

PMR 3103

Transmissões

Transmissões de Potência

O emprego de transmissões torna-se necessário para **compatibilizar a velocidade angular ou conjugado da máquina motriz** com a necessidade da **máquina acionada**, as quais normalmente são diferentes pelas mais diversas razões. Estas também podem ser utilizadas para **ajustar o sentido da rotação** ou para **ligação de eixos distantes entre si**.

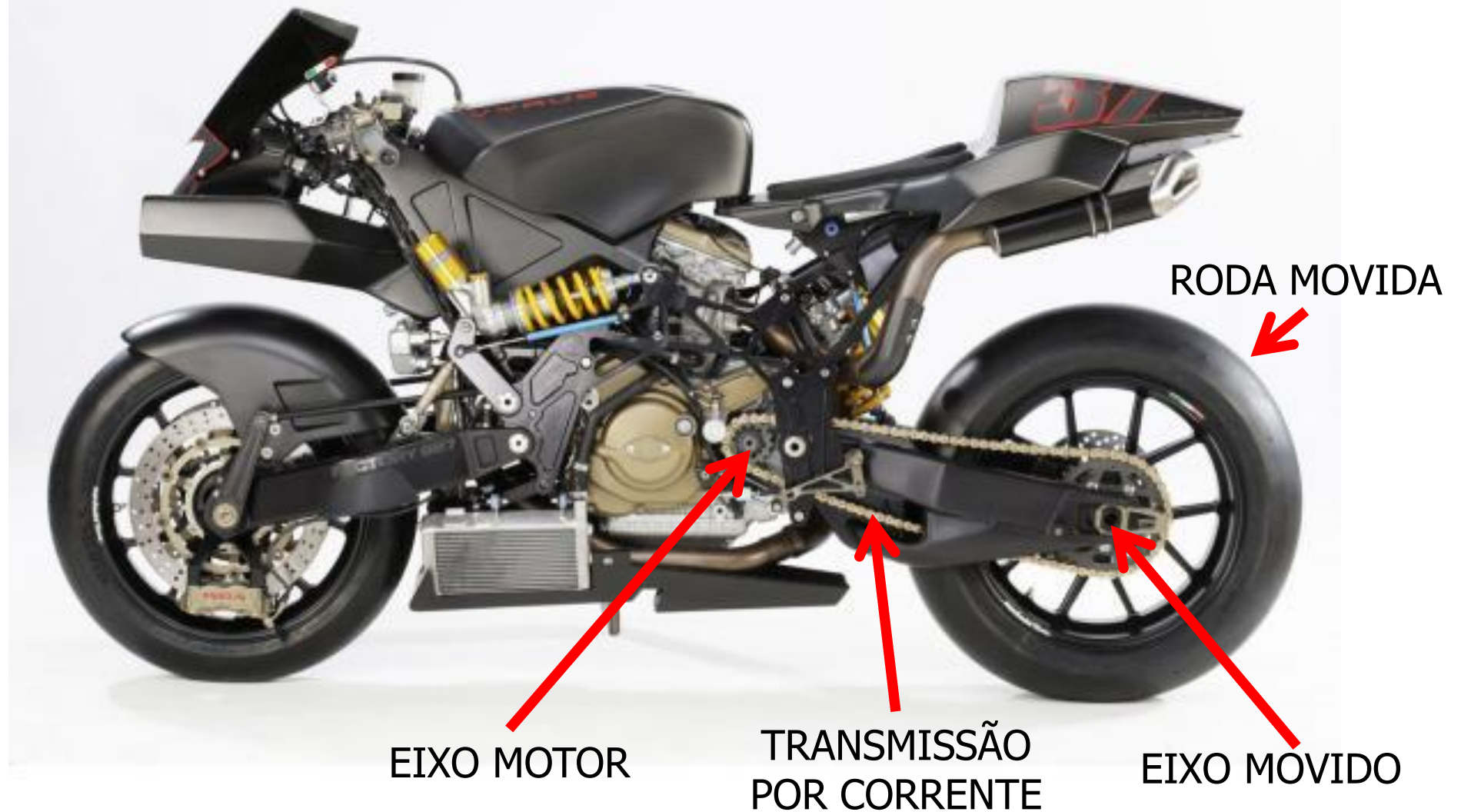
TRANSMISSÃO DA POTÊNCIA

■ MOTOR → TRANSMISSÃO → CONSUMIDOR
(Máquina Motora) (Máquina Movida)

■ POTÊNCIA $\xrightarrow{100\%}$ 100 %
Transmissão IDEAL

■ POTÊNCIA $\xrightarrow{100\%}$ < 100 %
Transmissão REAL

MOTOCICLETA COM TRANSMISSÃO POR CORRENTE



1. Introdução

■ Transmissão ideal

Potência de entrada(P_e) = Potência de saída(P_s)

$P_e = C_e \cdot \omega_e = P_s = C_s \cdot \omega_s$ onde ω é a velocidade angular e C o conjugado

$i = \omega_e / \omega_s$ é a relação de redução ($cte \geq 1$)

Assim **$C_s = i \cdot C_e$** (TRANSMISSÃO IDEAL)

■ Transmissão real

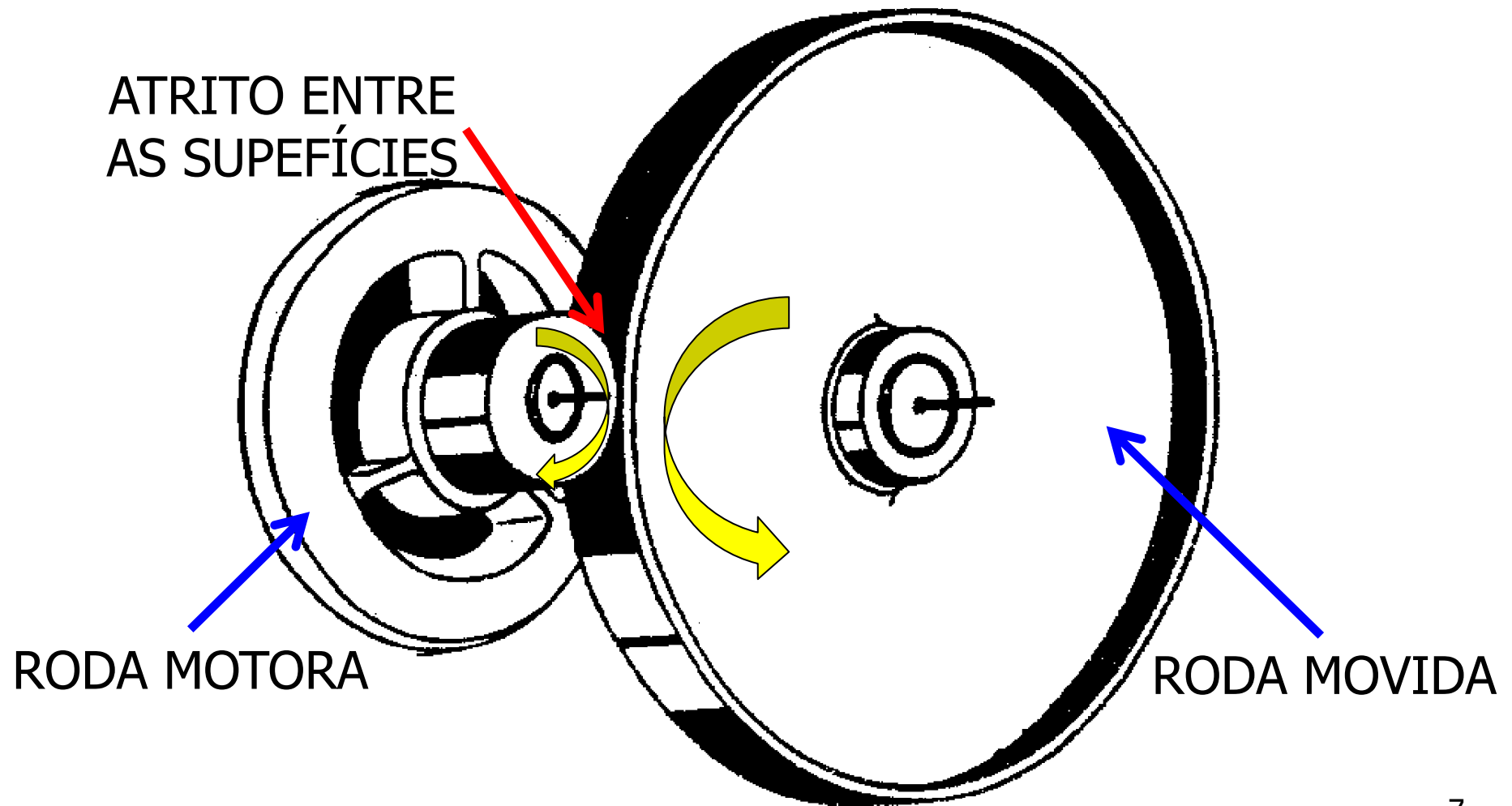
$P_s = P_e \cdot \eta$, onde η é o rendimento da transmissão e P a potência ($\eta < 1$)

$C_s = i \cdot C_e \cdot \eta$ (TRANSMISSÃO REAL)

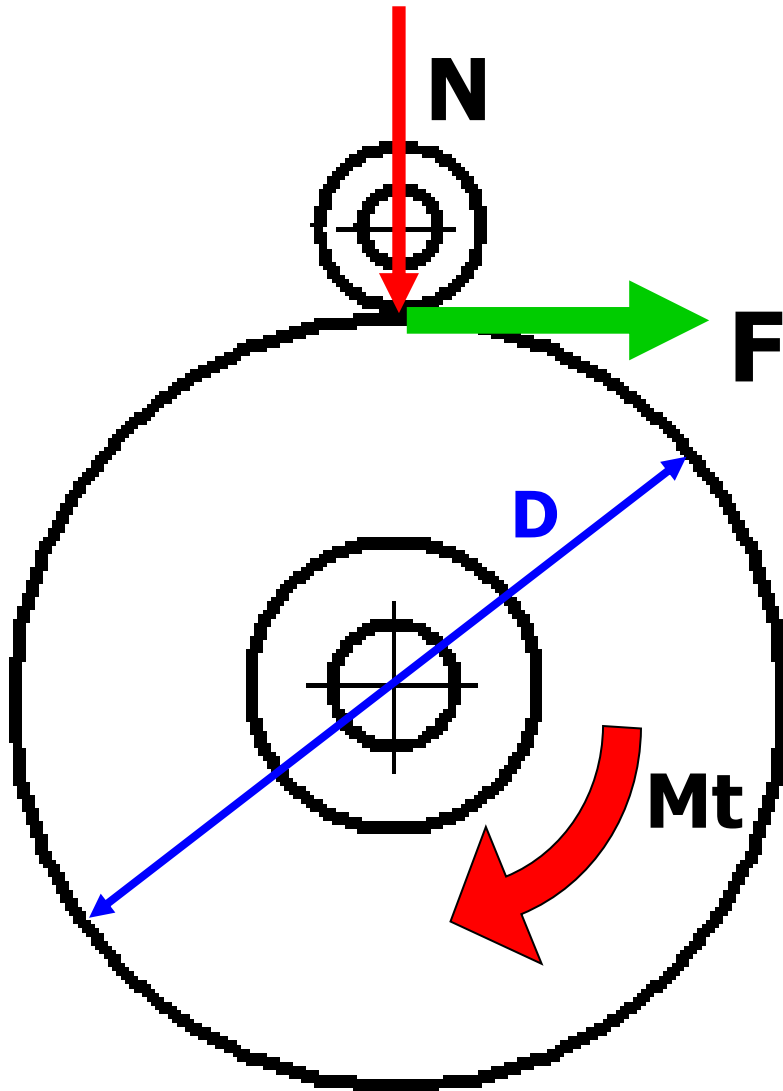
2. Tipos de Transmissões

- Transmissões por rodas de atrito;
- Transmissões por correias;
- Transmissões por correntes;
- Transmissões por engrenagens.

2.1 Transmissões por Rodas de Atrito



2.1 Transmissões por Rodas de Atrito



$$Fat = \mu \times N \text{ (Força de Atrito)}$$

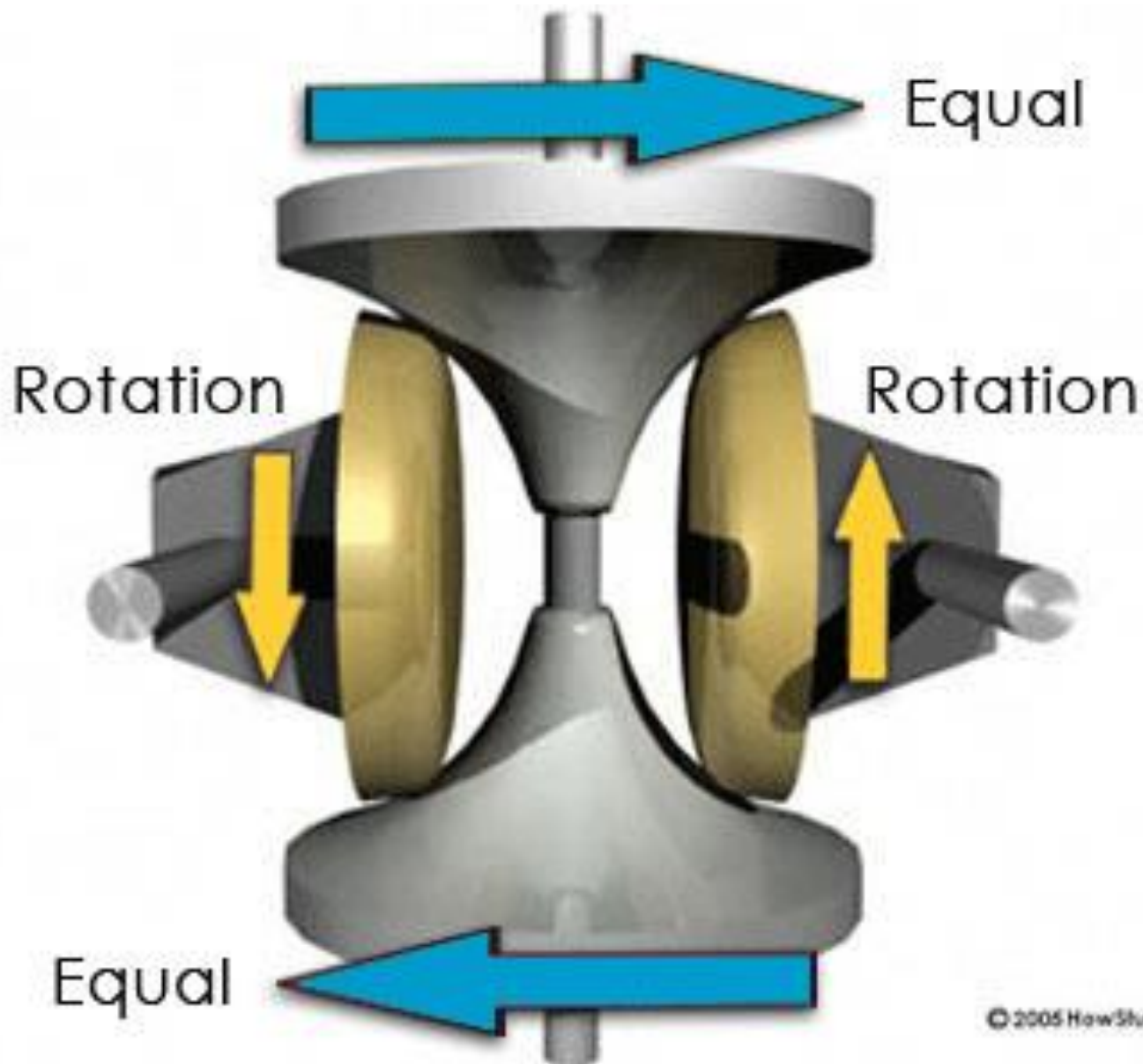
μ = coeficiente de atrito

N = força normal

No limite (deslizamento)

$$Mt = Fat \times D/2 \text{ (Torque)}$$

TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR RODA DE ATRITO



Transmissões por Rodas de Atrito

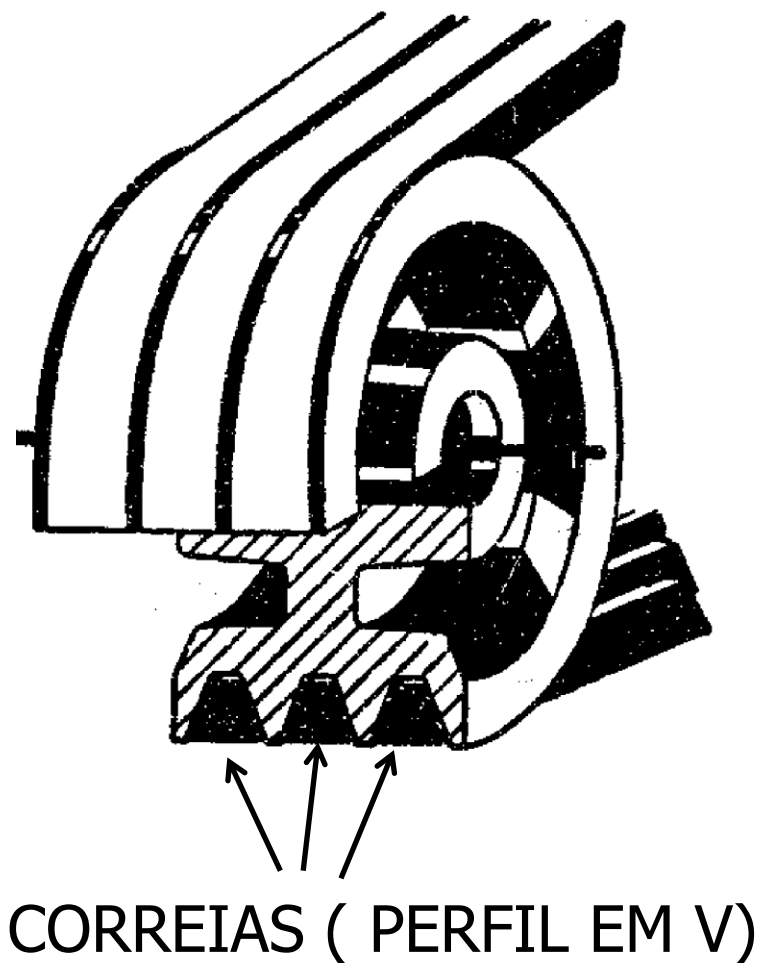
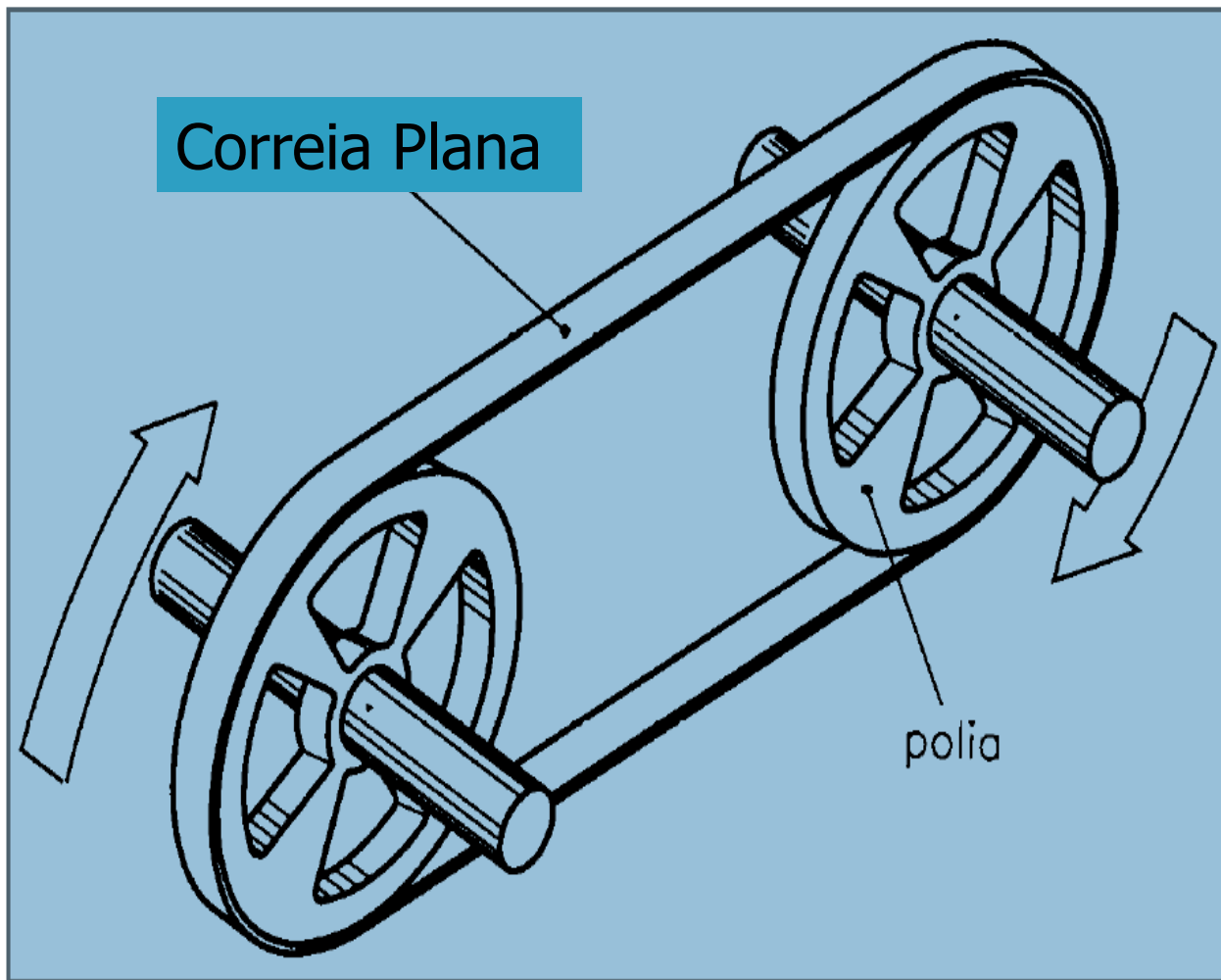
Características Básicas

- projeto não compacto;
- montagem entre eixos paralelos;
- relação de transmissão não constante;
- distância entre centros precisa;
- relação de transmissão até 6;
- potência de transmissão até 200 HP;
- velocidade tangencial de operação até 20 m/s;
- elementos não padronizados (uma solução para cada problema).

2.2 Transmissões por Correia

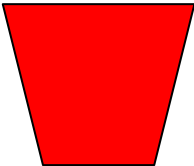
Empregam-se **elementos flexíveis**, sendo estes denominados de **correias**, as quais se apoiam sobre elementos circulares fixados ao eixo, denominados de **polias**. Neste tipo de transmissão, monta-se uma polia em cada um dos eixos (normalmente paralelos) que a compõem, e sobre elas é instalada a correia, a qual deve ser montada com alguma **pre-tensão** forçando seu contato com as polias.

Transmissão por Correia



2.2.1 Tipos de Correias

Os tipos são definidos pela **geometria da secção transversal da correia**:

- Correias Planas;  Perfil
- Correias em “V” ou Trapezoidais;  Perfil
- Correias Dentadas ou Sincronizadoras.



CORREIAS PLANAS

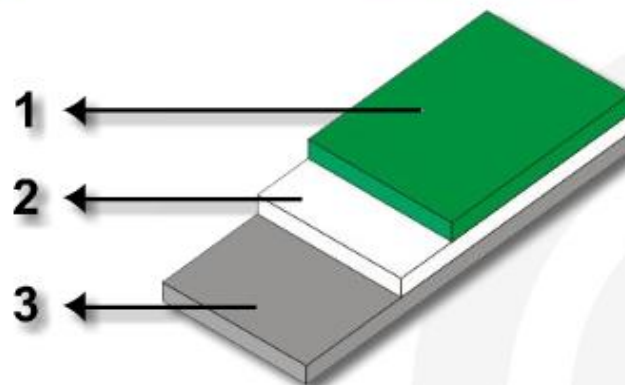
Perfil



ESTRUTURA DA CORREIA



1. CAMADA DE FRICÇÃO
2. CAMADA DE TRAÇÃO
3. COBERTURA EXTERNA

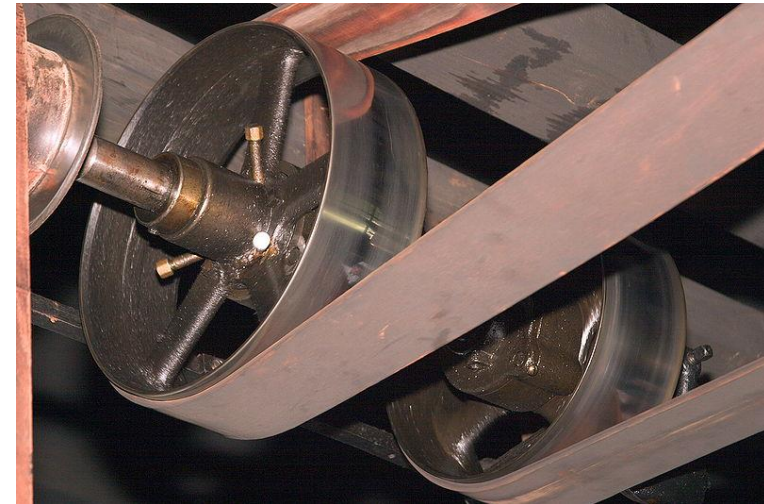
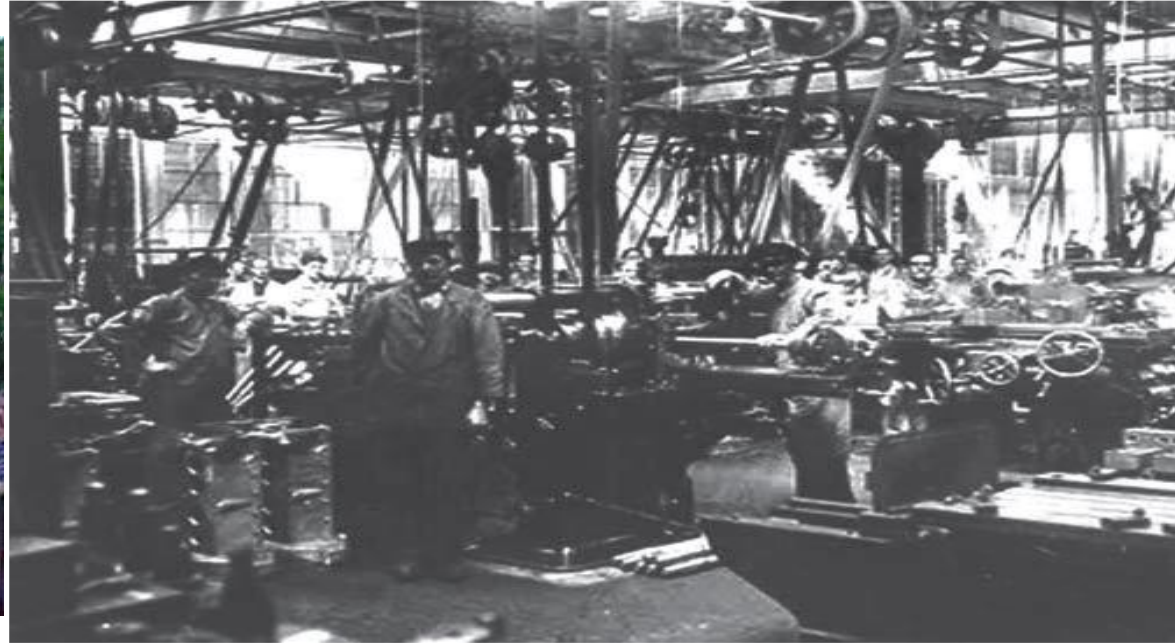


1. CAMADA DE FRICÇÃO
.C = COURO
.R = BORRACHA NITRÍLICA
.T = TECIDO DE NYLON

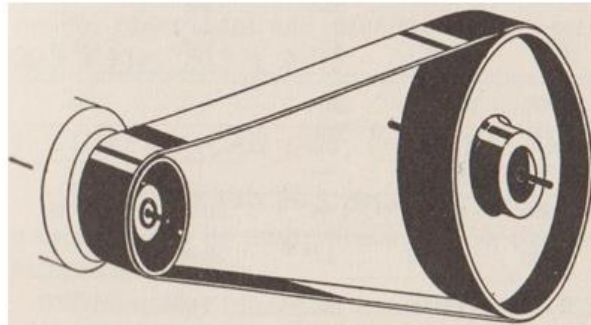
2. CAMADA DE TRAÇÃO
.LÂMINA DE NYLON
.TECIDO DE NYLON

3. COBERTURA EXTERNA
.C = COURO
.R = BORRACHA NITRÍLICA
.T = TECIDO DE NYLON

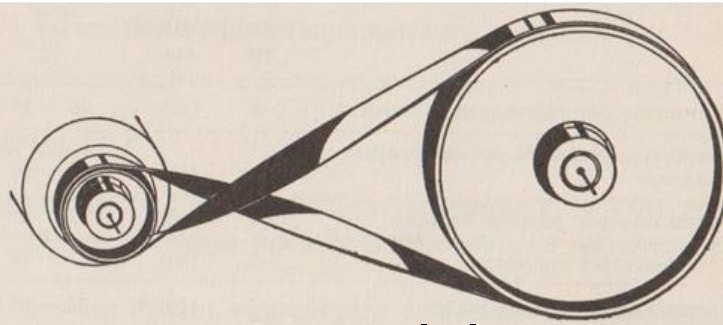
A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A CORREIA PLANA



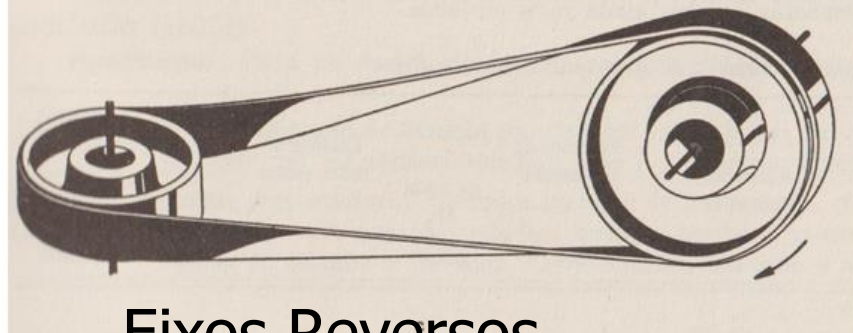
Configurações de Montagem de Correias Planas



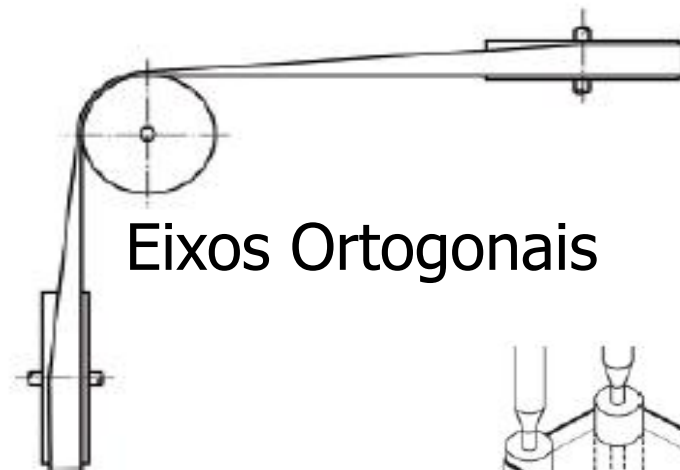
Eixos Paralelos



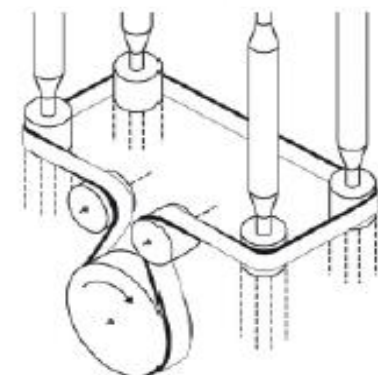
Eixos Paralelos com Inversão



Eixos Reversos

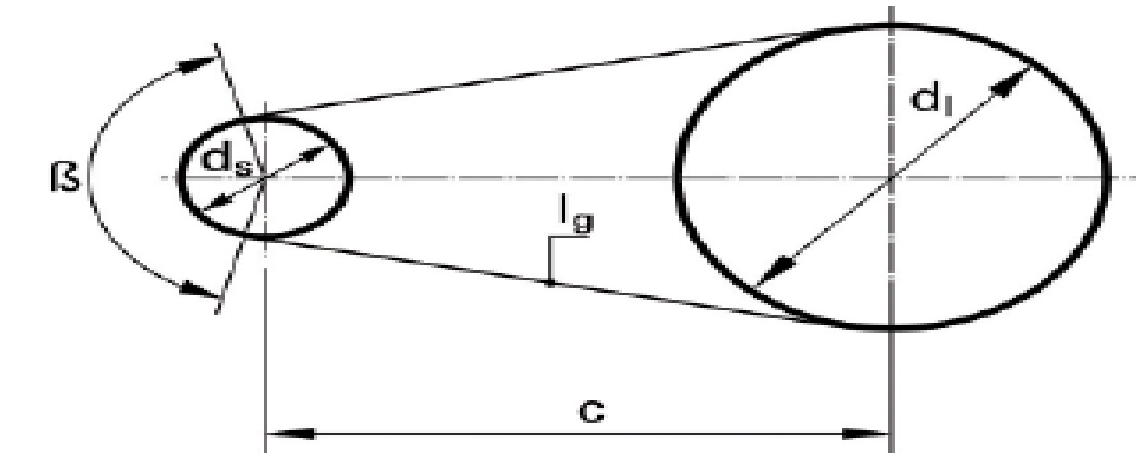


Eixos Ortogonais



Multi- Eixos

Cálculo de Comprimento de Correia Plana



Exact formula for the calculation of the geometric belt length of a two pulley drive:

$$l_g = 2c \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{\pi}{2} \left[d_s + d_l + \frac{(d_l - d_s)(180 - \beta)}{180} \right] [\text{mm}]$$

Services
Media No. 6026

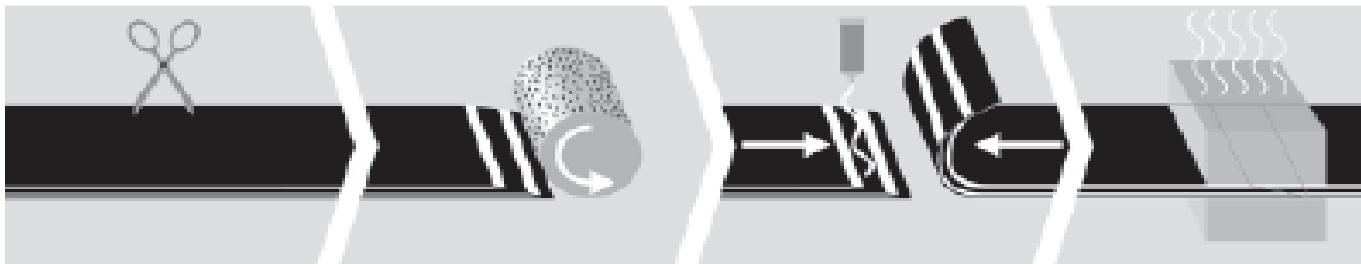
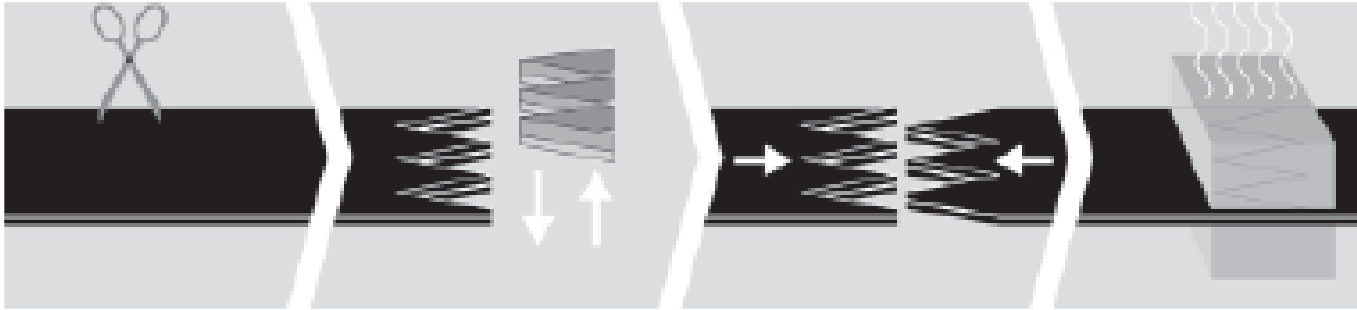


- c = center distance [mm]
- d_s = diameter of small pulley [mm]
- d_l = diameter of large pulley [mm]
- β = arc of contact on small pulley [°]

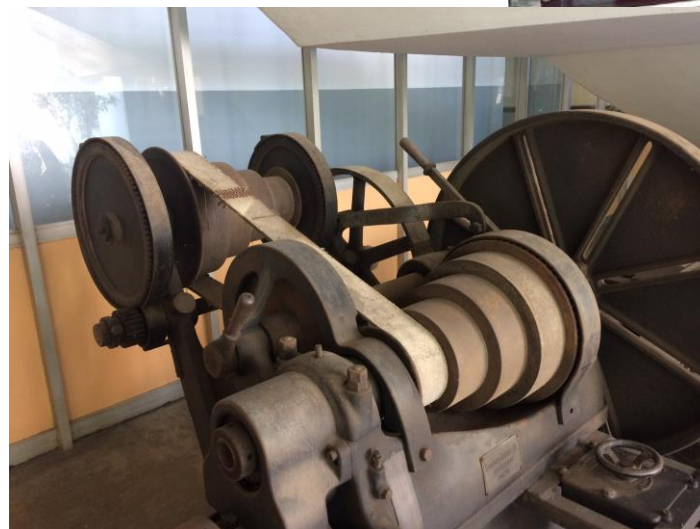
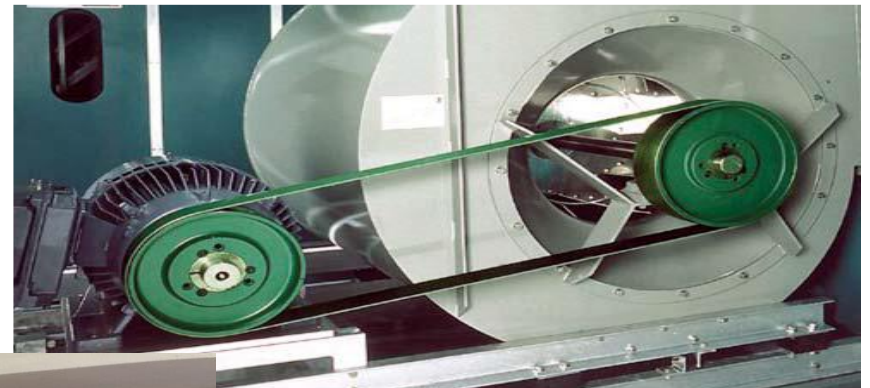
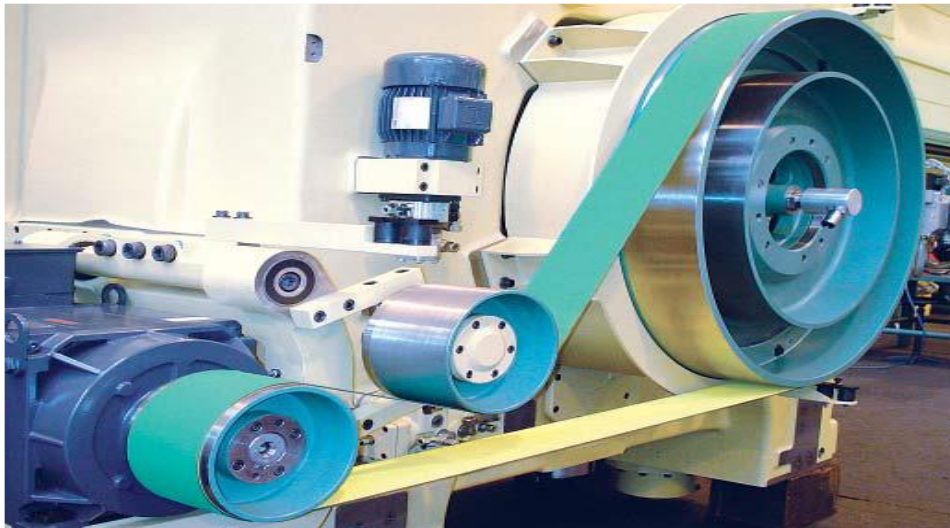
Power Transmission Belts
Engineering Guide

$$\beta = 2 \arccos\left(\frac{d_l - d_s}{2c}\right) = \quad [^\circ]$$

Métodos de União (Fechamento) de Correia Plana

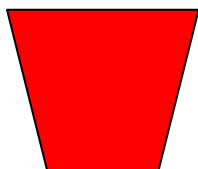


UTILIZAÇÃO DE CORREIA PLANA

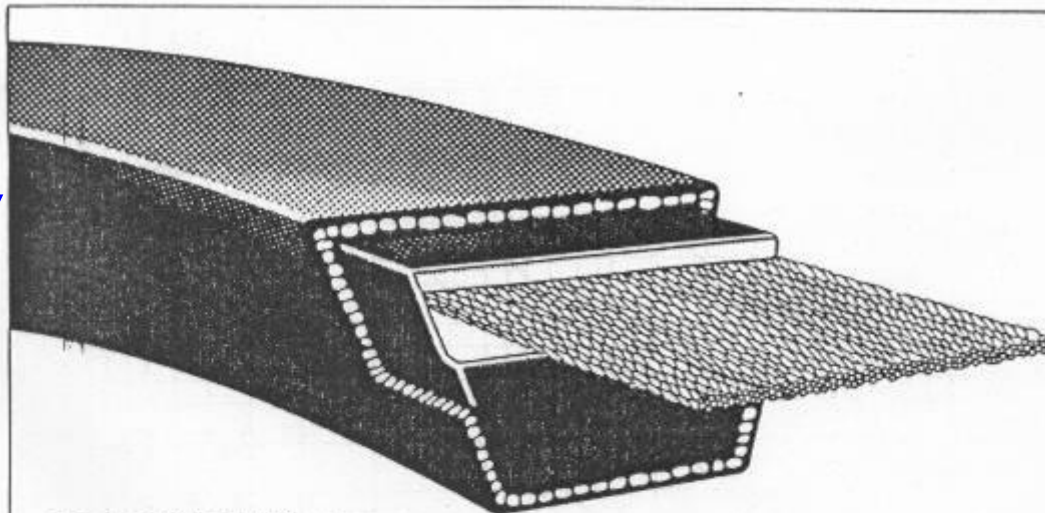


Correias em "V" ou Trapezoidais

Perfil

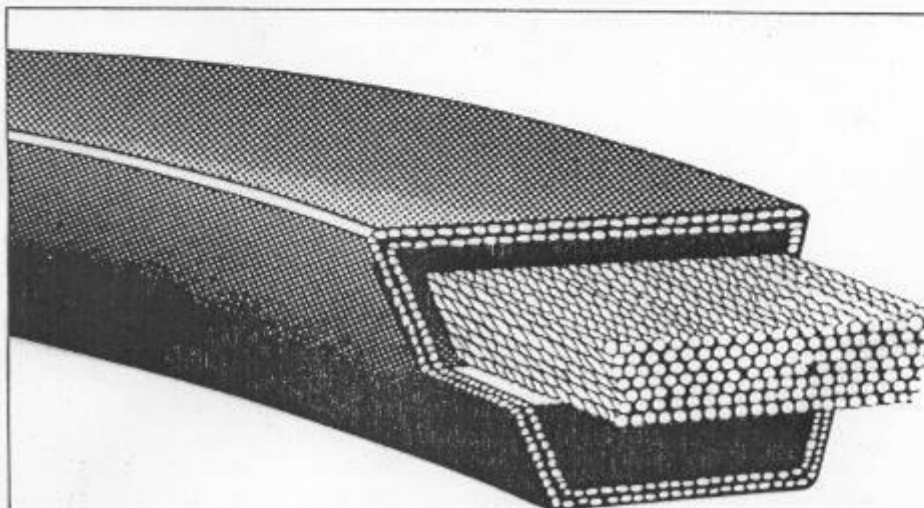


CORREIAS COM CAMADA SIMPLES DE CORDONÉIS 3-T



COMPRIMENTOS ATÉ 120" (3.100 mm)
PARA PEQUENAS DISTÂNCIAS ENTRE CENTROS E ALTA VELOCIDADE.

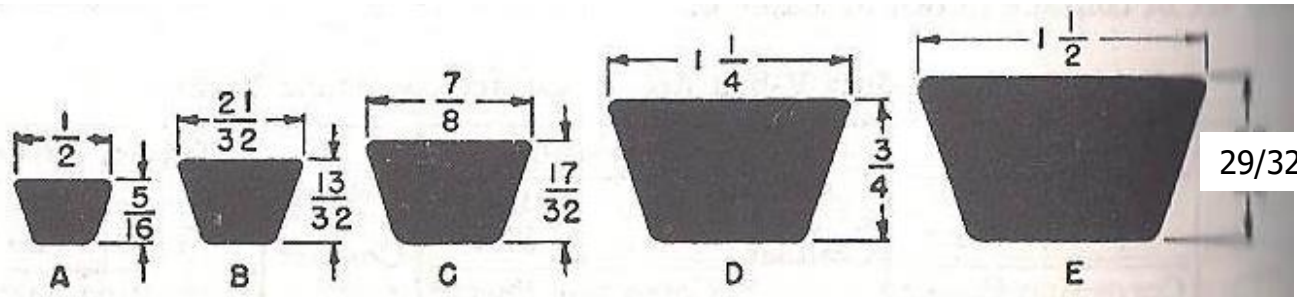
CORREIAS COM MÚLTIPLAS CAMADAS DE CORDONÉIS 3-T



COMPRIMENTOS ACIMA DE 120" (> 3.100 mm)
PARA LONGAS DISTÂNCIAS ENTRE CENTROS, TRANSMISSÕES PESADAS COM AS MAIS ALTAS CARGAS DE CHOQUE E DIVERSAS SOLICITAÇÕES DE ESFORÇOS ENCONTRADAS.

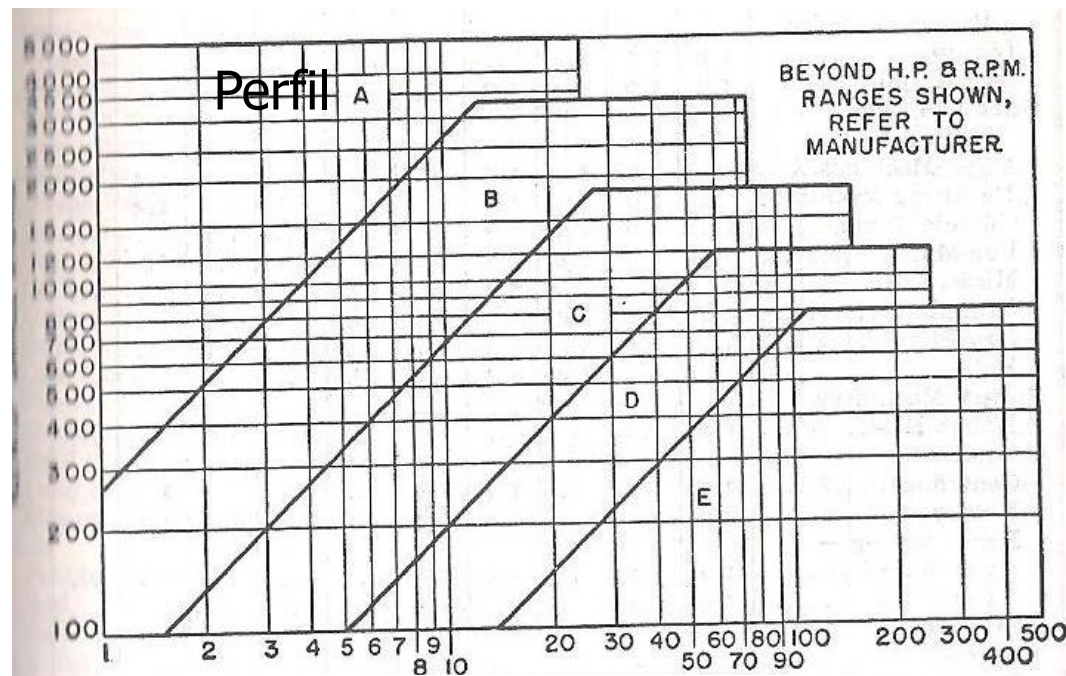
Perfis de Correia V – Seleção Capacidade de Carga

Perfil



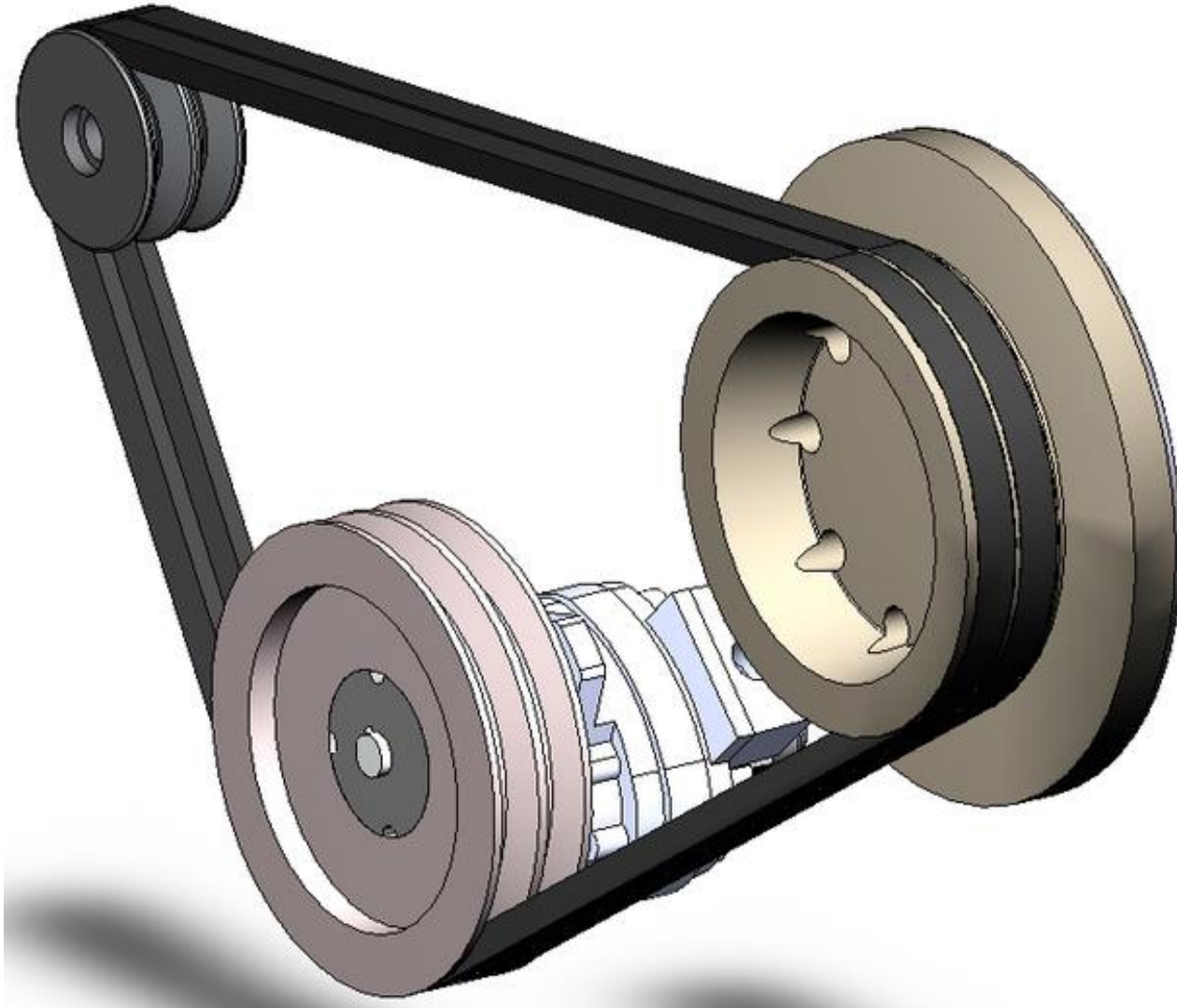
29/32

Rotação polia menor

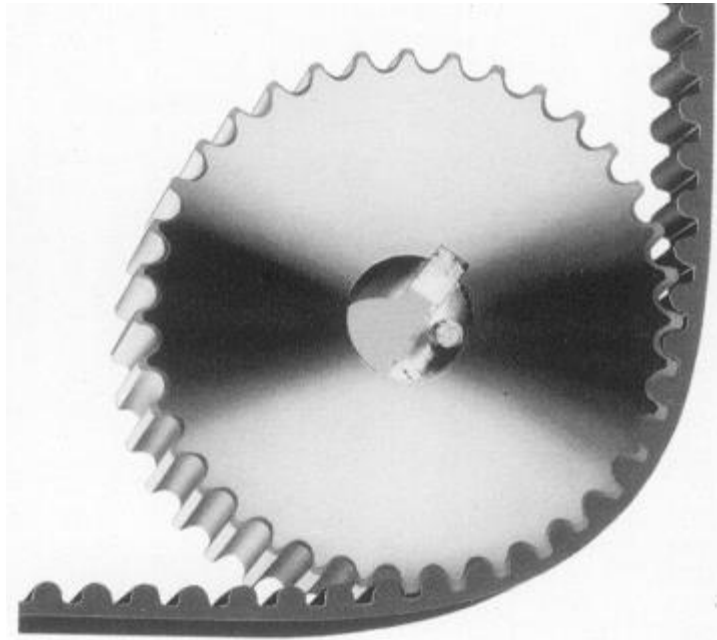


Potência x Fator de Serviço

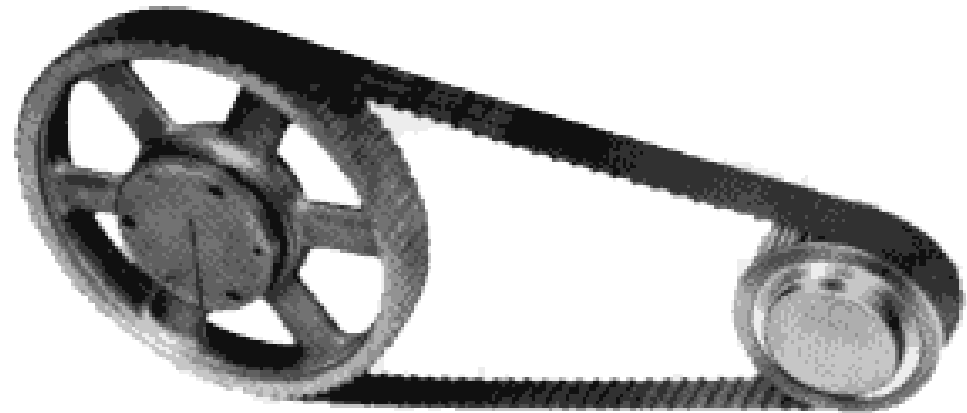
TRANSMISSÃO por Correias em "V" ou Trapezoidais



Correias Sincronizadoras (Dentadas)



Perfil

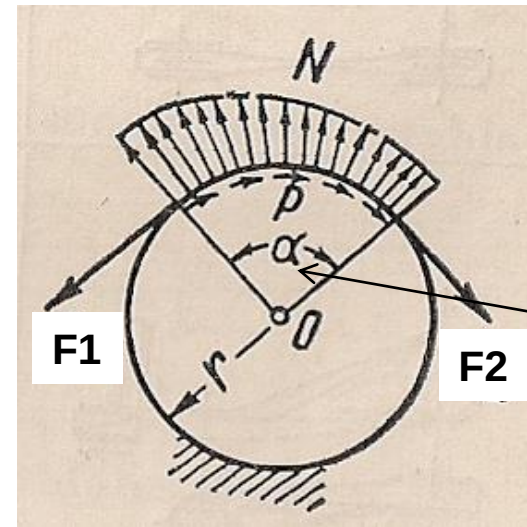
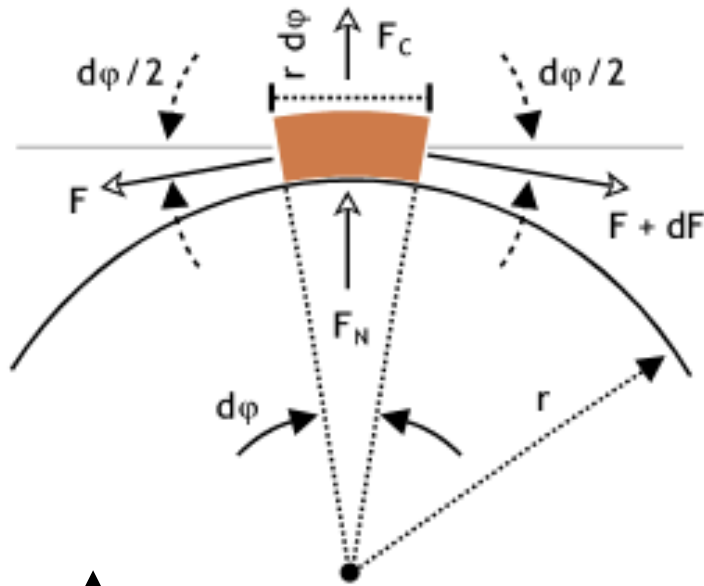


2.2.2 Princípio de Operação das Correias em “V” e Planas

- A transmissão de esforços entre a correia e a polia é baseada na **força de atrito existente entre a correia e a polia**.
- A magnitude desta força de atrito é dependente do valor do **coeficiente de atrito estático entre a polia e a correia** e da **pressão** entre a polia e a correia.
- A magnitude desta pressão é dependente da magnitude da **força de pré-tensão** aplicada na correia.

2.2.2 Princípio de Operação das Correias em “V” e Planas

- Em função do movimento de rotação da polia motora, há um acréscimo de força em um dos tramos da correia e um decréscimo de força no outro tramo.
- A relação entre as forças atuantes nestes tramos é calculada com o emprego da equação de Euler, a qual é dependente do coeficiente de atrito estático e do ângulo de abraçamento da correia na polia menor.

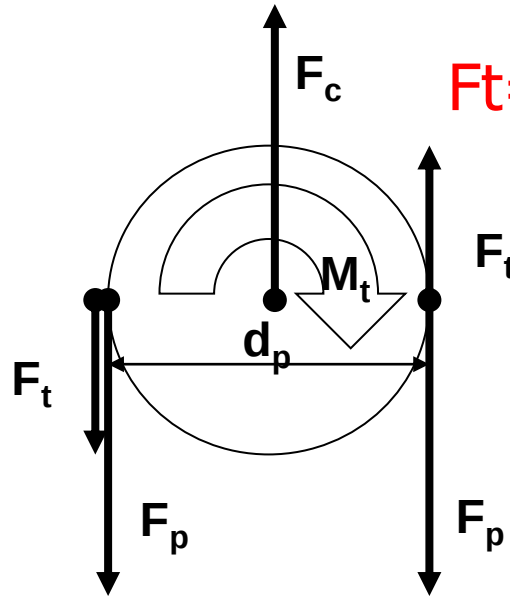
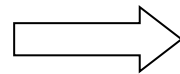
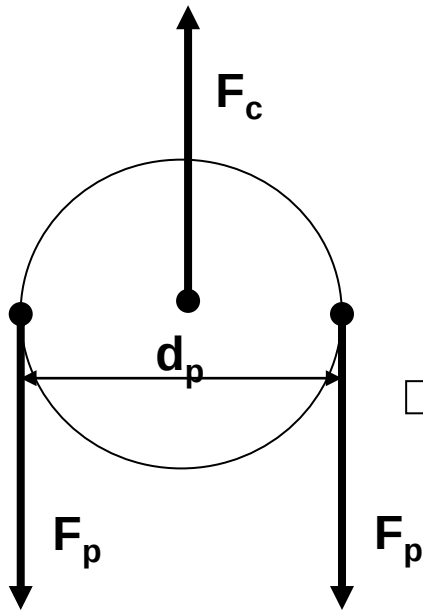


Equação de Euler

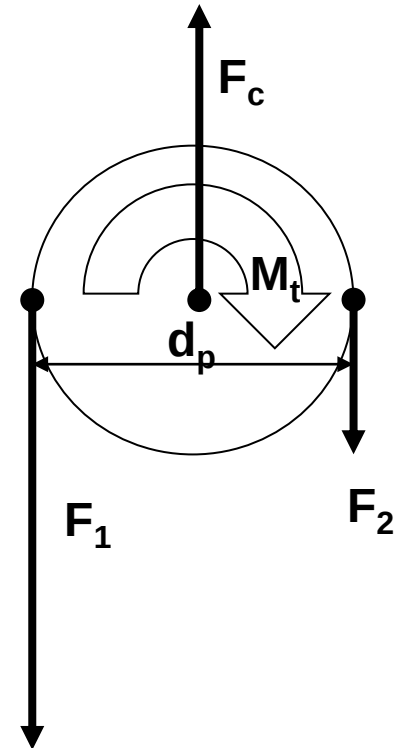
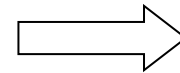
$$F_1/F_2 = e^{\mu\alpha}$$

μ = coeficiente de atrito
 α = ângulo de abraçamento

Fio flexível e inextensível



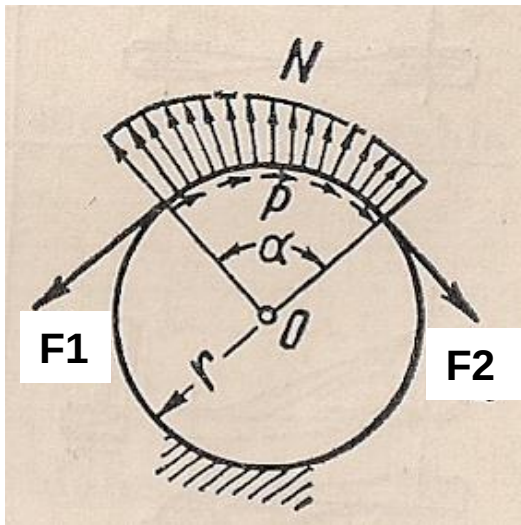
$$F_t = M_t / d_p$$



Atenção:

$$M_t \text{ (conjugado)} = (F_1 - F_2) * d_p / 2$$

$$F_c \text{ (pré-Tensão)} = 2 F_p = F_1 + F_2$$



Equação de Euler

$$F_1/F_2 = e^{\mu\alpha}$$

$\mu = 0,5$ (coeficiente de atrito)

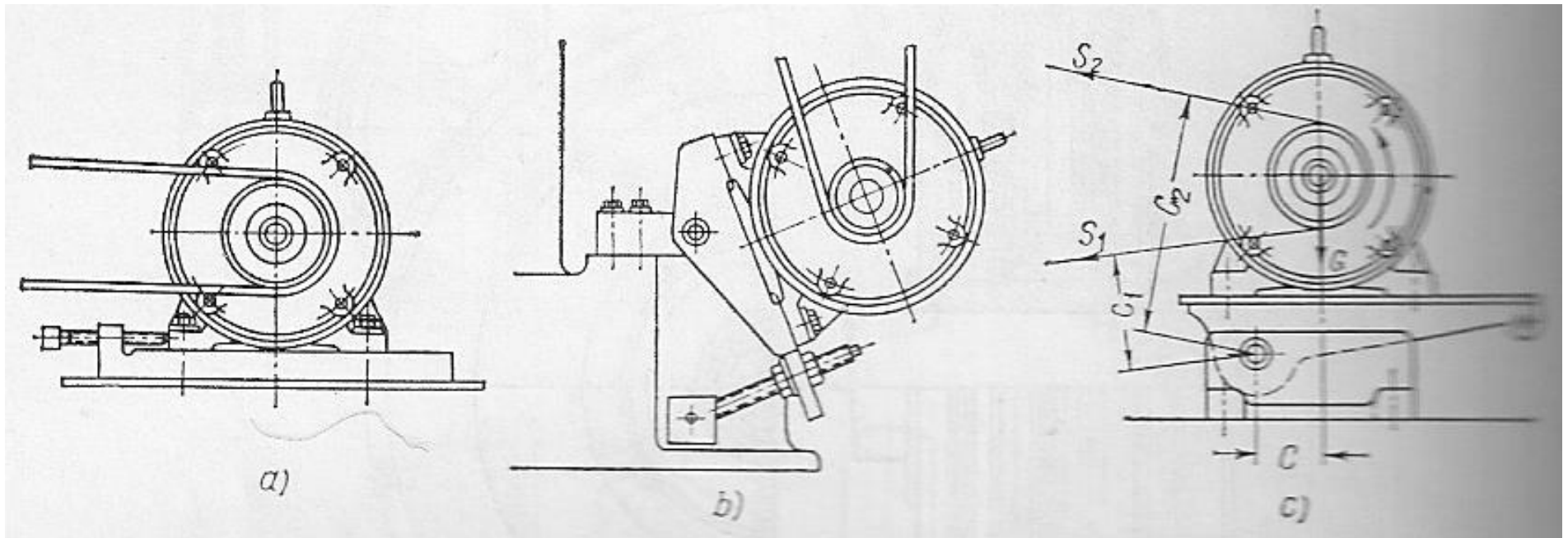
Número de Voltas

Alpha

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{e^{\mu\alpha}}$$

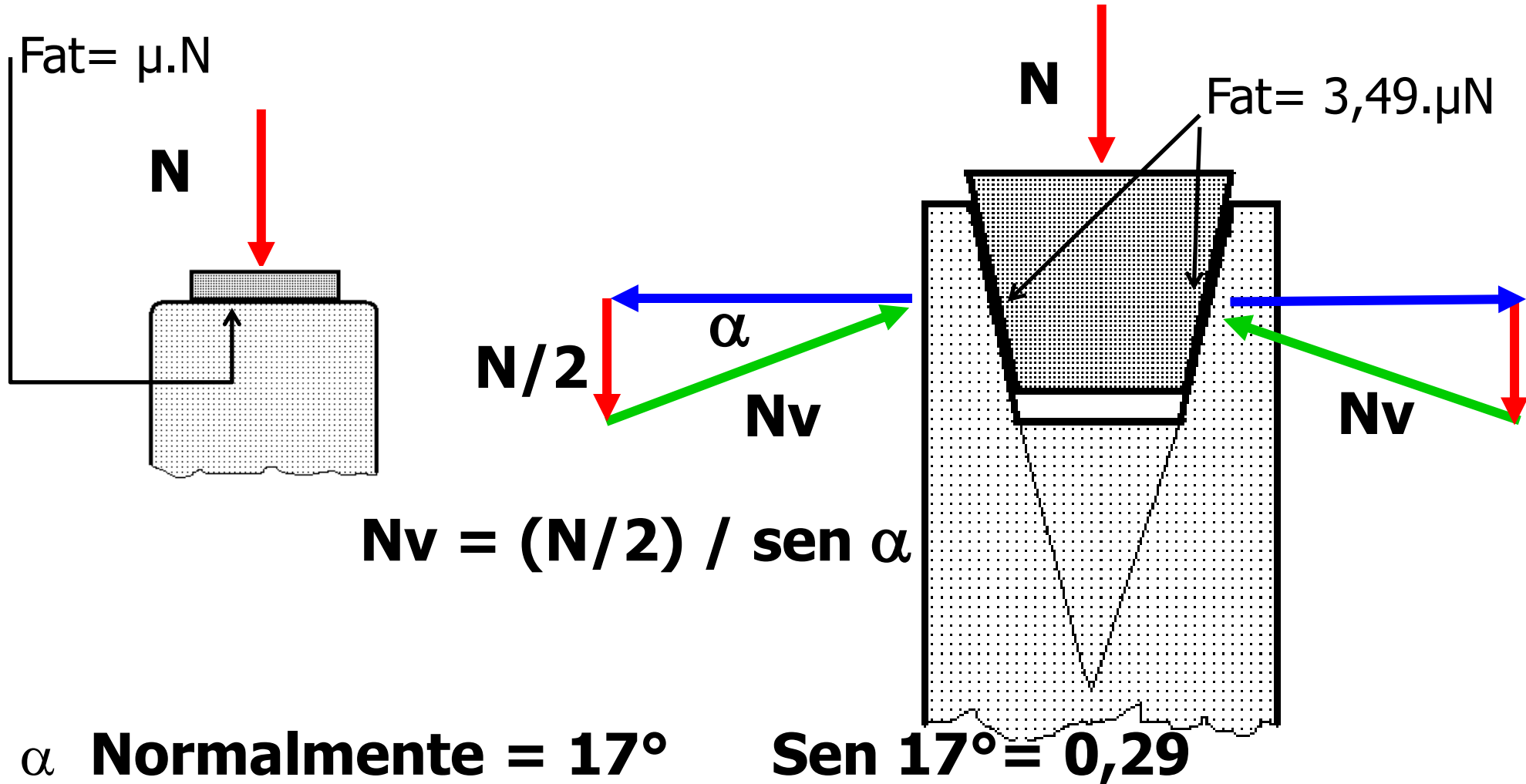
1/2	π	0,208
1	2π	0,043
1 1/2	3π	0,009
2	4π	0,002

Tensionamento de Correias Acionadas por Motor Eléctrico



Força Normal x Capacidade de Tração

Correia Plana e Correia em V



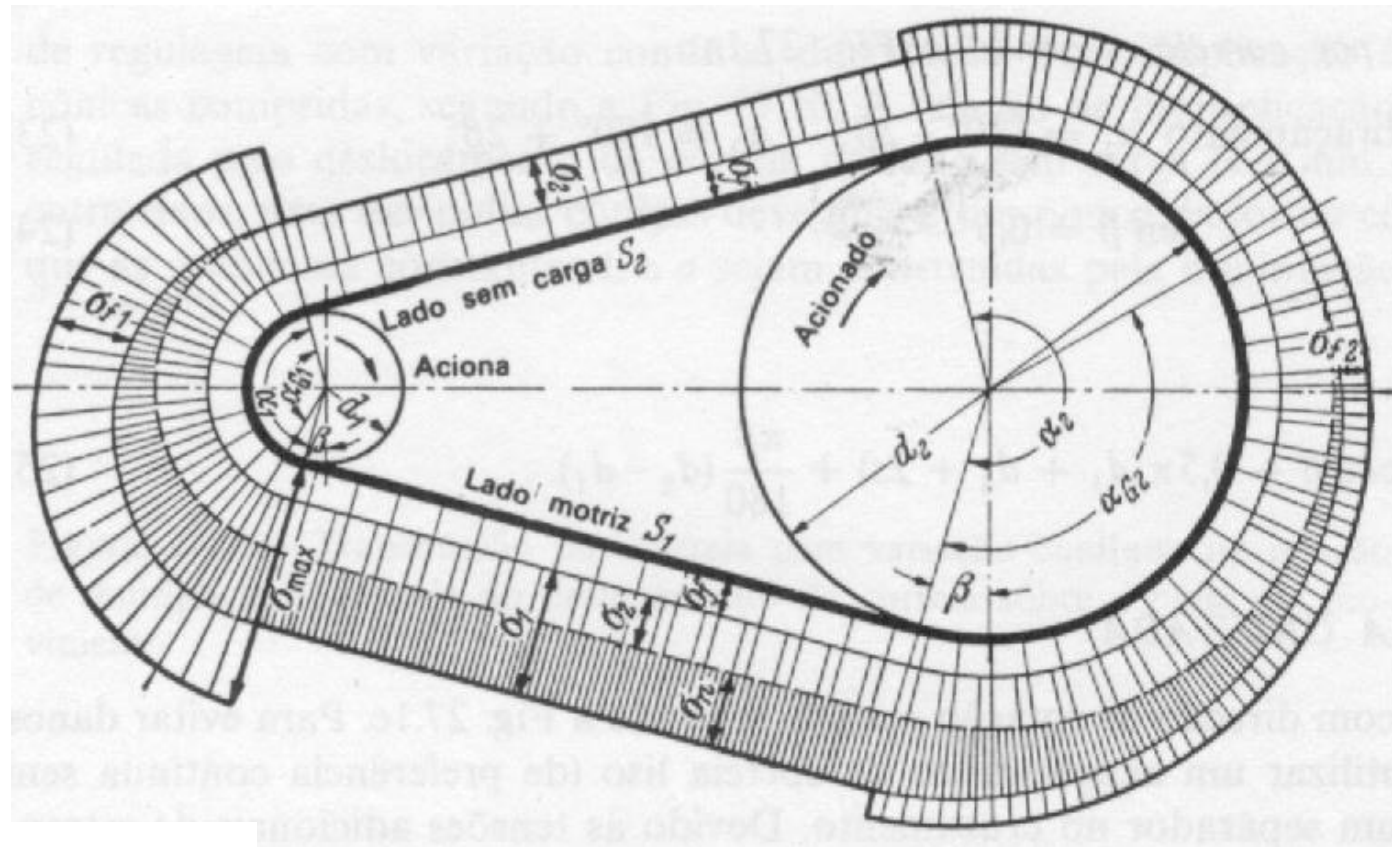
$$N_v = (N/2) / 0,29 = N/0,58$$

$$2 N_v = 3,49 N$$

TRANSMISSÃO POR CORREIAS

- A velocidade tangencial de uma transmissão por correias é limitada pela força centrífuga que atua sobre a correia quando a mesma se apoia sobre as polias. A ação desta força centrífuga tende a afastar a correia da polia, reduzindo a pressão existente entre as mesmas e reduzindo a capacidade de transmissão.

2.2.2.1 Tensões nas Correias



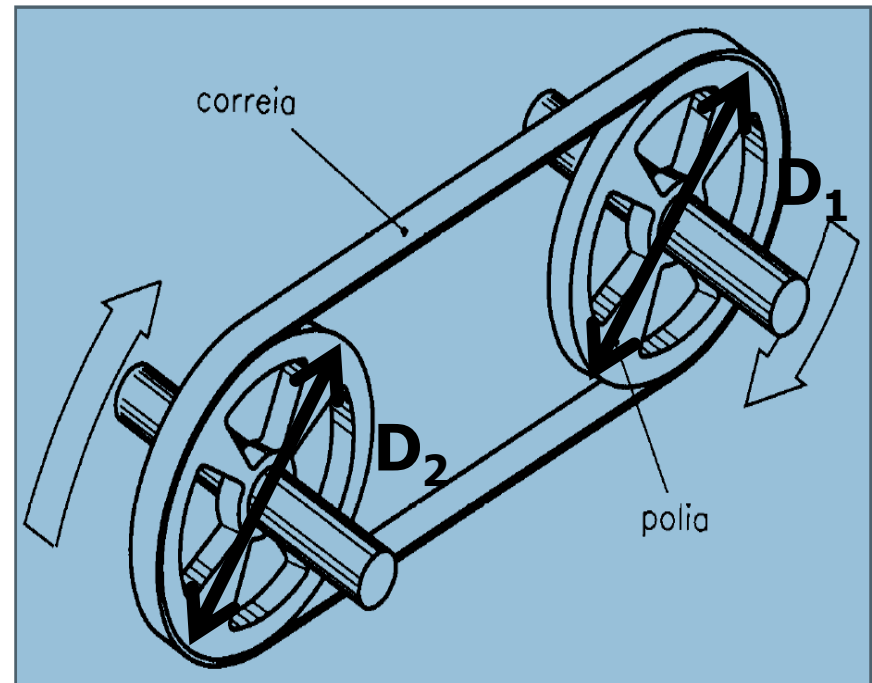
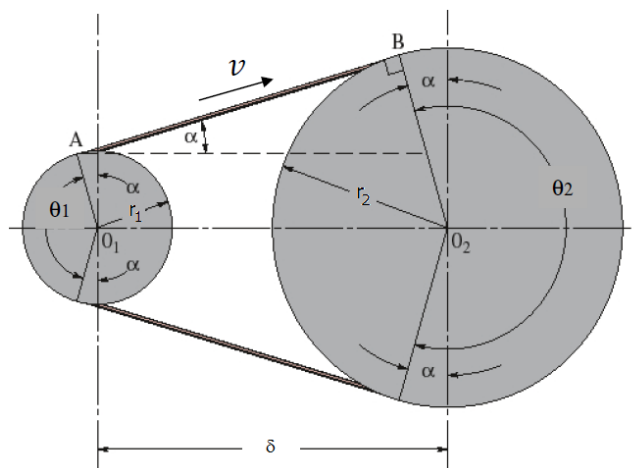
Tensão na correia na transmissão aberta:

σ_f tensão na força centrífuga; σ_2 tensão no lado vazio;
 σ_1 tensão no lado em carga = $\sigma_2 + \sigma_n$; σ_n tensão
 útil = σ_U ; σ_{f1} , σ_{f2} tensões de flexão nas polias 1 e 2;
 α_G ângulo de escorregamento (no campo da variação
 da tensão devido ao alongamento de deslizamento)

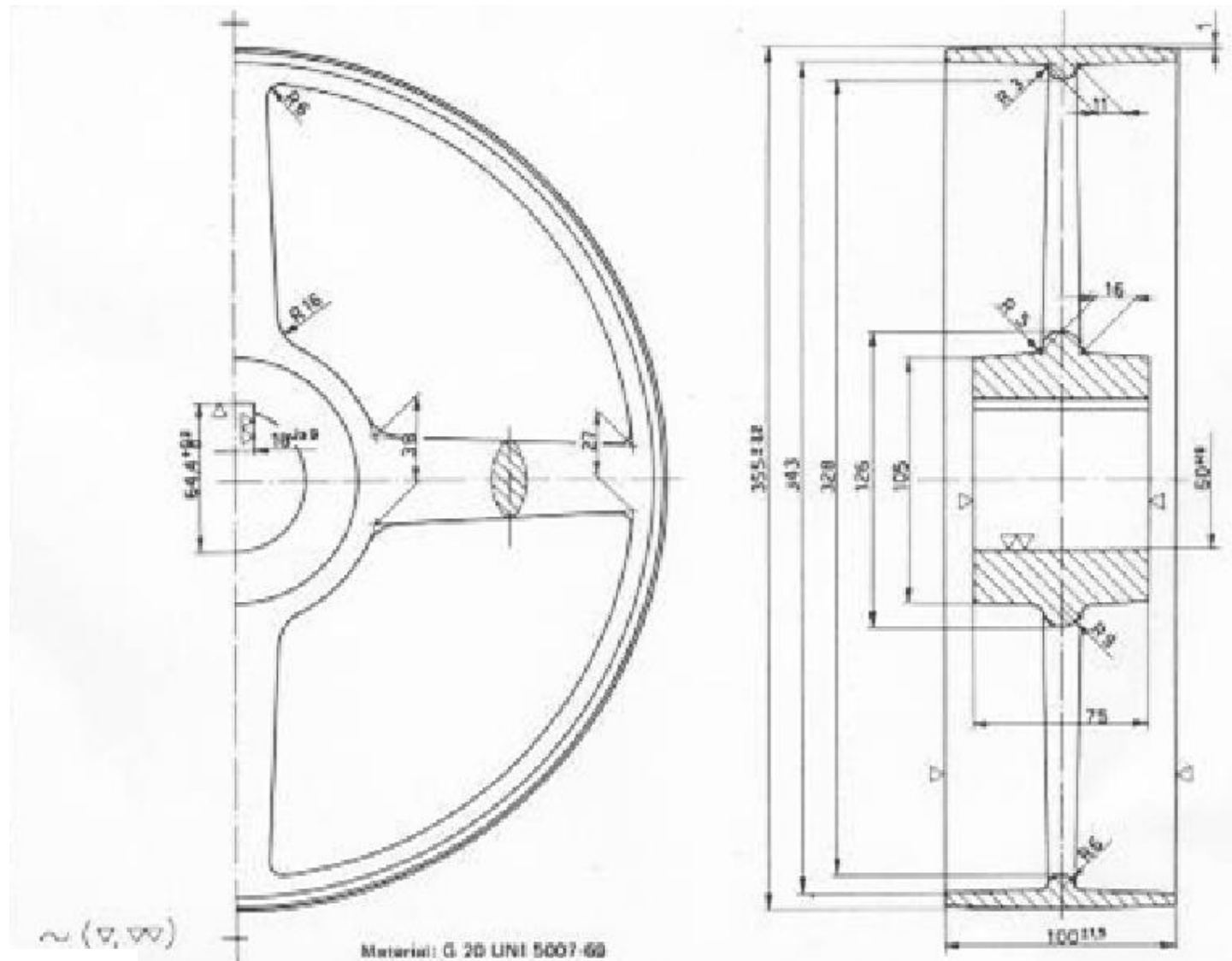
2.2.3 Relação de Transmissão

A relação de transmissão (i) é igual a relação entre os diâmetros primitivos das polias maior (D_2) e menor (D_1) ou seja:

$$i = D_2 / D_1 = r_2 / r_1$$

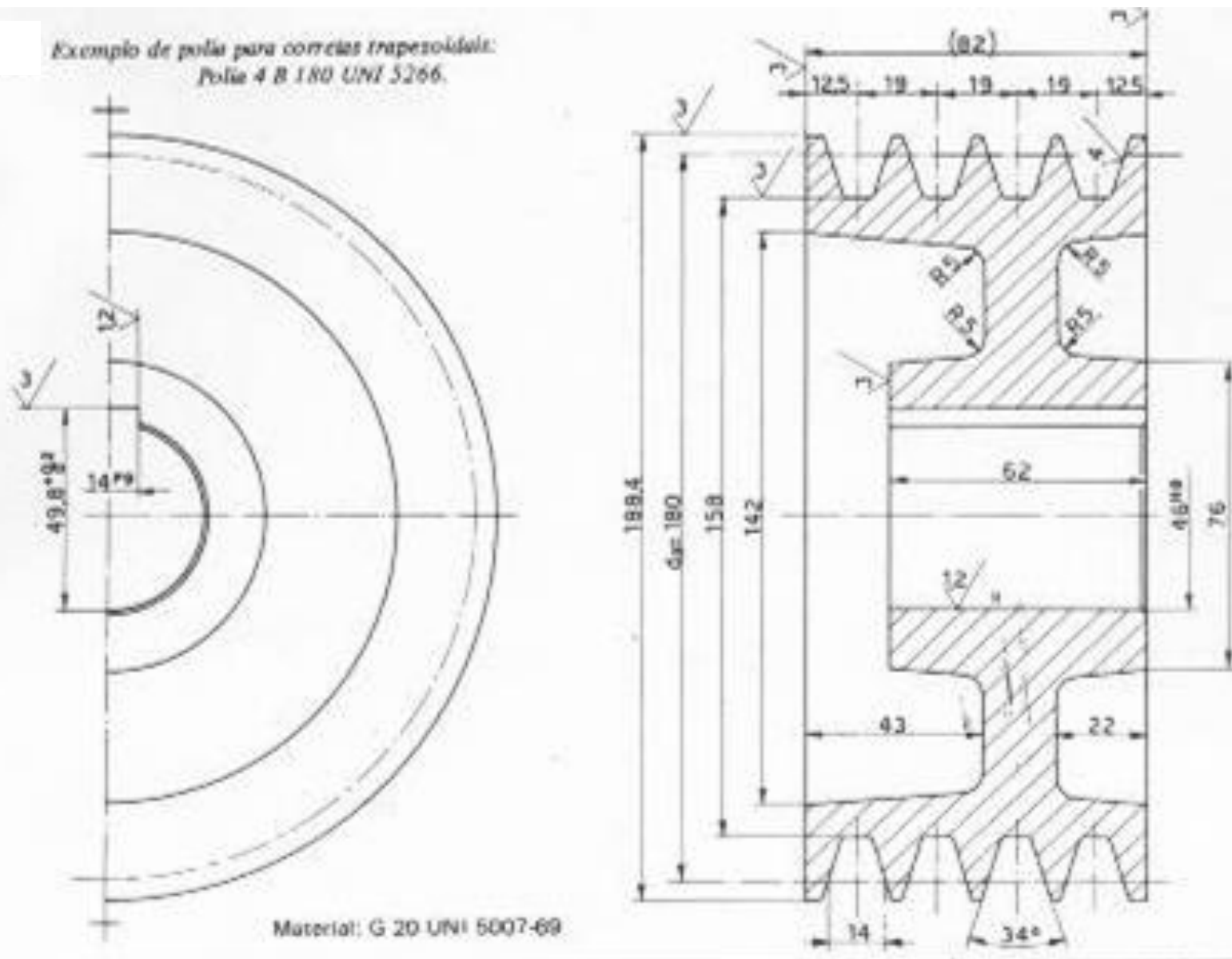


Polia para Transmissão por Correia Plana

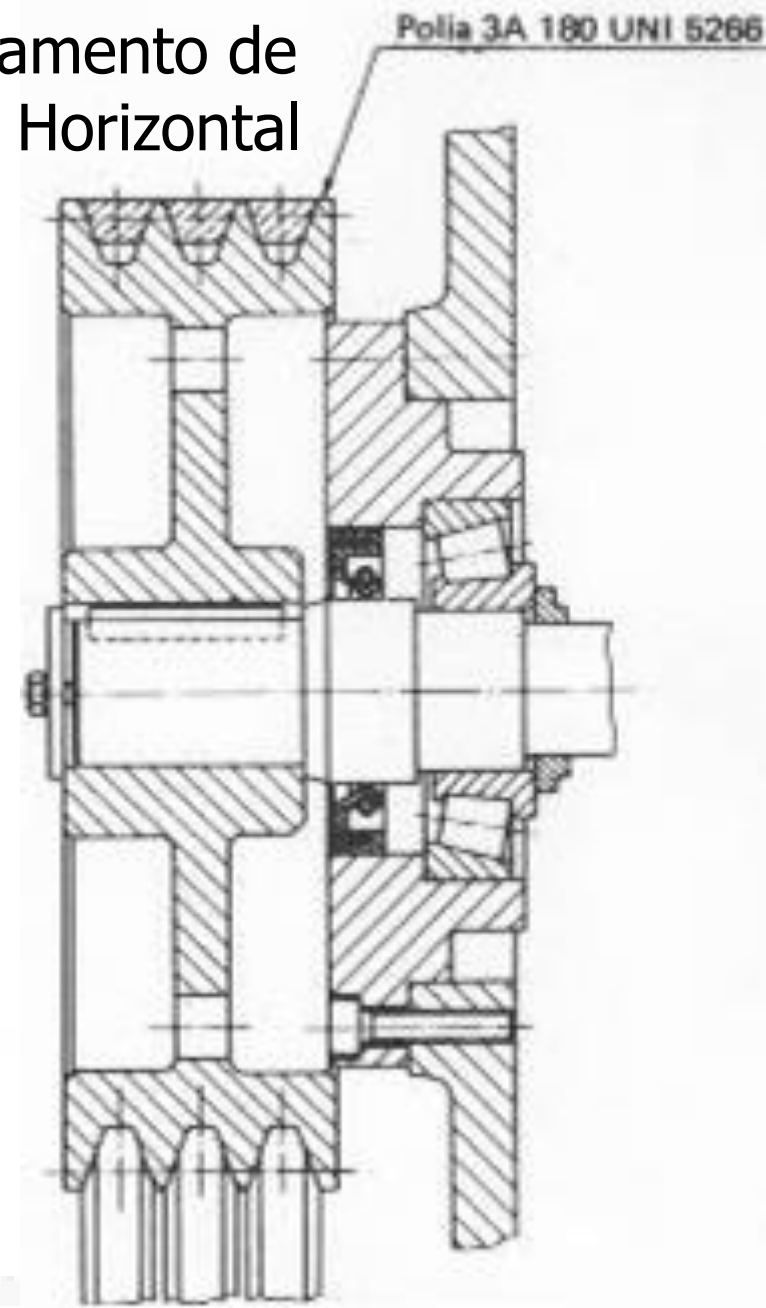
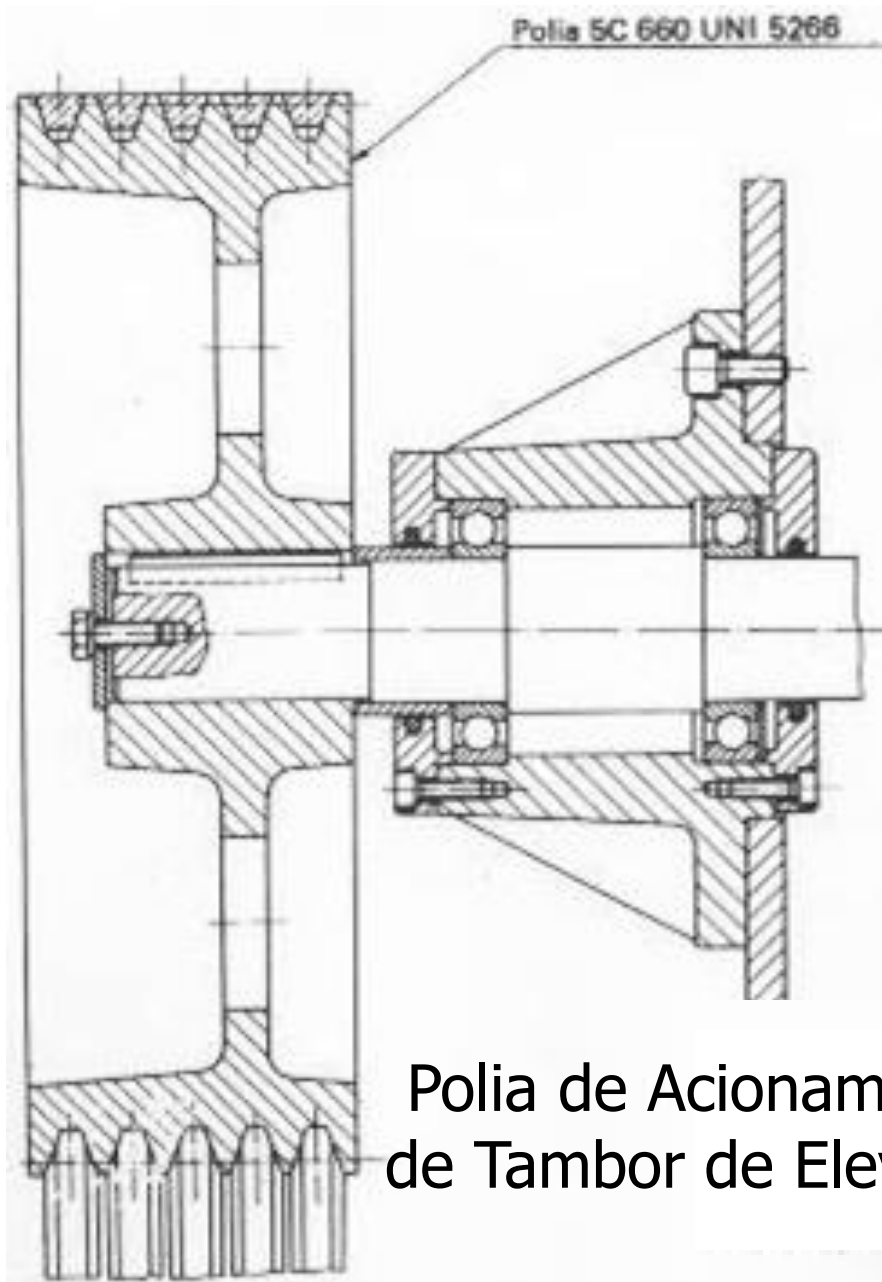


Exemplo de polia para correia plana de couro larga de 90 mm, na qual a flecha, as tolerâncias no comprimento e no diâmetro externo não extraídas das normas UNI (ver tabela 33 do texto).

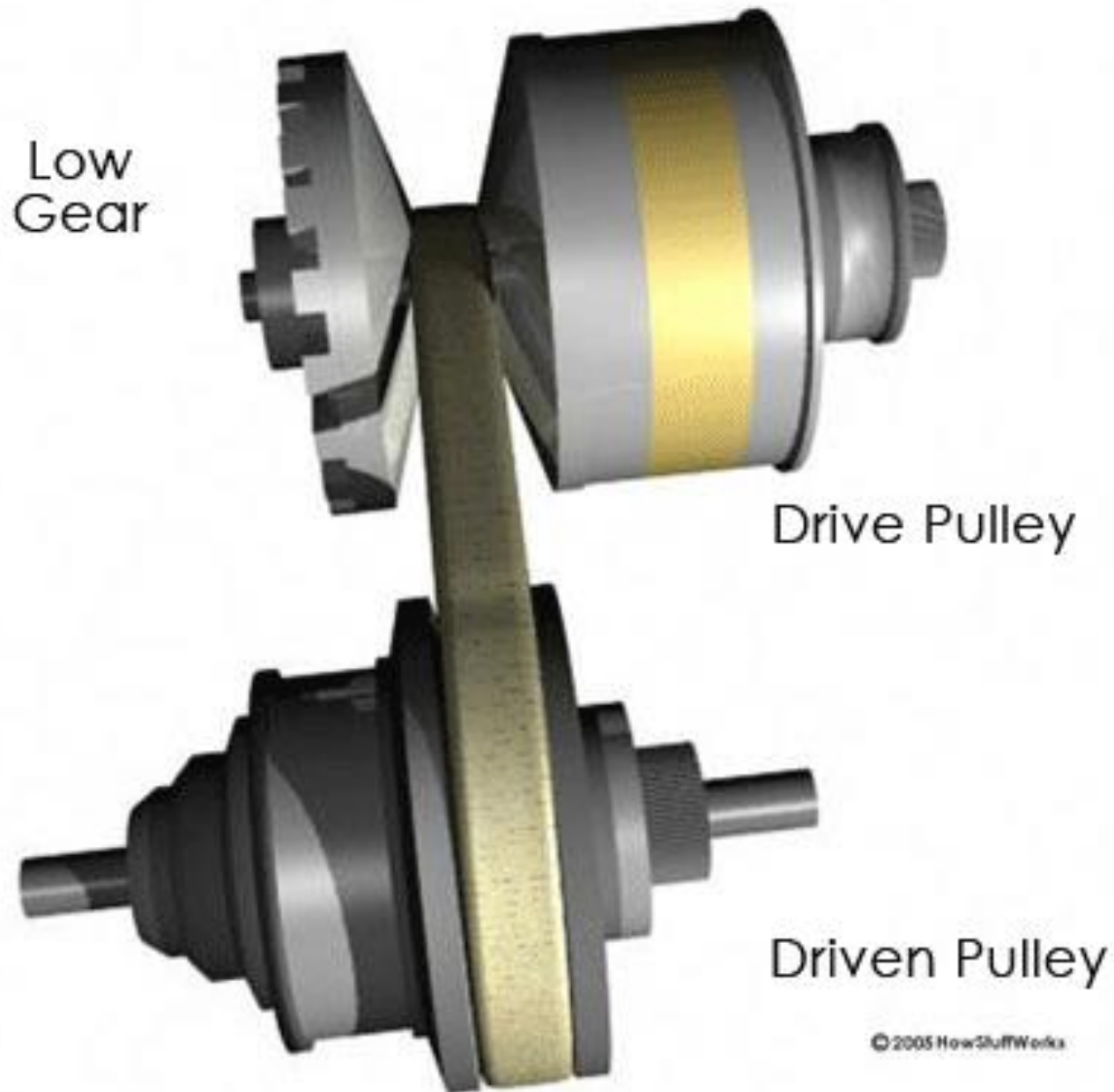
Polia para Transmissão por Correia em V



Polia de Acionamento de Torno Horizontal



TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR CORREIA "V"



TRANSMISSÕES POR CORREIAS

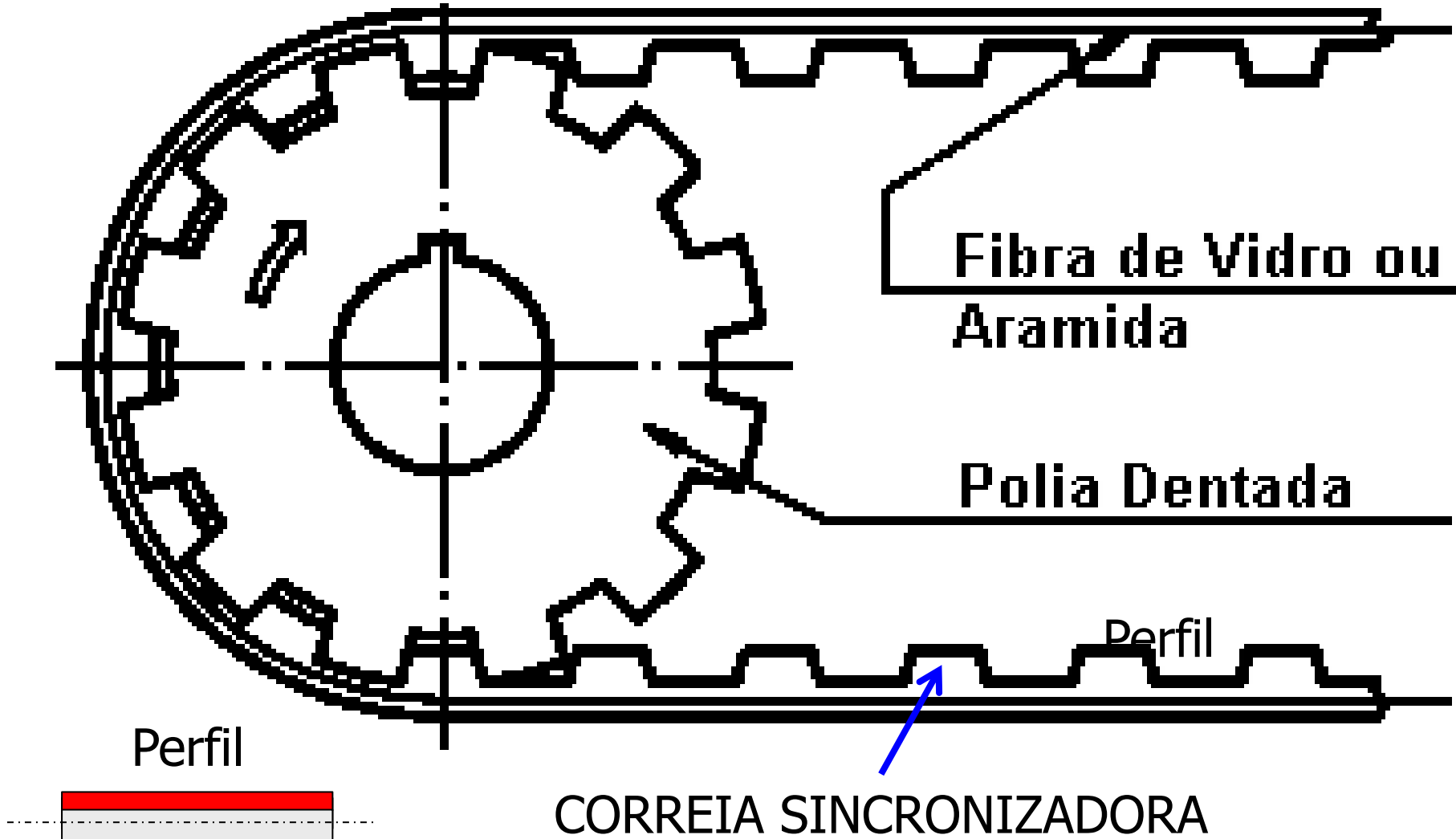
CARACTERÍSTICAS

- projeto não compacto
- projeto simples (elementos padronizados, correias - polias)
- montagem entre eixos paralelos e até com 4 correias em paralelo (para correias trapezoidais)
- escorregamento (1-3%)
- distância entre centros não precisa e pode variar com o uso
- potência de transmissão até 1500 HP
- velocidade tangencial de operação até 26 m/s
- rendimento elevado (95-98%)
- a correia, sendo um elemento flexível, absorve vibrações e choques
- funcionamento silencioso
- vida reduzida das correias

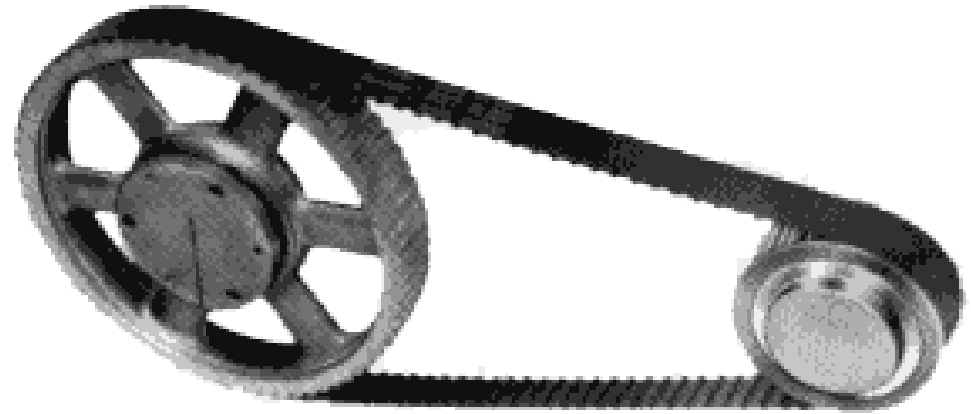
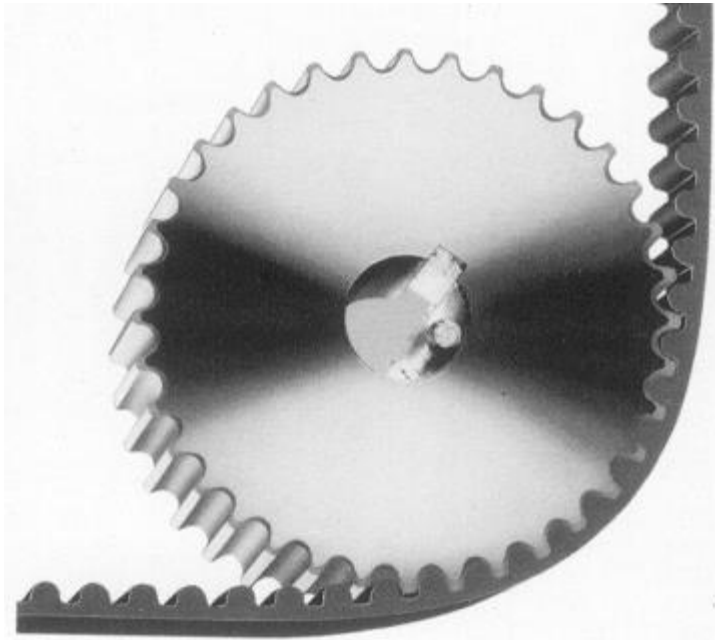
2.2.4 Comparação entre Correias Planas e Correias em "V"

<i>Característica</i>	<i>Correia Plana</i>	<i>Correia "V"</i>
Velocidade	maior	menor
Carga nos Mancais	maior	menor
Relação de transmissão	menor	maior
Capacidade de Operação com mais Correias na Polia	não	sim
Sincronização	não	não

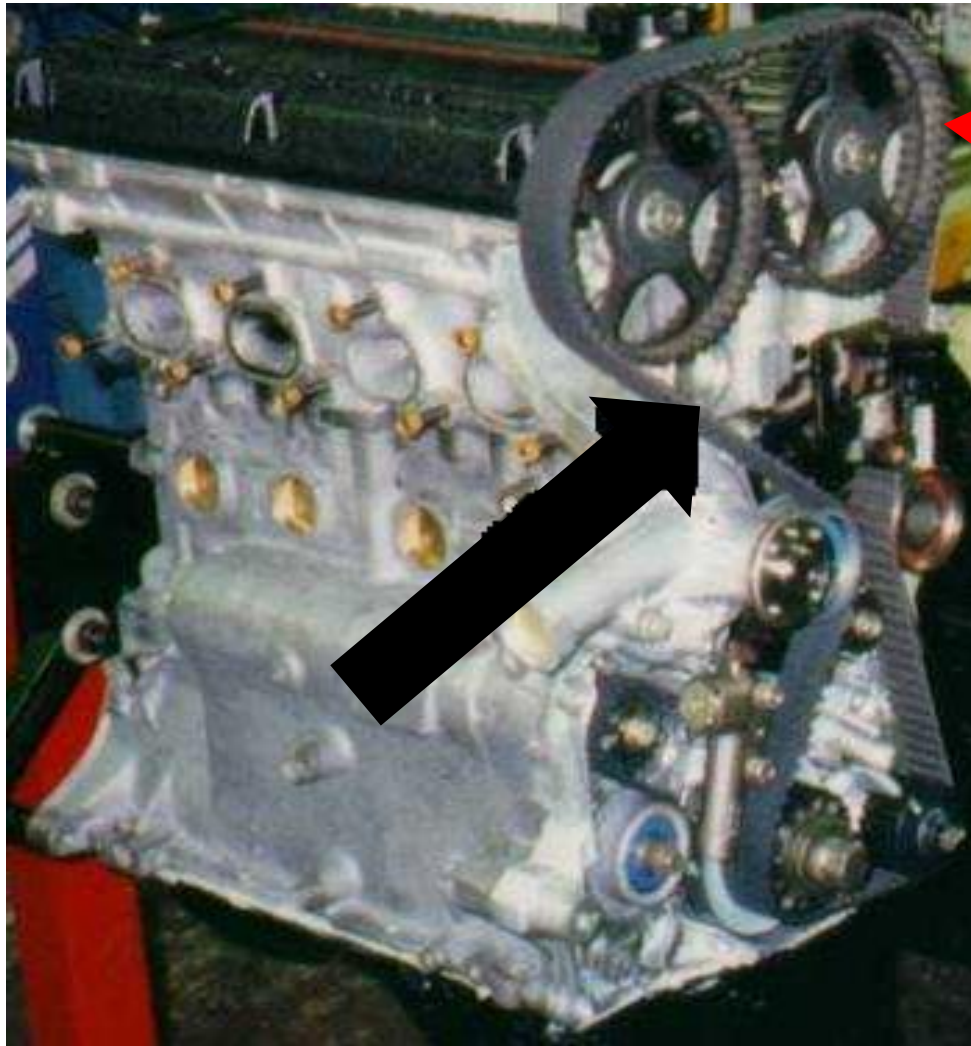
2.2.5 Correias Sincronizadoras



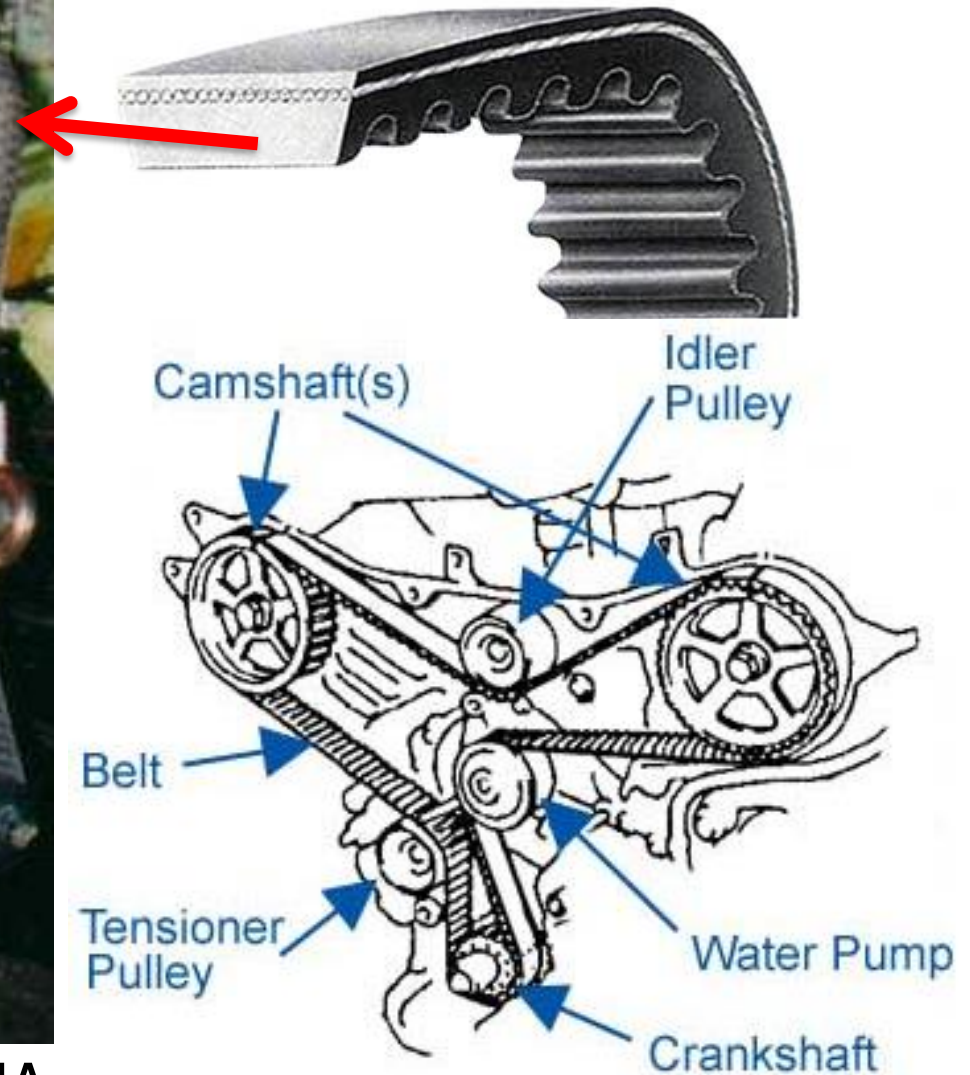
Correias Sincronizadoras (Dentadas)



CORREIAS SINCRONIZADORAS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA



MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA



MOTOR DE 6 CILINDROS V₄₁

APLICAÇÕES DE CORREIAS DENTADAS



DIMENSÕES DOS DENTES DA CORREIA SINCRONIZADORA

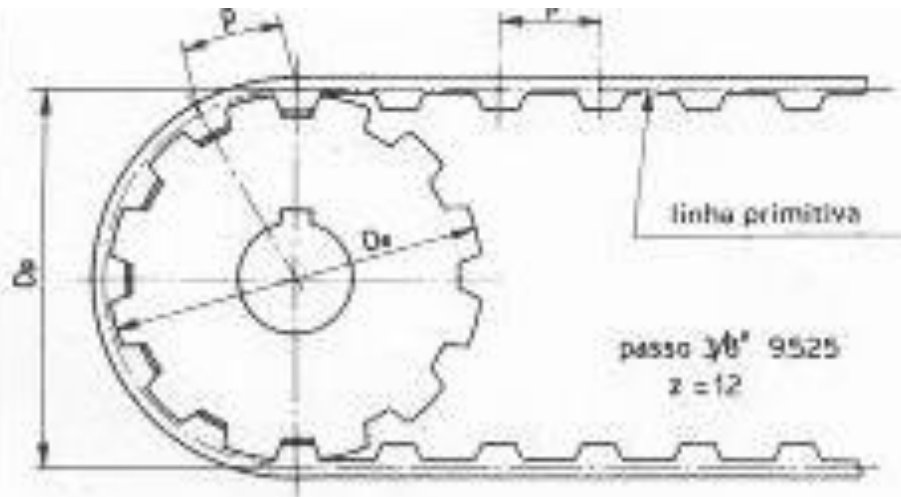


Fig. 3.48 - Exemplo de transmissão mediante correia dentada: a linha primitiva coincide com o eixo do inserto.

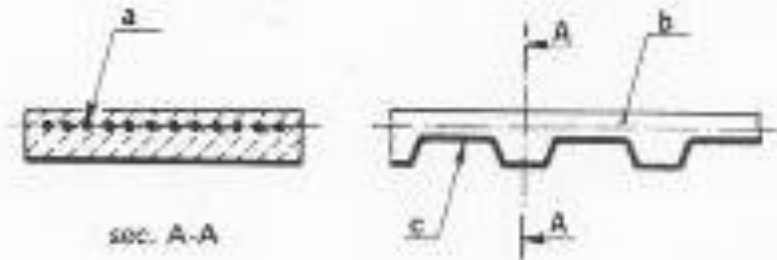


Fig. 3.49 - Vista e seção de uma correia dentada: a) inserto resistente constituído por fios de material de alta resistência; b) corpo da correia em borracha sintética; c) revestimento em nylon dos dentes e da parte interna da correia.



Fig. 3.50 - Dimensões dos quatro tipos de dente das correias POWER GRIP.

DIMENSÕES DE POLIAS FLANGEADAS PARA CORREIAS SINCRONIZADORAS



Fig. 3.51 - Polias flangeadas da série da UNIROYAL, para passo 12,70 mm (1/2") e para correias tendo largura 19,05 mm (3/4") e 25,40 (1").

TRANSMISSÕES POR CORREIAS SINCRONIZADORAS

CARACTERÍSTICAS

- Sincronismo entre eixo motor e movido
- Menor peso
- Menor raio de dobramento
- Maiores velocidades
- Menores conjugados
- Maior custo (correia e polias)

2.3 Transmissões por Correntes

A transmissão por **corrente** é alternativa à transmissão por correias quando se deseja transmitir potência entre eixos paralelos distantes entre si. Neste tipo de transmissão emprega-se a corrente, que é um elemento formado por elos padronizados, montados sobre uma roda dentada. Há contacto entre partes da corrente e os dentes da roda dentada, sendo que é através deste contato que se observa a transmissão de potência.

MOTOCICLETA COM TRANSMISSÃO POR CORRENTE

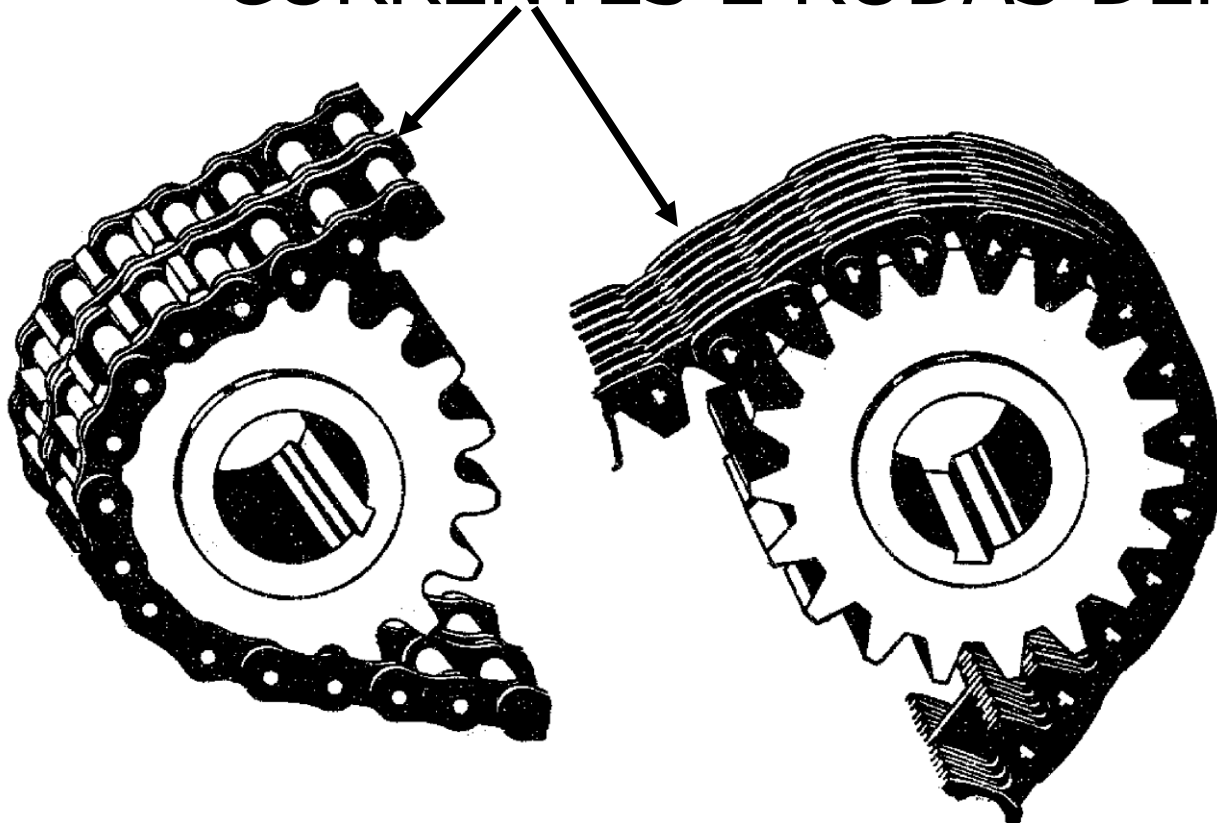


EIXO MOTOR

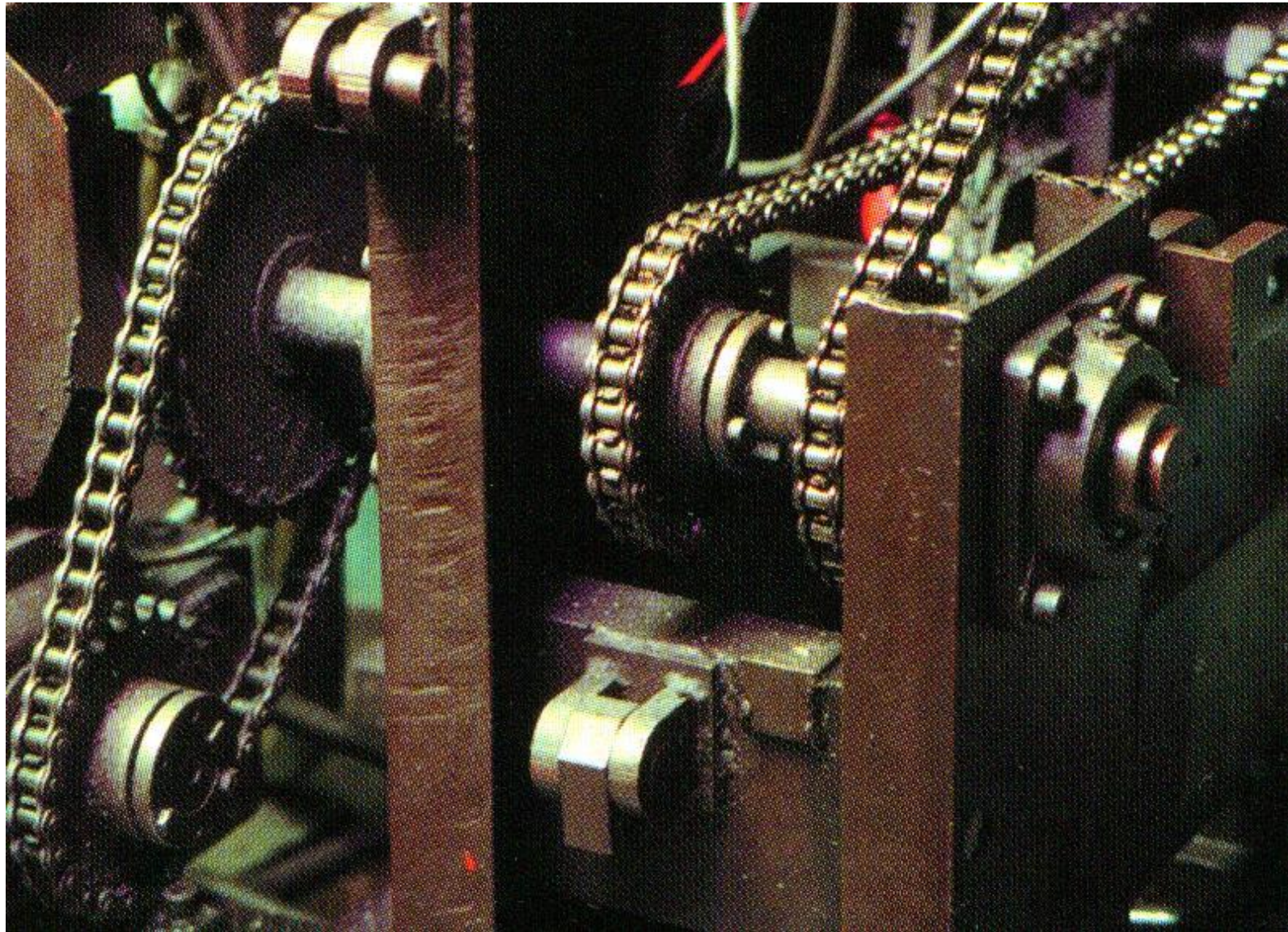
TRANSMISSÃO
POR CORRENTE

RODA MOVIDA

CORRENTES E RODAS DENTADAS



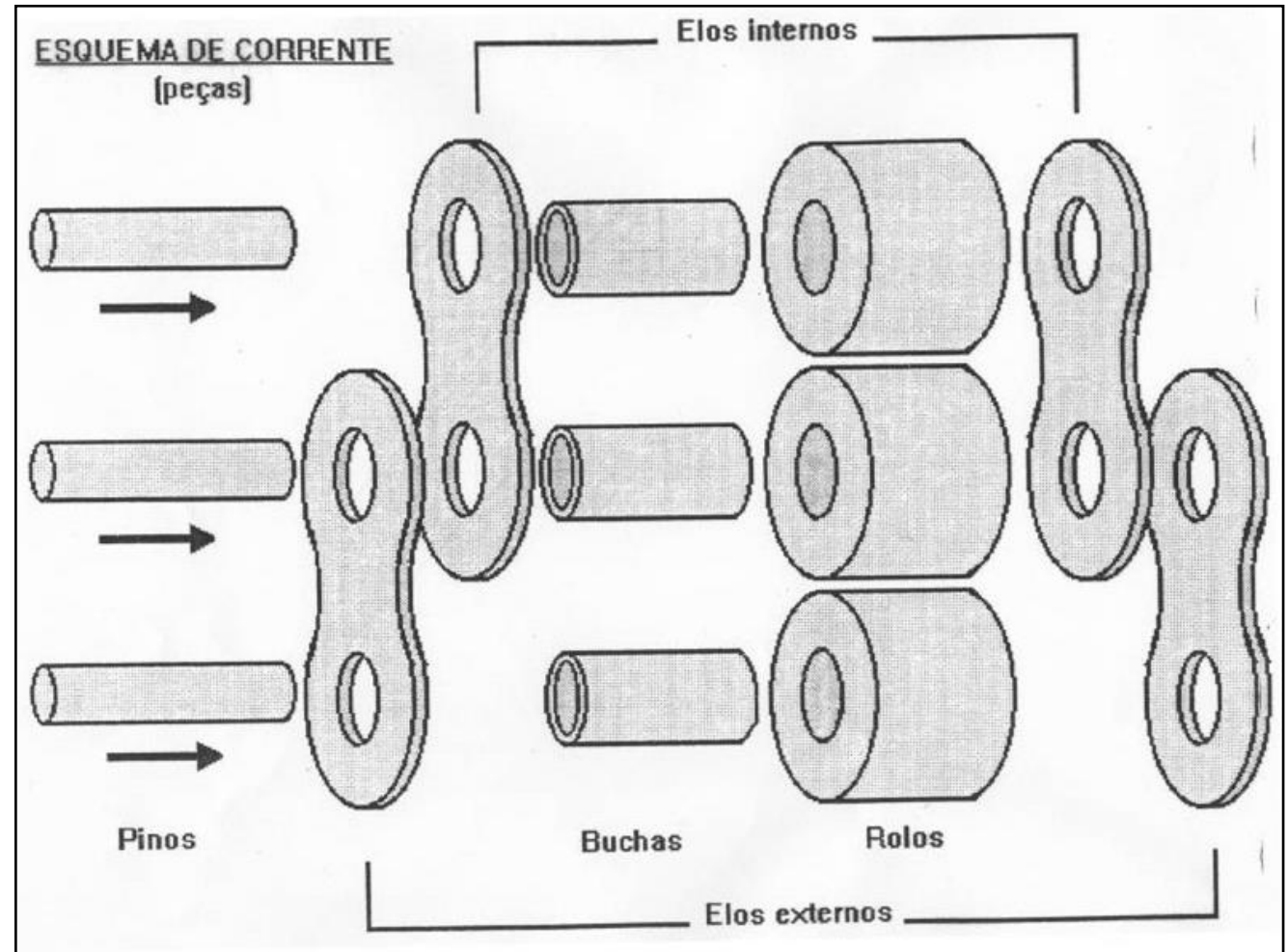
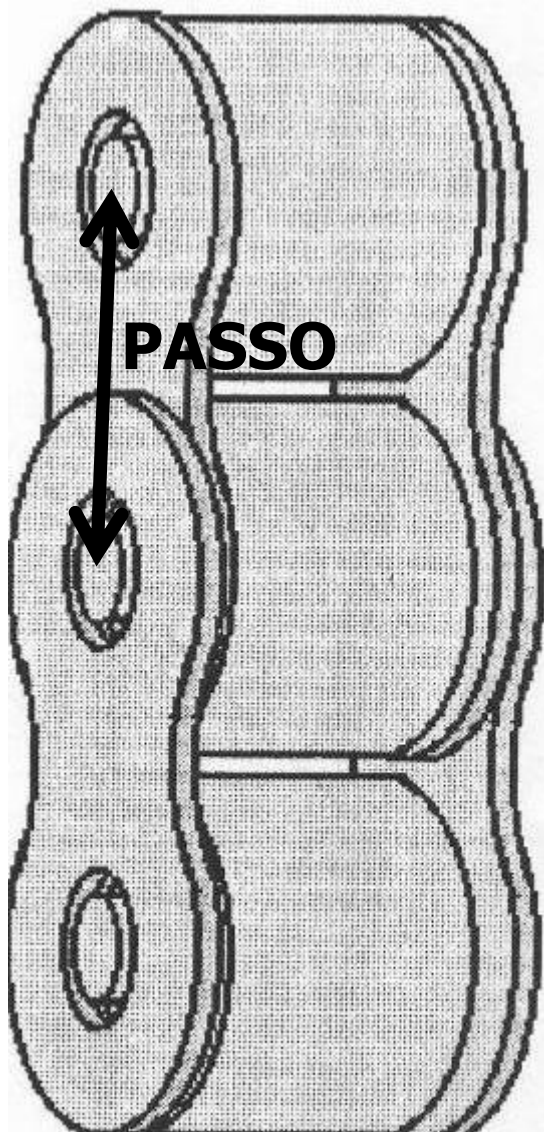
ACIONAMENTOS POR CORRENTES



TRANSMISSÃO POR CORRENTE

- As correntes são elementos padronizados, significando que a geometria e as dimensões dos elos são definidas por normas técnicas. Conseqüentemente, a geometria dos dentes da roda também é padronizada, a fim de garantir a montagem dos elos da corrente. As correntes são especificadas em função do seu **passo**, ou seja, a distância entre os pontos de articulação de um elo.

CORRENTE DE ROLOS MONTADA E DESMONTADA



CORRENTE DE ROLOS COM VEDAÇÃO E LUBRIFICAÇÃO PERMANENTE



Ferramenta para
Emenda de Corrente



TRANSMISSÃO POR CORRENTE

- Como há contato entre os dentes da roda e os elos da corrente, há a imperiosa necessidade de lubrificar tais elementos, a fim de evitar o desgaste.
- A transmissão por corrente apresenta como modo de falha básico a fadiga das talas (porção lateral) dos elos da corrente, fadiga superficial dos rolos e buchas, além do desgaste entre pinos e buchas.

EFEITO DO DESGASTE NA CORRENTE

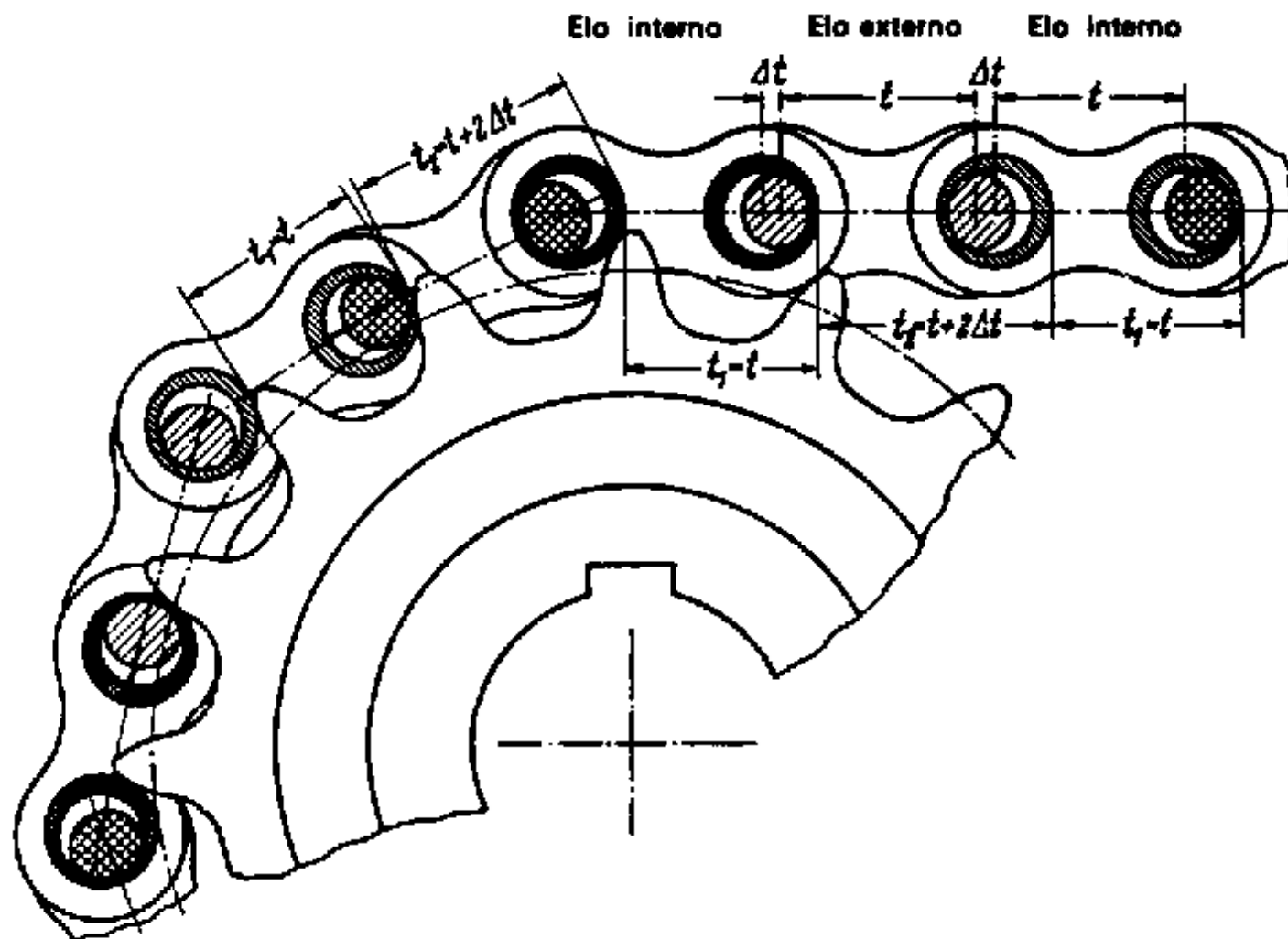


Figura 26.29 – Apoio desigual de uma corrente de buchas sobre uma engrenagem de corrente devido ao desgaste

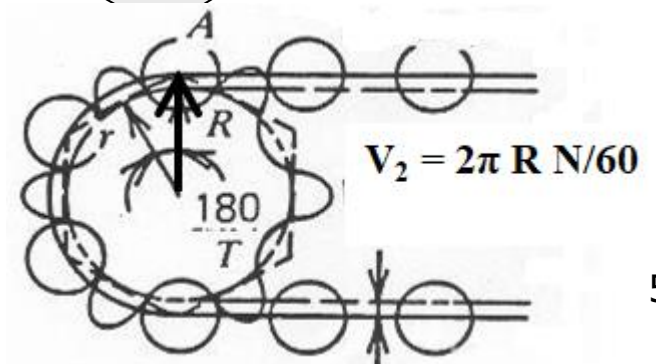
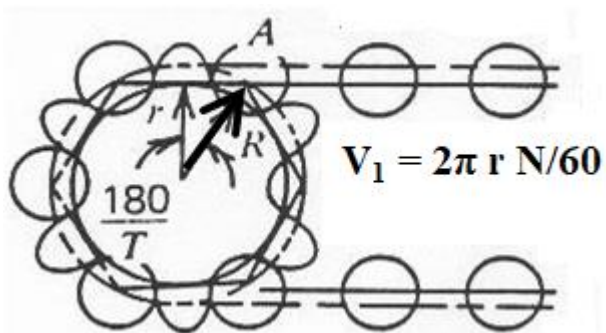
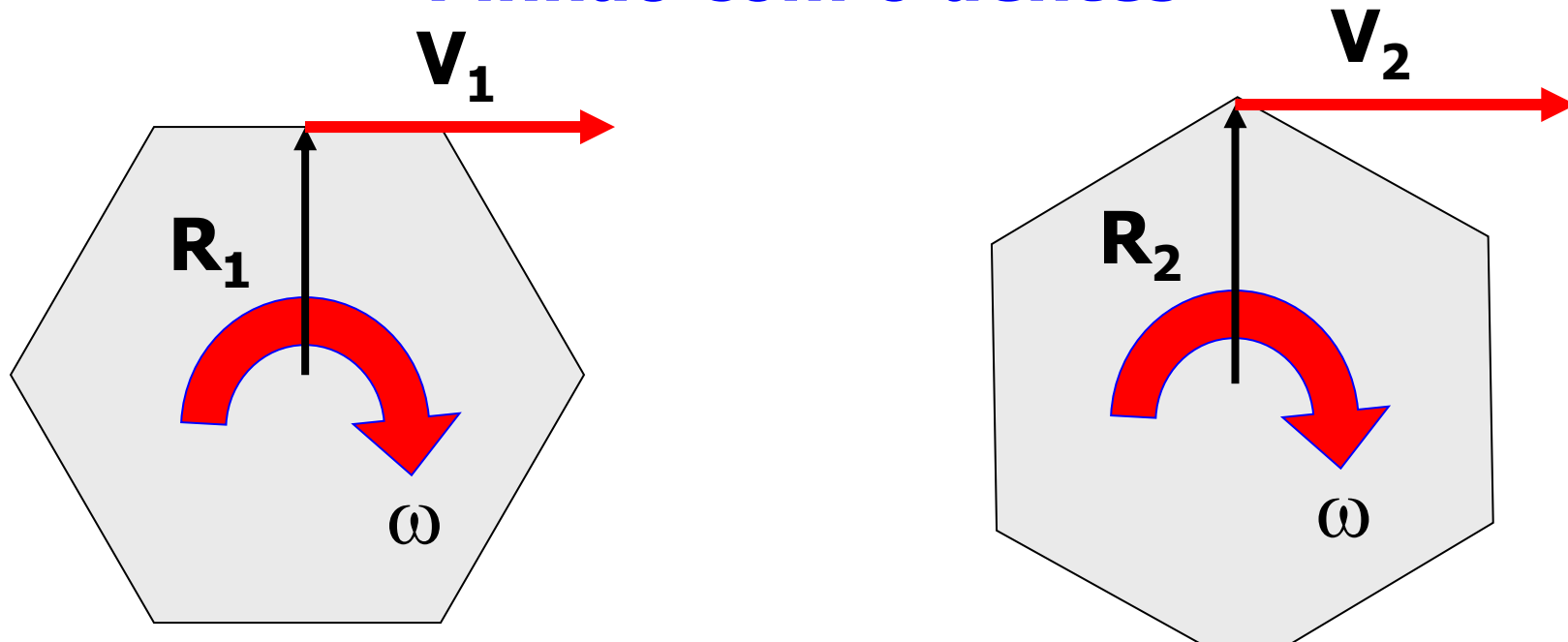
TRANSMISSÃO POR CORRENTE

- A transmissão por corrente é sincronizada, porém a mesma não apresenta uma relação de transmissão constante, pois ocorre o chamado “efeito poligonal”. Este efeito ocorre em virtude da forma de encaixe da corrente à roda, o qual forma um polígono e não um arco de circunferência como nas correias.

EFEITO POLIGONAL NAS CORRENTES

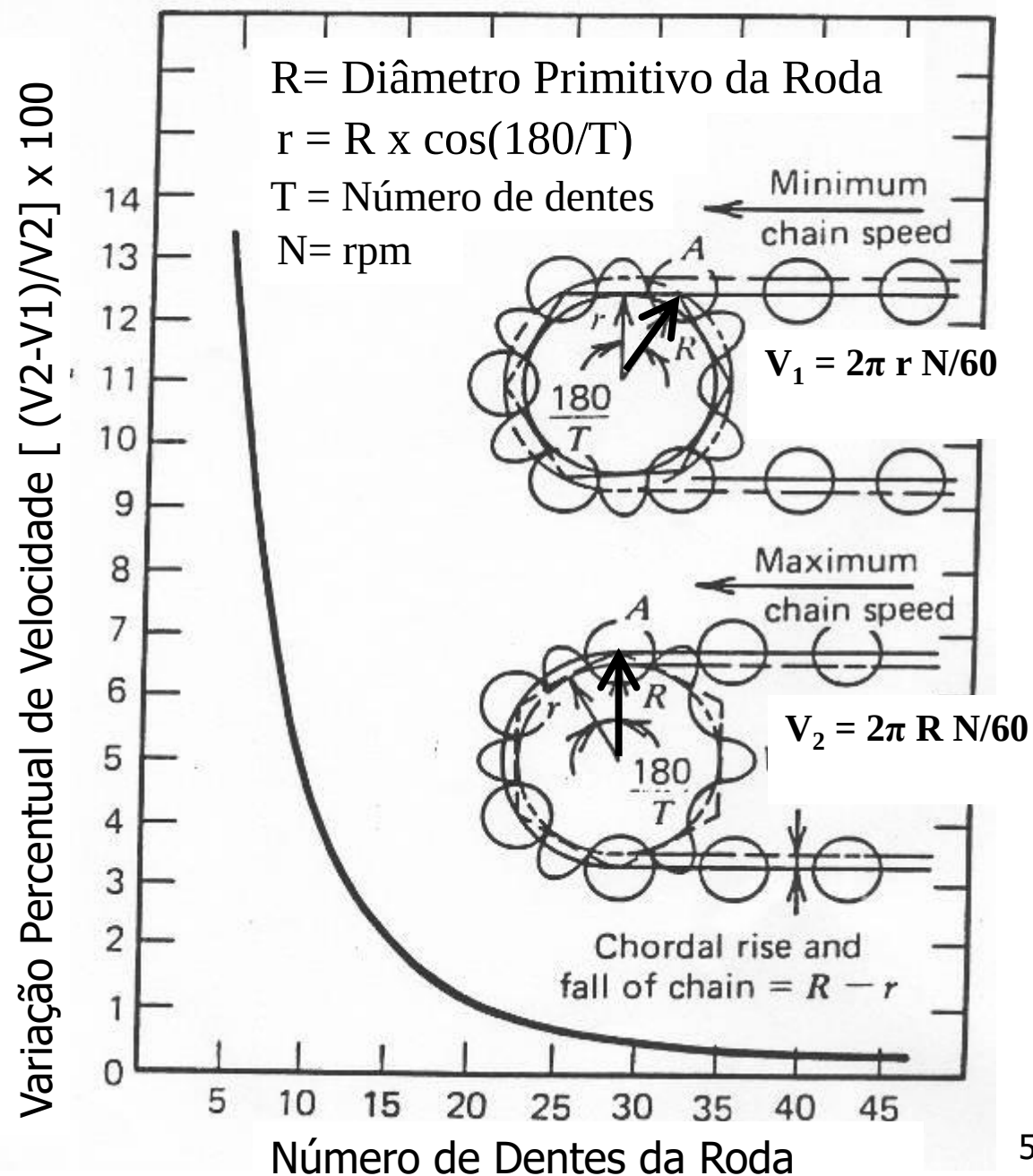
$$R_2 > R_1 \longrightarrow V_2 > V_1, p/\omega = \text{cte}$$

“Pinhão com 6 dentes”



EFEITO POLIGONAL NAS CORRENTES

N= Rotações por minuto (rpm)



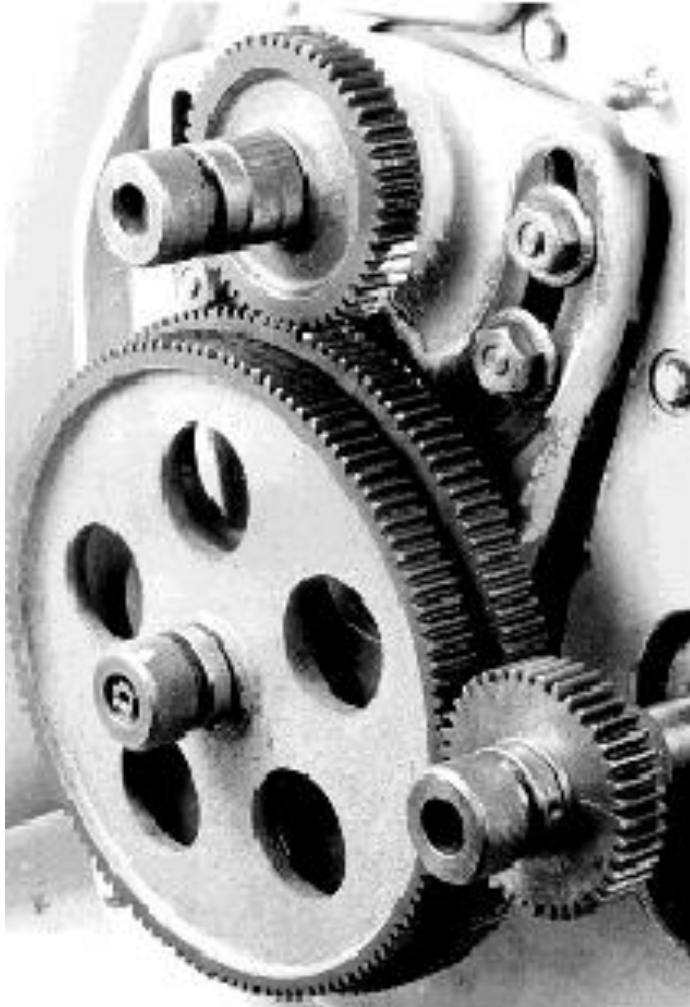
Transmissões por Correntes

CARACTERÍSTICAS

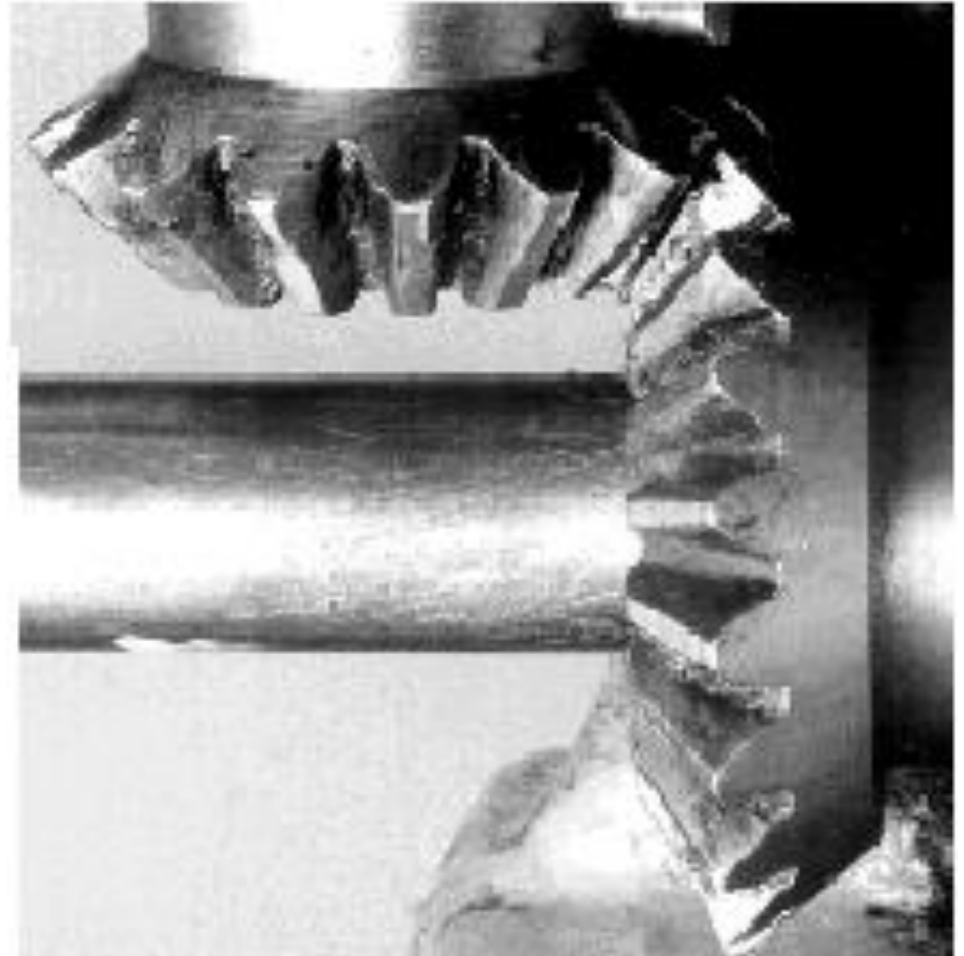
- projeto não compacto
- montagem entre eixos paralelos
- uma só corrente pode acionar várias rodas
- sem escorregamento
- distância entre centros não precisa
- relação de transmissão até 6
- potência de transmissão até 5000 HP
- velocidade tangencial de operação até 17 m/s e rotações de até 5000 rpm
- rendimento elevado (97-98%)
- custo reduzido (85% das transmissões por engrenagens)
- elementos padronizados (correntes e rodas dentadas)

2.4 Transmissões por Engrenagens

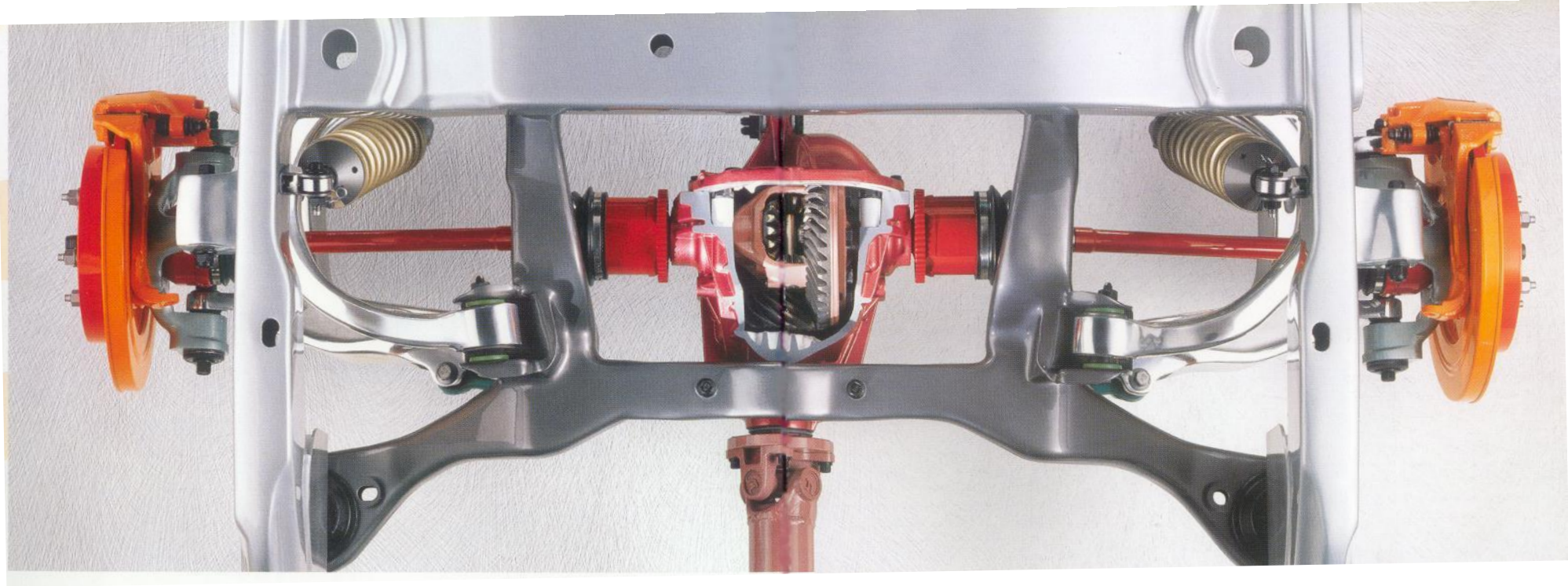
Acionamento por Engrenagens Cônicas



Caixa de Câmbio de Torno Horizontal



Transmissões por Engrenagens

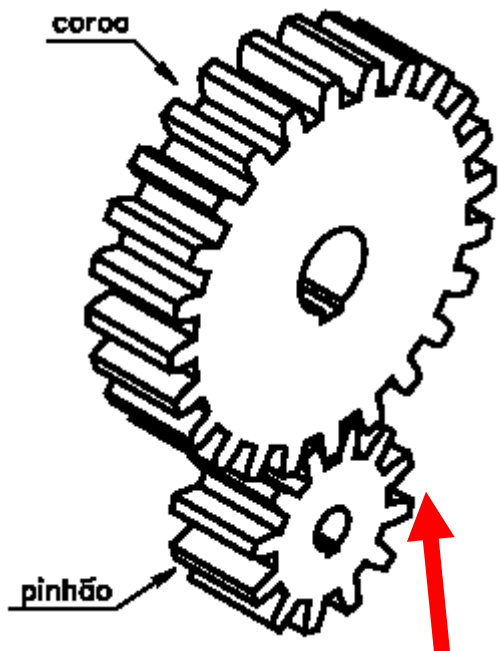


Eixo Cardã e Diferencial Traseiro de Veículo Automotor

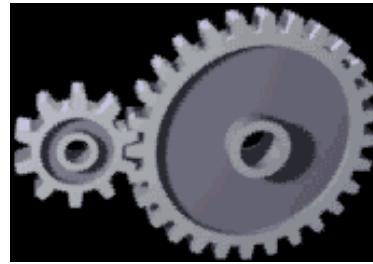
Transmissões por Engrenagens

- As transmissões por **engrenagens** são uma alternativa às transmissões por correias e correntes para transmissão de potência entre **eixos paralelos**, embora esta possa, dependendo do tipo de engrenagem, transmitir potência entre **eixos não paralelos**.
- A engrenagem pode ser definida como uma roda dentada e a transmissão de esforços e conseqüentemente de potência, se dá por meio do contato entre os dentes de duas rodas dentadas, cada qual montada em um eixo.

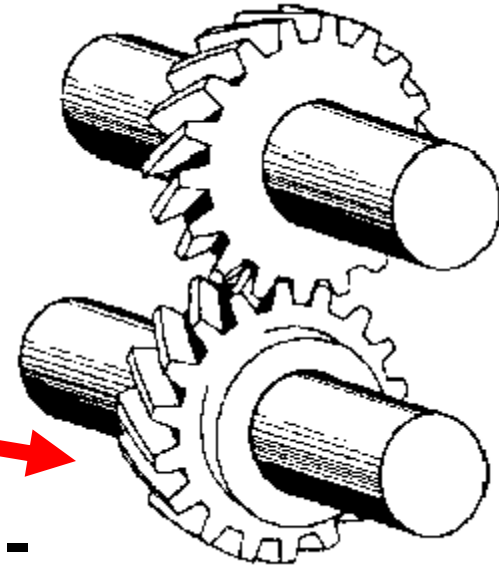
2.4.1 Tipos de Engrenagens



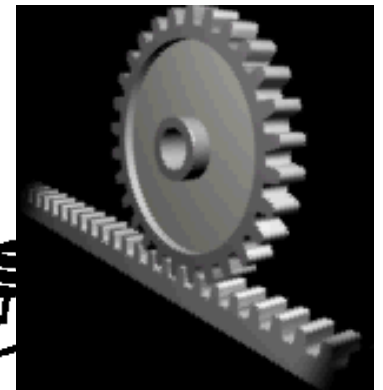
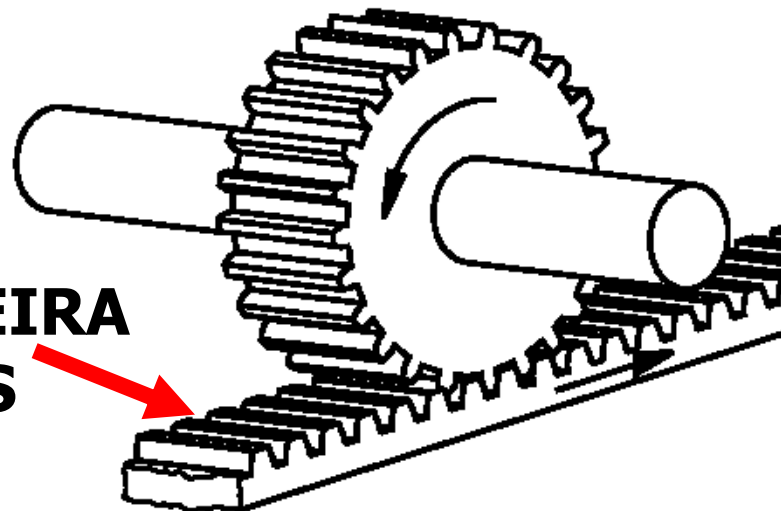
**ENGRENAGENS
CILÍNDRICAS
DE DENTES
RETOS
ECDR**



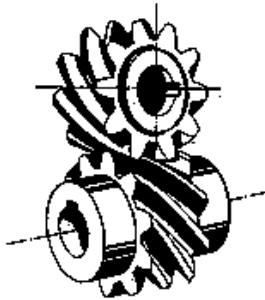
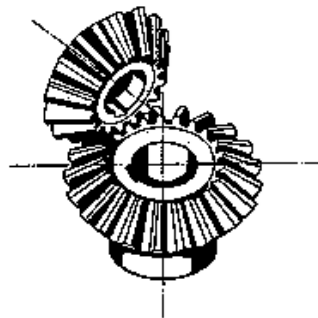
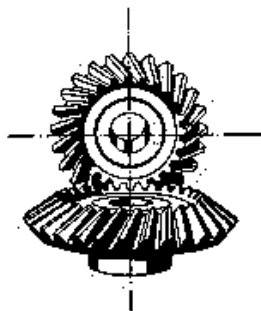
**ENGRENAGENS
CILÍNDRICAS DE
DENTES HELICOIDAIS -
ECDH**



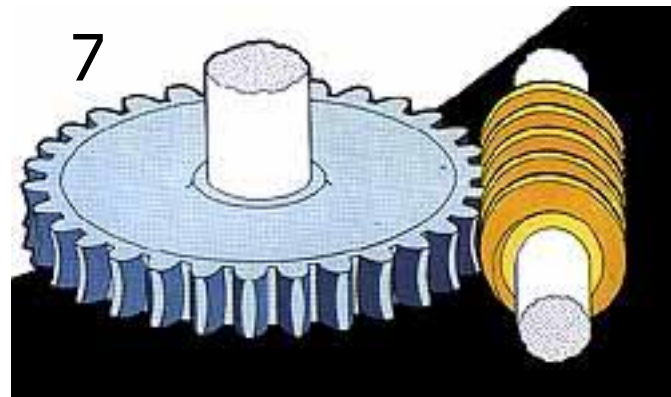
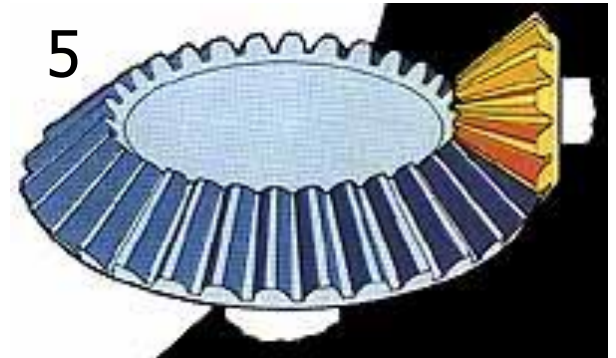
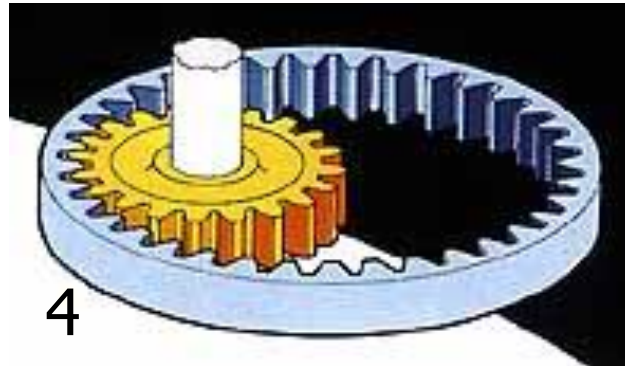
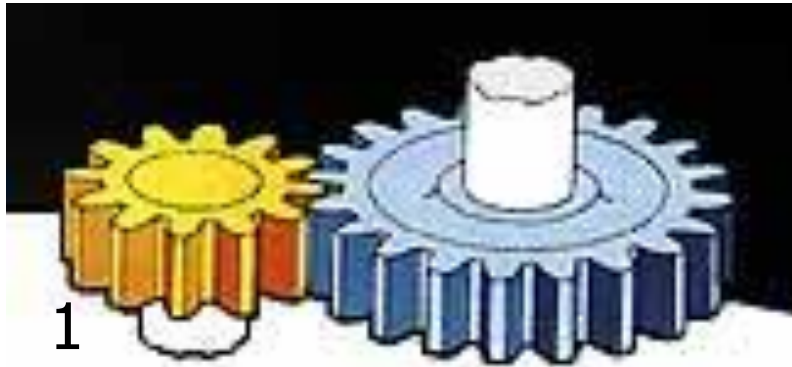
**PINHÃO –
CREMALHEIRA
DE DENTES
RETOS**



2.4.1 Tipos de Engrenagens

DESIGNAÇÃO		DESENHO	POSIÇÃO DE EIXO	OBSERVAÇÕES
ENGRENAGENS CILÍNDRICAS DENTES HELICOIDAIS			CRUZADOS	Utilizada para transmitir pequenas potências e pequenas distâncias de centro a centro. Apresentam rendimentos próximos das engrenagens cilíndricas helicoidais e aplicam-se para relação de multiplicação de até 1 : 5.
ENGRENAGENS CÔNICAS	DENTES RETOS		CORTAM-SE	São empregadas nos casos de necessidade de cruzamento de eixos. Atingem relações de multiplicação até 1 : 6. Às vezes são montados no sistema engrenado com outros pares de engrenagens cilíndricas retas.
	DENTES INCLINADOS		CORTAM-SE	Para melhorar a capacidade de carga e ainda o rendimento, atenuando o problema de ruído, utilizam-se de dentes espirais ou hipoidais (com deslocamento). O seu rendimento é comparável às engrenagens cilíndricas.

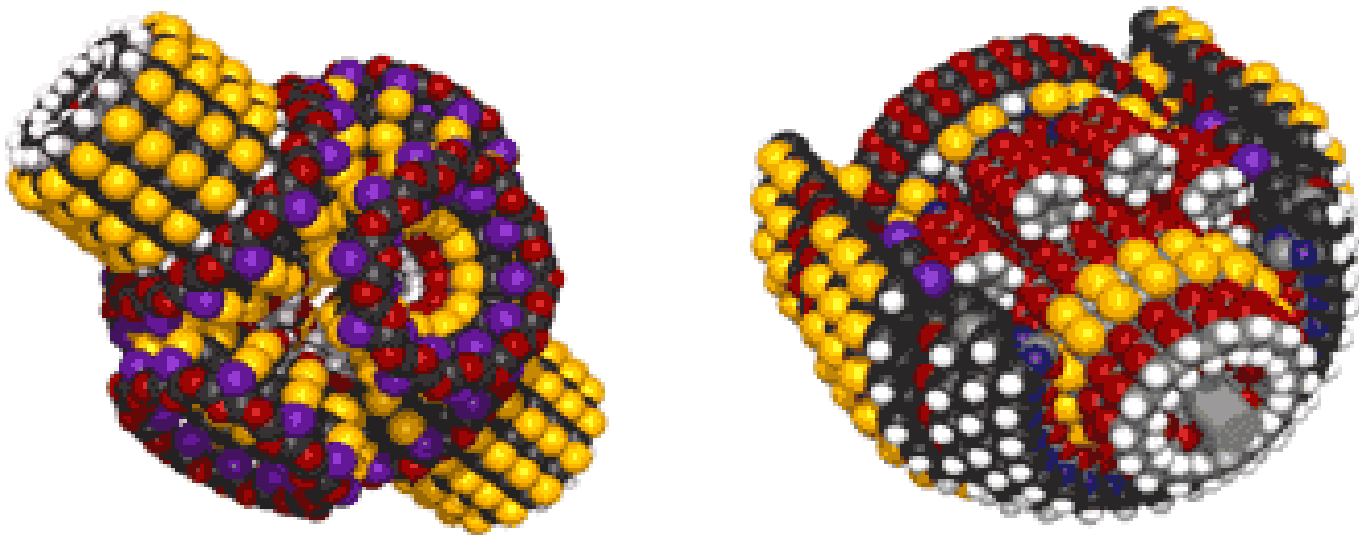
TIPOS DE ENGRENAGENS



- 1 RETA
- 2 HELICOIDAL
- 3 ESPINHA DE PEIXE
- 4 INTERNA
- 5 CÔNICA
- 6 PLANETÁRIA
- 7 SEM-FIM

ENGRENAGENS MOLECULARES

Molecular machinery

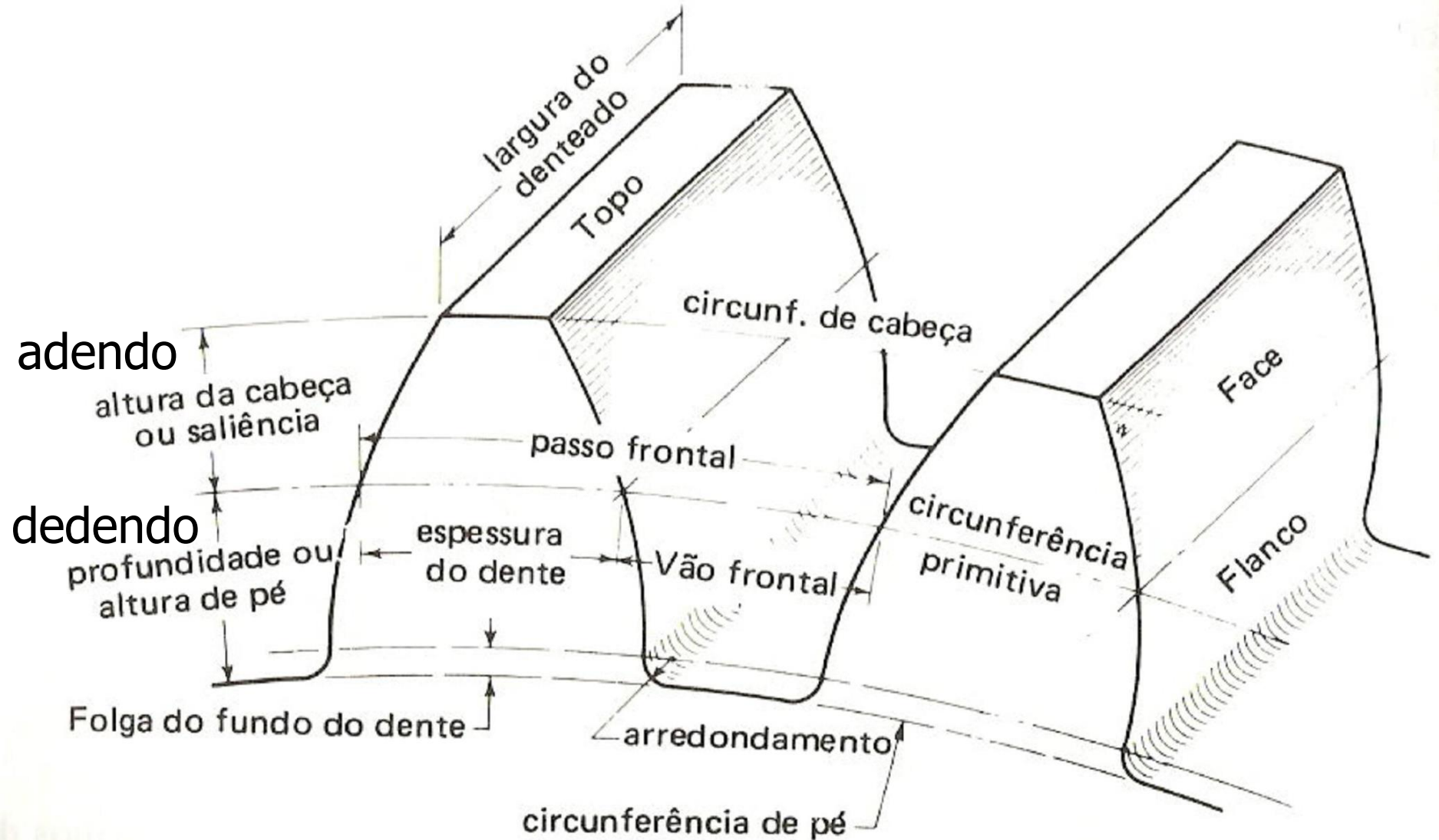


— These examples can be simulated, but not yet built —

Molecular dynamics by NanoEngineer-1



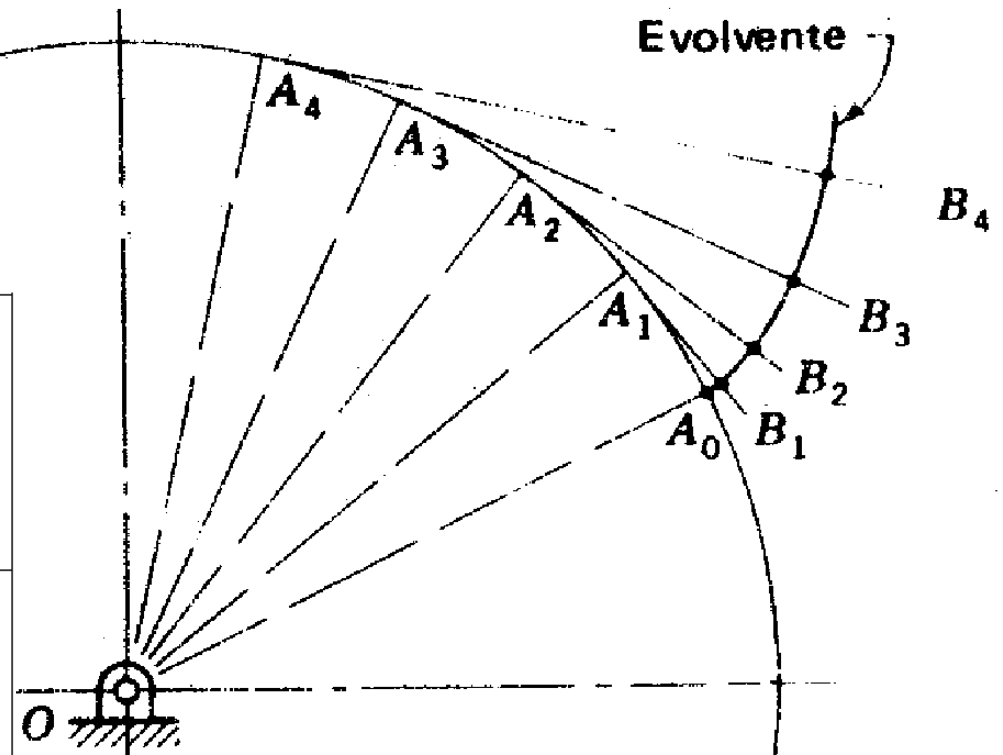
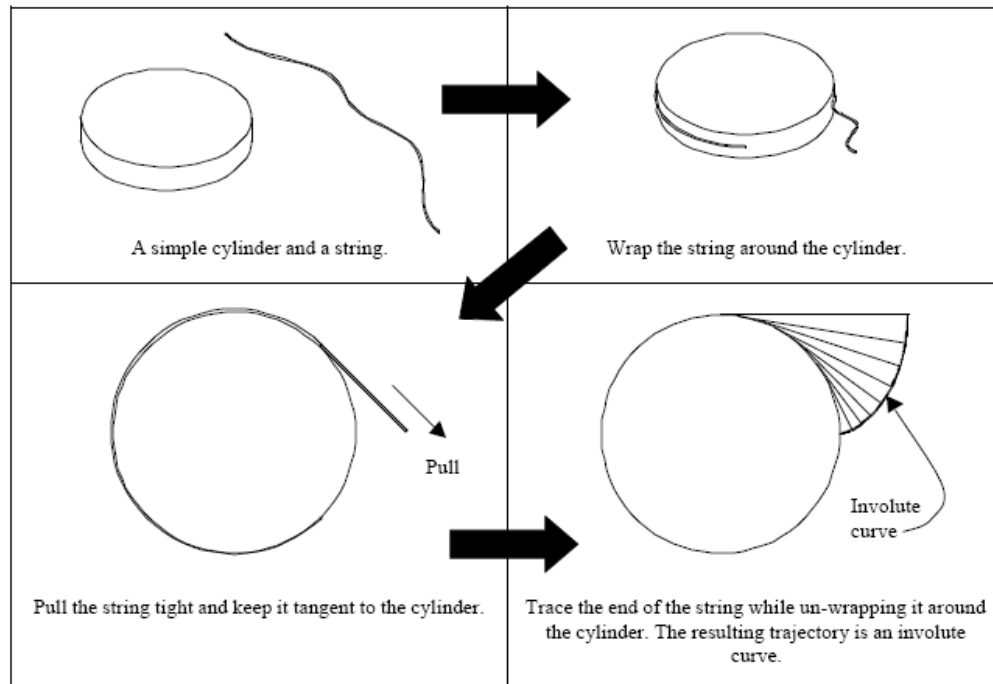
2.4.2 Geometria do Dente de uma Engrenagem Cilíndrica de Dentes Retos



PERFIL DO DENTE – EVOLVENTE DE CÍRCULO

Circunferência de base

Evolvente



CRIANDO DENTES DE EVOLVENTE

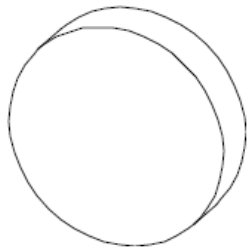


Figure 1

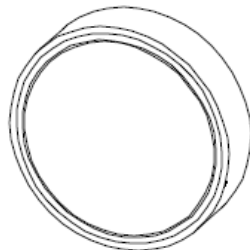


Figure 2

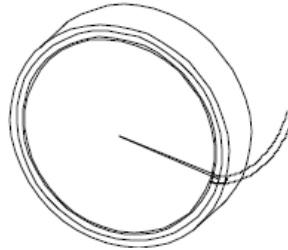


Figure 3

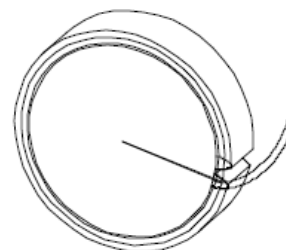


Figure 4

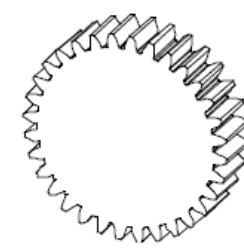
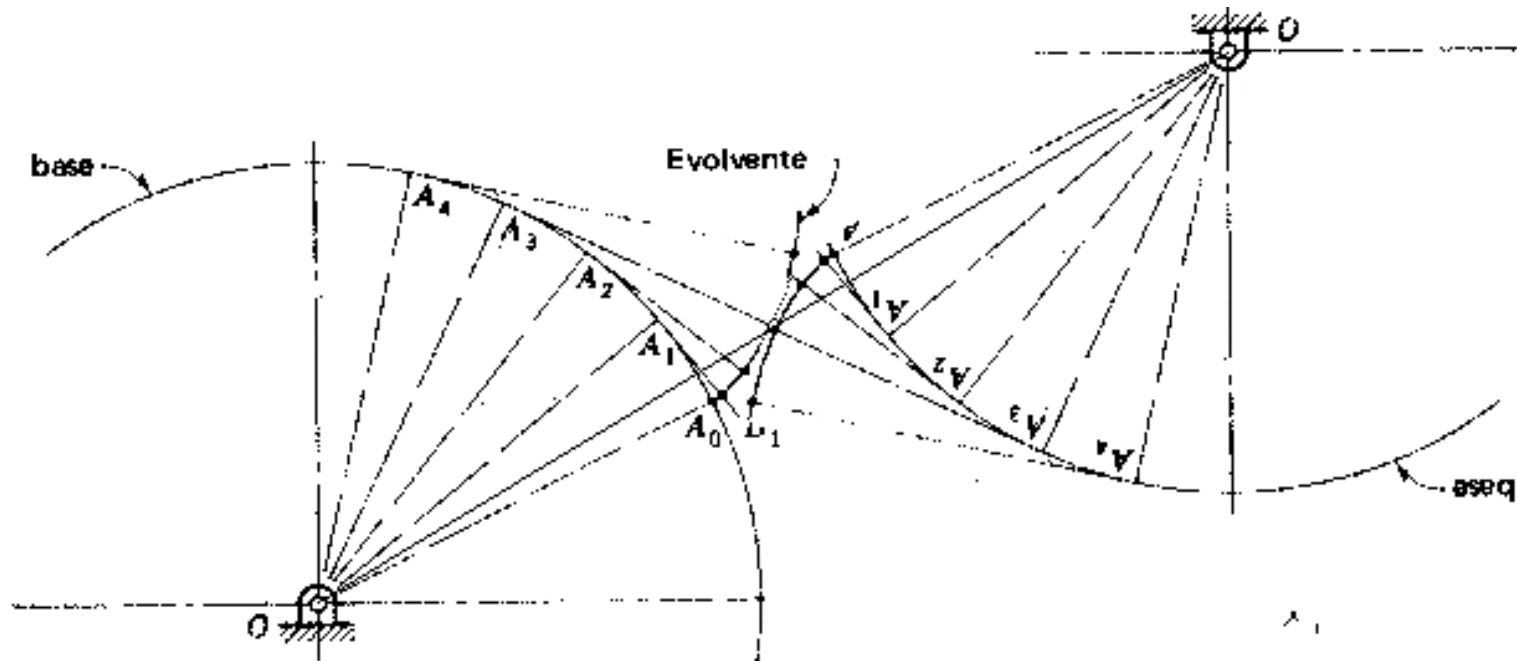


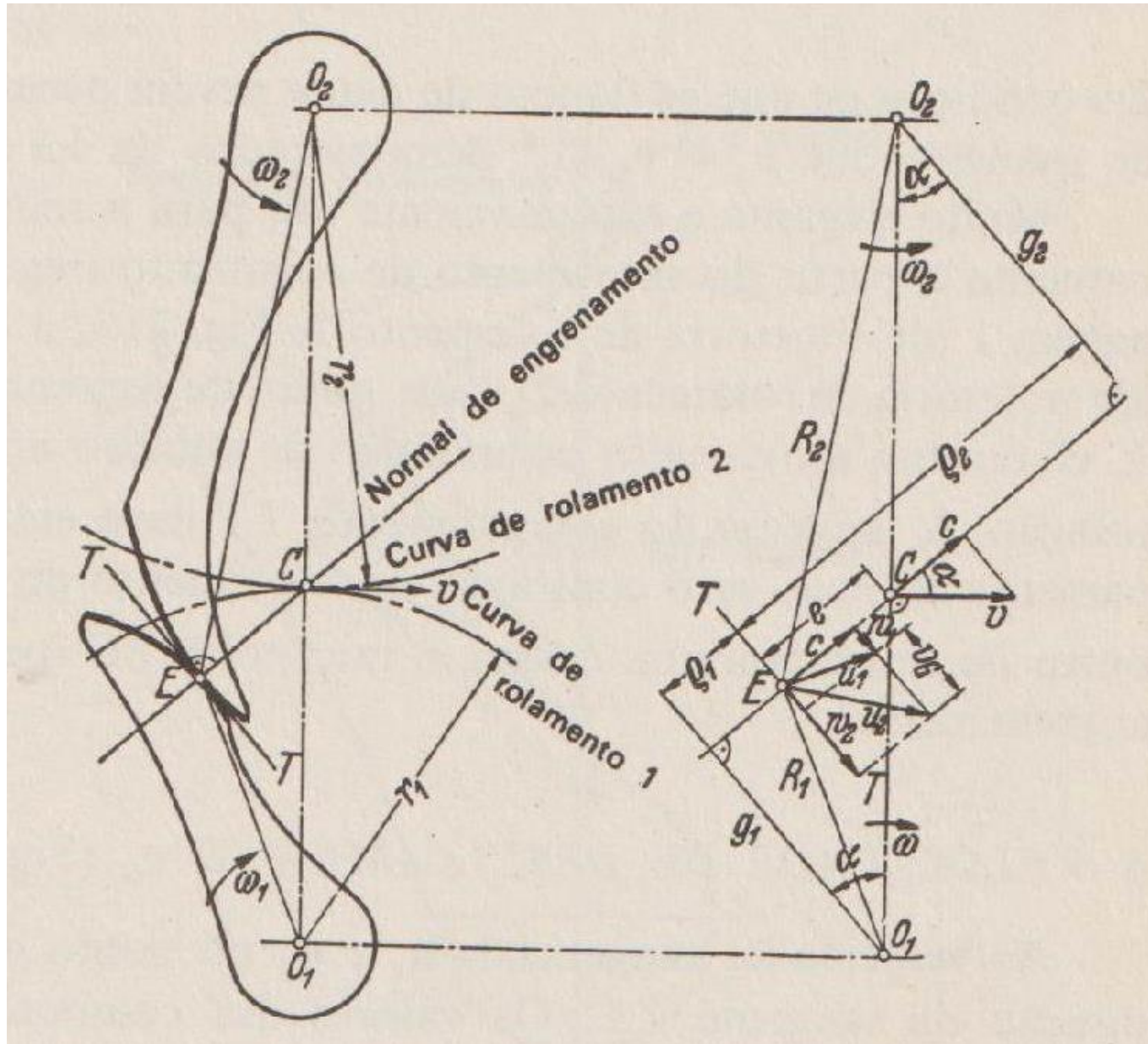
Figure 5



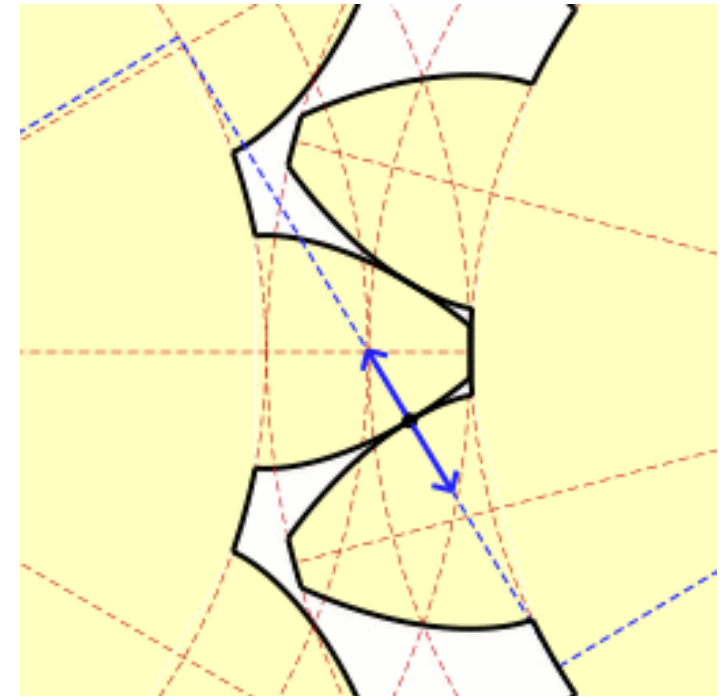
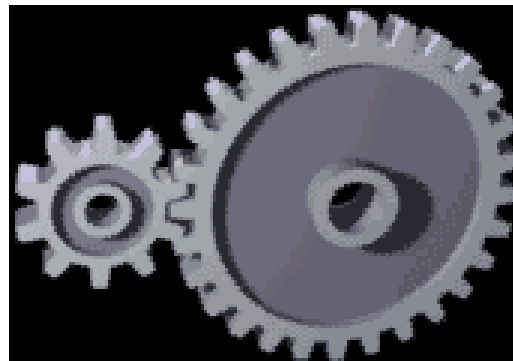
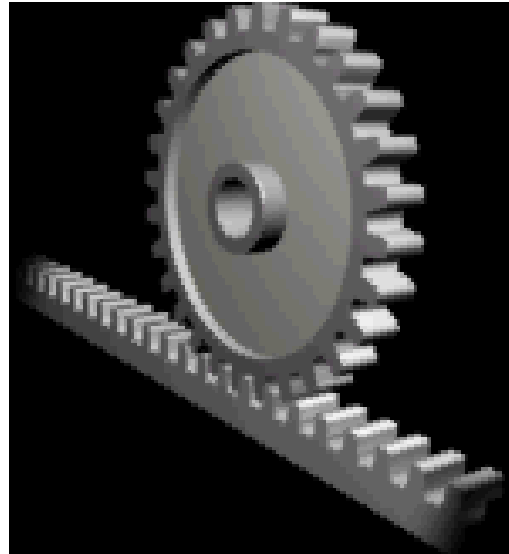
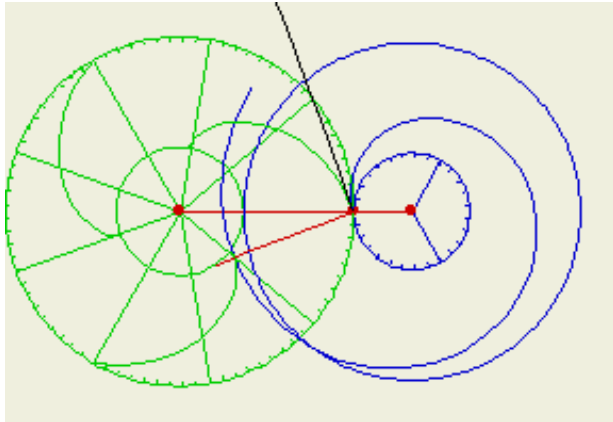
Figure 6



Cinemática do Engrenamento

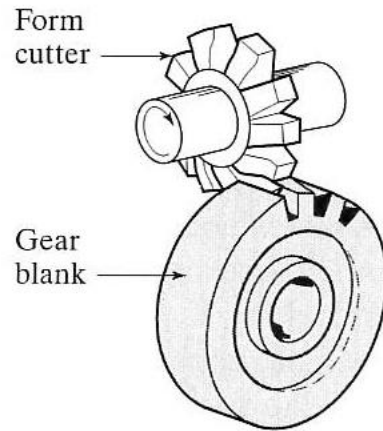


DENTES DE EVOLVENTE EM TRABALHO

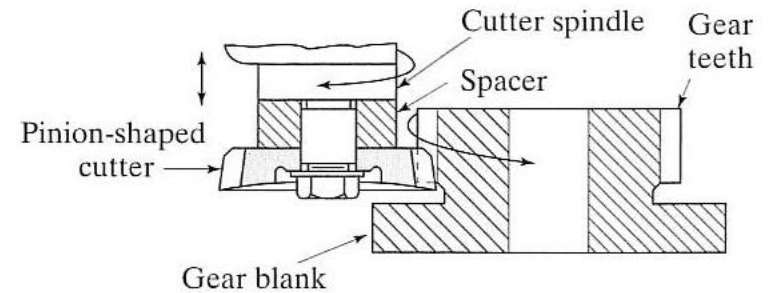


USINAGEM DE ENGRENAGEM

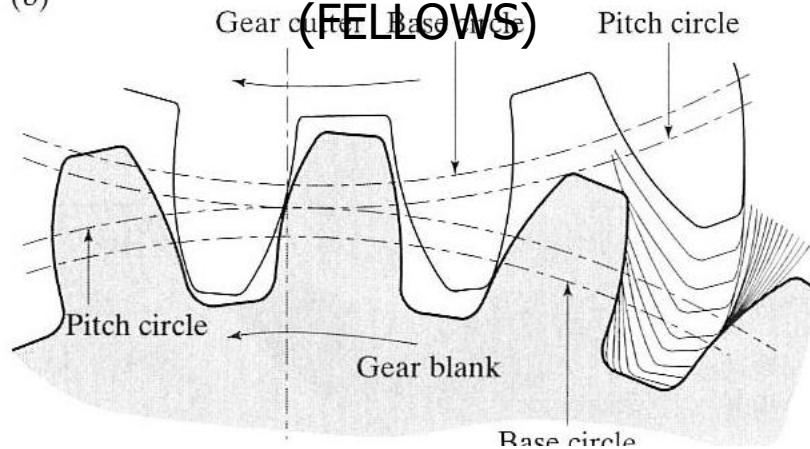
(a) FERRAMENTA DE FORMA



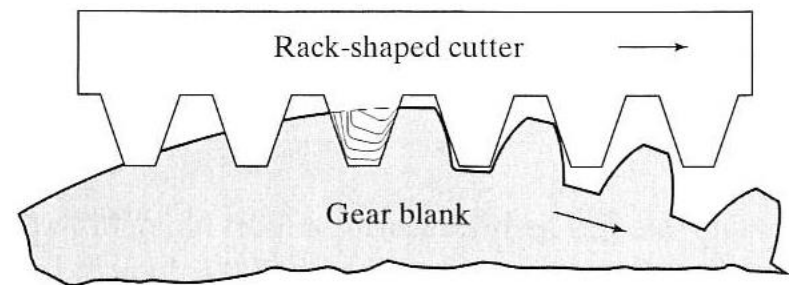
(c) FERRAMENTA TIPO ENGRENAGEM (FELLOWS)



(b) FERRAMENTA TIPO ENGRENAGEM (FELLOWS)

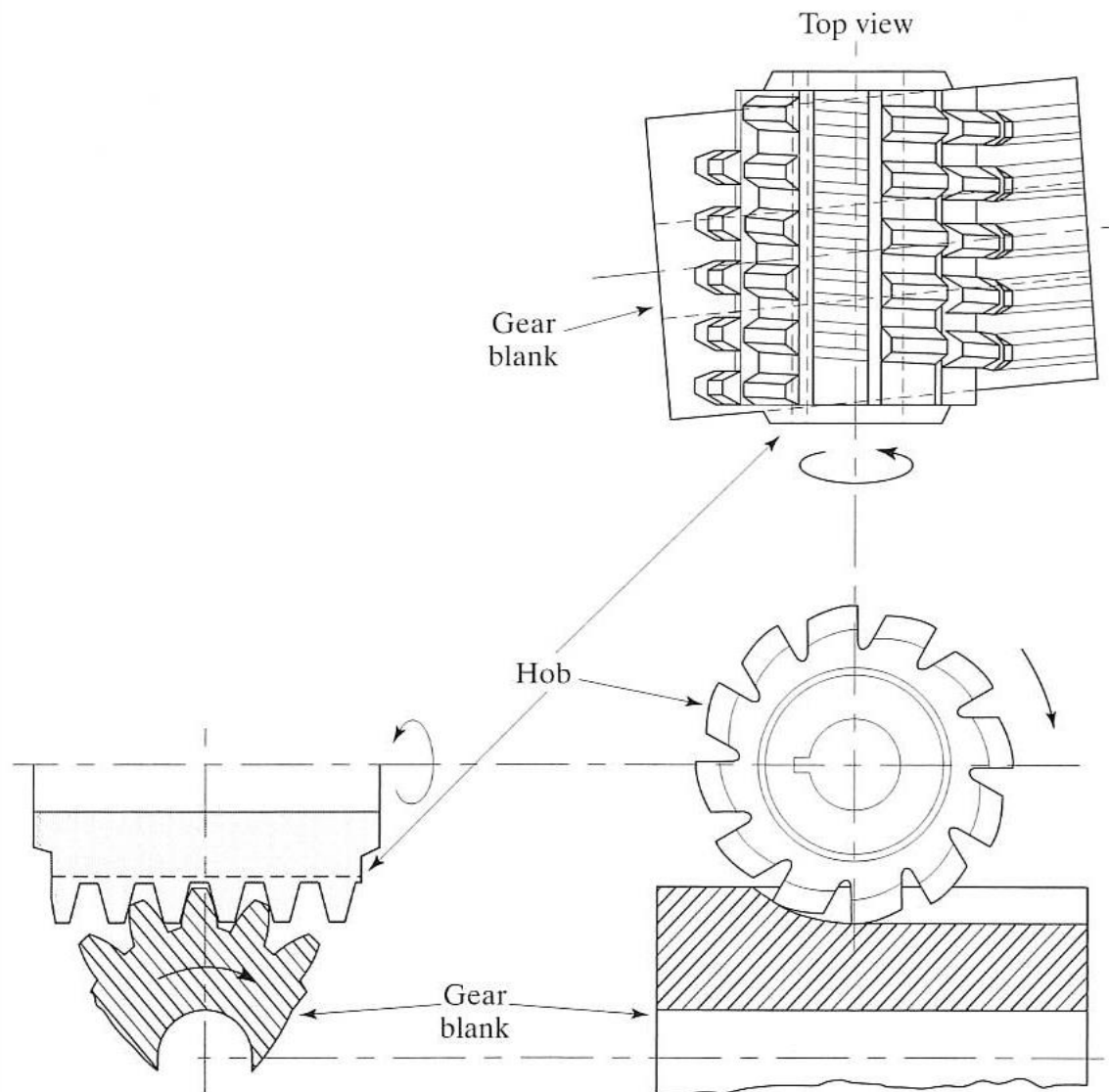


(d) FERRAMENTA TIPO CREMALHEIRA

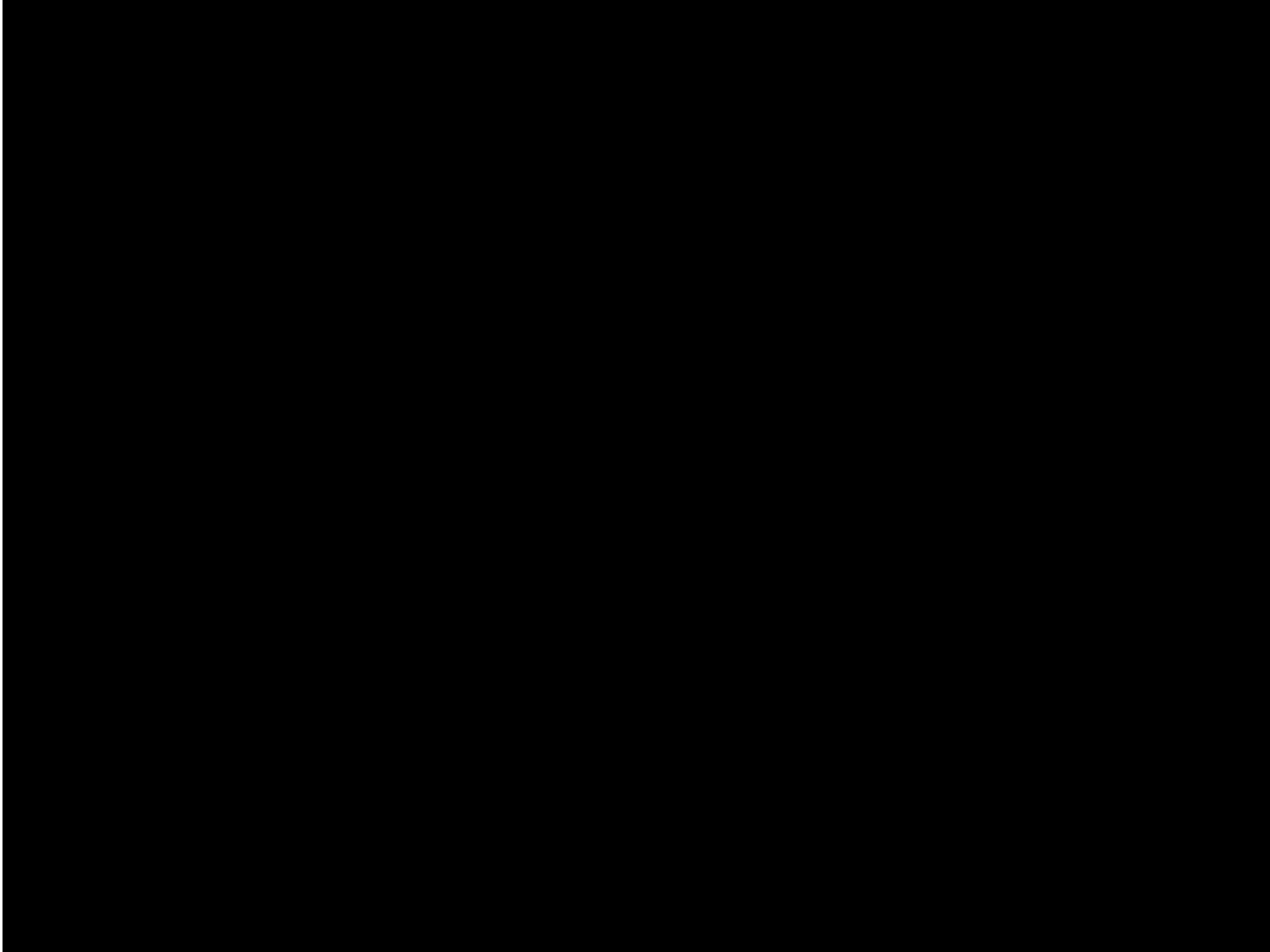


(e) FERRAMENTA TIPO CARACOL

USINAGEM DE ENGRENAGEM CILINDRICA DE DENTES RETOS



Usinagem de Engrenagem de dentes Retos com Ferramenta de Forma



<https://www.youtube.com/watch?v=27qaZzi3ZCU>

Geração da Evolvente com Cremalheira



The banner features the Parazza logo at the top left, with the text "PARAZZA" in large blue letters and "COSTRUZIONI INGRANAGGI e CREMAGLIERE" below it. To the right of the logo is a collection of various metal gears and shafts. Below the logo, a navigation bar lists services: "ATTENZIONE", "LAVORAZIONE", "PRODOTTO", "RICERCA PREVENTIVO", "DOVE SIAMO", and "LOGO". The main text "Dentature elicoidali" is positioned above a large, detailed 3D rendering of a helical gear. Below this, a row of five small images shows different gear profiles. At the bottom left, a gold medal icon with "40°" is displayed. The bottom right contains the company's full contact information.

PARAZZA
COSTRUZIONI INGRANAGGI e CREMAGLIERE

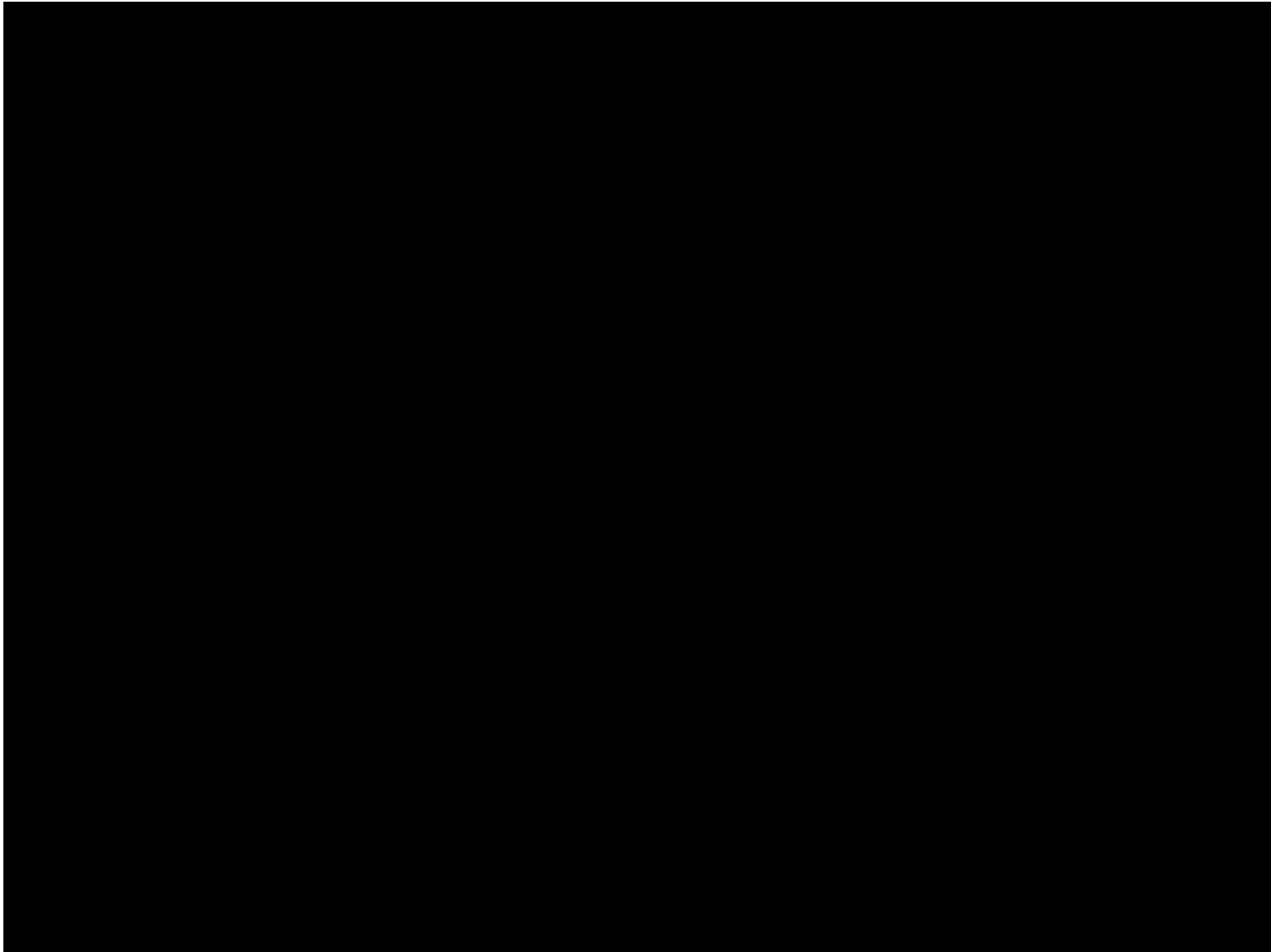
ATTENZIONE | LAVORAZIONE | PRODOTTO | RICERCA PREVENTIVO | DOVE SIAMO | LOGO

Dentature elicoidali

Parazza srl - Costruzioni Ingranaggi e Cremagliere
via della Pace 2/h/1 - 40010 Padule di Sala Bolognese (Bo) - Italy
tel. +39 - 0516821258 - fax +39 - 0516821260 - e-mail: info@parazzaingranaggi.com
R.E.A. BO 309069 - REG.IMPRESSE BOLOGNA 47398 - CAP.SOC. € 47.840 I. V.
COD.FISC.03701360376 - PART.IVA 00652031204

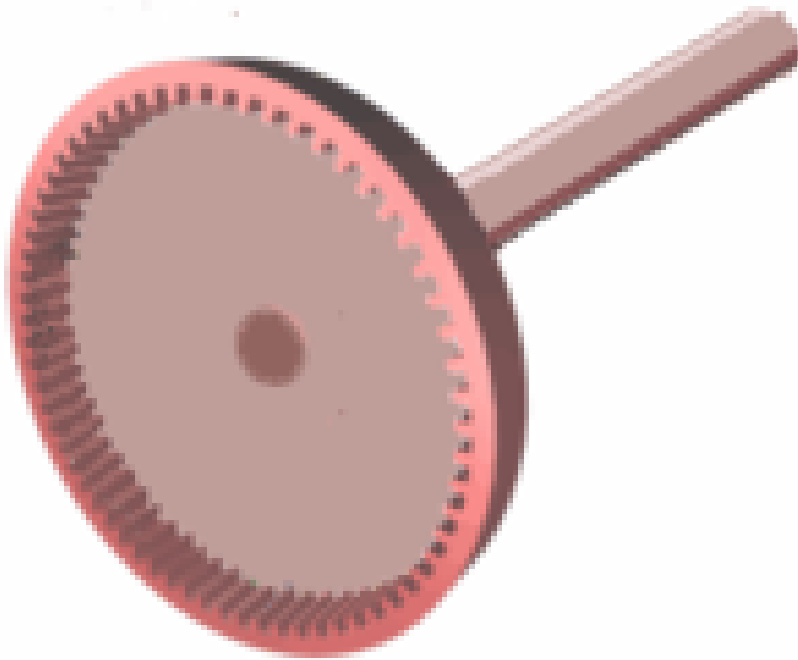
<https://www.youtube.com/watch?v=Or9jpXX2qmA>

FILME USINAGEM DE DENTES INCLINADOS EXTERNOS CARACOL



<https://www.youtube.com/watch?v=0rnTh6c19HM>

DENTES INTERNOS DE EVOLVENTE



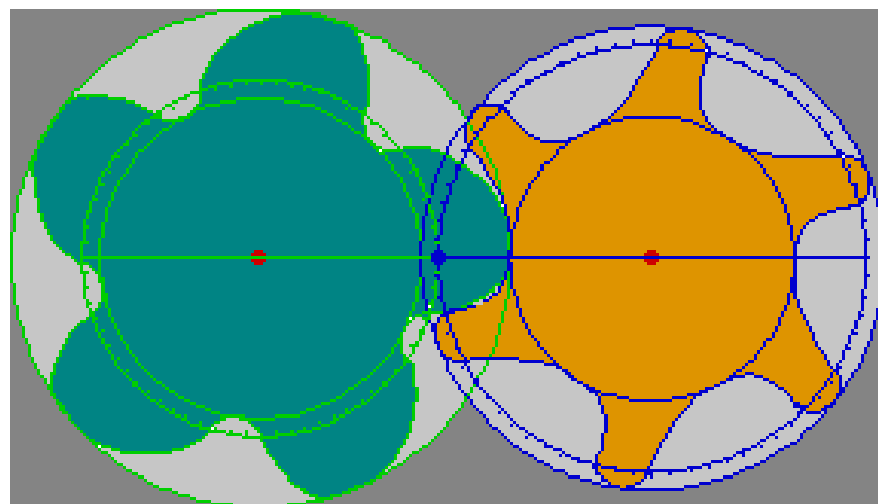
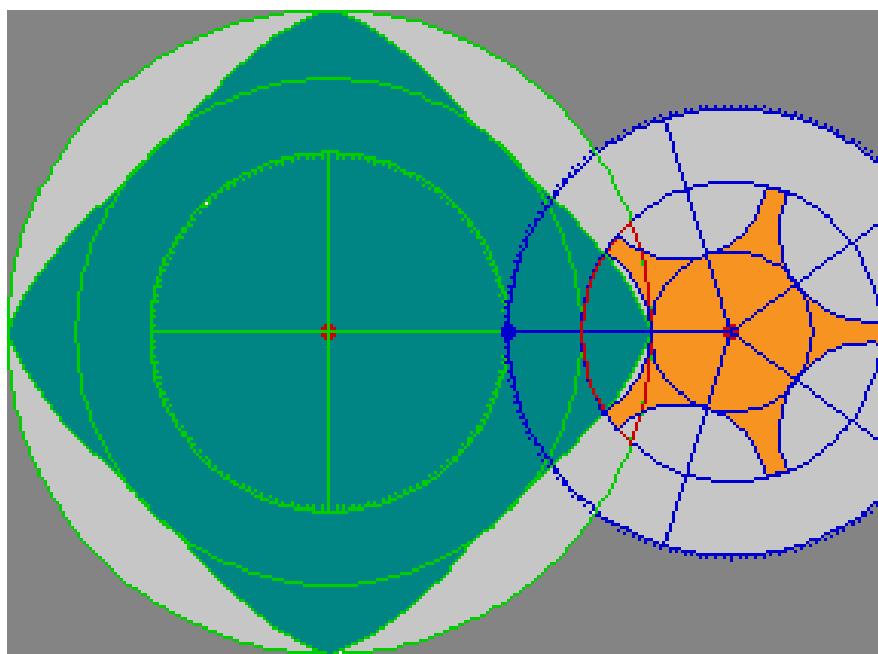
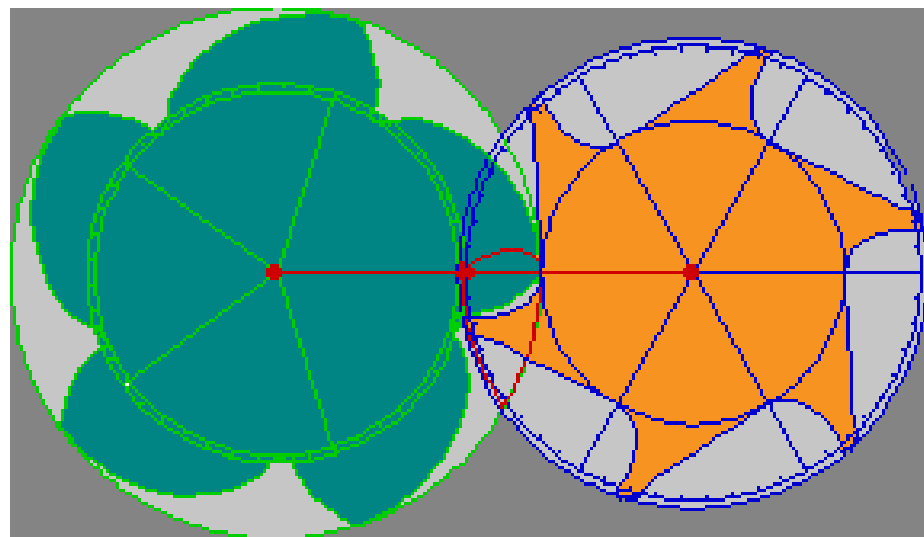
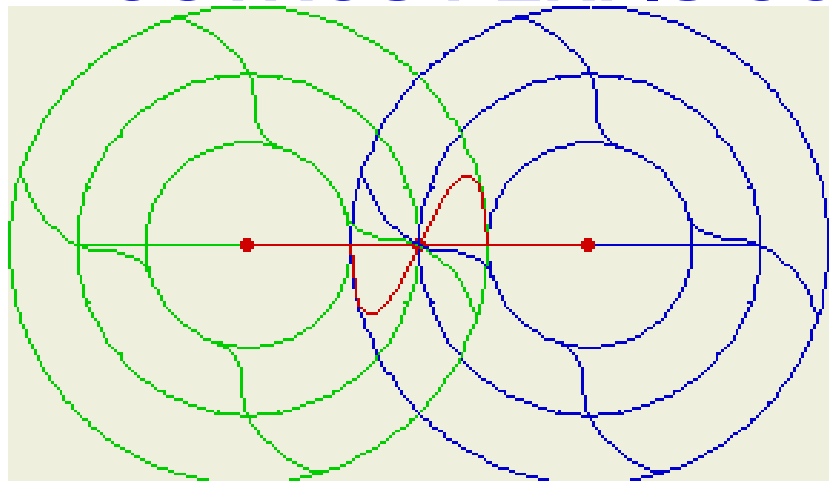
FILME USINAGEM DE DENTES EXTERNOS e INTERNOS (FELLOWS) 3



<https://www.youtube.com/watch?v=fU01NIP-dNI>

<https://www.youtube.com/watch?v=iKsMuV6C0xI>

OUTROS PERFIS CONJUGADOS



2.4.4 Relação de Transmissão

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

n_1 : velocidade de rotação da engrenagem de menor diâmetro;

n_2 : velocidade de rotação da engrenagem de maior diâmetro;

Z_1 : número de dentes da engrenagem de menor diâmetro;

Z_2 : número de dentes da engrenagem de maior diâmetro;

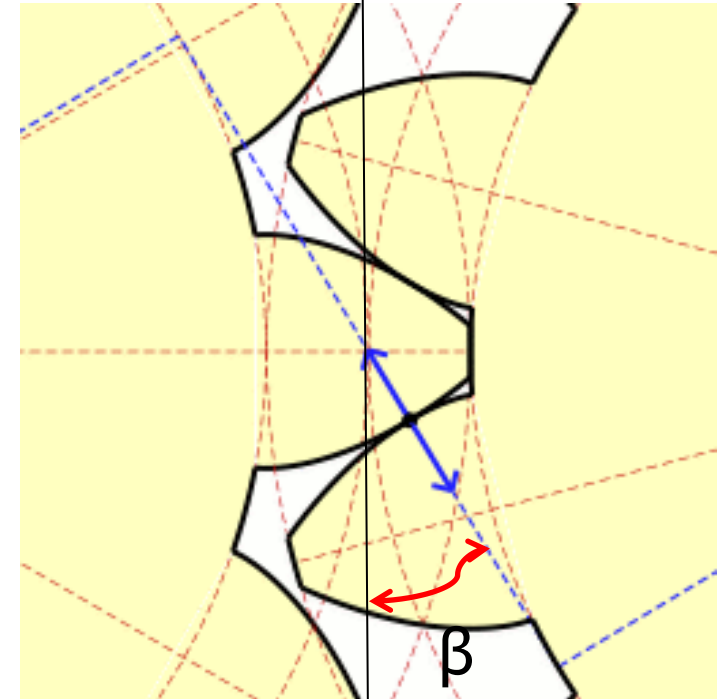
d_1 : diâmetro primitivo da engrenagem menor (pinhão) e

d_2 : diâmetro primitivo da engrenagem maior (coroa).

2.4.5.1 Condição de Engrenamento

- Para haver engrenamento entre duas engrenagens as mesmas devem apresentar o mesmo módulo e o mesmo ângulo de pressão na geração.
- O módulo é definido pela relação entre o diâmetro primitivo (D_p) e o número de dentes (z), sendo expresso em **mm**:

$$m = D_p / z$$



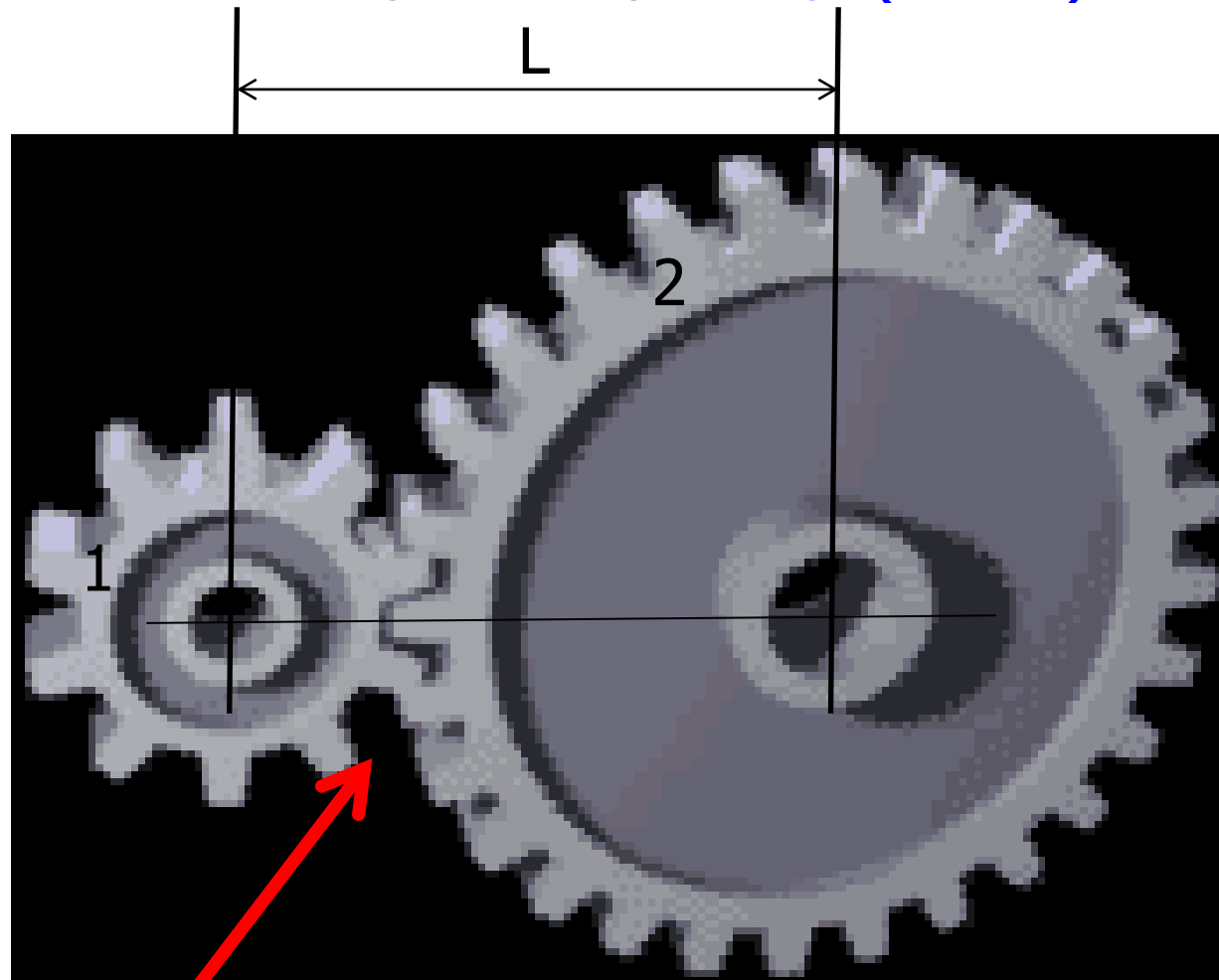
β = Ângulo de Pressão

L = distância de centros da transmissão

Como se especifica?
Como se calcula?

As engrenagens giram, sem deslizar, sobre os seus diâmetros primitivos, ou seja a velocidade periférica das duas engrenagens no ponto de contacto, no diâmetro primitivo, é a mesma

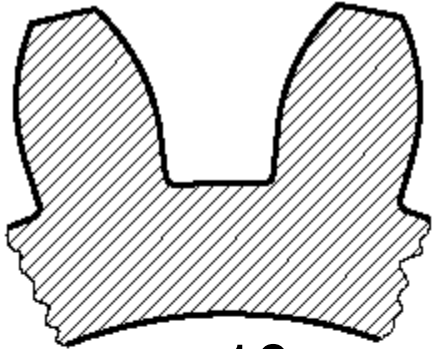
$$D_{p1} = m \cdot z_1 \quad D_{p2} = m \cdot z_2 \quad L = (D_{p1}/2) + (D_{p2}/2)$$
$$L = m \cdot z_1/2 + m \cdot z_2/2 = m/2(z_1 + z_2)$$



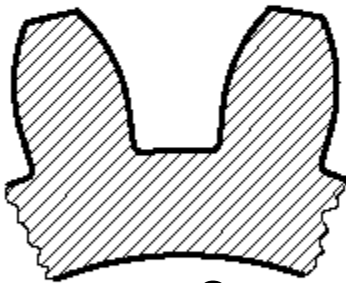
Neste caso se $m = 5$ milímetros (mm)

$$L = 5/2(10 + 28) = 95 \text{ mm}$$

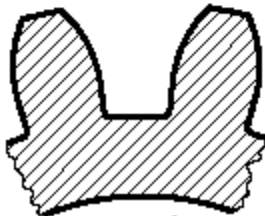
2.4.5.2 Módulos Normalizados



m=10



m=8



m=6


m=1


m=2


m=3


m=4


m=5

Normalmente:

Adendo= 1 x módulo

Dedendo= 1,25 x módulo

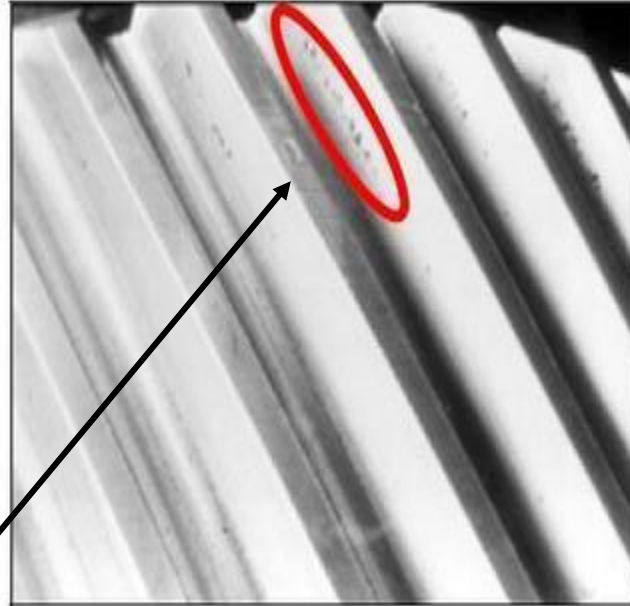
Altura do dente= 2,25 x módulo

2.4.6 Falhas nos Dentes de Engrenagens

(a)



(b)

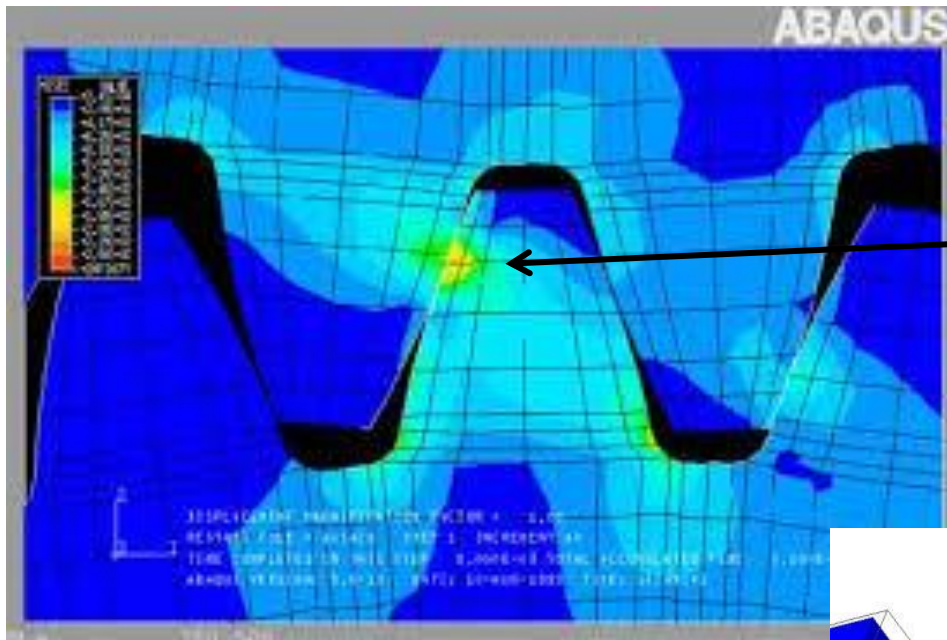


(c)



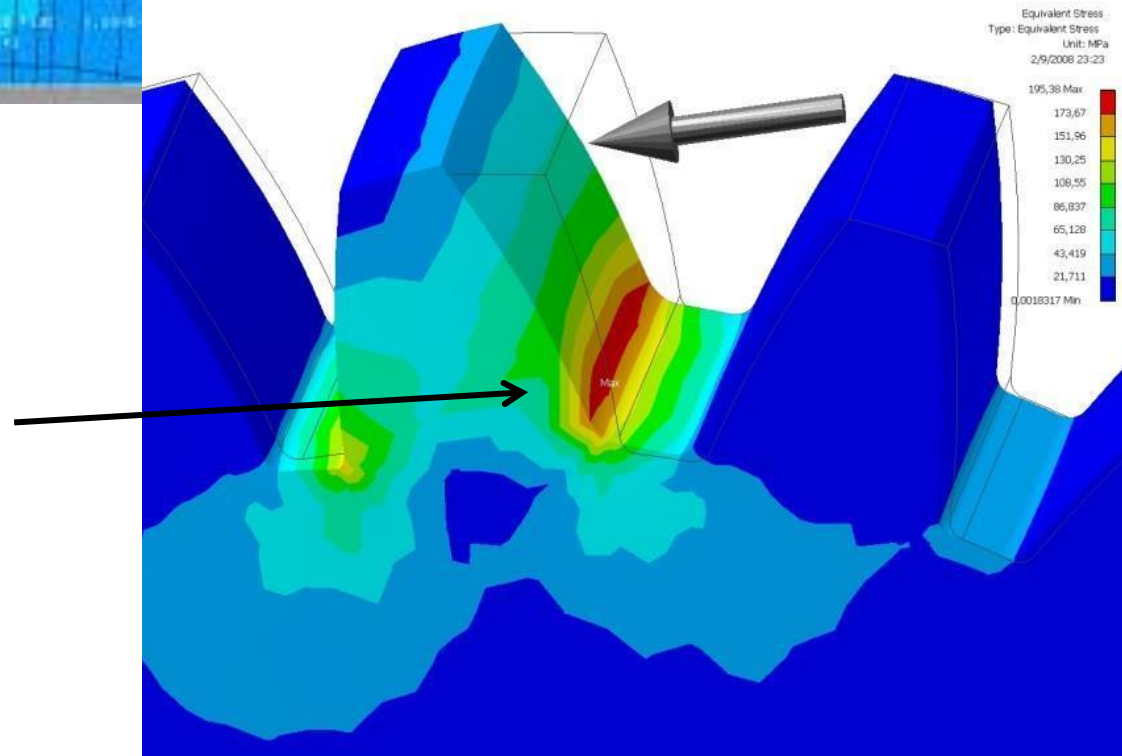
Fadiga de Contato

Fadiga de Flexão



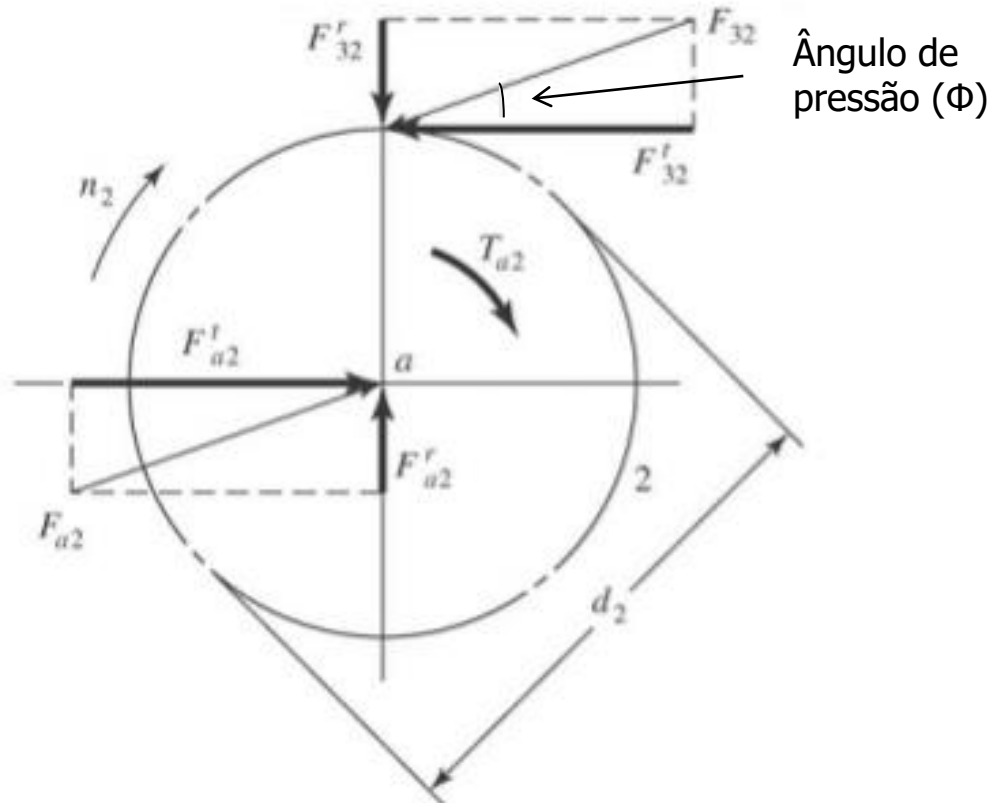
Tensões de Contato (Modelo de Hertz)

Tensões de Flexão (Modelo de Viga)



2.4.7 Forças nos Dentes de Engrenagens ECDR

- Torque aplicado e carga transmitida:
- A componente radial não transmite torque.



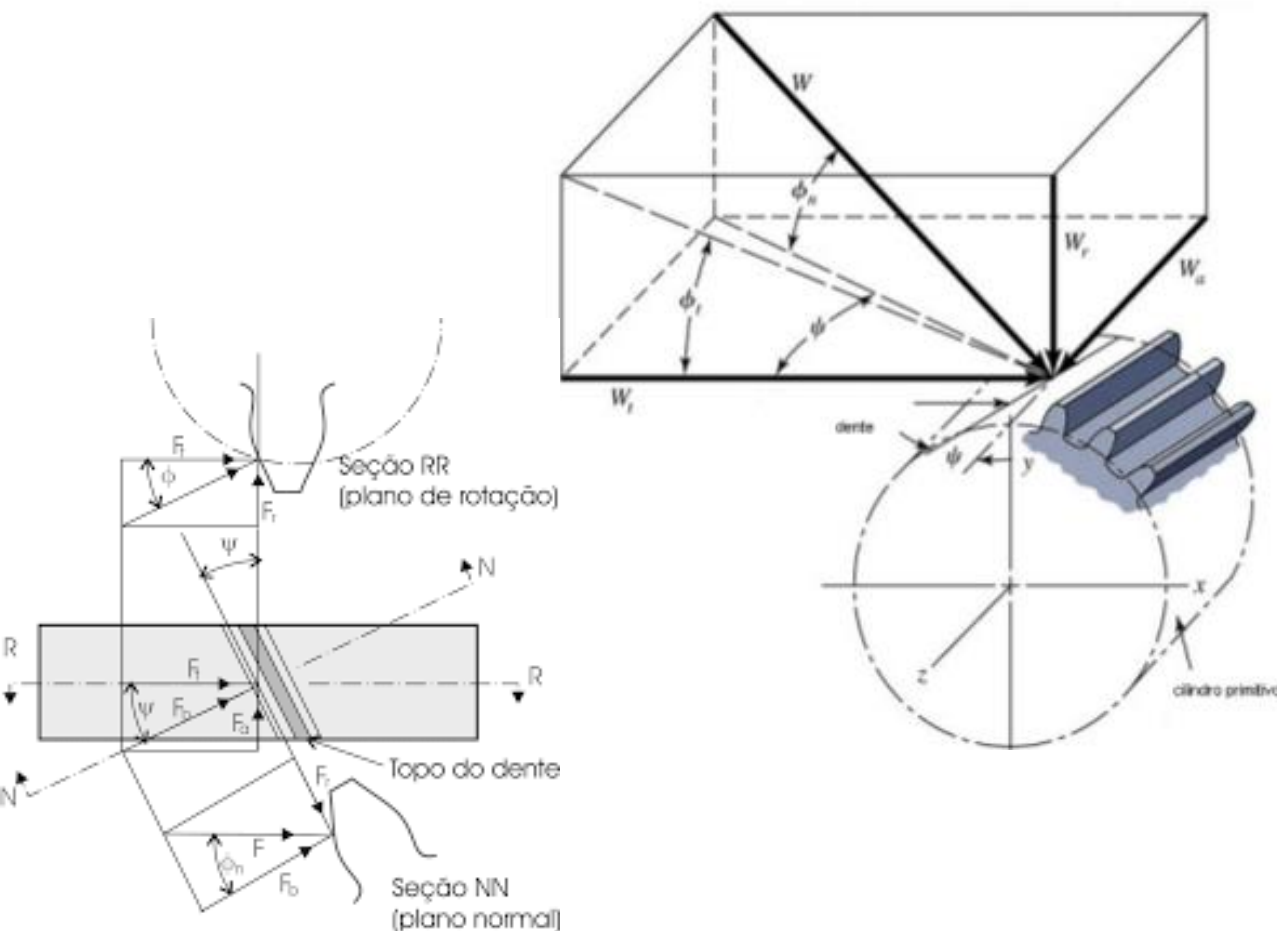
$$W_t = F_{32}^t$$

$$T = \frac{d}{2} W_t$$

$$F_{23}^r = F_{23}^t \tan \phi$$

2.4.8 Forças nos Dentes de Engrenagens ECDH

- O ponto de aplicação dessas forças localiza-se no plano de passo primitivo e no centro da face da engrenagem.



$$W_r = W \sin \phi_n$$

$$W_t = W \cos \phi_n \cos \psi$$

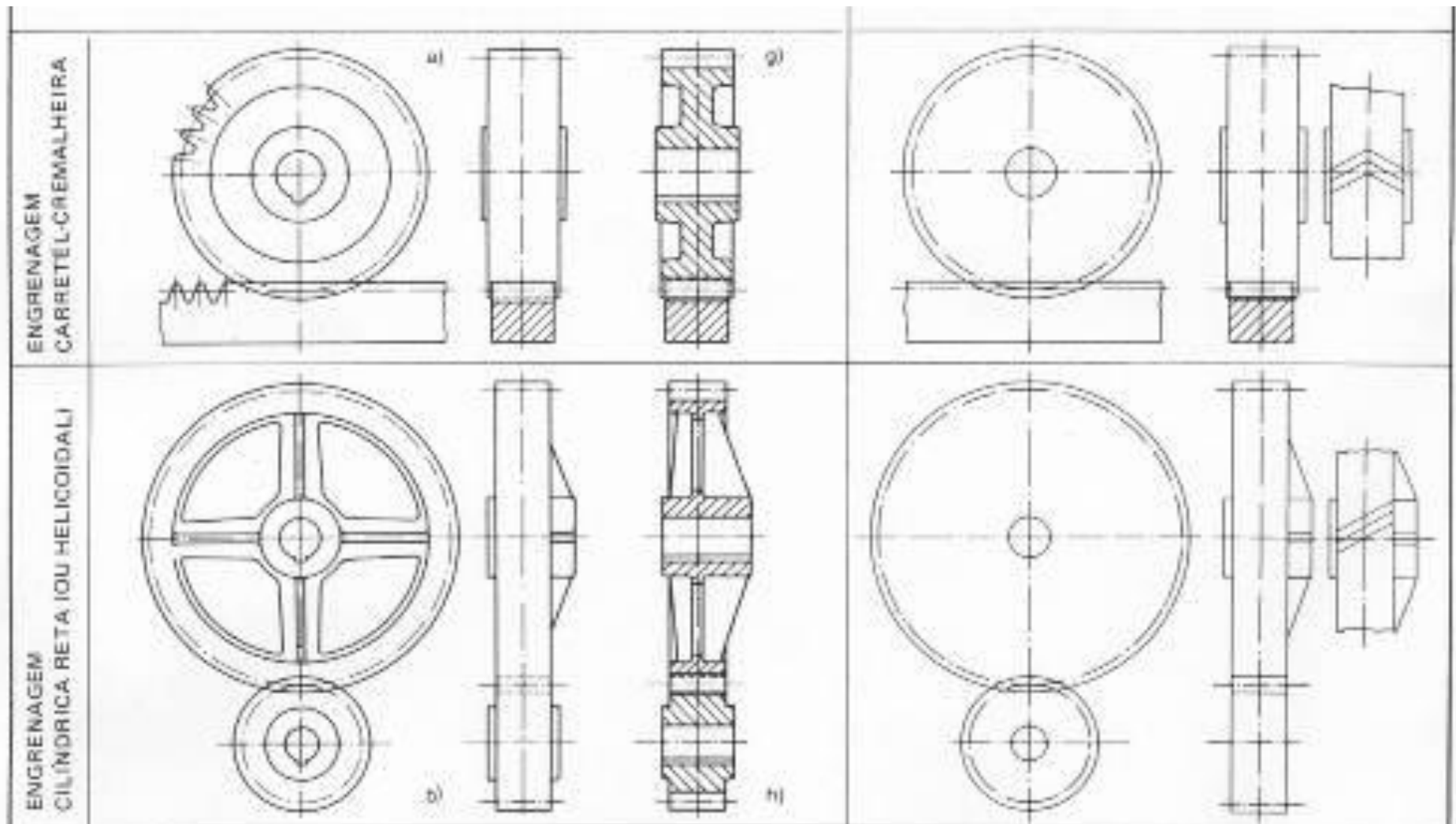
$$W_a = W \cos \phi_n \sin \psi$$



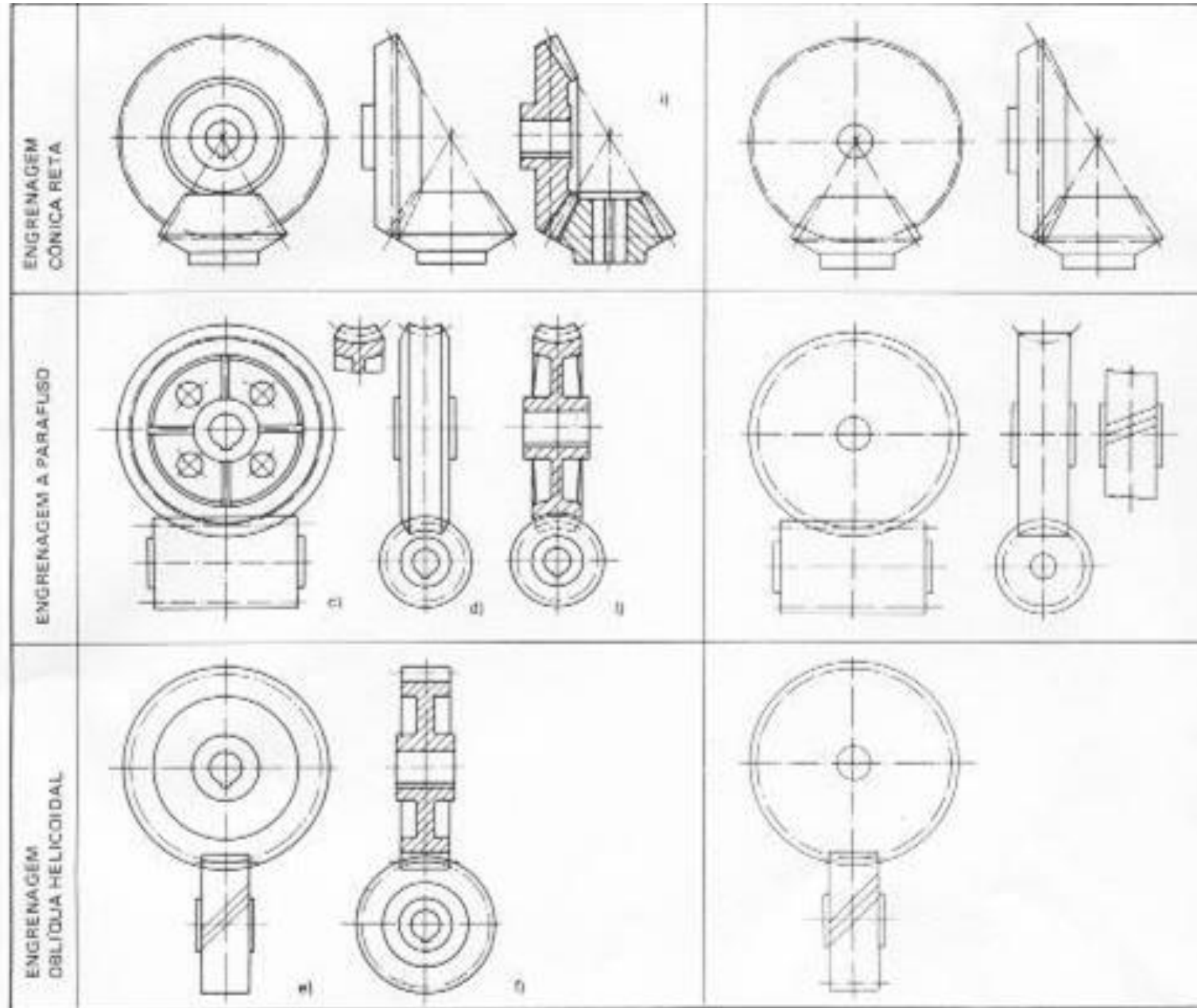
Engrenagem
Espinha de Peixe



2.4.9 Representação de Engrenagens



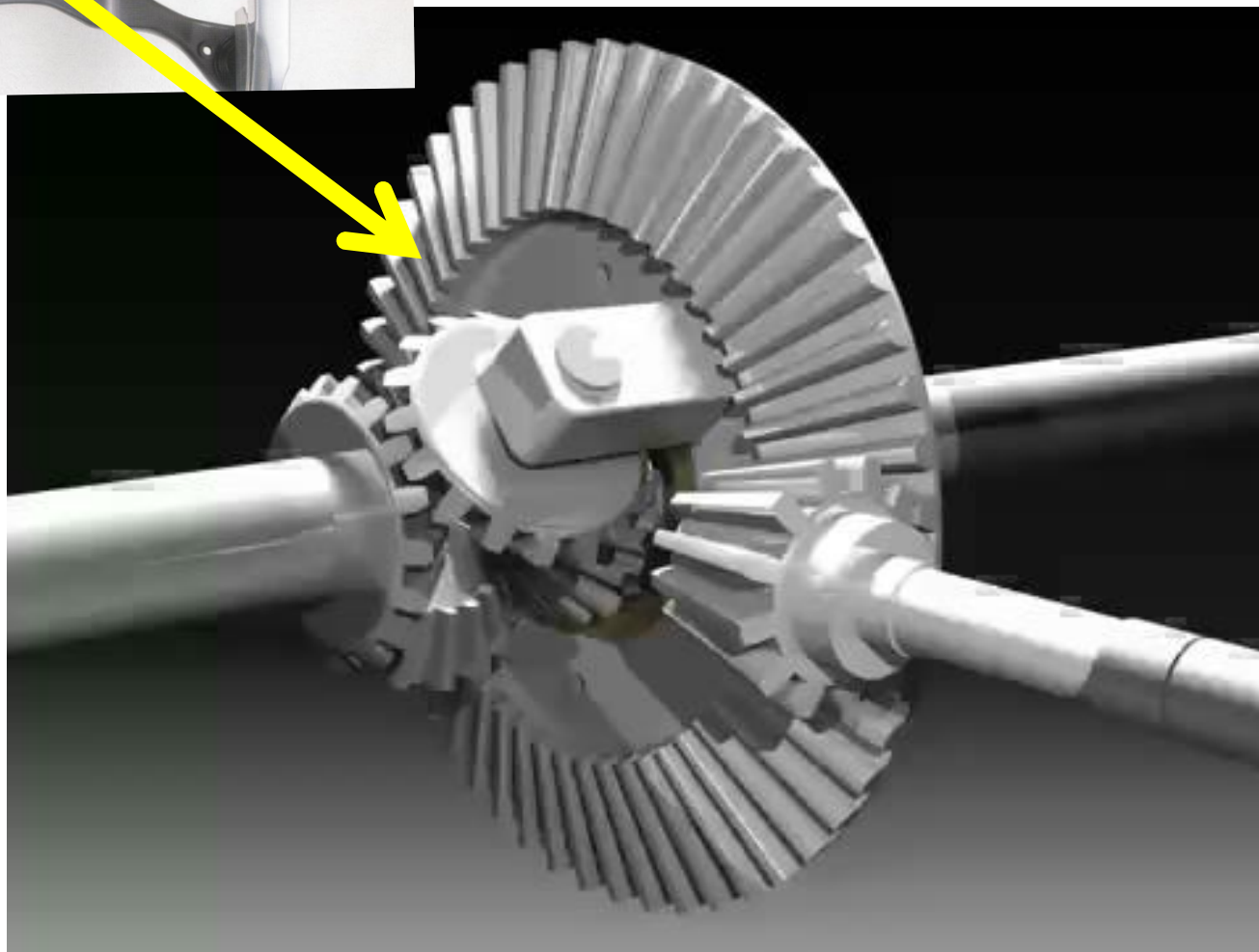
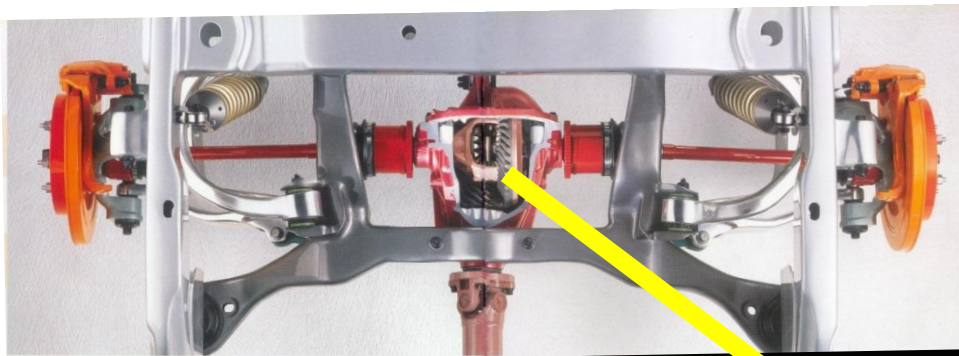
2.4.9 Representação de Engrenagens

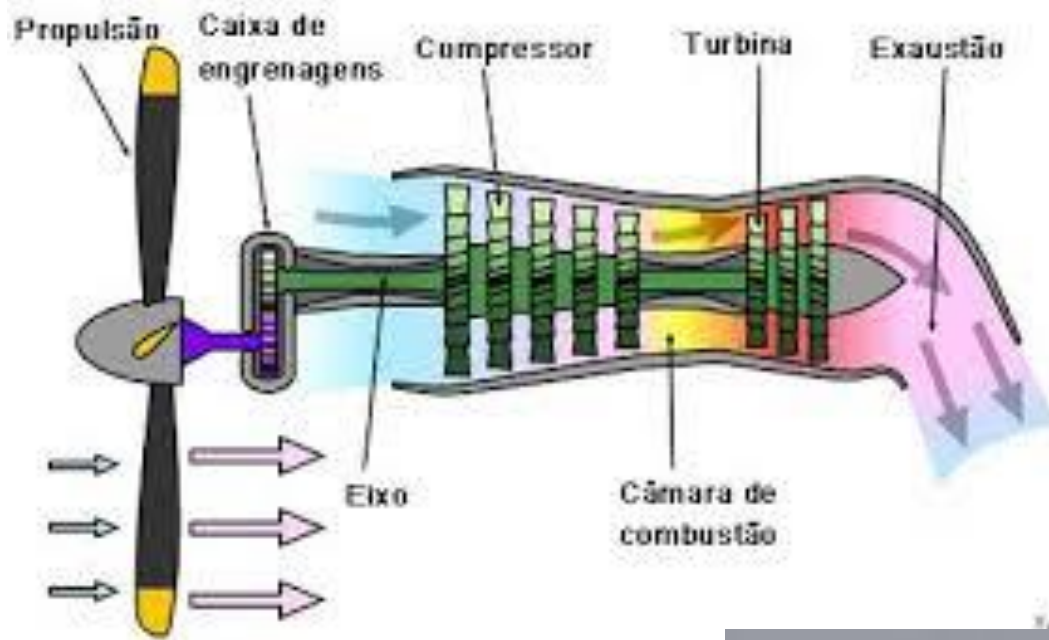


2.4.10 Características das Transmissões por Engrenagens

- projeto compacto
- montagem entre eixos paralelos, reversos ou que se cruzam
- relação de transmissão constante
- distância entre centros precisa
- relação de transmissão até 8 por par de engrenagens (exceto coroa/sem-fim)
- potência de transmissão até 2500 HP
- velocidade tangencial de operação até 20 m/s
- elementos não padronizados (uma solução para cada problema)
- custo elevado.

TRANSMISSÃO AUTOMOTIVA (DIFERENCIAL)





Redutor de Propulsão Turbo-Hélice



REDUTOR DE ENGRENAGENS



QUANTOS EIXOS?

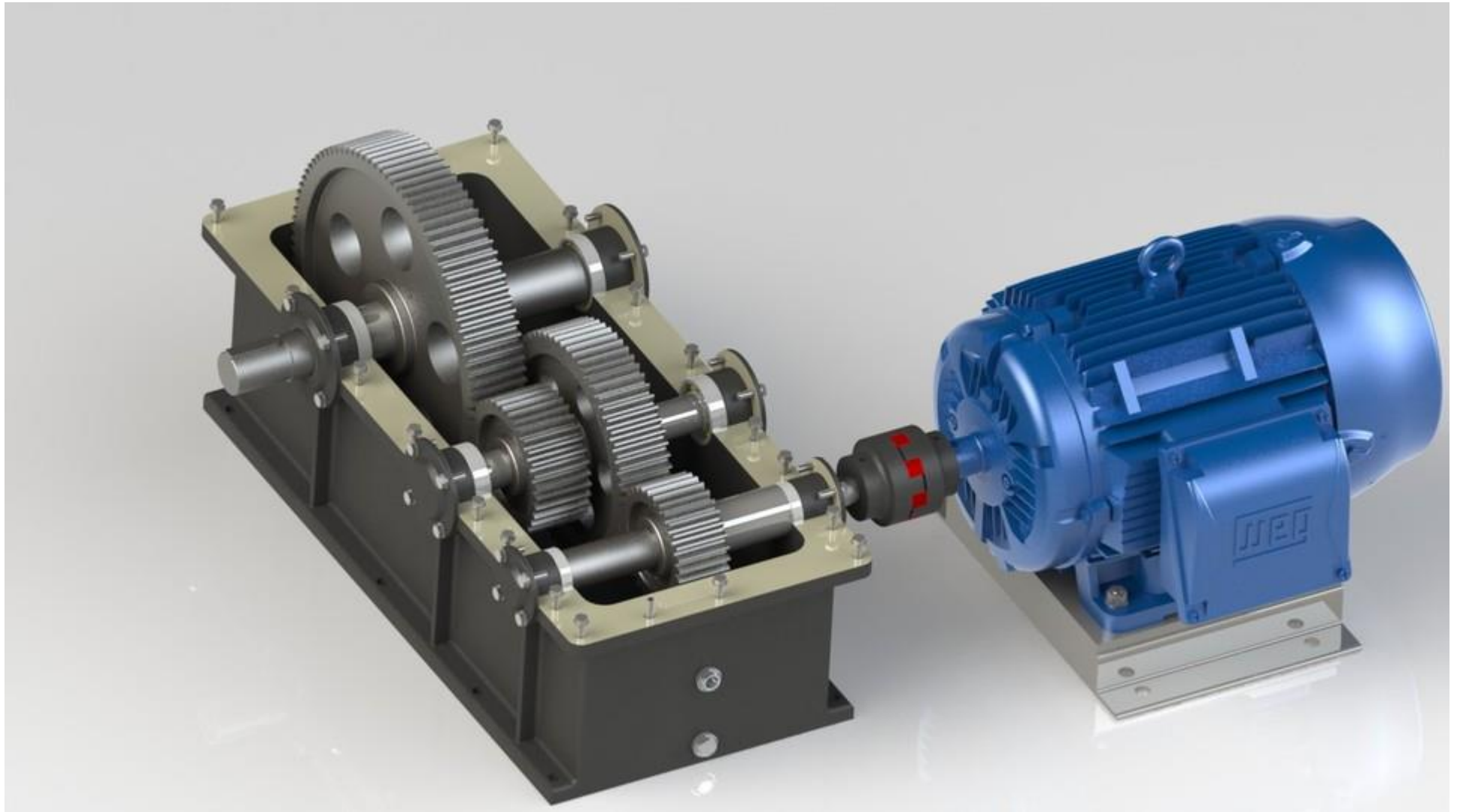
QUANTOS PARES DE ENGRENAGENS?

QUAL É O EIXO DE ENTRADA ?

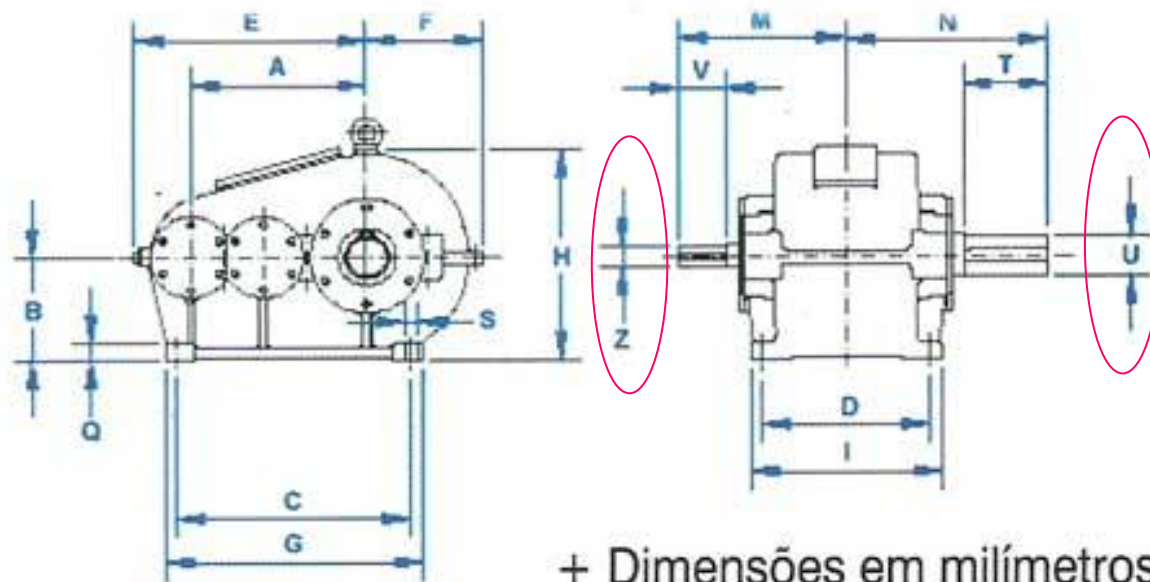
QUAL É O EIXO DE SAÍDA ?

RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO?

REDUTOR DE ENGRENAGENS

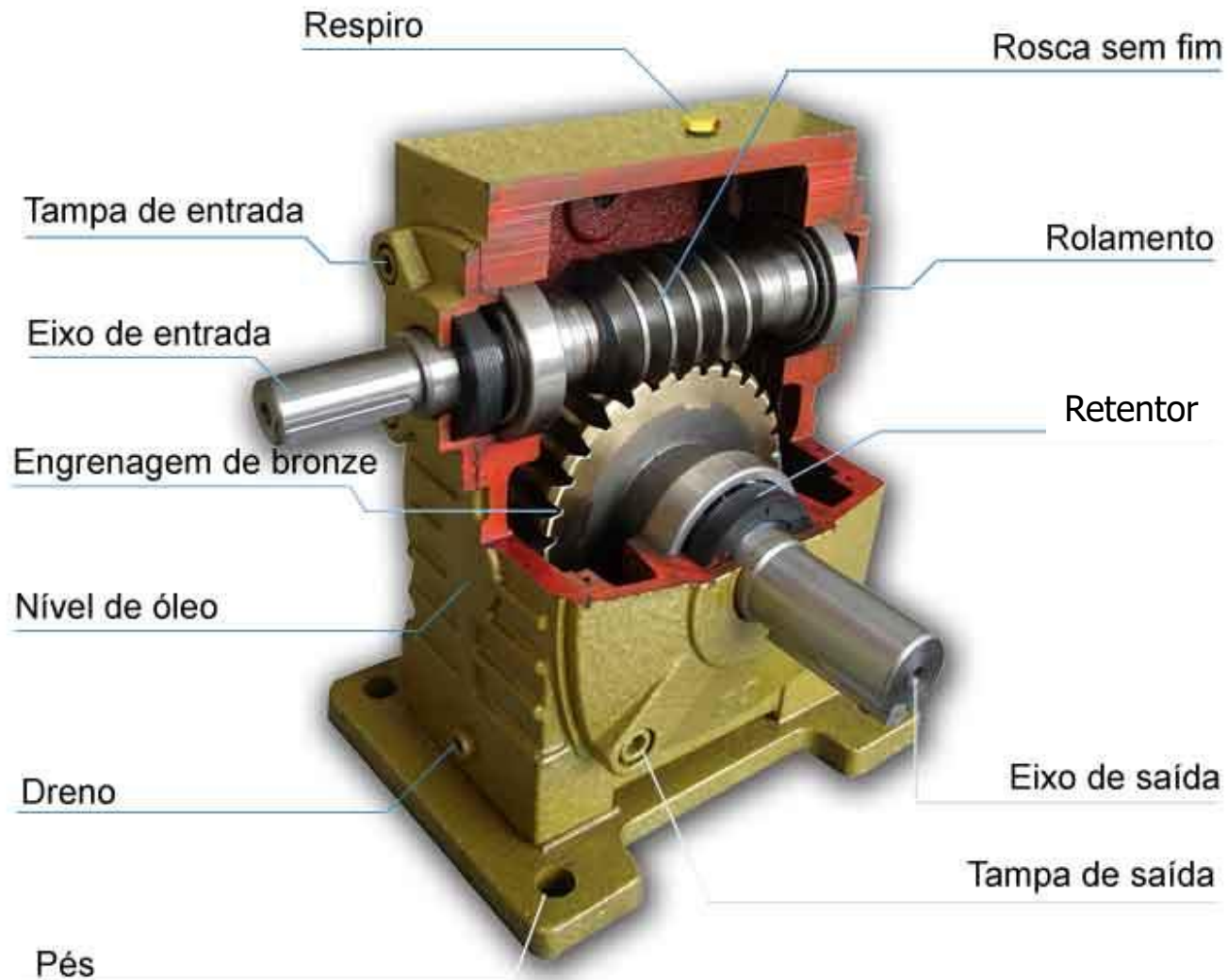


REDUTOR DE ENGRENAGENS



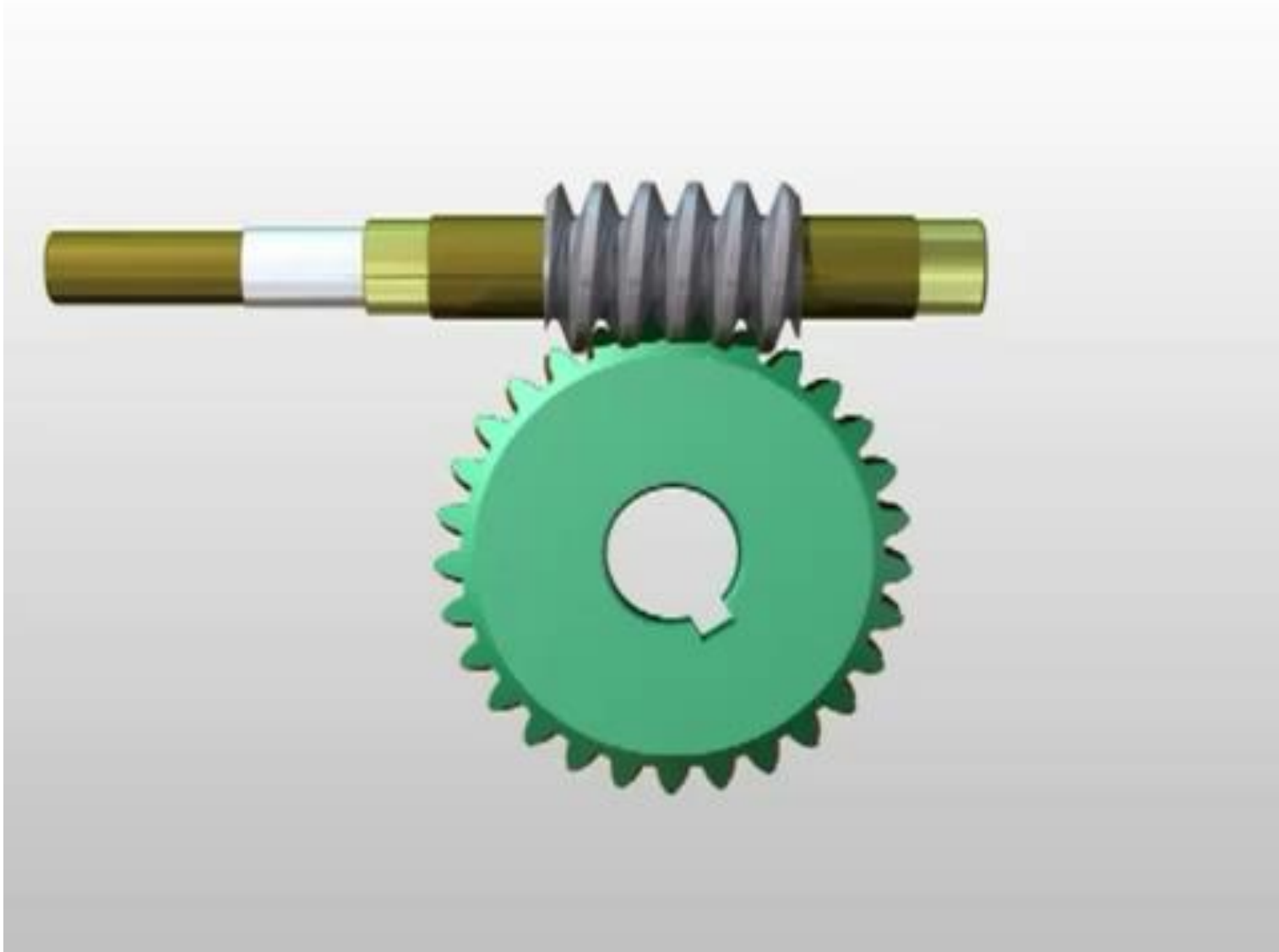
TAMANHO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
TRH03	254	150	327	242	338	172	370	305	278	248	300
TRH04	280	165	365	263	372	184	425	332	310	275	334
	Q	T	U	V	Z	S	CHAVETA			PESO	
							ENTRADA		SAÍDA		EM KG
TRH03	26	122	56	72	26	4X21/32"	8 X 7		16 X 10		125
TRH04	26	135	62	80	31	6X21/32"	10 X 8		18 X 11		165

REDUTOR COROA/SEM-FIM



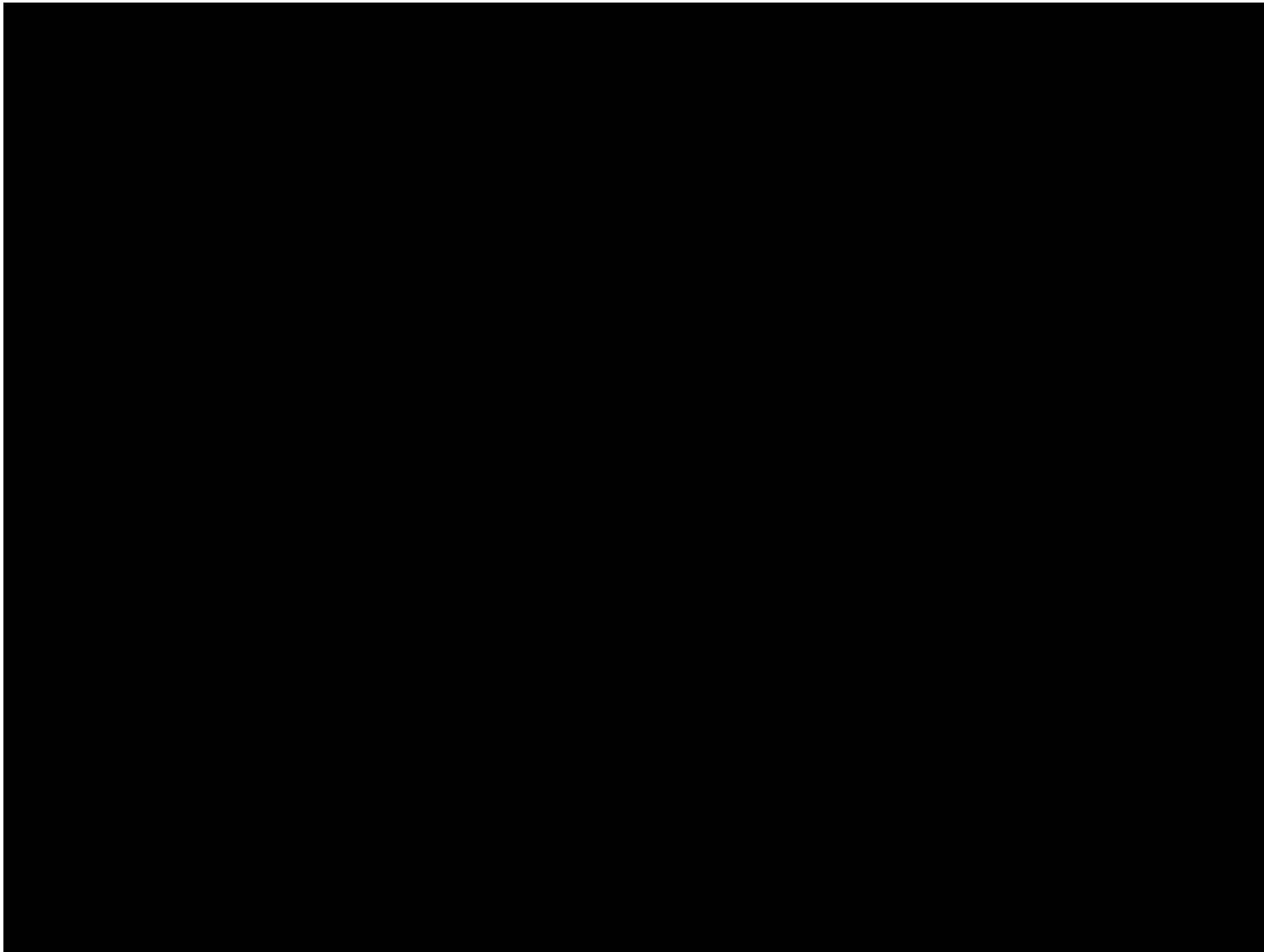
QUAL É A RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO????

FILME REDUTOR COROA / SEM-FIM



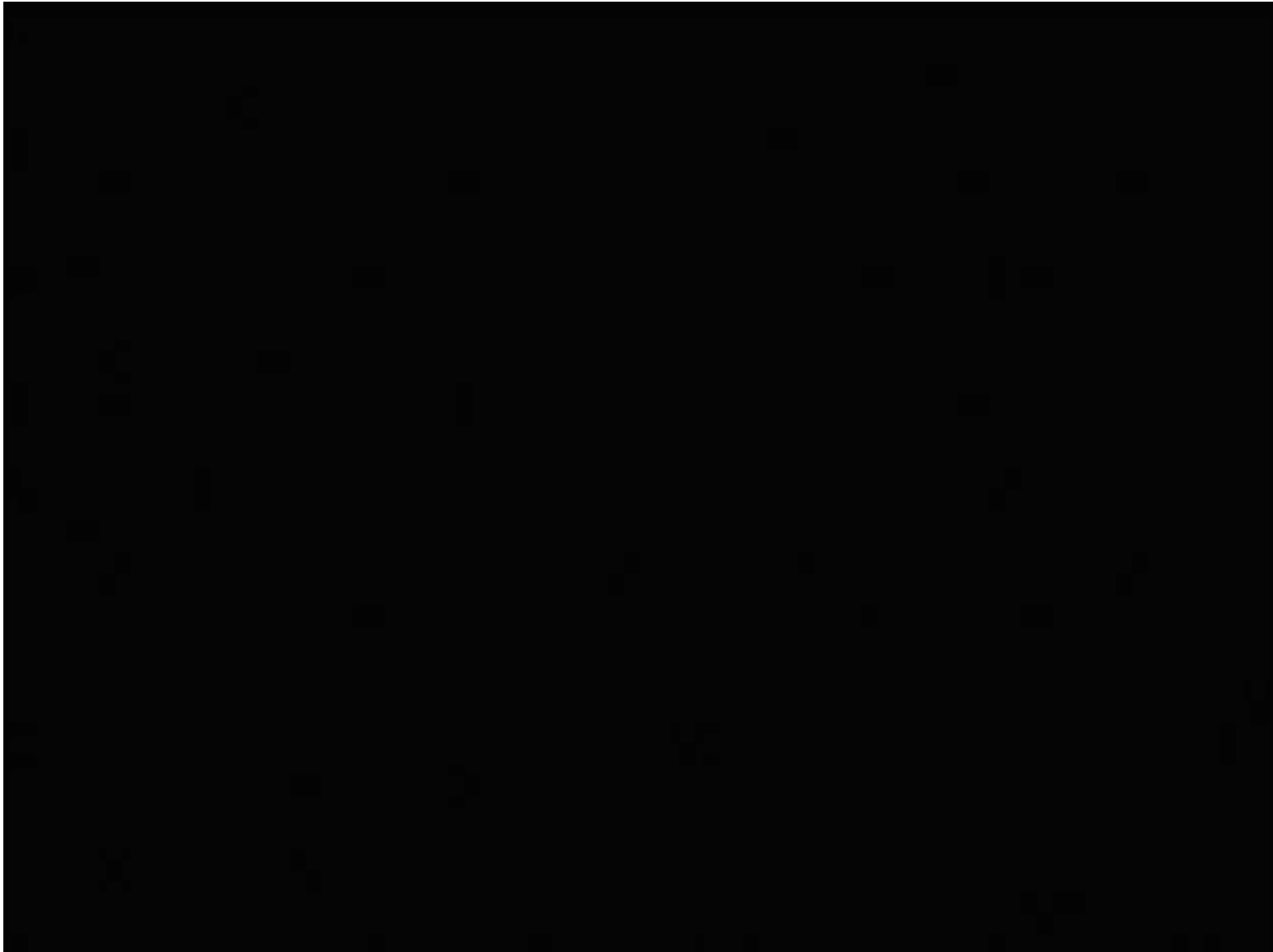
<https://www.youtube.com/watch?v=S3XAeMCeZr0>

FILME USINAGEM DE SEM-FIM



https://www.youtube.com/watch?v=L7i_QDehseg

FILME USINAGEM DA COROA



<https://www.youtube.com/watch?v=k29WGjJppH0>

3. Comparação entre Tipos de Transmissão

	Velocidade	Sincronismo	Rendimento	Conjugado Transmitido	Relação de Transmissão	Precisão distância entre centros	Necessidade de manutenção	Custo
Tipo								
Rodas Atrito	2	Não	2	2	≤ 8	4	3	3
Correias Planas	4	Não	3	2	≤ 5	2	2	2
Correias Trapezoidais	2	Não	3	2	≤ 7	2	2	2
Correias Sincronizadoras	3	Sim	4	2	≤ 8	2	1	3
Correntes	1	Sim	3	4	≤ 6	2	4	3
Engrenagens	3	Sim	4	4	≤ 8	4	4	4

4 = Alto / Grande

1 = Baixo / Pequeno