



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
 Instituto Politécnico
 Curso de Engenharia Mecânica

IPRJ02-10669 Bombas e Compressores
4ª Lista de Exercícios

1ª **Questão:** Considere o seguinte compressor de ar e seus respectivos parâmetros de serviço:

Velocidade de rotação	8.100 rpm	
Massa molar	28,97 kg/kmol	
Z	1	
$k = c_p/c_v$	1,4	
Potência motriz	1267,6 kW	
Eficiência politrópica (η_p)	0,76	
	Sucção	Descarga
Temperatura (K)	305,4	-
Pressão (kPa)	100	379
Vazão (m ³ /min)	311,5	-

Uma mudança operacional exige que o mesmo equipamento trabalhe a uma pressão na descarga maior igual a 413,7 kPa. Considerando as condições do gás, temperatura e pressão na sucção constantes, qual a nova velocidade de rotação do compressor? Qual a nova potência motriz?

Considere ainda os seguintes limites operacionais do equipamento e verifique se os mesmos estão válidos na nova condição:

Temperatura máxima: $T_{max} = 525 K$

Pressão máxima: $P_{max} = 450 kPa$

Velocidade máxima: $V_{max} = 10800 rpm$

Velocidade mínima: $V_{min} = 4800 rpm$

2ª **Questão:**

Deseja-se escolher um equipamento para realizar a compressão de uma mistura de hidrocarbonetos e nitrogênio. A composição do gás é constante, dada na Tabela 1. A Tabela 2 mostra as condições de serviço que precisam ser atendidas e a Tabela 3 a lista de equipamentos disponíveis.

Tabela 1: Composição do gás.

	x_i	M_i (kg/kmol)
Metano	0,868	16,04
Etano	0,094	30,07
Propano	0,024	44,1
Nitrogênio	0,014	28

Tabela 2: Parâmetros de serviço.

	Sucção	Descarga
Vazão mássica	1.500 kg/min	
Temperatura (K)	305 K	-
Pressão (kPa)	750	2.000
Compressibilidade (Z)	0,9881	0,9956
$k = c_p/c_v$	1,32	1,26

Tabela 3: Lista de equipamentos e suas especificações.

	Q_s	Nº est.	N (rpm)	η_P	\hat{H}/N^2 por est.	Máx. Q/N
A	7 – 70	6	15.000	0,75	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,0042
B	23 – 255	6	11.500	0,76	$2,2 \cdot 10^{-4}$	0,0182
C	142 – 708	8	8.000	0,80	$4,5 \cdot 10^{-4}$	0,0812
D	425 – 991	8	6.000	0,82	$7,5 \cdot 10^{-4}$	0,154
E	850 – 1.982	6	5.000	0,83	$12 \cdot 10^{-4}$	0,336
F	1.557 – 3.540	6	3.000	0,84	$30 \cdot 10^{-4}$	1,4
G	2.832 – 4.814	4	2.700	0,84	$36 \cdot 10^{-4}$	1,82

Q_s [m^3/min]: vazão volumétrica na sucção.

\hat{H}/N^2 [$J/(kg\ rpm^2)$]: razão de carga específica pelo quadrado da velocidade de rotação, por estágio de compressão.

Máx Q/N [$m^3/(min\ rpm)$]: valor máximo, por equipamento, para a razão da vazão volumétrica pela velocidade de rotação.

- Qual o equipamento atende aos requisitos citados?
- Quantos estágios de compressão serão necessários para atender aos requisitos citados?
- Qual a velocidade de rotação adequada para atender aos requisitos citados?
- Qual o consumo do motor do equipamento que atende aos requisitos citados?

3ª Questão:

Um equipamento de compressão de ar ($M = 29\ kg/kmol$, $Z = 1$ e $k = 1,4$) possui os seguintes parâmetros de serviço:

Vazão mássica	230 kg/min	
Velocidade de rotação	4.800 rpm	
	Sucção	Descarga
Temperatura (K)	297	580
Pressão (kPa)	120	880

Devido à mudanças operacionais, a pressão na sucção é alterada para 145 kPa . As propriedades do fluido e a temperatura de sucção não sofrem variação. Considere o processo de compressão adiabático e a eficiência constante.

- Determine a nova velocidade de rotação do compressor para que a pressão na descarga seja mantida constante.
- Qual será o efeito na temperatura do fluido na descarga, considerando a pressão na descarga constante? Determine o valor da nova temperatura na descarga.

4ª Questão:

A curva a seguir representa o desempenho de um compressor centrífugo a ser instalado em um sistema que irá operar nas seguintes condições:

Massa molar ($kg/kmol$)	27,44	
$k = c_p/c_v$	1,3	
	Sucção	Descarga
Temperatura ($^{\circ}C$)	57	-
Pressão (kPa)	200	750

Determine a vazão de operação, a potência motriz e a temperatura na descarga. Considere o trabalho de compressão adiabático.

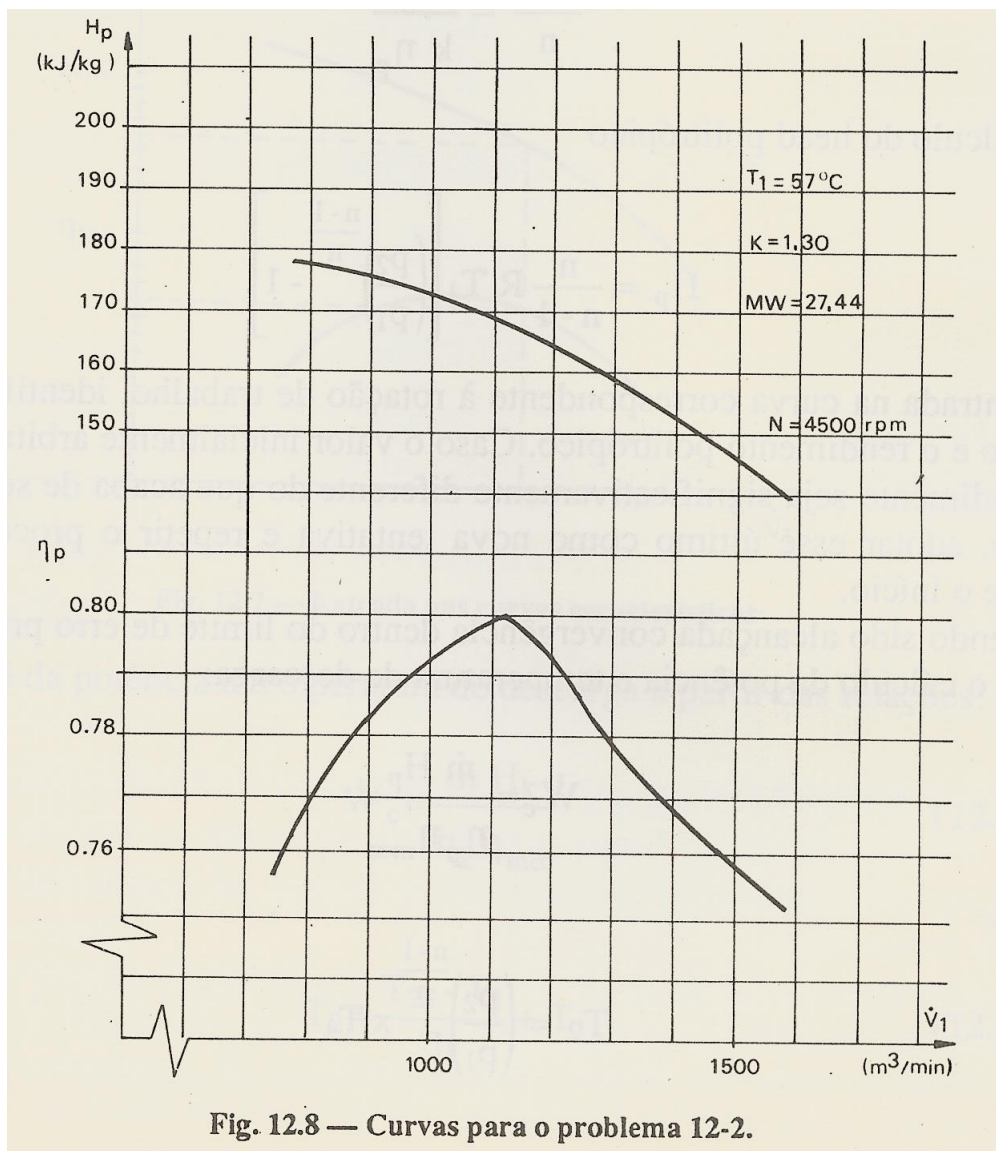


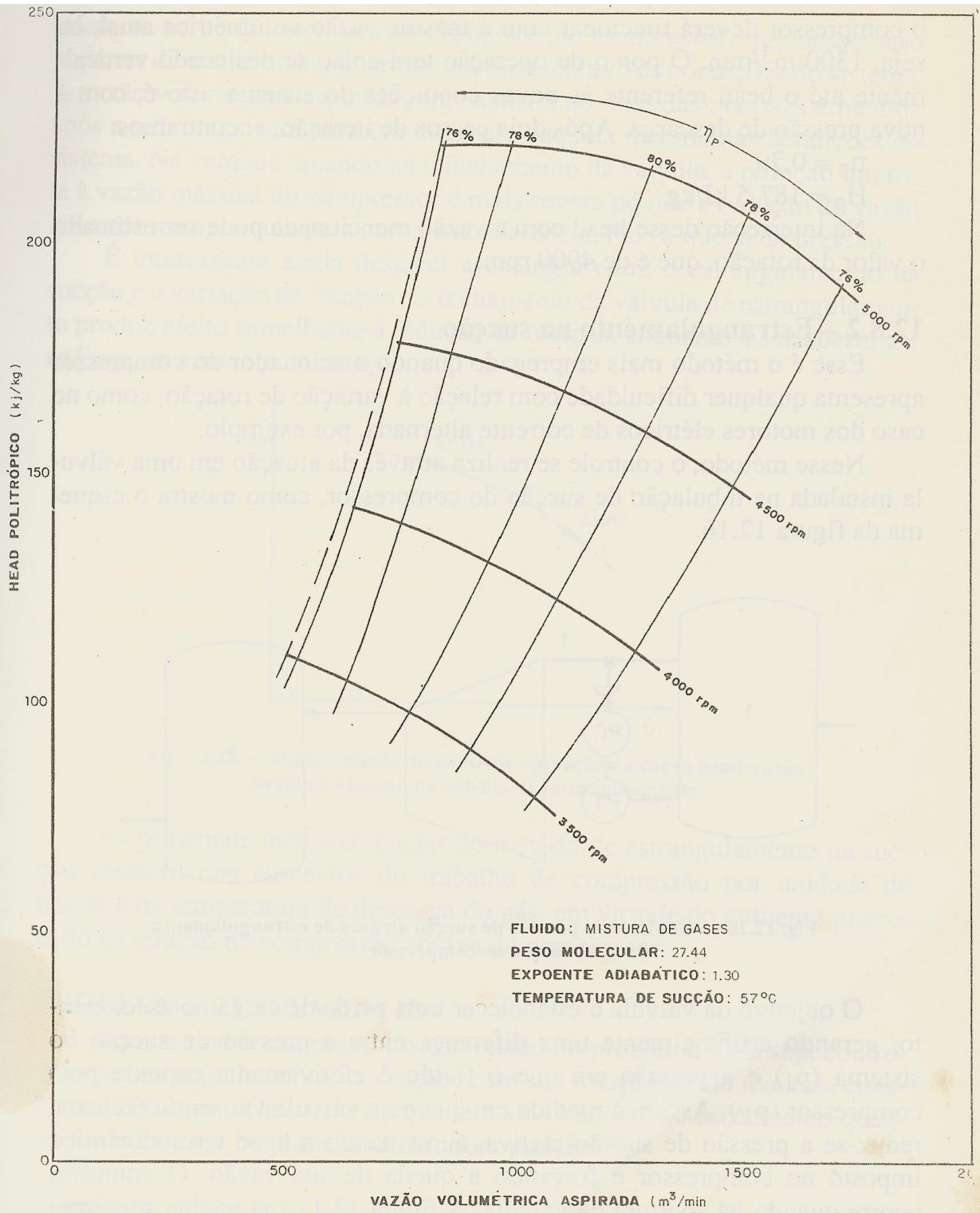
Fig. 12.8 — Curvas para o problema 12-2.

5ª Questão:

O compressor centrífugo cujas curvas características são apresentadas no gráfico a seguir, opera com velocidade de rotação de 5.000 rpm e sob os seguintes parâmetros:

Massa molar ($kg/kmol$)	26	
$k = c_p/c_v$	1,3	
	Sucção	Descarga
Temperatura ($^{\circ}C$)	57	-
Pressão (kPa)	200	1071

Uma manobra será feita que levará a pressão na descarga para 892 kPa . Qual será a nova velocidade de rotação, considerando que a vazão de aspiração e os demais parâmetros permanecem constantes. Considere o processo adiabático. Determine também a nova potência motriz.



Considere o equipamento a seguir na solução das Questões 6, 7 e 8.

Um compressor opera inicialmente nas seguintes condições de serviço:

Velocidade de rotação	6.000 rpm	
Massa molar ($kg/kmol$)	29	
Z	0,98	
$k = c_p/c_v$	1,4	
	Sucção	Descarga
Temperatura (K)	307	565
Pressão (kPa)	100	620
Vazão volumétrica (m^3/min)	210,5	-

Ocorreram mudanças no processo que levaram a pressão na sucção para 135 kPa e a temperatura na sucção para 320 K . Considere o trabalho de compressão adiabático.

6ª Questão: Determine a nova velocidade de rotação do compressor sabendo que a pressão na descarga é mantida constante. Calcule os demais parâmetros para esta nova condição:

- A nova vazão volumétrica na entrada.
- A nova temperatura real na descarga.
- A nova potência motriz.

7ª Questão: Sabendo que a razão de compressão é definida como:

$$R_p = \frac{P_D}{P_S}$$

Determine a nova velocidade de rotação do compressor para manter a razão de compressão constante. Calcule os demais parâmetros para esta nova condição:

- A nova vazão volumétrica na entrada.
- A nova temperatura na descarga.
- A nova potência motriz.

8ª Questão: Determine a nova velocidade de rotação do compressor para manter a vazão mássica constante. Calcule os demais parâmetros para esta nova condição:

- A nova temperatura na descarga.
- A nova potência motriz.

9ª Questão: Deseja-se escolher um equipamento para realizar a compressão de ar ($M = 29 kg/kmol$ e $k = 1,4$). A Tabela 1 mostra as condições de serviço que precisam ser atendidas.

Tabela 1: Parâmetros de serviço.

	Sucção	Descarga
Vazão mássica	800 kg/min	
Temperatura (K)	305 K	-
Pressão (kPa)	100	520

Considere a Tabela 3 da **2ª Questão** e escolha qual o equipamento mais adequado para realizar o serviço de compressão, bem como a velocidade de rotação e número de estágios adequados. Determine ainda a potência motriz do equipamento.

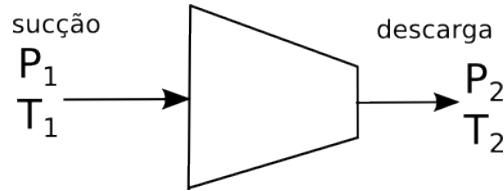
Folha de Dados:

Número adimensionais de turbomáquinas:

$$C_H = \frac{gH}{D^2 N^2}$$

$$C_Q = \frac{Q}{ND^3}$$

$$C_P = \frac{P_m}{\rho N^3 D^5}$$



Processo Adiabático	Processo Politrópico
$P V^k = \text{constante}$	$P V^n = \text{constante}$
$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k}$	$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(n-1)/n}$
$\hat{H}_{AD} = \frac{Z R T_1}{M} \left(\frac{k}{k-1}\right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} - 1\right]$	$\hat{H}_P = \frac{Z R T_1}{M} \left(\frac{n}{n-1}\right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(n-1)/n} - 1\right]$
$\eta_{AD} = \frac{(\Delta T)_{AD}}{(\Delta T)_{Real}}$	$\eta_P = \frac{(k-1)/k}{(n-1)/n}$

Nomenclatura:

D , diâmetro do impelidor
 H , carga (energia/peso)
 \hat{H} , carga específica (energia/massa)
 M , massa molar
 M_i , massa molar do componente i
 N , velocidade de rotação
 P_m , potência motriz

Q , vazão volumétrica
 $R = 8,314 \text{ J}/(\text{K mol})$, constante universal dos gases
 x_i , fração molar do componente i
 ρ , massa específica
 η_{AD} , eficiência adiabática
 η_P , eficiência politrópica

Gabarito

4ª Questão:

Vazão de operação na sucção: $1.390 \text{ m}^3/\text{min}$

Potência motriz: $9,3 \text{ MW}$

Temperatura na descarga: 483 K

5ª Questão:

Velocidade de rotação: 4.666 rpm

Potência motriz: $9,8 \text{ MW}$

6ª Questão:

Velocidade de rotação: 5.471 rpm

Vazão volumétrica na entrada: $191,9 \text{ m}^3/\text{min}$

Temperatura real na descarga: $534,5 \text{ K}$

Potência motriz: $1,01 \text{ MW}$

7ª Questão:

Velocidade de rotação: 6.126 rpm

Vazão volumétrica na entrada: $214,9 \text{ m}^3/\text{min}$

Temperatura real na descarga: $588,9 \text{ K}$

Potência motriz: $1,42 \text{ MW}$

8ª Questão:

Velocidade de rotação: 4.633 rpm

Temperatura real na descarga: $473,8 \text{ K}$

Potência motriz: 615 kW