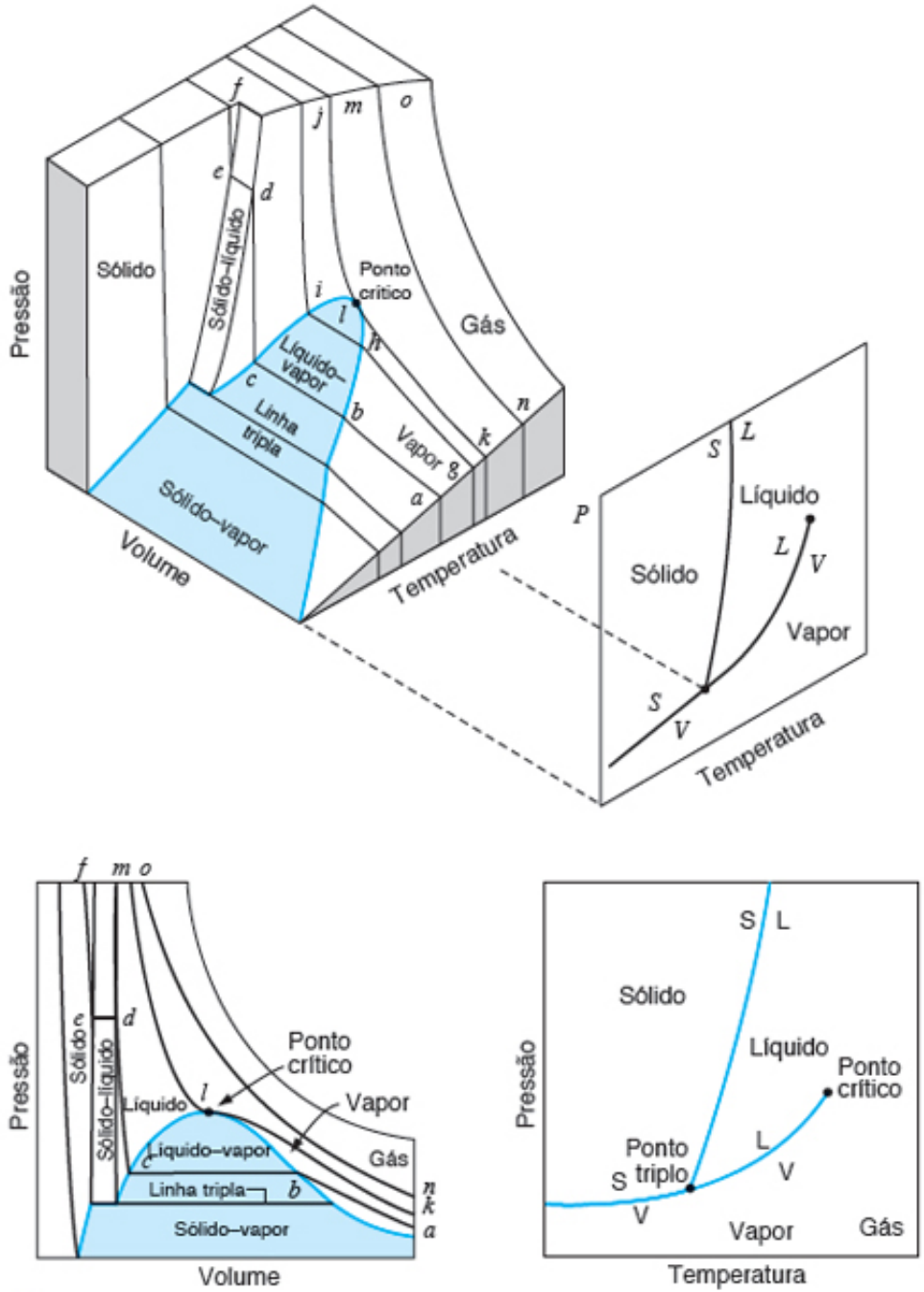


Figura 3.19
Superfície pressão–volume–temperatura para uma substância que contrai na solidificação.