

Apêndice



Equações de Estado

Grande parte das equações de estado explícitas na pressão pode ser escrita na forma de uma expressão com dois parâmetros. Nesses casos, a equação de estado é dita cúbica e tem a equação de gás ideal como um seu caso particular. A forma geral da equação cúbica é:

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2 + cbv + db^2}$$

com

$$b = b_0 \frac{RT_c}{P_c} \quad \text{e} \quad a = a_0 \frac{R^2 T_c^2}{P_c}$$

Em que os parâmetros (a, b) juntamente com (c, d) e o fator acêntrico definem o modelo, conforme a Tabela D.1.

O fator acêntrico é obtido do valor da pressão de saturação da substância na temperatura reduzida $T_r = 0,7$.

$$\omega = -\frac{\ln p_r^{sat}(\text{avaliada em } T_r = 0,7)}{\ln 10} - 1$$

Tabela D.1

Equações de estado

Modelo	c	d	b_0	a_0
Gás ideal	0	0	0	0
Van der Waals	0	0	1/8	27/64
Redlich-Kwong	1	0	0,08664	$0,42748 (T_r)^{-1/2}$
Soave	1	0	0,08664	$0,42748 [1 + f(1 - (T_r)^{1/2})^2]$
Peng-Robinson	2	-1	0,0778	$0,45724 [1 + f(1 - (T_r)^{1/2})^2]$

$$f = 0,48 + 1,574\omega - 0,176\omega^2 \quad \text{modelo de Soave}$$

$$f = 0,37464 + 1,54226\omega - 0,26992\omega^2 \quad \text{modelo de Peng-Robinson}$$

Tabela D.2

Equação de estado de Lee–Kesler

A equação generalizada de estado de Lee–Kesler é:

$$Z = \frac{P_r v'_r}{T_r} = 1 + \frac{B}{v'_r} + \frac{C}{v_r'^2} + \frac{D}{v_r'^5} + \frac{c_4}{T_r^3 v_r'^2} \left(\beta + \frac{\gamma}{v_r'^2} \right) \exp \left(-\frac{\gamma}{v_r'^2} \right)$$

$$B = b_1 - \frac{b_2}{T_r} - \frac{b_3}{T_r^2} - \frac{b_4}{T_r^3}$$

$$C = c_1 - \frac{c_2}{T_r} + \frac{c_3}{T_r^3}$$

$$D = d_1 + \frac{d_2}{T_r}$$

Em que:

$$T_r = \frac{T_r}{T_c} \quad P_r = \frac{P_r}{P_c} \quad v'_r = \frac{v}{RT_c/P_c}$$

Os valores das constantes são os seguintes:

Constante	Fluido simples	Constante	Fluido simples
b_1	0,1181193	c_3	0,0
b_2	0,265728	c_4	0,042724
b_3	0,154790	$d_1 \times 10^4$	0,155488
b_4	0,030323	$d_2 \times 10^4$	0,623689
c_1	0,0236744	β	0,65392
c_2	0,0186984	γ	0,060167

Tabela D.3

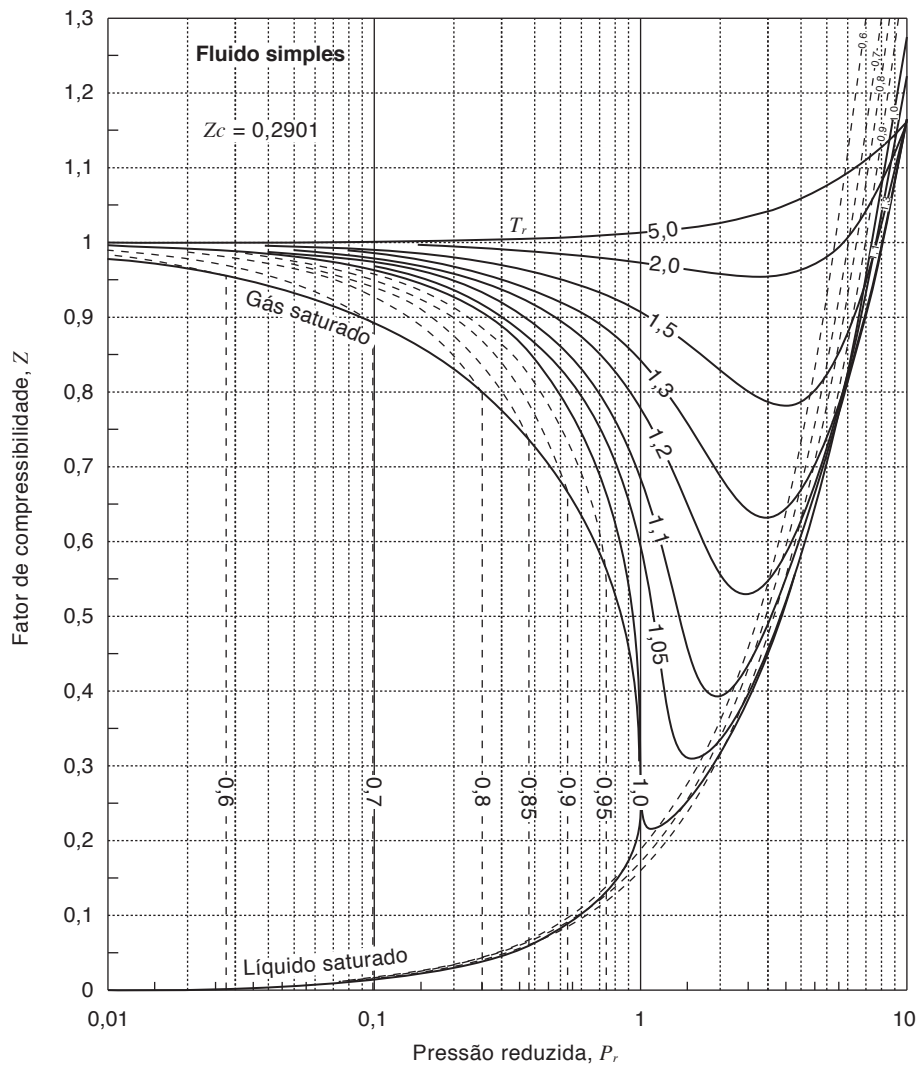
Fatores de compressibilidade na saturação líquido–vapor (fluido simples de Lee–Kesler)

T_r	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	1
P_r^{sat}	2,7E–4	4,6E–3	0,028	0,099	0,252	0,373	0,532	0,737	1
Z_f	6,5E–5	9,5E–4	0,0052	0,017	0,042	0,062	0,090	0,132	0,29
Z_v	0,999	0,988	0,957	0,897	0,807	0,747	0,673	0,569	0,29

Tabela D.4

Fatores acêntricos de algumas substâncias

Substância			Substância		
		ω			ω
Água	H ₂ O	0,344	Hélio	He	−0,365
Amônia	NH ₃	0,25	Metano	CH ₄	0,011
Argônio	Ar	0,001	Neônio	Ne	−0,029
Bromo	Br ₂	0,108	Nitrogênio	N ₂	0,039
<i>n</i> -Butano	C ₄ H ₁₀	0,199	R-32		0,277
Etano	C ₂ H ₆	0,099	R-125		0,305

**Figura D.1**

Fator de compressibilidade para o fluido de Lee-Kesler simples.

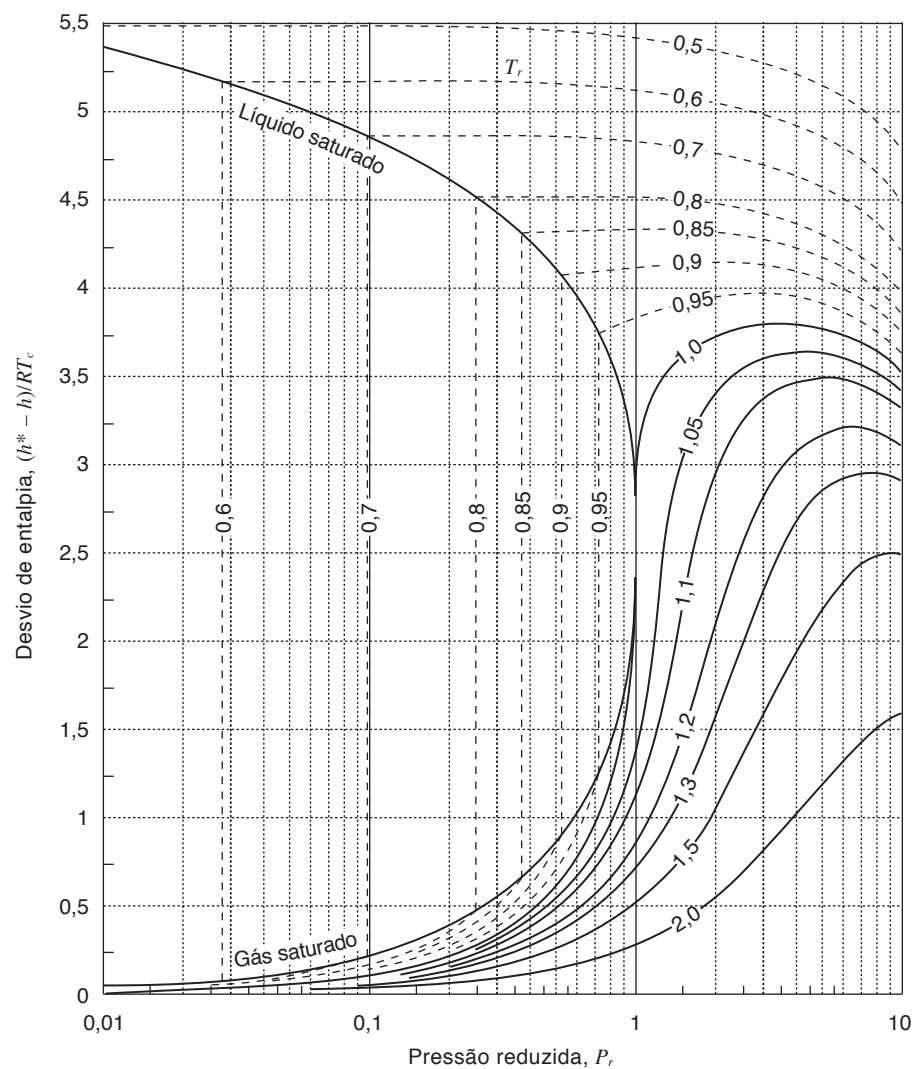


Figura D.2

Desvio de entalpia para o fluido de Lee-Kesler simples.

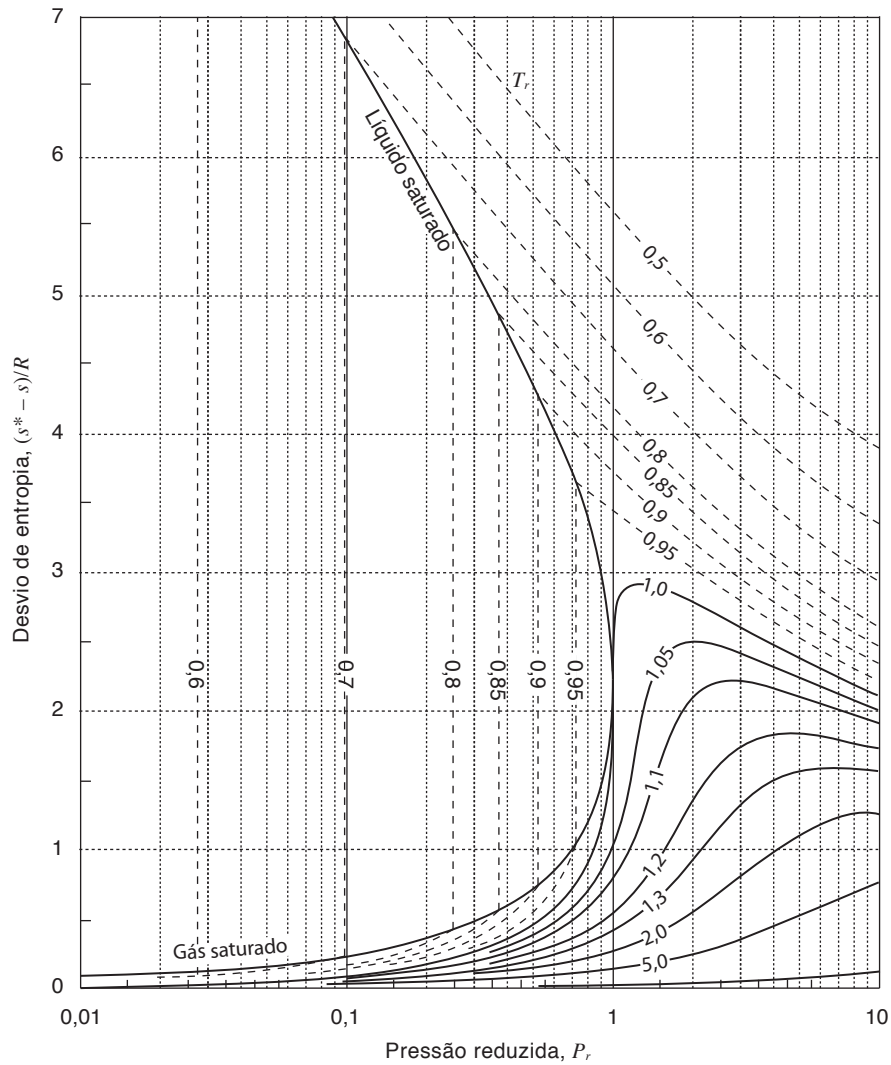


Figura D.3

Desvio de entropia para o fluido de Lee-Kesler simples.