



AULA 2

# TRANSMISSÃO, POTÊNCIA E RENDIMENTO

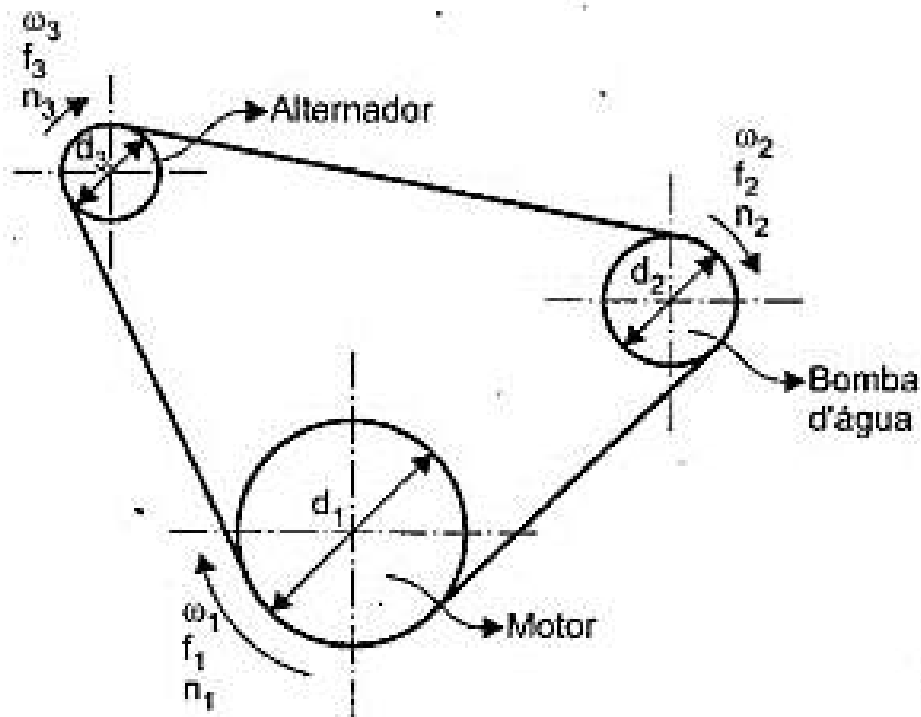
Professor: Dr. Paulo Sergio Olivio Filho

# CONTEÚDO DA AULA

- Sistemas de Transmissão Mecânica;
- Tipos das transmissões;
  - Correias;
  - Correntes;
  - Engrenagens;
  - Rodas de Atrito;
- Rendimentos das transmissões;

# TRANSMISSÃO AUTOMOTIVA

A transmissão automotiva é representada no esquemático abaixo, a transmissão de movimento ocorre dos pares de polia de 1 para 2, 2 para 3 e 1 para 3.



$$i_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{M_{T1}}{M_{T2}}$$

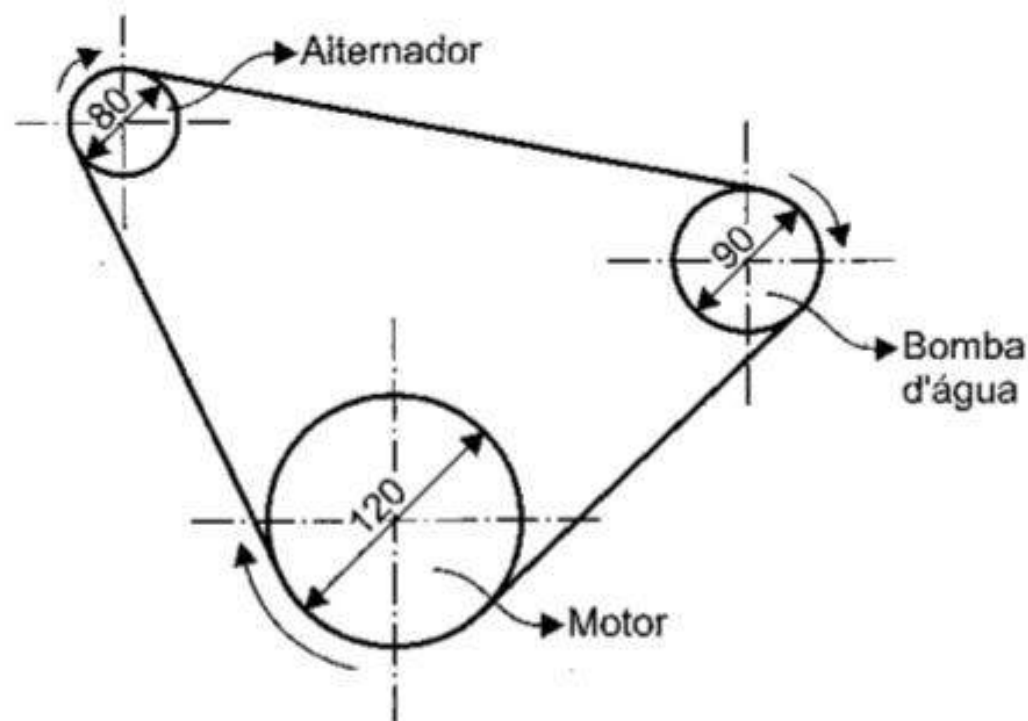
$$i_2 = \frac{d_1}{d_3} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{f_3}{f_1} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{M_{T1}}{M_{T3}}$$

$$i_3 = \frac{d_2}{d_3} = \frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{f_3}{f_2} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{M_{T2}}{M_{T3}}$$

# EXEMPLO APLICADO

A esquematização da figura representa um motor a combustão para automóvel, que aciona simultaneamente as polias da bomba-d'água e do alternador. As curvas de desempenho do motor apresentam para o torque máximo a potência de  $P=35,3\text{kW}$  atuando com rotação de  $n = 2000\text{rpm}$ . Os diâmetros são:  $d_1 = 120\text{mm}$  (motor);  $d_2 = 90\text{mm}$  (bomba-d'água);  $d_3 = 80\text{mm}$  (alternador)

- A) velocidade angular  $\omega_1, \omega_2$  e  $\omega_3$ ;
- B) frequência  $f_1, f_2$  e  $f_3$ ;
- C) torque  $M_{T1}, M_{T2}$  e  $M_{T3}$ ;
- D) rotação  $n_2$  e  $n_3$ ;
- E) relação de transmissão  $i_1$  e  $i_2$ ;
- F) Força tangencial  $F_t$ ;
- G) Velocidade Tangencial  $V_t$ .



# SISTEMAS DE TRANSMISSÃO MECÂNICA

- Transmissão Mecânica
  - Mecanismos manuais ou automáticos que tem a função de transmitir movimentos e potências através de elementos puramente mecânicos.
  - A transmissão realizada por óleo hidráulico é chamada de hidráulica ou hidromecânica.
- Tipos de Transmissão Mecânica
  - Correias;
  - Correntes;
  - Engrenagens;
  - Rodas de Atrito;

# SISTEMAS DE TRANSMISSÃO MECÂNICA

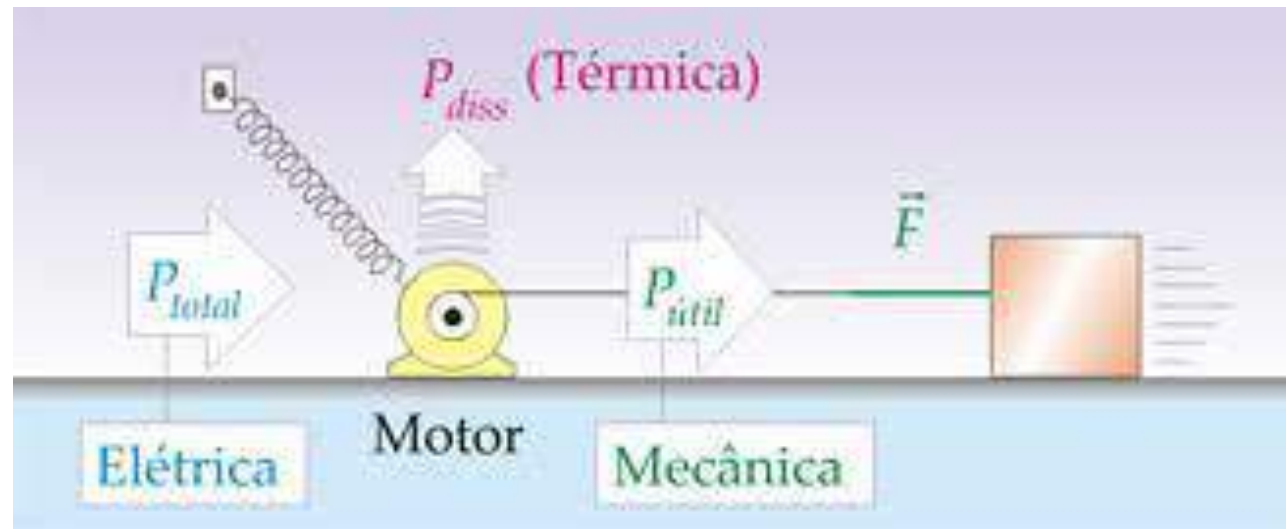
Seja qual for o tipo de transmissão, sempre ocorrerá a perda de potência nas engrenagens, mancais, polias, correntes, rodas de atrito (devido ao atrito entre as superfícies), agitação do óleo lubrificante, escorregamento entre correia e polia, etc.





# RELAÇÃO DE POTÊNCIAS

Desta forma, temos que a potência de entrada da transmissão é dissipada em parte na forma de energia, e o restante é transformada em potência útil geradora de trabalho.



Em que:

$P_e$  = potência de entrada [W, kW, CV, ...];

$P_u$  = potência útil [W, kW, CV, ...];

$P_d$  = potência dissipada [W, kW, CV, ...];

$$P_e = P_u + P_d$$

# RENDIMENTO DAS TRANSMISSÕES

Tipos de Transmissão	Rendimento
Transmissão por correias	
Correias Planas	$0,96 \leq \eta \leq 0,97$
Correias em V	$0,97 \leq \eta \leq 0,98$
Transmissão por Rodas	
De atrito	$0,95 \leq \eta \leq 0,98$
Transmissão por corrente	
Correntes Silenciosas	$0,97 \leq \eta \leq 0,99$
Correntes Renold	$0,95 \leq \eta \leq 0,97$
Transmissão por engrenagens	
Fundidas	$0,92 \leq \eta \leq 0,93$
Usinadas	$0,96 \leq \eta \leq 0,98$



# RENDIMENTO DAS TRANSMISSÕES

Rosca sem fim (aço-bronze)	
1 entrada	$0,45 \leq \eta_{psi} \leq 0,60$
2 entradas	$0,70 \leq \eta_{psi} \leq 0,80$
3 entradas	$0,85 \leq \eta_{psi} \leq 0,97$
Mancais	
Rolamento (par)	$0,98 \leq \eta_{m(R)} \leq 0,99$
Deslizamento (par) (bucha)	$0,96 \leq \eta_{m(b)} \leq 0,98$

# RENDIMENTO DAS TRANSMISSÕES

O rendimento de uma transmissão ou de um sistema de transmissão pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} \Rightarrow P_s = P_e \cdot \eta$$

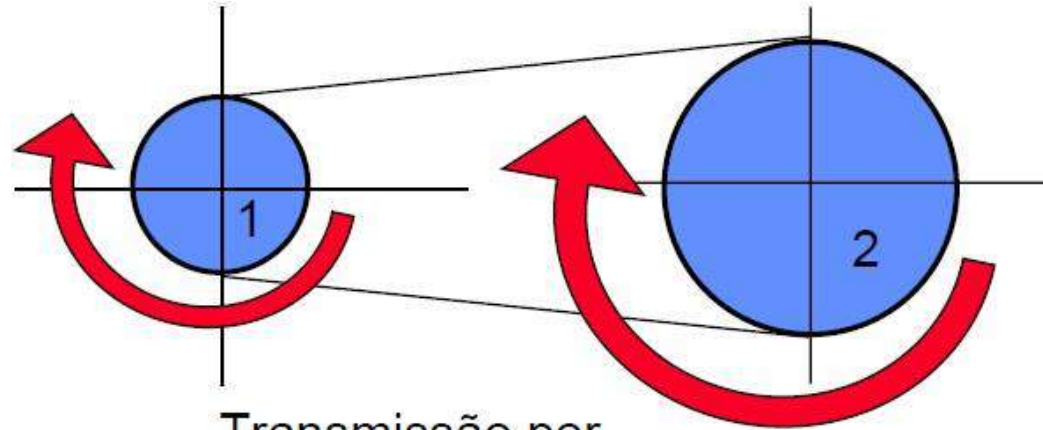
*Em que:*

$P_e$  = potência de entrada[W,kW,CV, ...];

$P_s$  = potência de saída[W,kW,CV, ...];

$\eta \equiv$  rendimento da transmissão (incluindo todos os componentes existentes) [%];

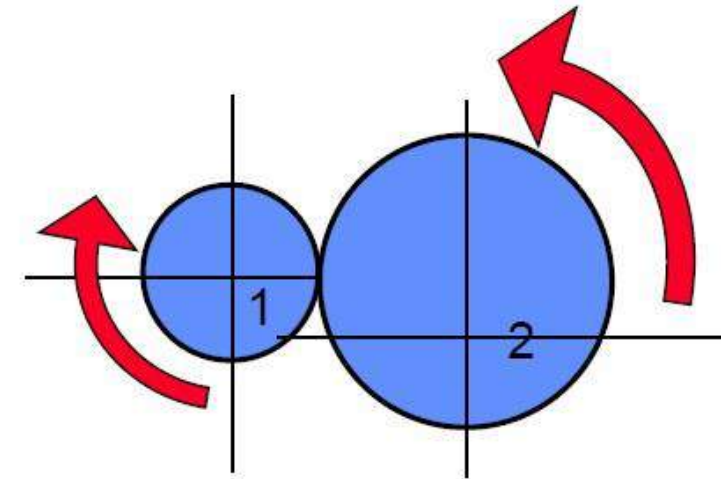
# COMPORTAMENTO DAS TRANSMISSÕES



Transmissão por  
correia ou corrente

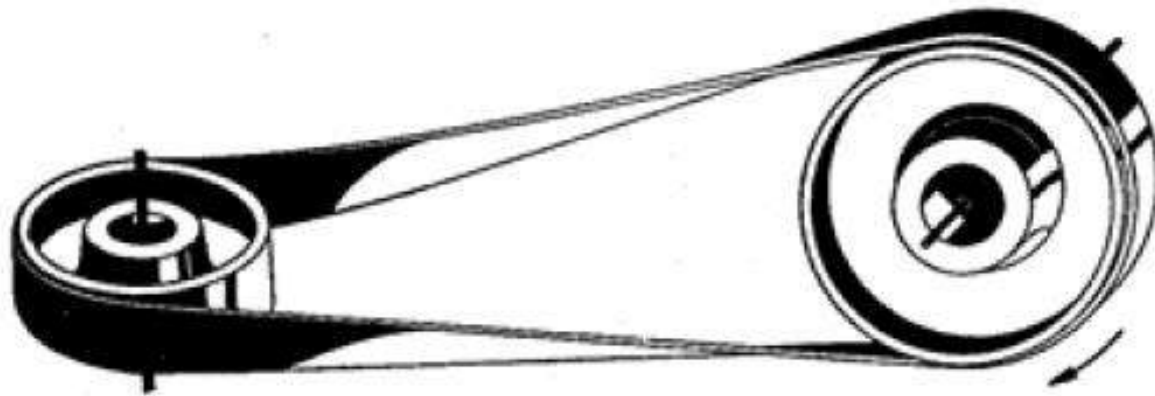
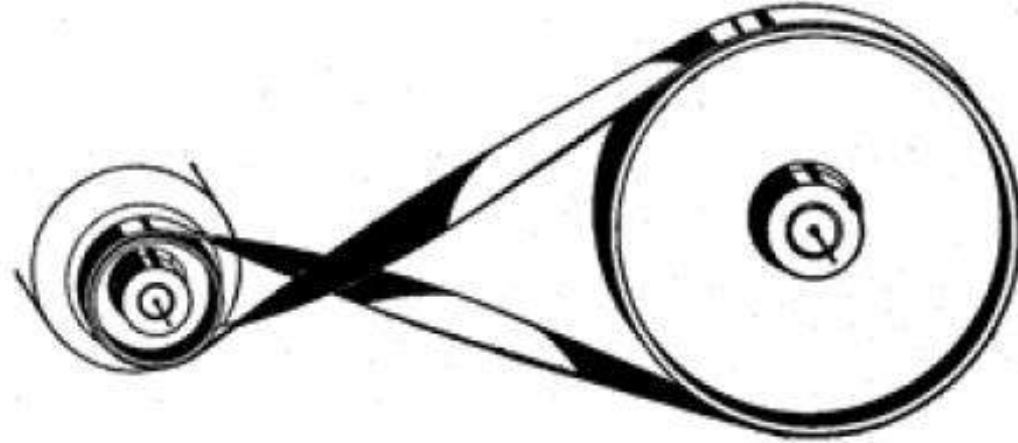
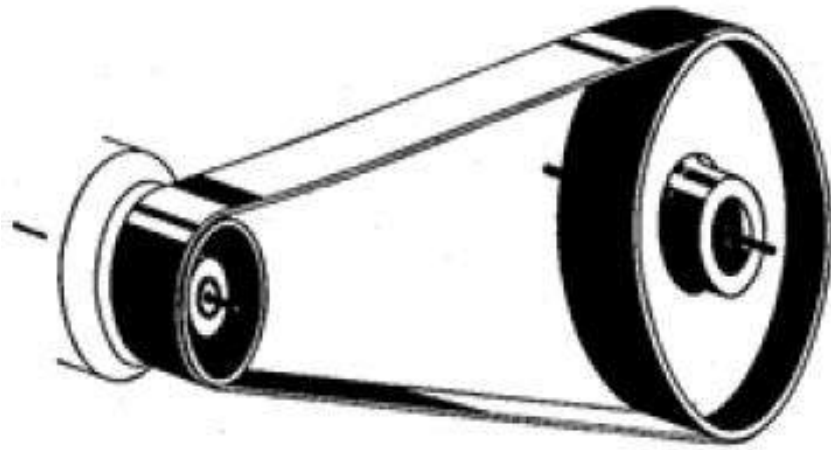
● Sentidos iguais

● Inversão de Sentido



Transmissão por  
engrenagens

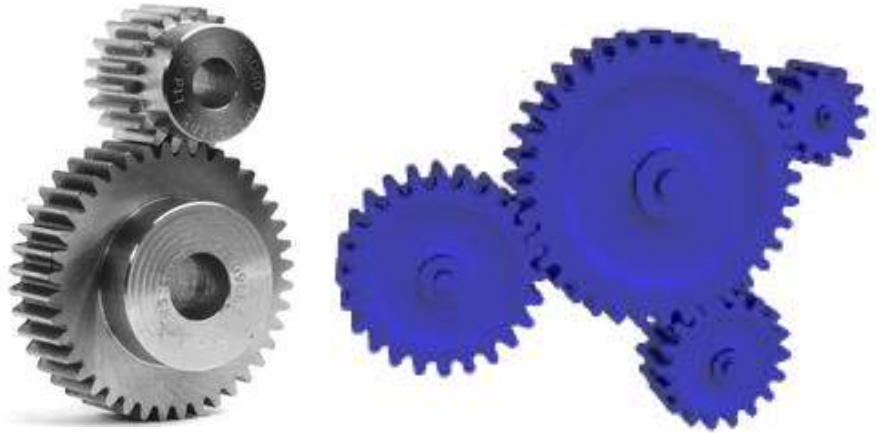
# TRANSMISSÕES POR CORREIA



# TRANSMISSÕES POR CORREIA

<b><u>VANTAGENS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grande distância entre eixos (paralelos ou reversos)</li><li>• Construção simples e barata (63% do custo da engrenagem)</li><li>• Funcionamento silencioso</li><li>• Absorve choques</li></ul>
<b><u>DESVANTAGENS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida pequena</li><li>• Dimensões grandes</li><li>• Escorregamento de 1 a 3%</li></ul>
<b><u>CARACTERÍSTICAS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altas potências → até 2.000 CV</li><li>• Rotações médias e altas → até 18.000 rpm</li><li>• Altas velocidades tangenciais → até 90 m/s</li><li>• Relação de transmissão até 5 (normalmente)</li></ul>

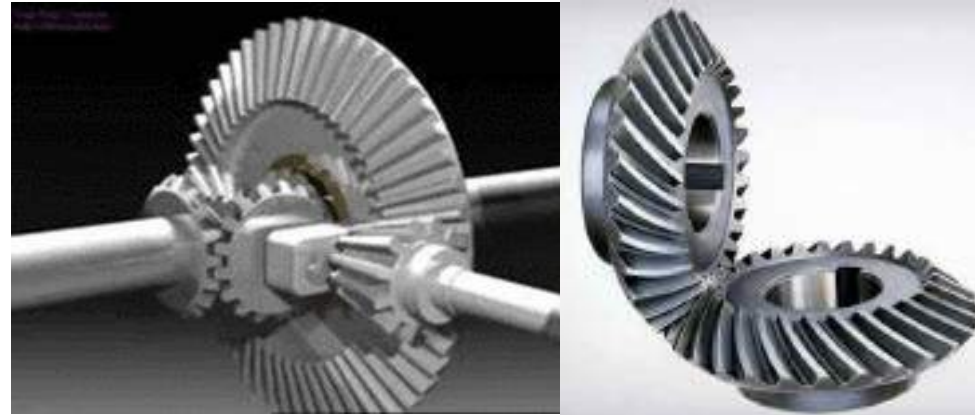
# TRANSMISSÕES POR ENGRENAGEM



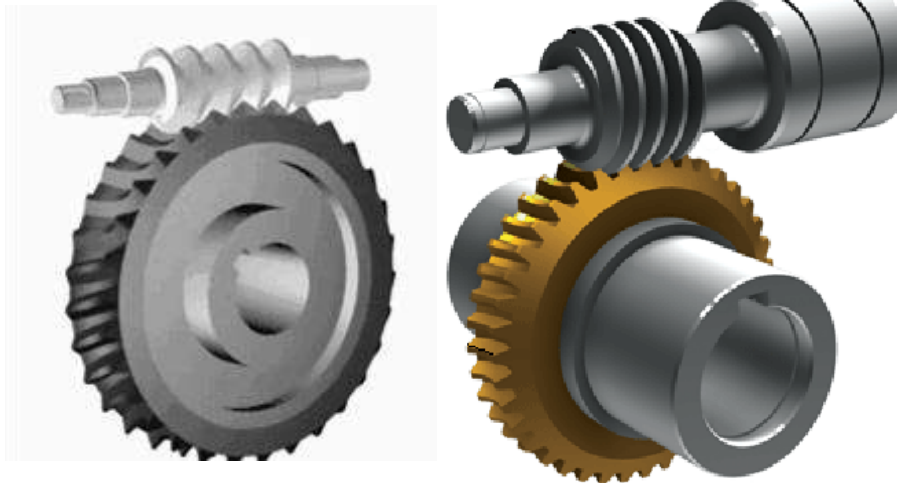
ENGRENAGEM CILINDRICAS DE DENTES RETOS  
(ECDR) : SPUR GEAR



ENGRENAGEM CILINDRICAS DE  
DENTES HELICOIDAIS (ECDH) :  
HELICAL GEAR

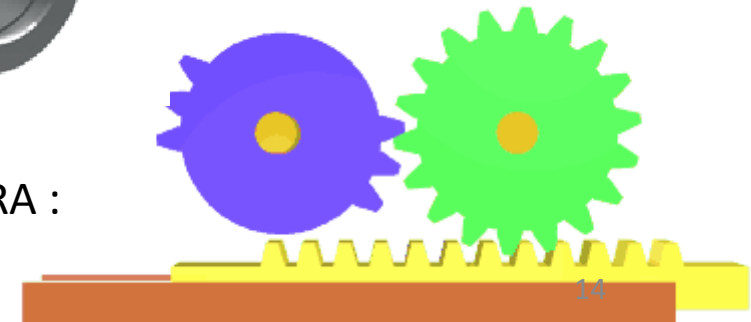


CÔNICAS DE DENTES  
RETOS E CONICAS DE  
DENTES HELICOIDAIS:  
BEVEL GEARS



COROA E ROSCA SEM FIM:  
WORM GEARS AND WORM

PINHÃO E CREMALHEIRA :  
RACH AND PINION



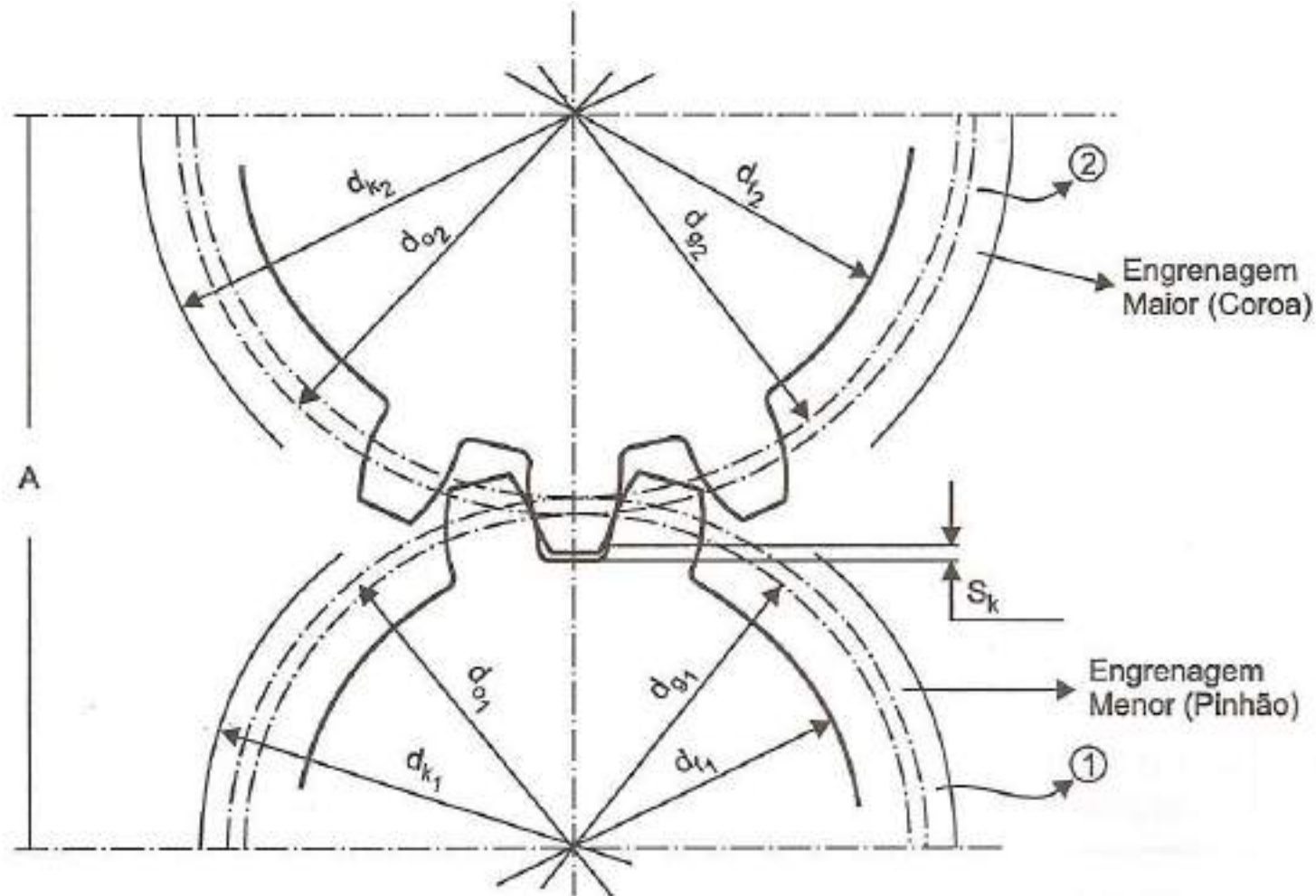


# TRANSMISSÕES POR ENGRENAGEM

<b><u>VANTAGENS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transmissão de torque sem deslizamento</li><li>• Razão de engrenamento constante</li><li>• Segurança de funcionamento</li></ul>
<b><u>DESVANTAGENS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maior custo</li><li>• Ruído de funcionamento</li><li>• Transmissão rígida (sem amortecimento)</li></ul>
<b><u>CARACTERÍSTICAS:</u></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altas potências → até 25.000 CV</li><li>• Rotações médias e altas → até 100.000 rpm</li><li>• Altas velocidades tangenciais → até 200 m/s</li><li>• Relação de transmissão até 8 (normalmente)</li></ul>

# RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO

O local de contato entre duas engrenagens se dá no diâmetro primitivo, que pode ser calculado pelo produto do módulo e do número dos dentes.



# RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO

$$i = \frac{D_{P_2}}{D_{P_1}} = \frac{m \cdot N_2}{m \cdot N_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{T_2}}{M_{T_1}}$$

Em que:

$i$  = relação de transmissão [adimensional];

$D_P$  = diâmetro primitivo [m];

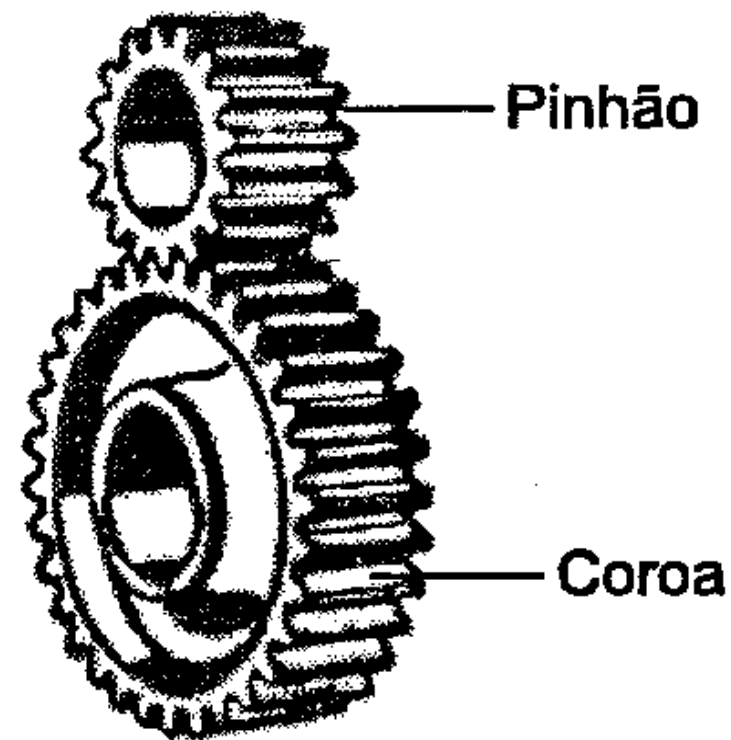
$N$  = número de dentes [adimensional];

$\omega$  = velocidade angular [rad/s];

$f$  = frequência [Hz];

$n$  = rotação[rpm];

$M_T$  = momento torçor ou torque[N · m];



$$D_P = m \cdot N$$

# RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO

## Observação:

- Para que haja engrenamento entre duas engrenagens, é condição indispensável que os módulos ou passo diametral sejam iguais.

$m$  = módulo da engrenagem;

$P_d$  = passo diametral

$N$  = Número de dentes

$$P_d = \frac{N}{D_p} \quad (\text{FPS})$$

$$m = \frac{D_p}{N} \quad (\text{SI})$$

$$m = \frac{1}{P_d}$$

Módulos métricos padronizados

Módulo métrico (mm)	Equivalente $p_e$ (in <sup>-1</sup> )
0,3	84,67
0,4	63,50
0,4	50,80
0,8	31,75
1	25,40
1,25	20,32
1,5	16,93
2	12,70
3	8,47
4	6,35
5	5,08
6	4,23
8	3,18
10	2,54
12	2,12
16	1,59
20	1,27
25	1,02

# EXEMPLO

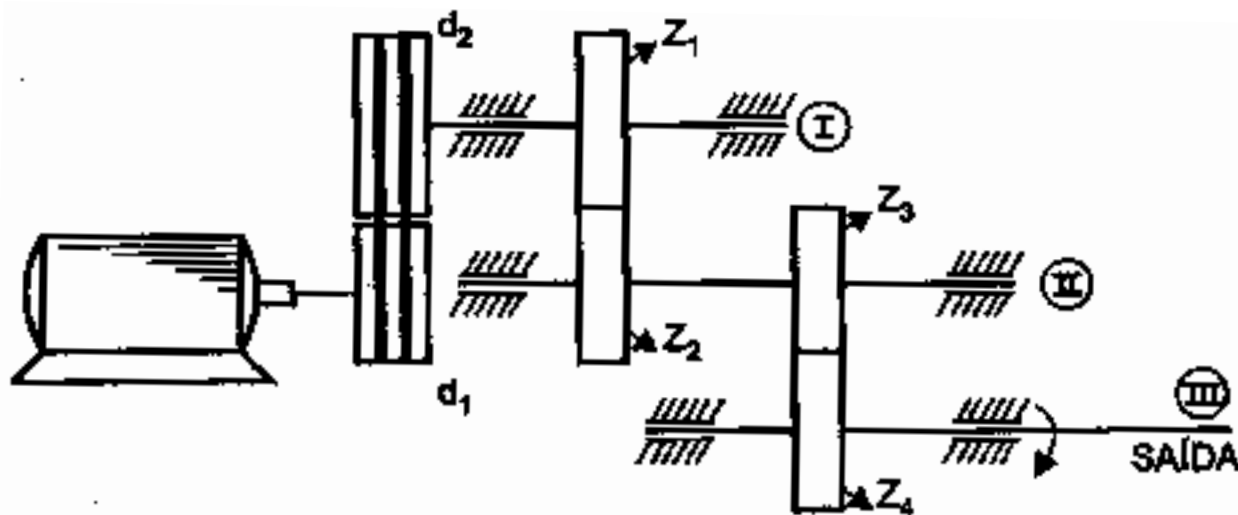
A transmissão da figura é acionada por um motor elétrico com potência  $P = 5,5$  [kW] ( $P \cong 7,5$ CV) e rotação  $n = 1740$  [rpm]. As polias possuem os seguintes diâmetros:  $d_1=120$  mm;  $d_2=280$  mm. As engrenagens possuem os seguintes números de dentes:  $Z_1=23$ ;  $Z_2=49$ ;  $Z_3=27$ ;  $Z_4=59$

Os rendimentos são:

- $\eta_c=0,97$  (Transmissão por correia em V);
- $\eta_e=0,98$  (Transmissão/par de engrenagens);
- $\eta_m=0,99$  (Par de mancais rolamentos).

Determinar:

- a) Potência útil nas árvores (I), (II) e (III);
- b) Potência dissipada/estágio;
- c) Rotação das árvores (I), (II) e (III);
- d) Torque nas árvores (I), (II) e (III);
- e) Potência útil do sistema;
- f) Potência dissipada do sistema;
- g) Rendimento da transmissão;

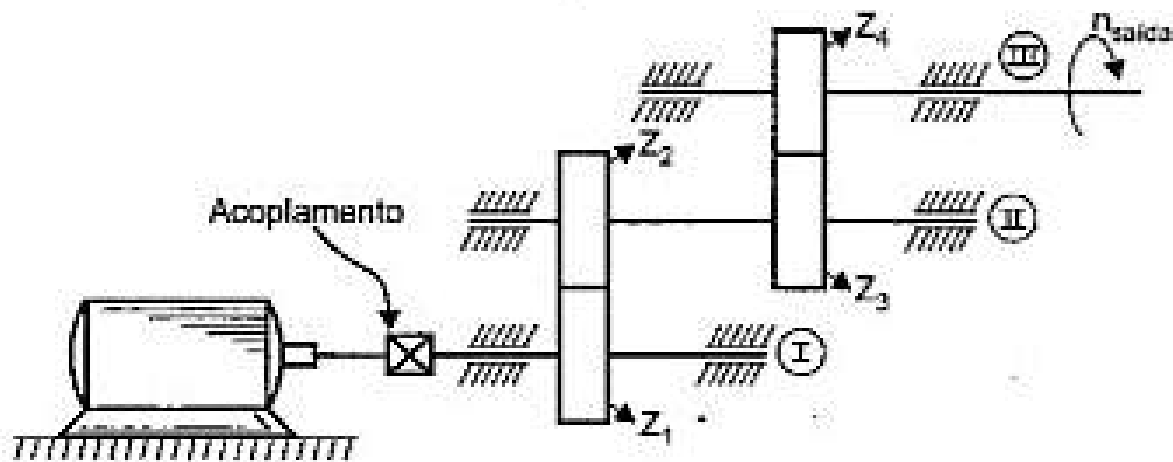


# EXERCÍCIO PARA ENTREGAR

A transmissão por engrenagens, representada na figura, é acionada por um motor elétrico com potência  $P = 18,5$  [kW] e rotação  $n = 1170$  [rpm]. As engrenagens possuem os seguintes números de dentes:  $Z_1=25$ ;  $Z_2=65$ ;  $Z_3=35$ ;  $Z_4=64$

Os rendimentos são:

- $\eta_e=0,98$  (Transmissão/par de engrenagens);
- $\eta_m=0,99$  (Par de mancais rolamentos).



Determinar:

- a) Potência útil nas árvores (I), (II) e (III);
- b) Potência dissipada/estágio;
- c) Rotação das árvores (I), (II) e (III);
- d) Torque nas árvores (I), (II) e (III);
- e) Potência útil do sistema;
- f) Potência dissipada do sistema;
- g) Rendimento da transmissão;

**Resolva o exercício e crie um programa em python com funções de potencia útil e dissipada**