

# AULA 27 DE ABRIL

## PARÂMETROS DE DESEMPENHO DE MOTORES

---

### OBJETIVO

APRESENTAR UMA DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS UTILIZADOS PARA MEDIR O DESEMPENHO DE UM MOTOR. APRESENTA-SE UM CONJUNTO DE FATORES QUE DEFINEM AS CARACTERÍSTICAS DO MOTOR E O SEU DESEMPENHO

SÃO ABORDADOS OS PROBLEMAS DE ESPECIFICAÇÃO DE MOTORES

É DEFINIDA A REGIÃO DE OPERAÇÃO DO MOTOR

SÃO DESCRITOS ALGUNS TIPOS DE TESTES USADOS PARA AVALIAÇÃO DE SEU DESEMPENHO

# AULA 27 DE ABRIL

---

1.INTRODUÇÃO

2.QUESTÃO ILUSTRATIVA

3.PARÂMETROS DE ESEMPENHO

# AULA 27 DE ABRIL

---

1. INTRODUÇÃO

2. QUESTÃO ILUSTRATIVA

3. PARÂMETROS DE ESEMPENHO

# AULA 27 DE ABRIL

---

## INTRODUÇÃO

### 1. MOTORES DE PROPULSÃO MARÍTIMA

A partir da apresentação de um motor de combustão interna elemental chega-se à descrição de um moderno motor de propulsão marítima. Estes motores podem ser de dois ou quatro tempos e normalmente são turbocarregados com interresfriamento.

### 2. ANÁLISE TERMODINÂMICA DE CICLOS MOTORES

Foram apresentados dois modelos – ciclos a ar e ciclos ideais combustível-ar – que permitem estimar a eficiência térmica de um motor, bem como dos fatores que influenciam a eficiência.

### 3. PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Mostrar como na prática se avalia o projeto de um motor e como se mede o seu desempenho.

# AULA 27 DE ABRIL

---

1.INTRODUÇÃO

2.QUESTÃO ILUSTRATIVA

3.PARÂMETROS DE ESEMPENHO

## AULA 27 DE ABRIL

### QUESTÃO ILUSTRATIVA

---

Foi realizado um ensaio em um banco de provas com um motor Diesel de média rotação turbo-carregado, de acordo com a curva do propulsor. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1

VARIÁVEL	<i>CONDIÇÕES</i>	
	1	2
Velocidade Média do Pistão (m/s)	6,0	8,0
Eficiência Mecânica	0,84	0,90
Consumo de Combustível (kg/h)	$m_c$	$2,25 m_c$

## AULA 27 DE ABRIL

### QUESTÃO ILUSTRATIVA

---

A partir dos dados da tabela 4.1 propõe-se uma série de quesitos

a) Qual a relação entre os valores de pressão média efetiva no freio para os dois pontos do ensaio? E para os valores da pressão média efetiva indicada?

b) Qual é a eficiência térmica para a condição 2, sabendo que para a condição 1 ela é 0,45?

c) Qual a relação entre a eficiência volumétrica para os 2 pontos, sabendo que para a segunda condição a razão combustível-ar é 50% mais rica?

d) Qual a relação entre o consumo específico de ar nos 2 pontos?

AULA 27 DE ABRIL  
QUESTÃO ILUSTRATIVA

---

**ANÁLISE PRELIMINAR**

1. CARACTERIZAÇÃO DO MOTOR
2. TIPOS DE ENSAIO E EQUIPAMENTOS
3. PARÂMETROS LEVANTADOS NOS ENSAIOS

## AULA 27 DE ABRIL ANÁLISE PRELIMINAR

---

### CARACTERIZAÇÃO DO MOTOR

- a) Trata-se de um motor de média rotação  
Portanto é um motor de 4 tempos
- b) É um motor turbocarregado  
Então a pressão de admissão é maior que a atmosférica; pode ser diferente em diferentes condições de operação
- c) Não há informação do uso de interresfriador, mas provavelmente o motor incorpora este dispositivo

# AULA 27 DE ABRIL ANÁLISE PRELIMINAR

---

## TIPOS DE ENSAIO E EQUIPAMENTOS

### 1. TESTES DE MOTORES DIESEL

#### a) Teste de plena carga

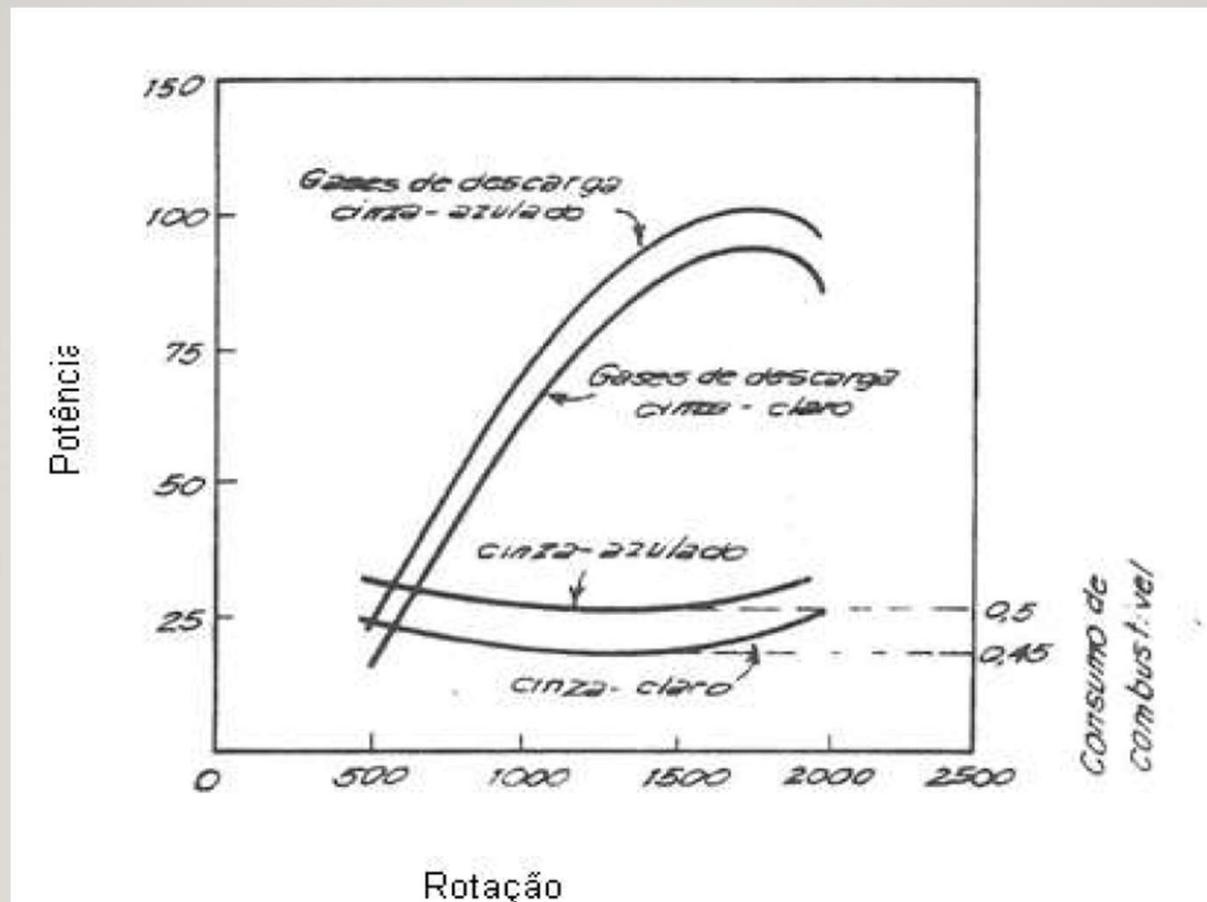
Objetivo: Verificar a potência máxima que o motor pode fornecer a cada rotação

#### b) Teste de propulsão marítima

Objetivo: Verificar como o motor se comporta atendendo a demanda de potência e rotação estabelecidos pelo hélice:

$$\text{Potência} \propto \text{Rotação}^3$$

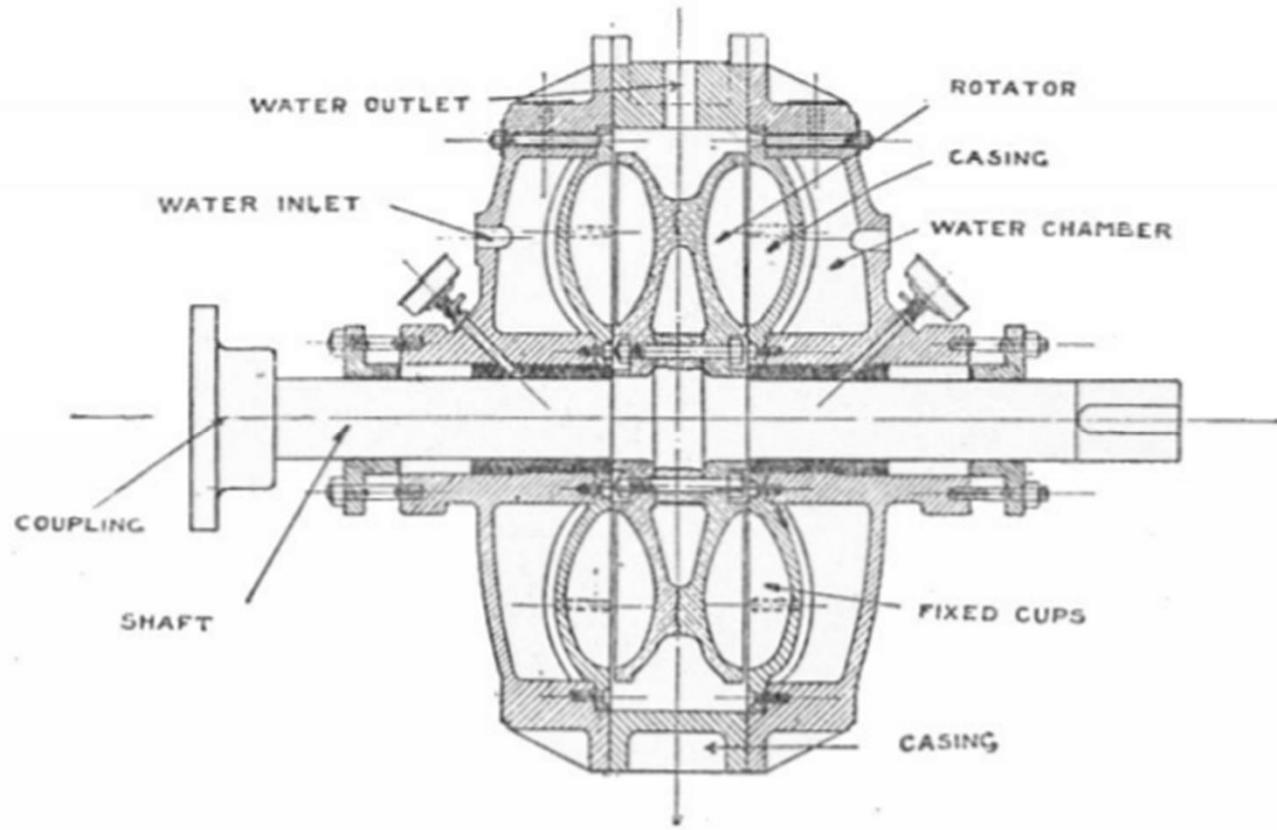
## TESTE DE PLENA CARGA



## H36 Series Water Brake Engine Dyno

<https://www.youtube.com/watch?v=VYNvRGCoy2M>





## PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DE UM DINAMÔMETRO HIDRÁULICO

Um dinamômetro hidráulico é constituído por um rotor que possui várias células nas quais um fluxo contínuo de água é mantido através de sua carcaça

Uma intensiva circulação do fluido é criada quando o rotor é acionado pelo motor em teste devido à força centrífuga atuante

O objetivo é transferir momento do rotor para a carcaça, conseqüentemente desenvolvendo um torque resistivo à rotação do eixo, balanceado por um torque de reação com mesmo módulo, direção e sentido oposto na carcaça

Alterando o fluxo de água na carcaça, o torque resistivo que atua no sistema pode ser variado. A potência absorvida pelo rotor é dissipada em forma de atrito pelo próprio fluido, resultando na elevação de sua temperatura.

# AULA 27 DE ABRIL ANÁLISE PRELIMINAR

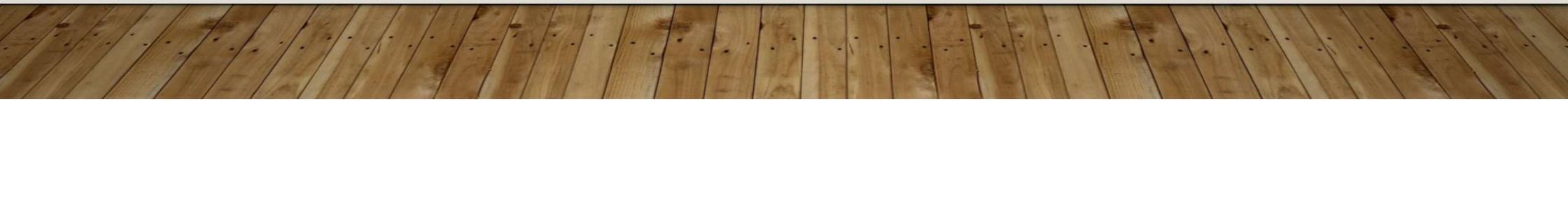
---

## PARÂMETROS LEVANTADOS NOS ENSAIOS

### 1. PRINCIPAIS VARIÁVEIS

- a) torque
- b) rotação
- c) vazão (consumo) de combustível
- d) pressão nos cilindros ao longo de uma rotação (diagrama indicado)

### 2. OUTRAS VARIÁVEIS

- e) vazão de ar
  - f) pressão de admissão
  - g) temperatura do ar de admissão
  - h) temperaturas de diversos fluidos
  - i) rotação do turbocompressor, etc
- 

# AULA 27 DE ABRIL

## ANÁLISE PRELIMINAR

---

### VARÍÁVEIS CALCULADAS A PARTIR DE DADOS DOS ENSAIOS

- Potência no freio (medida pelo dinamômetro)
- Potência indicada
- Pressão média efetiva indicada
- Pressão média efetiva no freio
- Velocidade média do pistão
- Eficiência mecânica
- Consumo específico de combustível
- Eficiência volumétrica
- Outros

## QUESTÃO ILUSTRATIVA

### Resolução dos itens

---

#### ITEM A

- i) Como expressar a pressão média efetiva no freio?
- Admitir conhecida a geometria do motor (diâmetro do cilindro, curso do pistão, número de cilindros)
  - Lembrar que tipo de ensaio está sendo realizado
  - Como expressar a pressão média efetiva no freio?
  - Relacionar os valores para os 2 pontos do ensaio

$$(pme)_{f2} / (pme)_{f1} =$$

# RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

## GEOMETRIA DO MOTOR

Z – número de cilindros  
D - diâmetro do cilindro  
L - curso do

## CICLOS DE OPERAÇÃO

Motor de 4 tempos

Número de ciclos de trabalho na unidade de tempo -  $(N)_{\text{ciclo}}$

$$(N)_{\text{ciclo}} = N/2$$

N - rotação do eixo do motor

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

Pressão média efetiva no freio -  $(pme)_f$

$$(pme)_f = (Potência)_f / (A_p L z (N)_{ciclo})$$

Potência no freio -  $(Potência)_f$

$$(Potência)_f = Torque \times Velocidade \text{ angular} = 2\pi \times Torque \times Rotação$$

Teste de propulsão marítima

$$(Potência)_f \propto Rotação^3$$

Velocidade média do pistão

$$V_p = 2 N L$$

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

Empregando as relações anteriores, chega-se a:

$$\begin{aligned}(\text{pme})_{f_2} / (\text{pme})_{f_1} &= [(\text{Potência})_{f_2} / N_2] / [(\text{Potência})_{f_1} / N_1] = \\ &= (\text{Potência})_{f_2} / (\text{Potência})_{f_1} \times N_1 / N_2 = (N_2 / N_1)^2\end{aligned}$$

$$\text{Assim: } (\text{pme})_{f_2} / (\text{pme})_{f_1} = (N_2 / N_1)^2 = (V_{p2} / V_{p1})^2$$

Com os dados do ensaio:

$$(\text{pme})_{f_2} / (\text{pme})_{f_1} = (V_{p2} / V_{p1})^2 = (8,0/6,0)^2 = 1,81$$

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

ITEM A

Como expressar a pressão média efetiva indicada -  $(pme)_i$  ?

$$(pme)_i = W_{liq} / V_D = W_{liq} / A_p L$$

$$(Potência)_i = W_{liq} (N)_{ciclo}$$

$$(pme)_i = (Potência)_i / A_p L (N)_{ciclo}$$

**Eficiência mecânica**  $\eta_m$

$$\eta_m = (Potência)_f / (Potência)_i$$

$$\eta_m = (pme)_f / (pme)_i$$

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

ITEM A

Usando as relações anteriores, obtém-se

$$(pme)_{i2} / (pme)_{i1} = [(pme)_{f2} / (pme)_{f1}] / [\eta_{m2} / \eta_{m1}]$$

$$(pme)_{i2} / (pme)_{i1} = 1,81 / (0,9 / 0,84) = 1,69$$

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

**ITEM B** Qual é a eficiência térmica para a condição 2, sabendo que para a condição 1 ela é 0,45?

**Sabe-se que:**

$$\begin{aligned} - (\text{Potência})_i &= (\text{vazão combustível} \times \text{poder calorífico}) \times \eta_t = \\ &= (dm/dt)_{comb} \times (\text{PC}) \times \eta_t \end{aligned}$$

- e que

$$(\text{Potência})_i = (\text{Potência})_f / \eta_m$$

Então:

$$\eta_{t2} / \eta_{t1} = (\text{Potência})_{i2} / (\text{Potência})_{i1} \times (dm/dt)_{comb1} / (dm/dt)_{comb2}$$

## RESOLUÇÃO DA QUESTÃO

---

Resulta então:

$$\eta_{t2} / \eta_{t1} = [(Potência)_{f2} / (Potência)_{f1}] / \{ [\eta_{m2} / \eta_{m1}] [(dm/dt)_{comb2} / (d\frac{m}{dt}_{comb1})] \}$$

Com os dados do ensaio, obtém-se:

$$\eta_{t2} / \eta_{t1} = [ 8,0 / 6,0 ]^3 / \{ [ 0,90 / 0,84 ] [ 2,25 ] \} = 0,97$$

Como é conhecido o valor de  $\eta_{t1}$ , obtém-se o valor de  $\eta_{t2}$  :

$$\eta_{t2} = 0,44$$