TEA007 - TERMODINÂMICA AMBIENTAL
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
Departamento de Engenharia Ambiental, UFPR
P01, 18 Agosto 2017
Prof. Michael Mannich

P01

NOME: GABARITO Assinatura: _____

---

1 [10] Se a pressão de uma substância sofre aumento durante um processo de vaporização, a temperatura irá aumentar, diminuir ou permanecer constante? Estas propriedades são dependentes ou independentes na região de mistura saturada? Explique.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:
Durante um processo de vaporização, líquido e vapor saturados coexistem, e a temperatura é igual à temperatura de saturação. Como a temperatura de saturação é maior quanto maior a pressão, a temperatura vai aumentar. Na região de mistura saturada, a temperatura e a pressão não são propriedades independentes, pois, a uma dada pressão, existe uma única temperatura de saturação, e vice-versa. Assim, nesta região, não é possível variar uma propriedade sem alterar a outra. ■

Continue a solução no verso ⟹

2 [30] Suponha que você está subindo uma montanha e deseja determinar a altitude e só possui consigo termômetro, calculadora, tabelas termodinâmicas e conhecimento científico. Você então decide ferver água e medir a temperatura na qual ela entre em ebulição. Seu registro indicou $T = 94\,°\text{C}$. Determine a altitude considerando tabela que apresenta a variação da pressão atmosférica (em mmHg) em função da altitude. Lembre que $760\,\text{mmHg} = 101.325\,\text{kPa}$.

Tabela 1: **Variação da pressão atmosférica com a altitude**

Altitude (m)	Pressão (mmHg)	Altitude (m)	Pressão (mmHg)
0	760	1200	658
200	742	1400	642
400	724	1600	627
600	707	1800	612
800	690	2000	598
1000	674	3000	527

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:
Trata-se de uma mistura saturada de líquido e vapor d'água. Procura-se a pressão de saturação à temperatura $T = 94\,°\text{C}$. Da tabela B.1.1,

T (℃)	p (kPa)
90	70.14
94	81.668
95	84.55

Interpolando linearmente com um segmento de reta de inclinação

$$\frac{(84.55 - 70.14)\ \text{kPa}}{(95 - 90)\ ℃} = 2.882\,\text{kPa}℃^{-1},$$

a pressão de saturação a $T = 94\,°\text{C}$ é

$$\begin{aligned} p &= 70.14\,\text{kPa} + 2.882\,\text{kPa}℃^{-1}\,(94 - 90)\,℃, \\ &= 81.668\,\text{kPa}. \end{aligned}$$

Multiplicando por um fator de conversão de unidades,

$$p = 81.668\,\text{kPa}\frac{760\,\text{mmHg}}{101.325\,\text{kPa}} \approx 612.56\,\text{mmHg}.$$

Da tabela 1,

Altitude (m)	Pressão (mmHg)
1600	627
1792.5	612.56
1800	612

Interpolando linearmente com um segmento de reta de inclinação

$$\frac{(1600 - 1800)\ \text{m}}{(627 - 612)\ \text{mmHg}} \approx -13.33\,\frac{\text{m}}{\text{mmHg}},$$

a altitude em que a pressão é 612.56 mmHg é

$$\begin{aligned} h &\approx 1800\,\text{m} - 13.33\,\frac{\text{m}}{\text{mmHg}}\,(612.56 - 612)\ \text{mmHg}, \\ &\approx 1792.5\,\text{m}. \quad \blacksquare \end{aligned}$$

Continue a solução no verso ⟹

3 [30] Determine a fase e a pressão do metano a $T = 300\,\mathrm{K}$ e $v = 0.5\,\mathrm{m^3\,kg^{-1}}$. Explique a razão da consulta de cada tabela das propriedades termodinâmicas.

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:
Para identificar a fase, primeiramente consulta-se a tabela A.2, de onde encontra-se a temperatura crítica $T_c = 190.4\,\mathrm{K}$. A $300\,\mathrm{K} > T_c$, não é feita distinção entre líquido e vapor e, a rigor, utiliza-se apenas a designação de fluido. Entretanto, convencionalmente, refere-se a fluidos com temperatura superior à temperatura crítica como vapor superaquecido. Assim, para obter a pressão, consulta-se a tabela B.7.2, de onde encontra-se, para $T = 300\,\mathrm{K}$,

$v\ (\mathrm{m^3kg^{-1}})$	$p\ (\mathrm{kPa})$
0.38606	400
0.5	341.4
0.77475	200

Interpolando linearmente com um segmento de reta de inclinação

$$\frac{(200-400)\ \mathrm{kPa}}{(0.77475-0.38606)\ \mathrm{m^3kg^{-1}}} \approx -514.55\,\mathrm{kPa\,kg\,m^{-3}},$$

a pressão no estado desejado é

$$p \approx 400\,\mathrm{kPa} - 514.55\,\mathrm{kPa\,kg\,m^{-3}}\,(0.5-0.38606)\ \mathrm{m^3kg^{-1}} \approx 341.4\,\mathrm{kPa}. \quad \blacksquare$$

Continue a solução no verso ⟹

4 [30] Considere o dióxido de carbono a $p = 11\,\text{MPa}$ e $T = 150\,^\circ\text{C}$. Qual é a massa específica do dióxido de carbono nesse estado? Justifique a escolha de uso do modelo de gás ideal ou do diagrama generalizado de compressibilidade. Se usar o diagrama generalizado de compressibilidade, indique na figura a obtenção dos dados (destaque com caneta azul).

SOLUÇÃO DA QUESTÃO:
Da tabela A.2, o estado crítico do CO_2 é dado por

$$p_c = 7.38\,\text{MPa}, \quad T_c = 304.1\,\text{K}.$$

A temperatura em Kelvin do dióxido de carbono no estado considerado é

$$T = (150 + 273.15)\ \text{K} = 423.15\,\text{K},$$

e a pressão e a temperatura reduzidas são, respectivamente,

$$p_r = \frac{p}{p_c} = \frac{11\,\text{MPa}}{7.38\,\text{MPa}} \approx 1.49,$$
$$T_r = \frac{T}{T_c} = \frac{423.15\,\text{K}}{304.1\,\text{K}} \approx 1.39.$$

Do diagrama generalizado de compressibilidade, encontra-se $Z \approx 0.81$. Da tabela A.5, $R = 188.9\,\text{J}\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ para o CO_2 e, portanto, o volume específico é

$$v = \frac{ZRT}{p} = \frac{0.81 \times 188.9\,\text{Pa}\,\text{m}^3\,\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 423.15\,\text{K}}{11 \times 10^6\,\text{Pa}} \approx 0.005886\,\text{m}^3\text{kg}^{-1}.$$

A massa específica ρ é o inverso do volume específico,

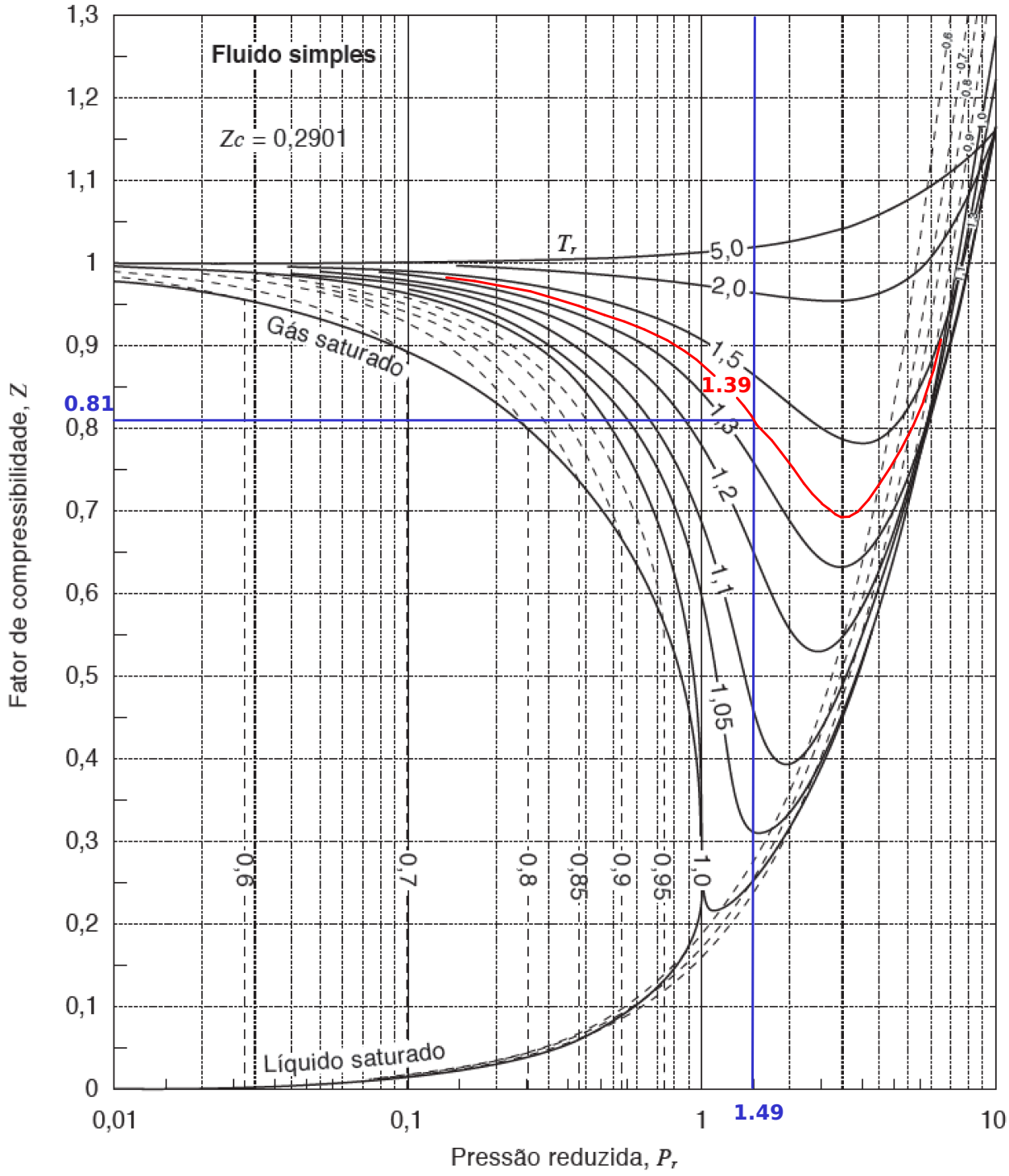
$$\rho = v^{-1} \approx 169.9\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}.$$

O uso do diagrama generalizado de compressibilidade é preferível, pois o fator de compressibilidade Z é consideravelmente diferente da unidade, indicando que o comportamento do CO_2 no estado dado no enunciado não é aquele de um gás ideal. Para um gás ideal, $Z = 1$, e sua massa específica neste estado é

$$\rho = \frac{p}{RT} \approx 137.6\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}.$$

Logo, a massa específica do gás é subestimada em 19 % do valor correto se é feita a hipótese de gás ideal. ■

Continue a solução no verso ⟹



Continue a solução no verso ⟹