



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

LABORATÓRIOS INTEGRADOS EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

TRABALHO PRÁTICO MF2

**DETERMINAÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA DE UMA BOMBA
CENTRÍFUGA (GILKES)**

1. Objetivos

Determinação experimental da:

- Curva característica de uma bomba
 - Curva do rendimento
 - Curva de potência
 - Curvas dos respectivos parâmetros adimensionais (altura de carga, potência e caudal)
- Utilização do estroboscópio.



Figura 1 – Vista geral da instalação para o ensaio da bomba de Gilkes.

2. Materiais e Métodos

2.1. Descrição da instalação experimental

O trabalho prático é realizado na instalação representada na figura 1, recorrendo-se ainda a um taquímetro mecânico e a um estroboscópio (figura 3).

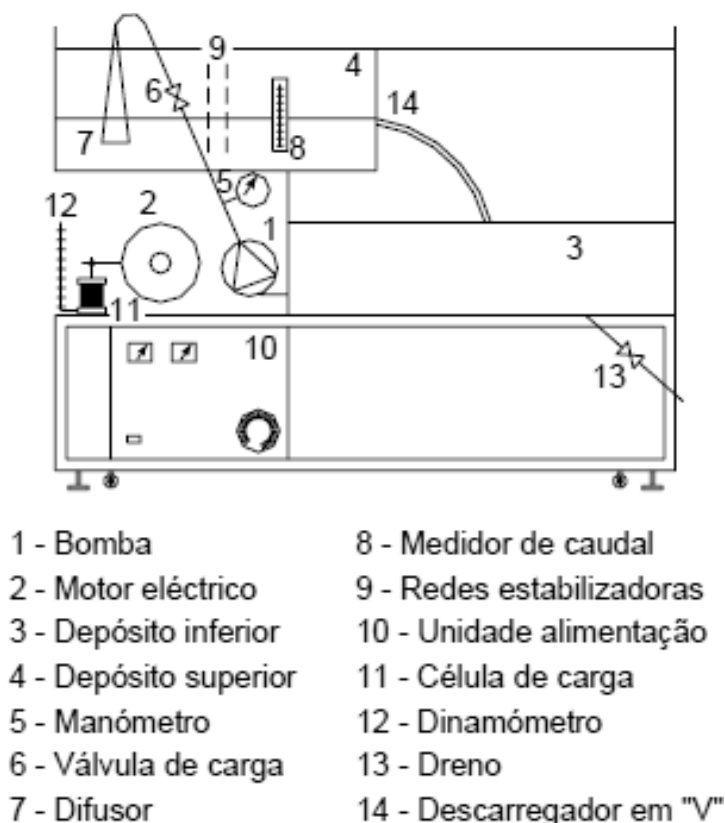


Figura 2 - Representação esquemática da instalação da bomba Gilkes.

A instalação experimental, representada esquematicamente na figura 2, é composta essencialmente por uma bomba centrífuga que movimenta água entre dois depósitos desnivelados. A bomba é acionada por um motor eléctrico cuja velocidade de rotação pode ser ajustada, com recurso à betoneira da unidade de alimentação (figura 3). Um conjunto de sensores e equipamentos de medida são utilizados para leitura dos parâmetros de interesse para determinação da curva característica, da curva de potência e da curva de rendimento: manómetro de pressão (figura 5), medidor de caudal (figura 6), dinamómetro (figura 5) e célula de carga (figura 7).

A bomba centrífuga possui um rotor com 14,7 cm de diâmetro.



Figura 3 - estroboscópio.



Figura 4 – Unidade de alimentação.

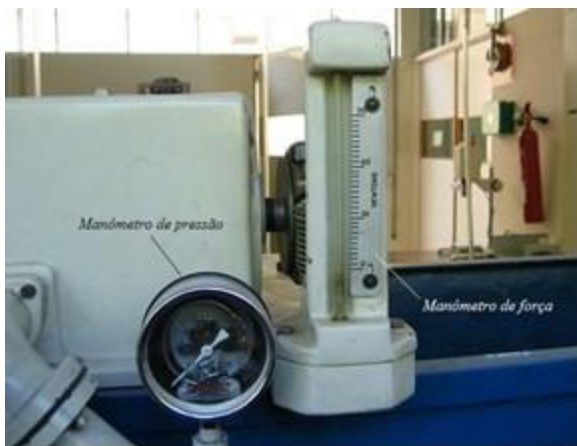


Figura 5 – Manômetros de pressão e força.



Figura 6 – Medidor de caudal e válvula reguladora de caudal.



Figura 7 – Célula de carga.



Figura 8 – Bomba de Gilkes.

2.2. Parâmetros adimensionais

De seguida são apresentados os coeficientes adimensionais necessários para a realização do presente trabalho:

$$\text{Coeficiente de altura: } \frac{g H}{N^2 D^2} \quad (1)$$

$$\text{Coeficiente de potência: } \frac{P}{\rho N^3 D^5} \quad (2)$$

$$\text{Coeficiente de caudal: } \frac{Q}{N D^3} \quad (3)$$

Em que,
g – aceleração da gravidade [m.s⁻²]
H – altura de carga, em metros de coluna de água [m]
N – velocidade de rotação [s⁻¹]
D – diâmetro [m]
P – potência [W]
Q – caudal volúmico [m³.s⁻¹]

2.3. Procedimento experimental

Cada grupo realizará apenas um conjunto de ensaios relativos a uma velocidade de rotação.

O grupo, preferencialmente composto por três elementos, deverá dividir tarefas entre os seus membros, que deverão mudar de posição ao fim de cada conjunto de 3 ou 4 ensaios, para que todos tenham oportunidade de executar todas as tarefas. Na tabela 1 é apresentada uma sugestão da forma como o grupo pode dividir as tarefas entre si.

Tabela 1 – Distribuição de tarefas pelo grupo

	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3
Função	- Regular velocidade de rotação e caudal - Leitura da pressão, voltagem, amperagem e caudal	- Verificação da velocidade de rotação	- Regista os valores

Alguns cuidados básicos deverão ser observados pelos elementos do grupo durante a realização do trabalho, sob pena de tornarem o mesmo inútil, assim:

- Uma vez conhecida a velocidade de rotação para a qual vão executar o trabalho, devem consultar a tabela 2 relativa à gama de caudais para cada velocidade de rotação do rotor, que para além de fornecer o valor do caudal máximo expectável,

também indica os valores dos caudais intermédios para os quais deverão fazer os ensaios, admitindo uma série de 10 ensaios.

- Sempre que a válvula reguladora de caudal for mexida devem aguardar que o caudal estabilize antes efetuar qualquer leitura, ou mesmo aceitar aquela posição da válvula como válida para a próxima leitura. Isso pode demorar mais de 1 minuto.
- Deve-se confirmar a manutenção da velocidade de rotação do rotor com o auxílio do estroboscópio, em particular quando se mexer na válvula reguladora de caudal.
- Ter o máximo cuidado com os erros de paralaxe e escala, na leitura dos diferentes manómetros.
- Evitar os arredondamentos, pois por muito ligeiros que pareçam, podem gerar erros grosseiros.
- É importante que os elementos do grupo, em particular o que estiver a registar as leituras dos diferentes manómetros, tenham a percepção do rumo que as variáveis deverão tomar. Isso pode permitir a deteção de algum erro de leitura de forma precoce.
- Sempre que duvidarem de algum resultado, repitam o ensaio.

Tabela 2 – Gammas de caudais associados às velocidades de rotação

N	$Q_{\text{máx}}$	Caudais indicativos para os pontos a medir (L/min)									
(rpm)	(L/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000	150	0	20	35	50	70	90	115	130	140	toda aberta
1250	200	0	20	35	55	75	90	110	140	170	toda aberta
1300	210	0	20	40	60	80	100	120	145	175	toda aberta
1400	220	0	25	50	75	100	115	135	155	180	toda aberta
1500	230	0	25	50	80	105	125	145	170	200	toda aberta
1750	260	0	30	60	85	105	115	140	180	220	toda aberta
2000	280	0	30	60	90	115	160	190	220	260	toda aberta
2250	290	0	30	60	75	100	120	150	200	250	toda aberta
2500	300	0	40	80	120	150	180	220	250	280	toda aberta
2750	300	0	45	90	135	170	190	220	250	280	toda aberta
3000	300	0	60	100	150	180	200	220	250	280	toda aberta

De seguida são apresentados, de uma forma sequencial, os passos necessários para a elaboração do trabalho experimental.

1. Ligar c/ o regulador de velocidade em 1 e armar.
2. Fechar válvula de caudal completamente
3. Verificar o zero do caudal.
4. Arrancar e ajustar a velocidade de rotação da bomba para a velocidade de ensaio.
5. Ajustar estroboscópio para a velocidade de ensaio e manter sempre constante.
6. Iniciar o ensaio, varrendo a gama de caudais indicada para a velocidade do grupo.
 - A. Ajustar a válvula para cada valor próximo do caudal pretendido;
 - B. Verificar a velocidade de rotação e medir e registar:
 - Caudal **Q** ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$);
 - Altura de elevação **H** (m H_2O);
 - Voltagem no gerador, **V** (volts);
 - Corrente no gerador, **I** (amperes).
 - C. Verificar o ponto obtido e repetir leituras, se necessário;
 - D. Repetir de A a C, até à posição da válvula toda aberta (mínimo de 10 pontos).
7. Reduzir a velocidade a zero, desligar o equipamento e fechar a válvula de caudal.
8. Construir a folha de cálculo e elaborar os respetivos gráficos (TPC).

NOTA - Rodar os postos de trabalho, para que cada aluno faça pelo menos duas medições.

O registo dos valores das diferentes variáveis deverá ser efetuado nas unidades apresentadas pelos diferentes manómetros. Não é necessário ter um computador presente durante o ensaio, podendo fazer o registo por escrito e transcrever os valores posteriormente para a folha de cálculo. Poderão utilizar uma grelha do tipo da que é apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de tabela para o registo das leituras dos ensaios.

N (rpm):		Grupo:		Data:	
Ensaio	Q ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	H (m H_2O)	V (volts)	I (amperes)	Obs.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Embora a tabela 2 aponte para 10 ensaios para cada velocidade de rotação, ou seja, por cada trabalho, não têm que obrigatoriamente fazer 10 ensaios, não devem é fazer menos.

A última etapa do presente trabalho consiste na transposição dos valores registados para a folha de cálculo e consequente obtenção dos gráficos pretendidos, que são:

- curva característica da bomba (altura de elevação [m H₂O] *versus* caudal [L.min⁻¹])
- curva de potência (potência [kW] *versus* caudal [L.min⁻¹])
- curva de rendimento
- curvas dos parâmetros adimensionais, com a representação dos coeficientes de altura e potência *versus* o coeficiente de caudal.

para tal é necessário o cálculo dos coeficientes adimensionais de altura, potência e caudal, já anteriormente apresentados, assim como o valor do rendimento em cada ponto.

Relativamente às curvas dos parâmetros adimensionais, cada grupo deve solicitar a um outro grupo que tenha efetuado o trabalho para uma velocidade de rotação diferente, as suas curvas adimensionais e confrontá-las com as que obtiveram.

Comentem os resultados obtidos.

3. ANEXO – CONSIDERAÇÕES À ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A determinação das curvas de potência da bomba deveria basear-se no recurso da potência de eixo da bomba. Em todo o caso, face ao não funcionamento do dinamómetro para ler os valores de carga, recorre-se à determinação da potência instantânea elétrica fornecida à bomba.

$$P = V \cdot I$$

Em que, P – Potência [Watts]
 V – Voltagem [volts]
 I – Intensidade de Corrente [amperes]

Não obstante, o procedimento correto para a determinação do rendimento mecânico da bomba, passaria pelo cálculo da potência de eixo, a qual mede a carga efetiva a que a bomba está sujeita, ou seja, a potência efetiva fornecida à bomba. Caso fosse possível medir a carga através do dinamómetro (obtenção do valor da força, F) localizado junto à bomba (figura 7), o procedimento de cálculo seria:

$$\text{Cálculo da potência de } P_{eixo} = T \cdot \omega$$

Em que, P_{eixo} – Potência [Watts]
 T – Torque [N.m]
 ω – Velocidade angular [rad.s⁻¹]

Em que,
 Velocidade angular pode ser calculada a partir de:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

O torque, T , é definido a partir da componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é efetivamente utilizada para fazê-lo rodar em torno de um eixo de rotação. A distância do ponto onde atua uma força F é chamada braço do momento e é denotada por b .

$$T = F \cdot b$$