

PMR 3103

Transmissões

Rodas de Atrito

Correias

Correntes

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.

As transmissões também podem ser utilizadas para **ajustar o sentido da rotação** ou para **ligação de eixos distantes entre si**.

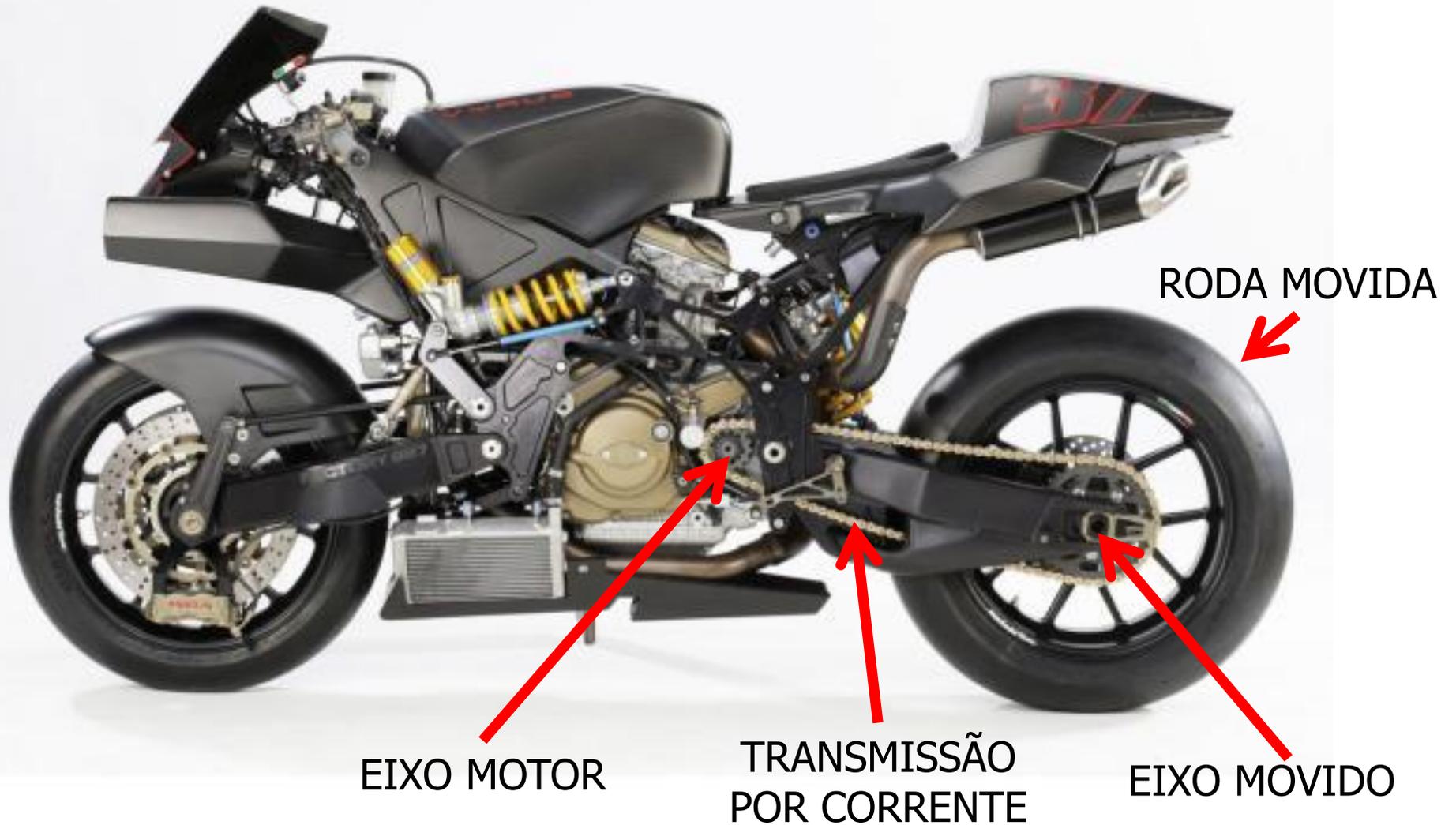
TRANSMISSÃO DA POTÊNCIA

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

■ POTÊNCIA 100%  100%
Transmissão IDEAL

■ POTÊNCIA 100%  $< 100\%$
Transmissão REAL

MOTOCICLETA COM TRANSMISSÃO POR CORRENTE



1. Introdução

➤ Transmissão ideal

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

$$P_e = M_{te} \cdot \omega_e = P_s = M_{ts} \cdot \omega_s$$

onde ω é a velocidade angular e M_t o torque (conjugado)

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

$$\text{Assim } M_{ts} = i \cdot M_{te} \text{ (TRANSMISSÃO IDEAL)}$$

➤ Transmissão real

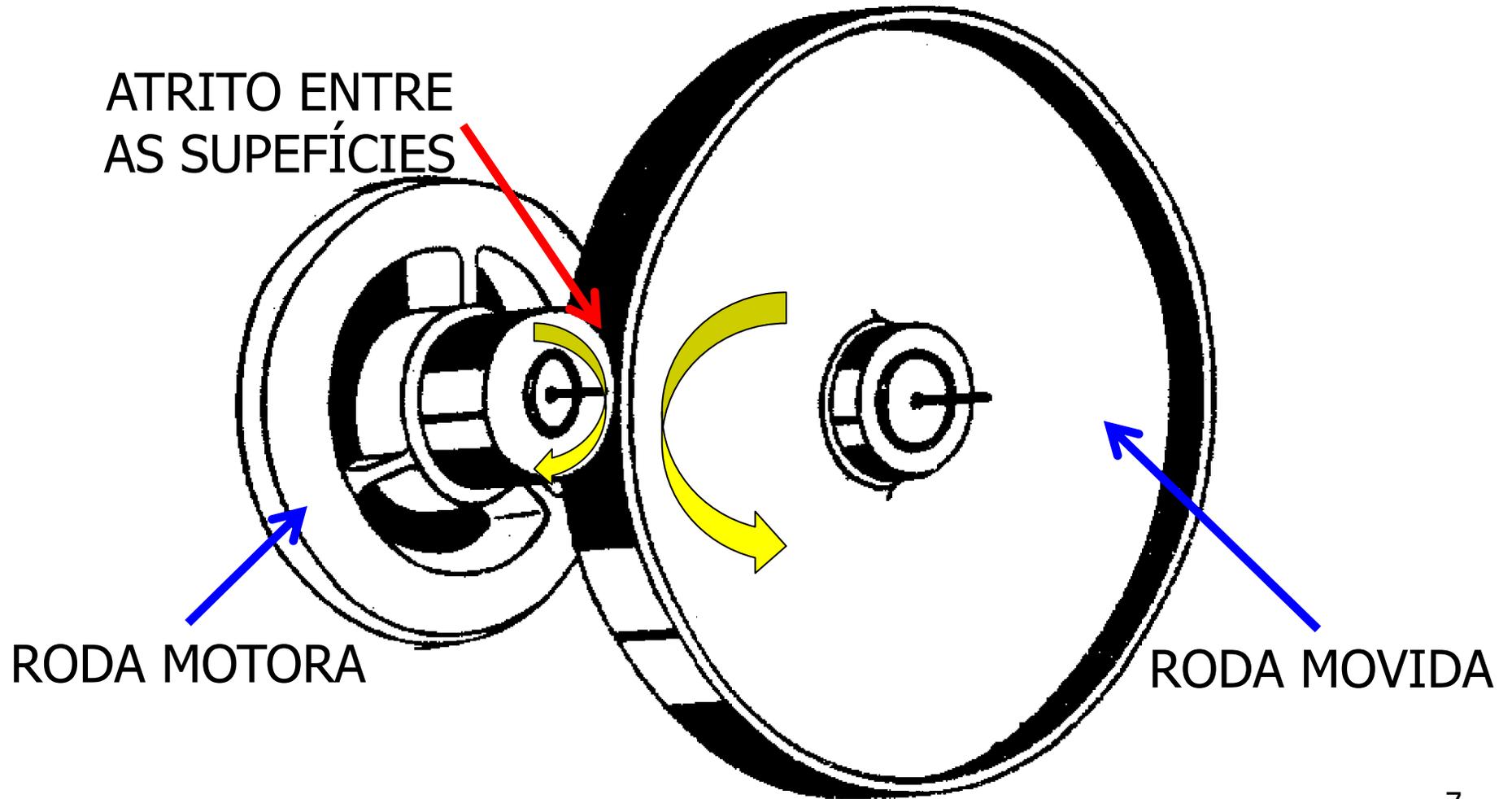
$P_s = P_e \cdot \eta$, onde η é o rendimento da transmissão e P a potência ($\eta < 1$)

$$M_{ts} = i \cdot M_{te} \cdot \eta \text{ (TRANSMISSÃO REAL)}$$

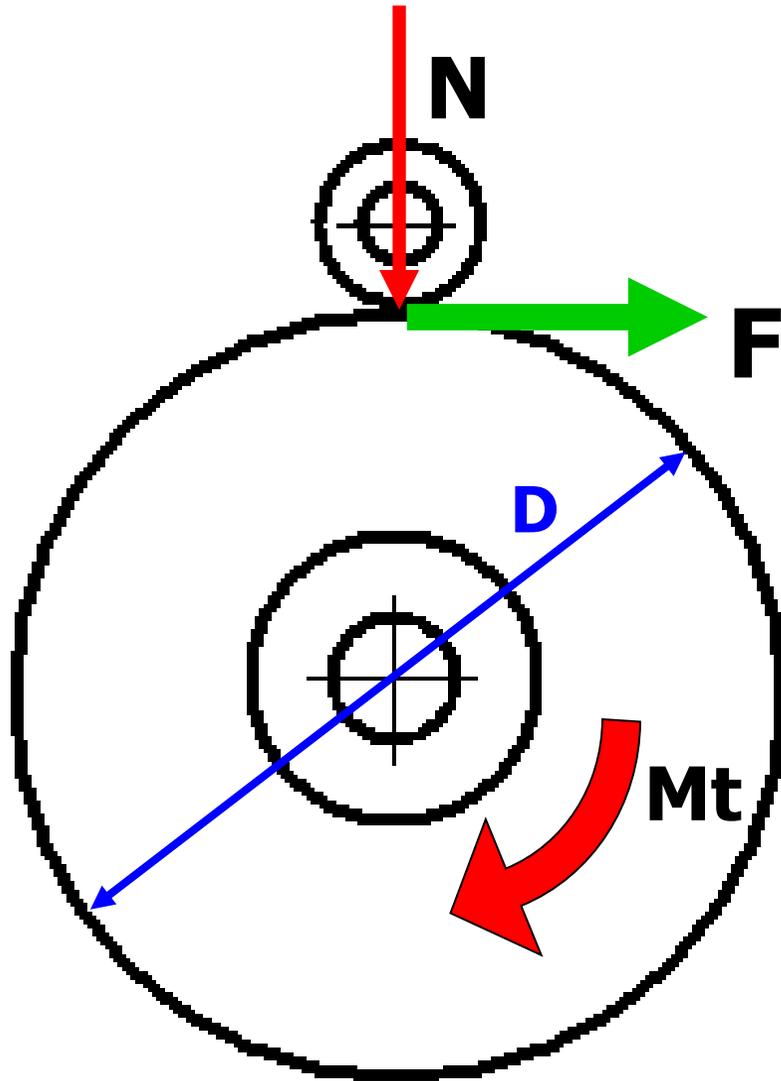
2. Tipos de Transmissões

- 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



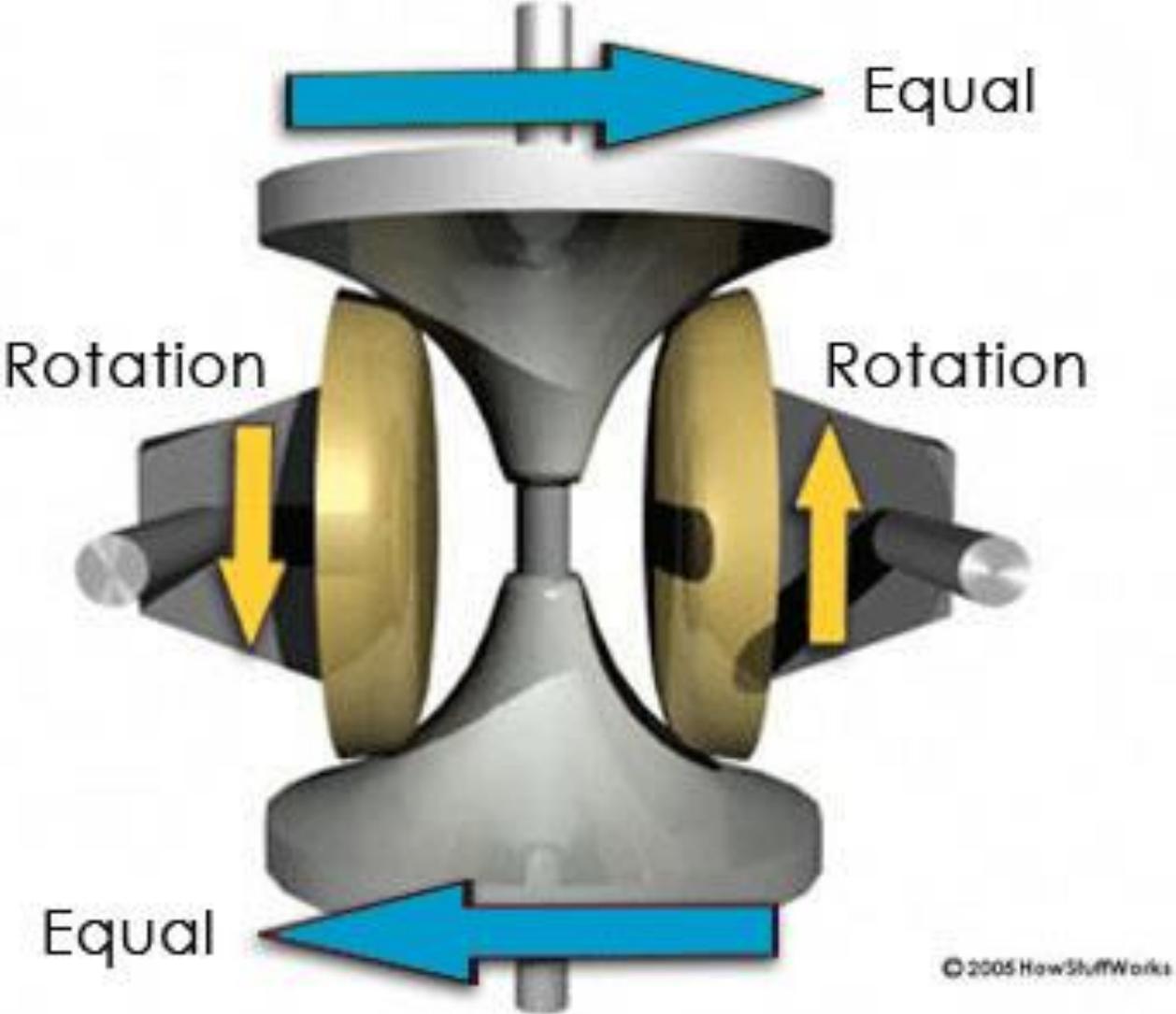
$$\text{Fat} = \mu \times N \text{ (Força de Atrito)}$$

μ = coeficiente de atrito
 N = força normal

No limite (deslizamento)

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

TRANSMISSÃO COM RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR RODA DE ATRITO



Transmissões por Rodas de Atrito

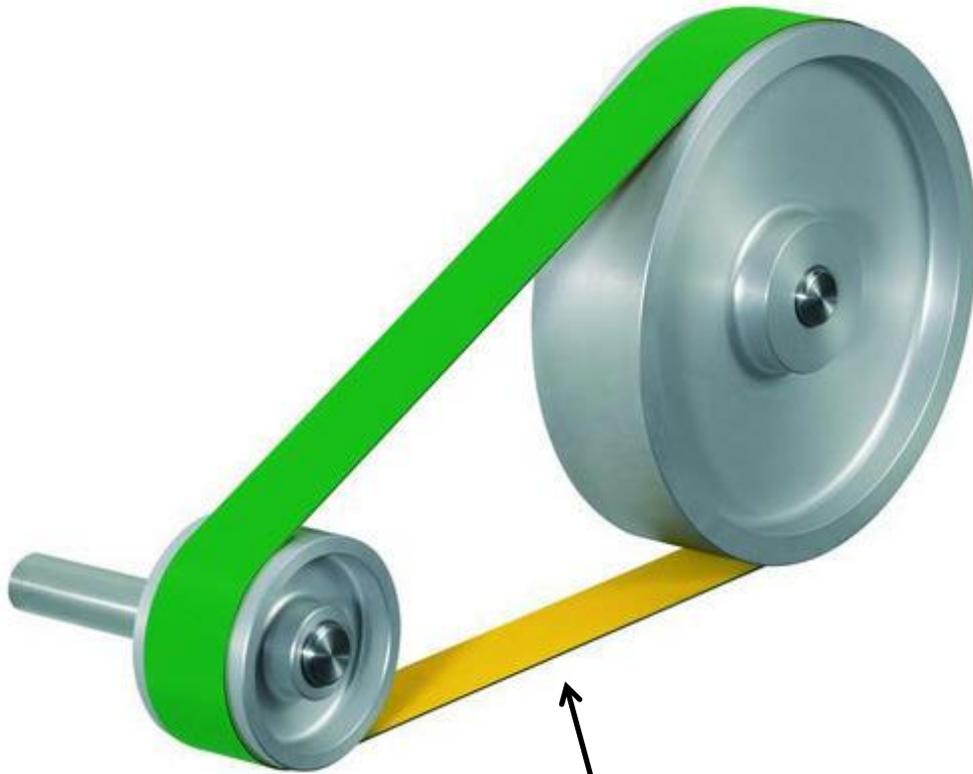
Características Básicas

- 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).

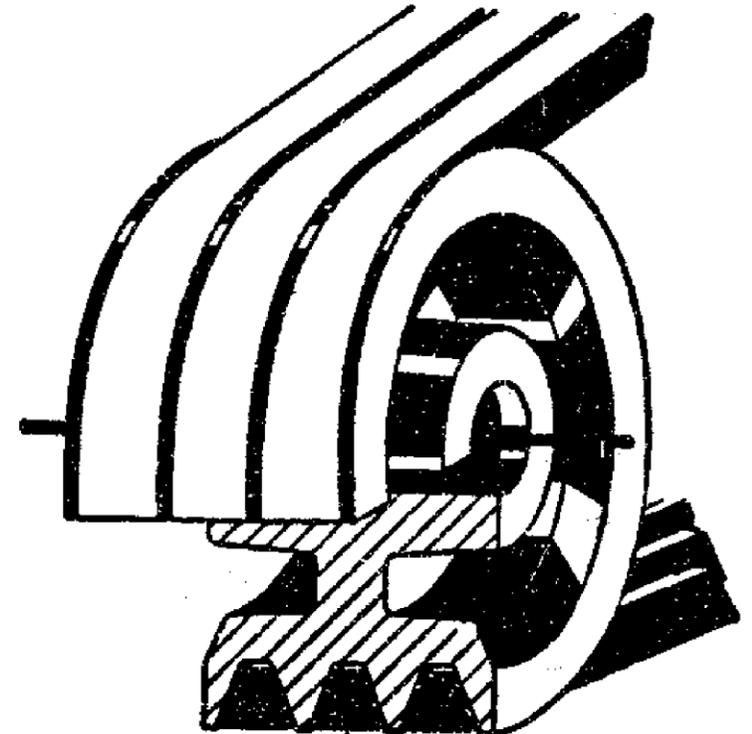
2.2 Transmissões por Correia

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



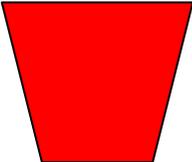
CORREIA PLANA



CORREIAS (PERFIL EM V)

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

ESTRUTURA DA CORREIA

1. CAMADA DE FRICÇÃO

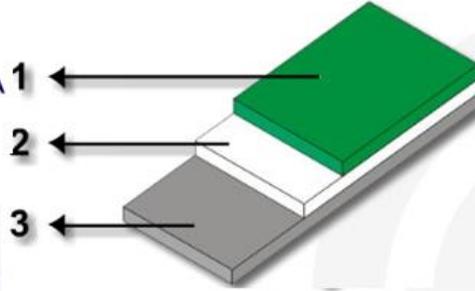
- .C = COURO
- .R = BORRACHA NITRÍLICA
- .T = TECIDO DE NYLON

2. CAMADA DE TRAÇÃO

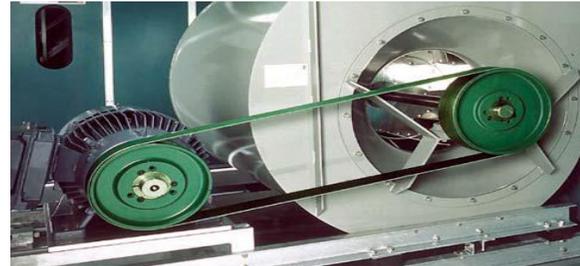
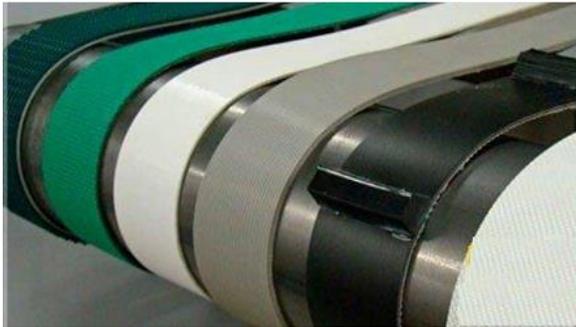
- .LÂMINA DE NYLON
- .TECIDO DE NYLON

3. COBERTURA EXTERNA

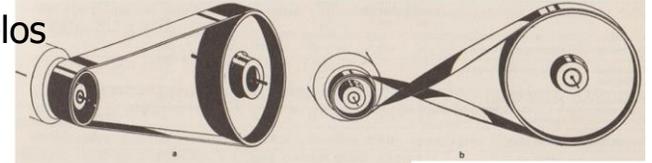
- .C = COURO
- .R = BORRACHA NITRÍLICA
- .T = TECIDO DE NYLON



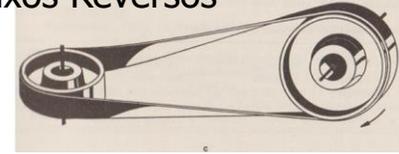
Perfil



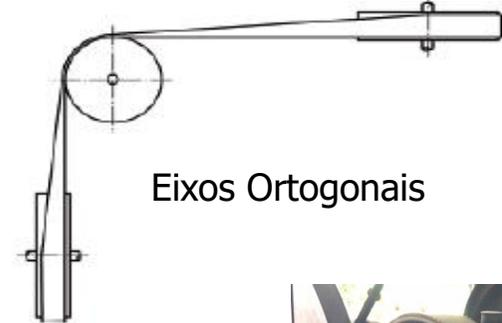
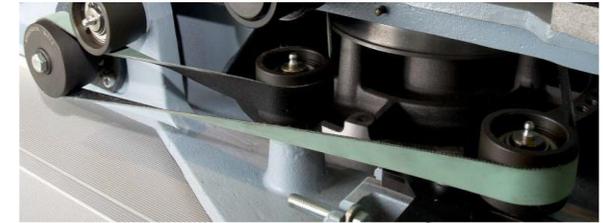
Eixos Paralelos



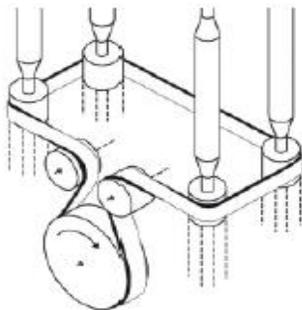
Eixos Reversos



Eixos Paralelos com Inversão



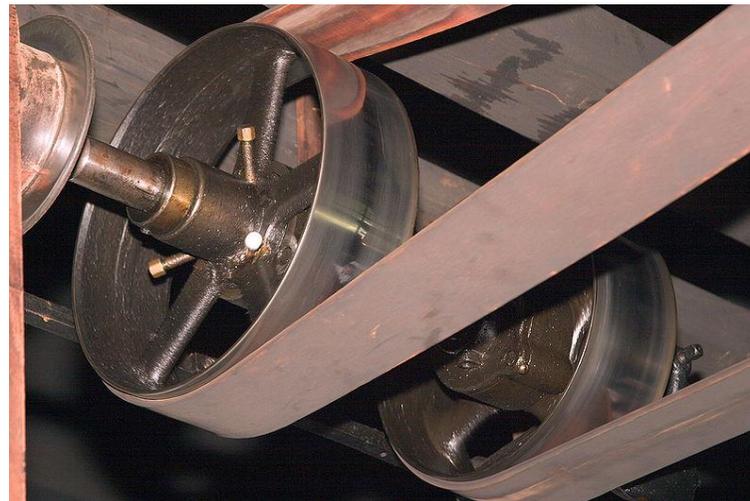
Eixos Ortogonais



Multi- Eixos

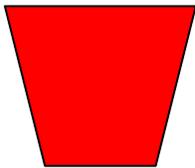


A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL (1ª) E A CORREIA PLANA

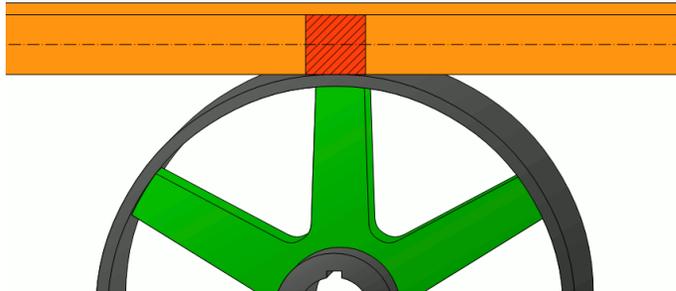


Correias em "V" ou Trapezoidais

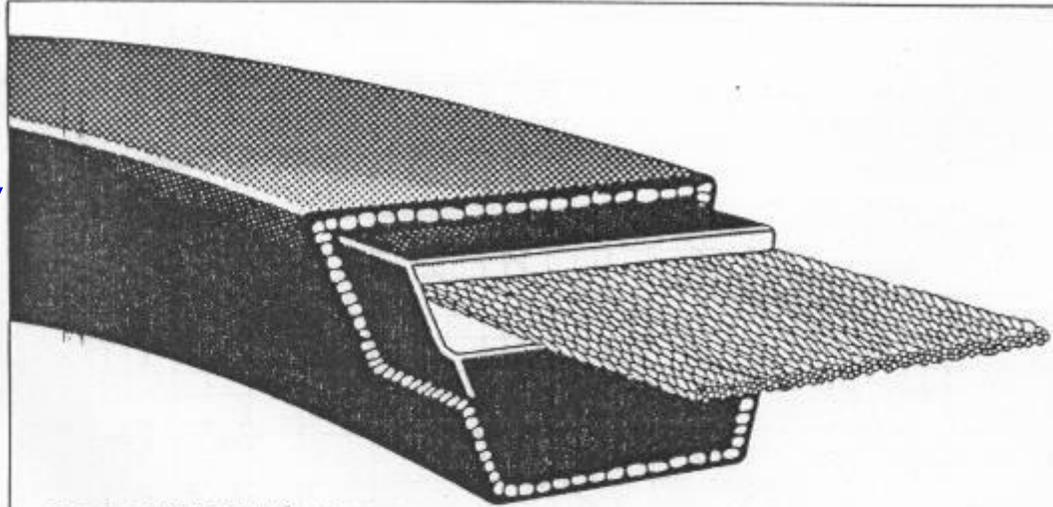
Perfil



cross section

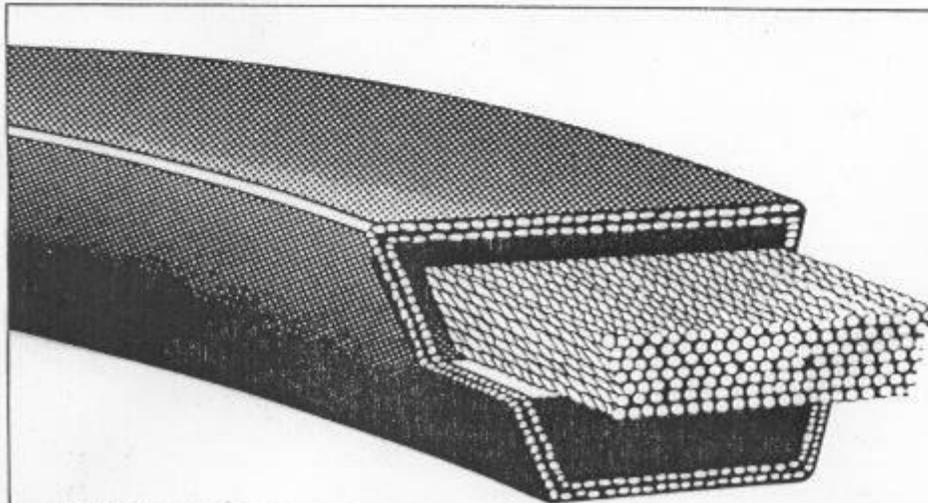


CORREIAS COM CAMADA SIMPLES DE CORDONÉIS 3-T



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

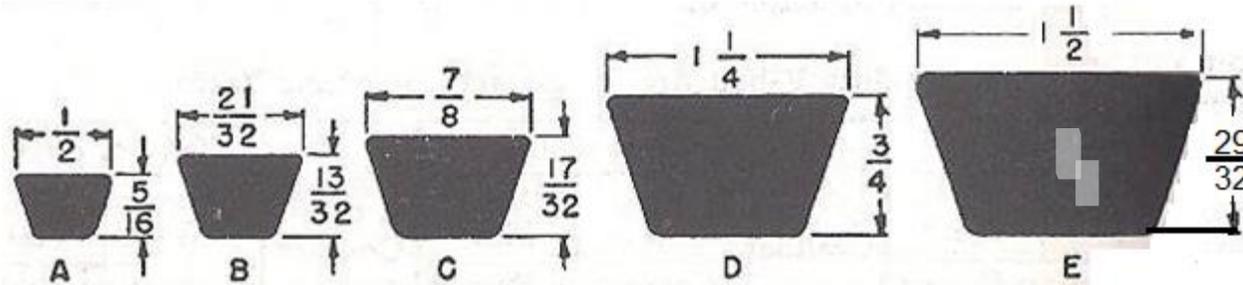
CORREIAS COM MÚLTIPLAS CAMADAS DE CORDONÉIS 3-T



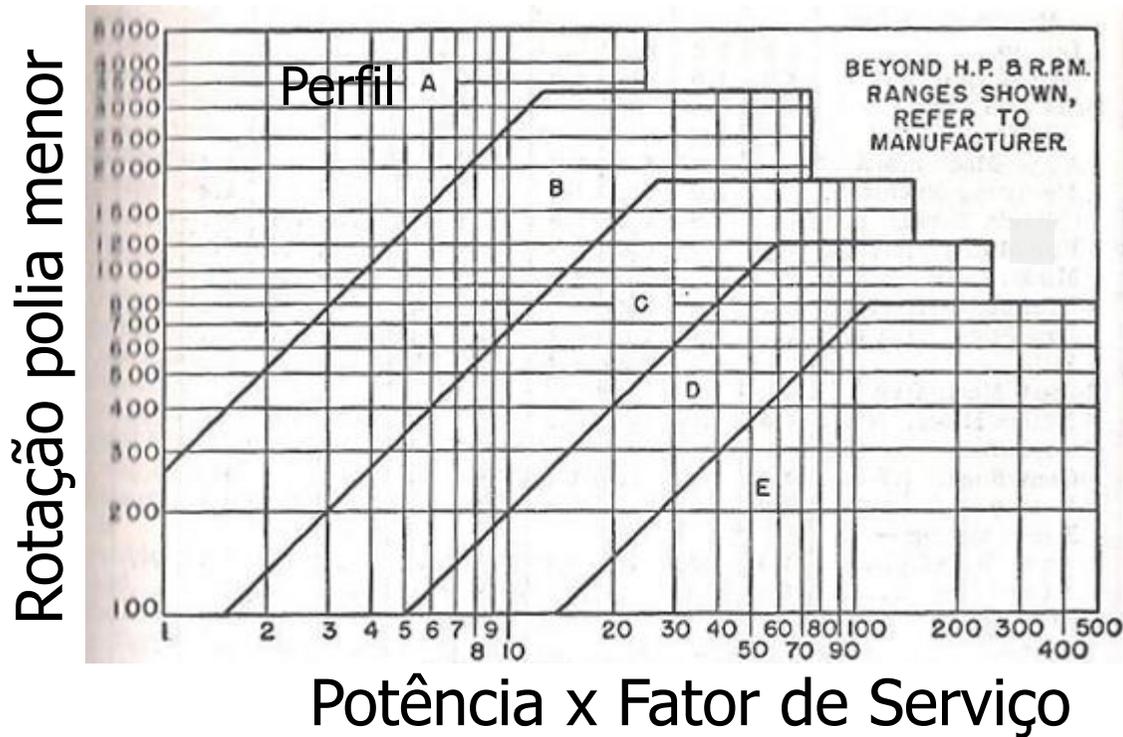
COMPRIMENTOS ACIMA DE 120" (> 3.100 mm)
PARA LONGAS DISTÂNCIAS ENTRE CENTROS, TRANSMISSÕES PESADAS COM AS MAIS ALTAS CARGAS DE CHOQUE E DIVERSAS SOLICITAÇÕES DE ESFORÇOS ENCONTRADAS.

Perfis de Correia V – Seleção Capacidade de Carga

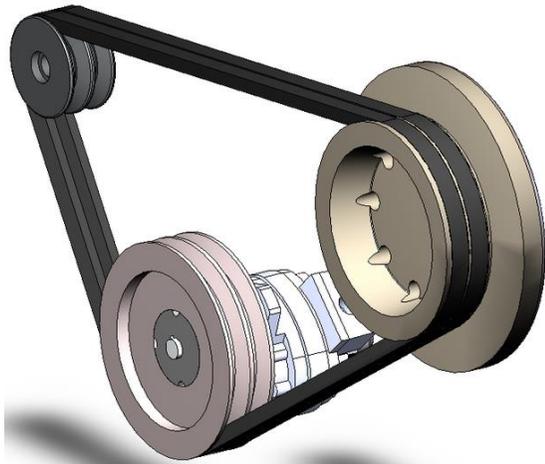
Perfil



Consultar: ABNT NBR 14963



TRANSMISSÃO por Correias em "V" ou Trapezoidais

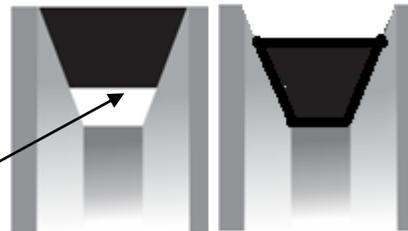


Certo

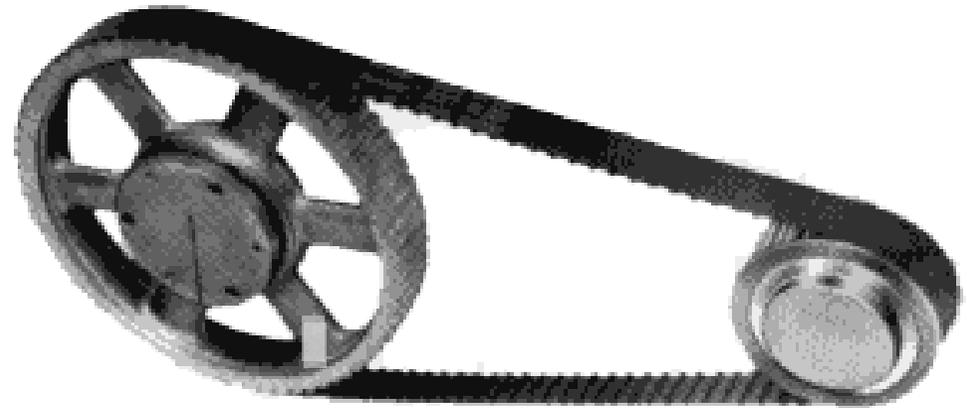
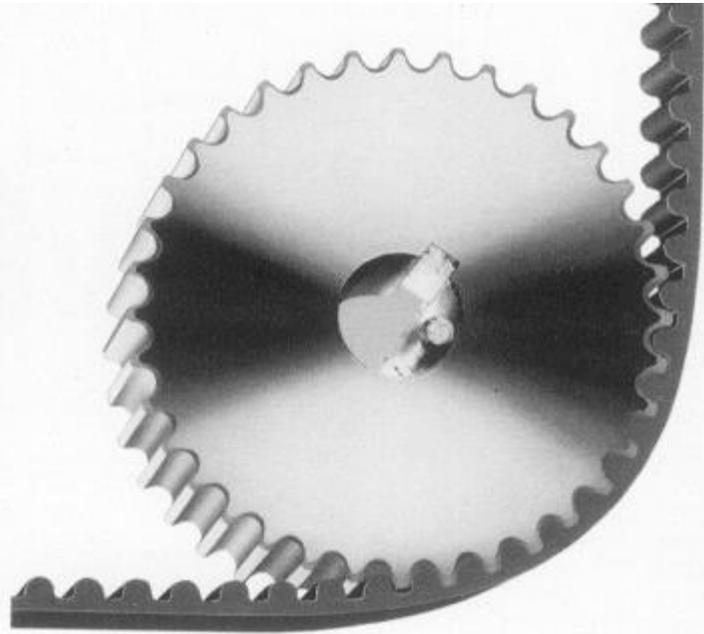
Errado



Folga



Correias Sincronizadoras (Dentadas)



Perfil

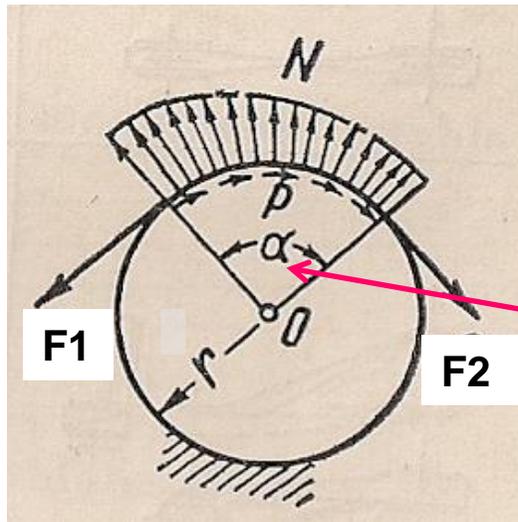
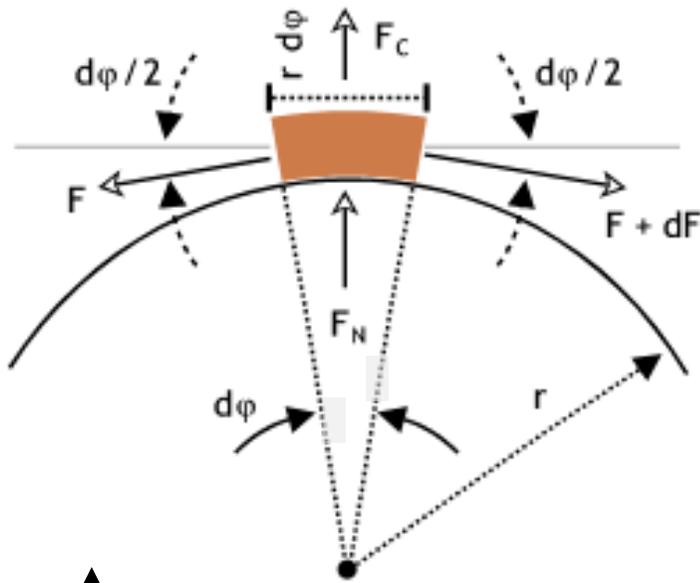


2.2.2 Princípio de Operação das Correias em “V” e Planas

- 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.

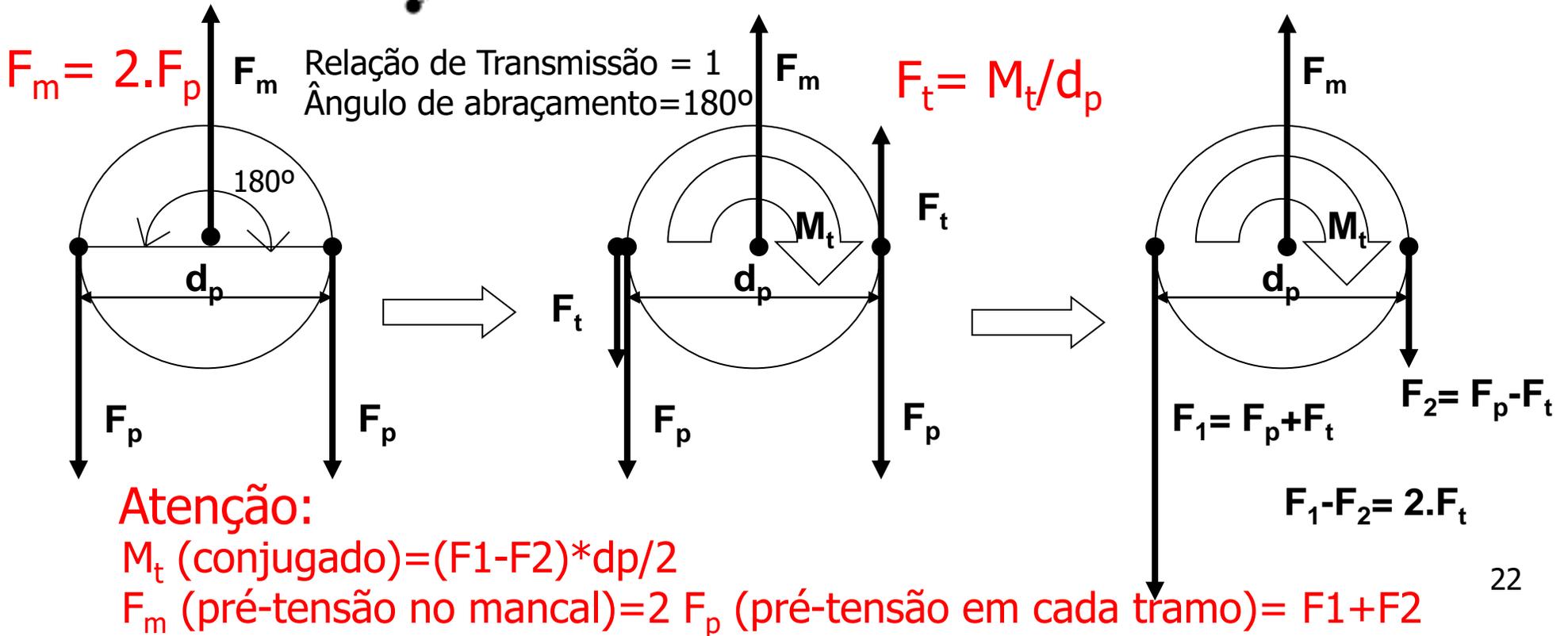


Equação de Euler

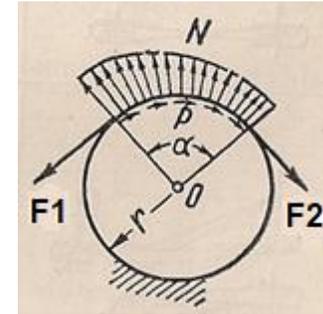
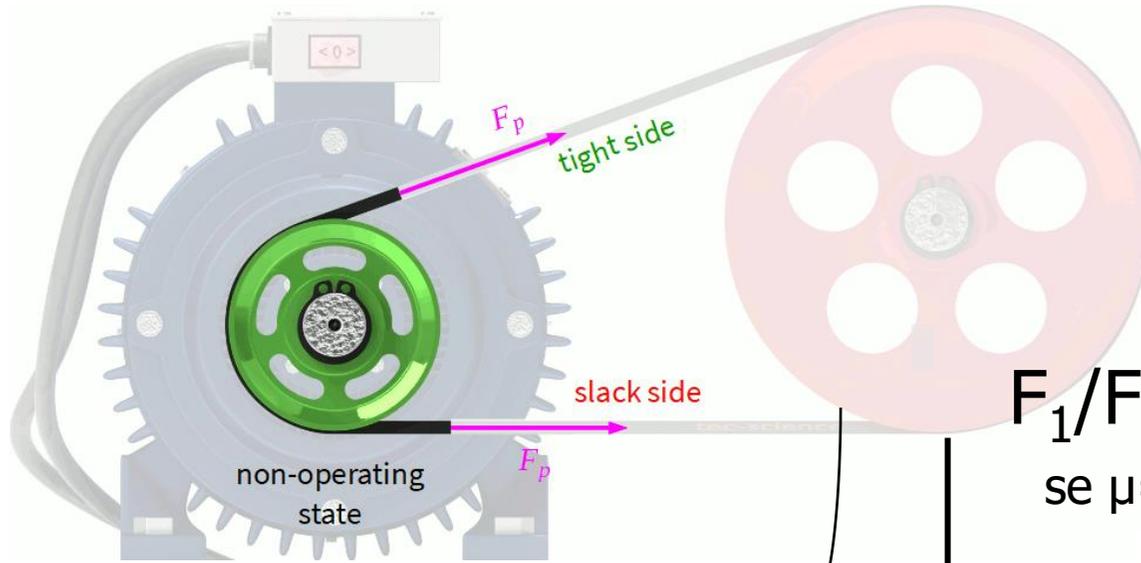
$$F_1/F_2 = e^{\mu\alpha}$$

μ = coeficiente de atrito
 α = ângulo de abraçamento

Fio flexível e inextensível



Transmissão por Correia- Forças com motor elétrico desligado e ligado



Equação de Euler

$$F_1/F_2 = e^{\mu\alpha} \text{ (Cabo/Fio e Correia Plana)}$$

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

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

$$M_t \text{ (conjugado)} = F_c * dp/2$$

$$F_t - F_s = F_p + F_c/2 - (F_p - F_c/2) = F_c$$

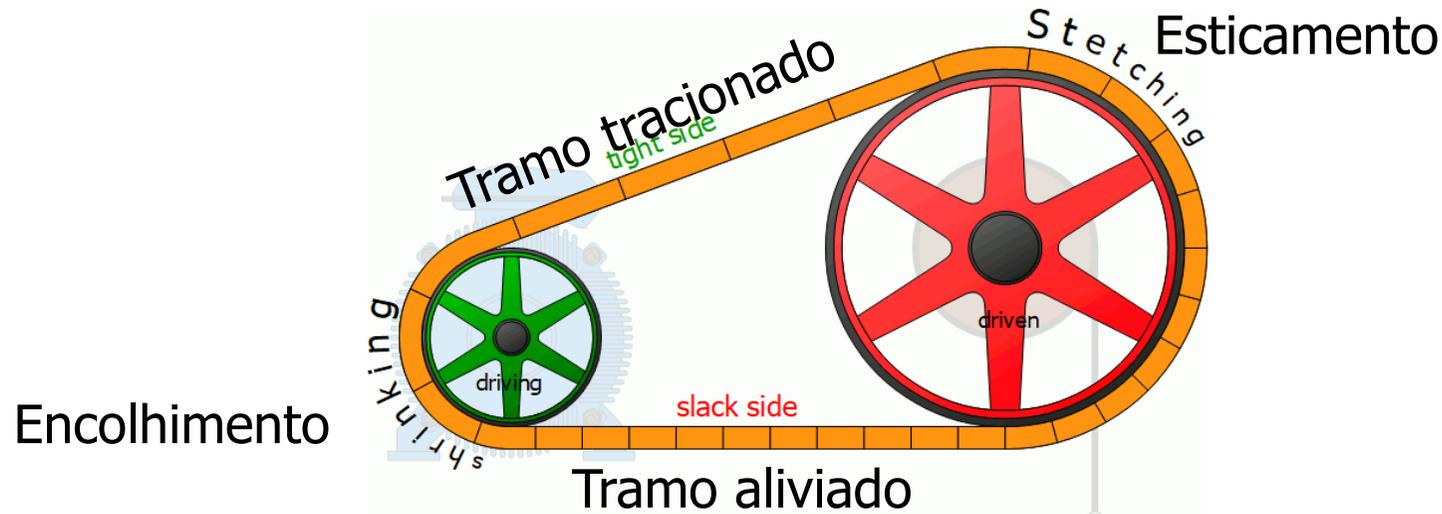
Aplicando Euler (correia plana) para achar F_c máximo

$$F_{c \max} = F_2(e^{\mu.\alpha} - 1)$$

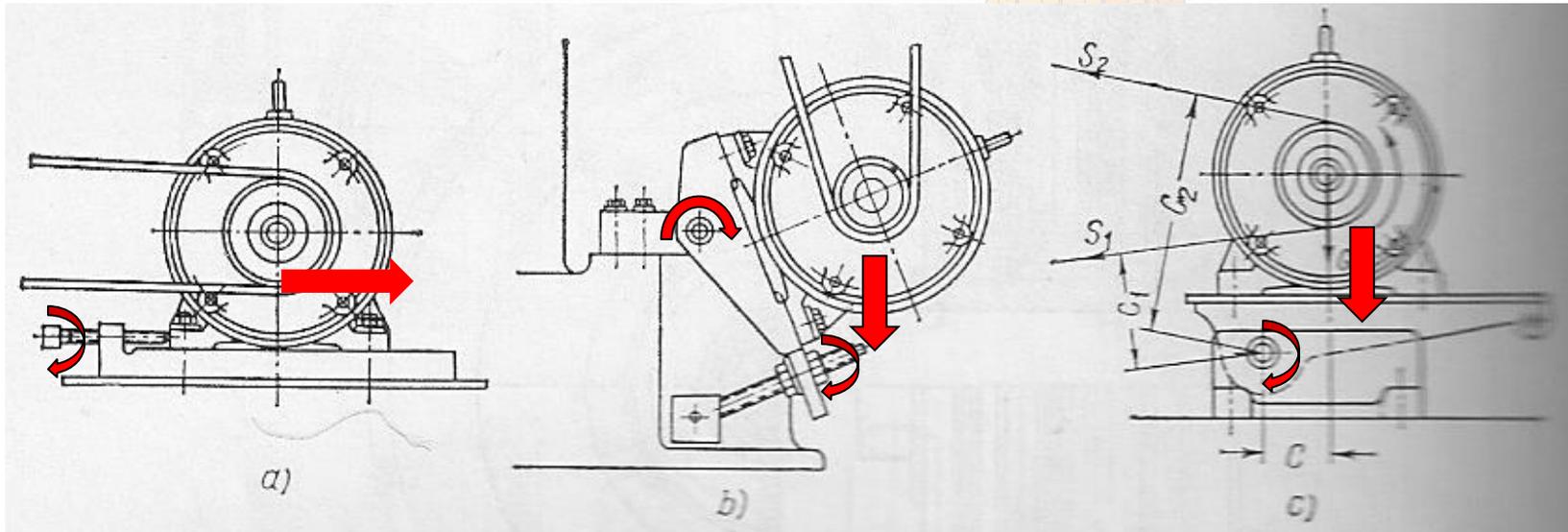
ou

$$F_{c \max} = F_1 \left(1 - \frac{1}{e^{\mu.\alpha}} \right)$$

Processo de Esticamento e Encolhimento da Correia



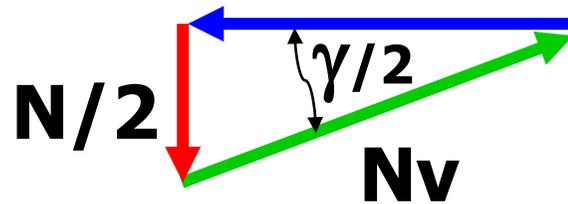
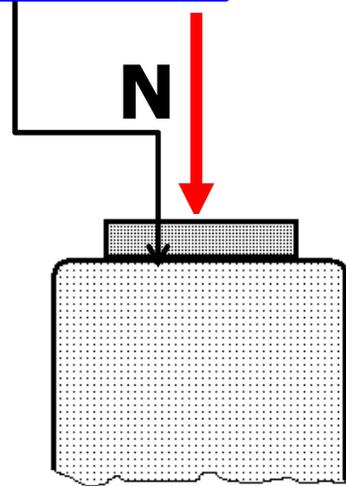
Tensionamento de Correias Acionadas por Motor Eléctrico



Força Normal x Capacidade de Tração

Correia Plana e Correia em V

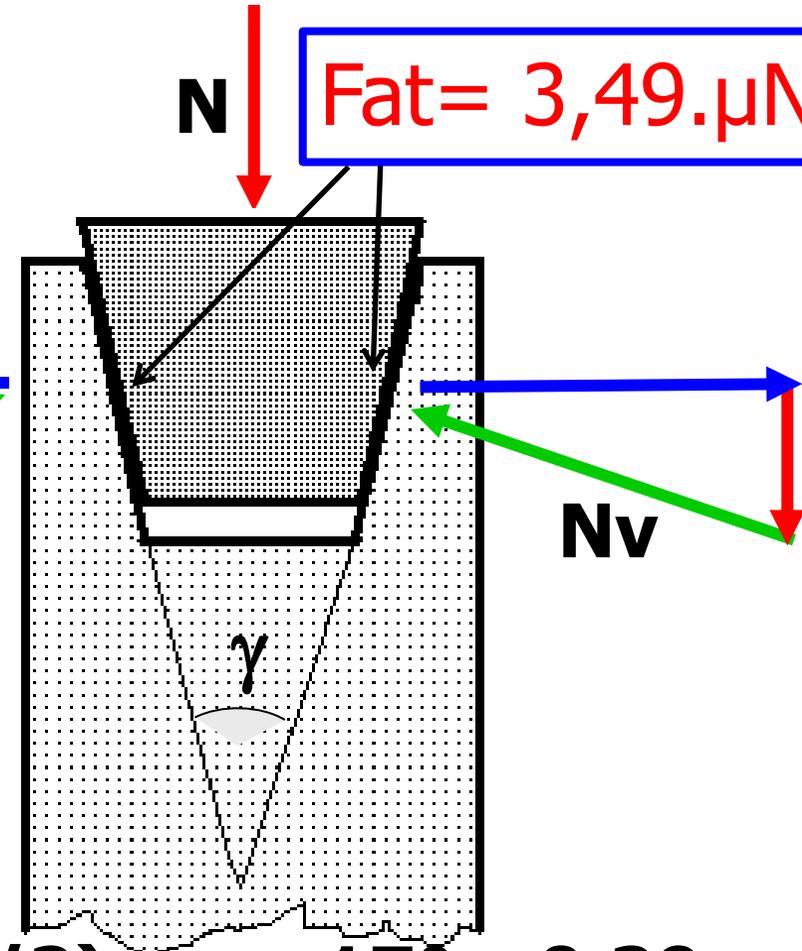
$$\text{Fat} = \mu \cdot N$$



$$Nv = (N/2) / \text{sen}(\gamma/2)$$

$$2 Nv = N / \text{sen}(\gamma/2)$$

$$\text{Fat} = 3,49 \cdot \mu N$$



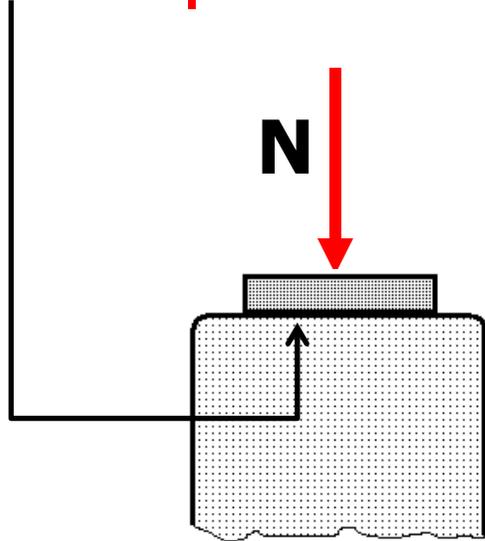
γ Normalmente = 34° $\text{sen}(\gamma/2) = \text{sen}17^\circ = 0,29$

$2 Nv = N / 0,29 = 3,49 N$ normalmente $2 Nv = 3,49 N$ ²⁶

Força Normal x Capacidade de Tração

Correia Plana e Correia em V

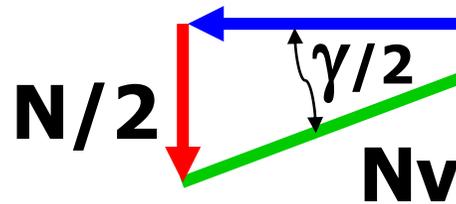
$$\text{Fat} = \mu \cdot N$$



Euler (Correia Plana)

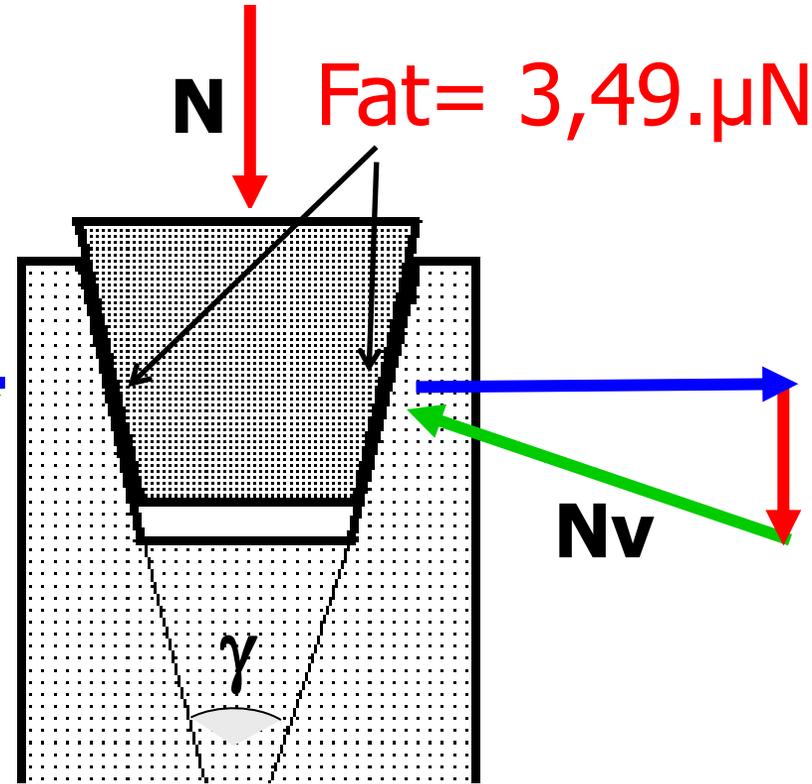
$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu \cdot \alpha}$$

α = ângulo de abraçamento



Euler (Correia em V)

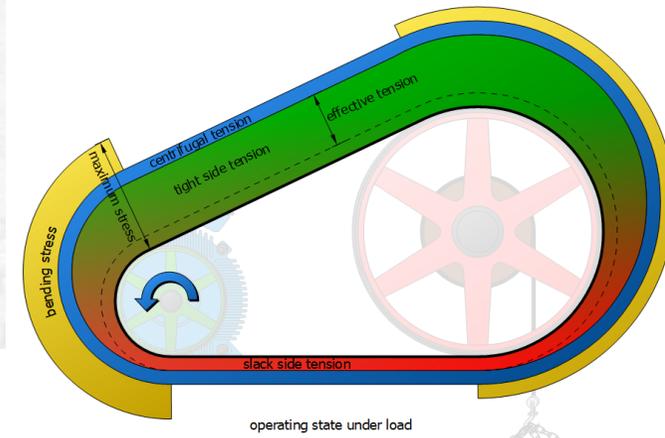
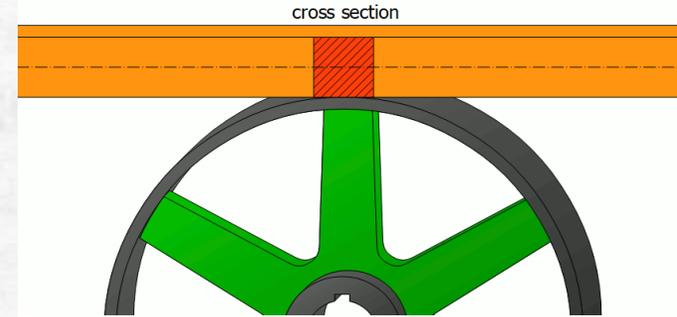
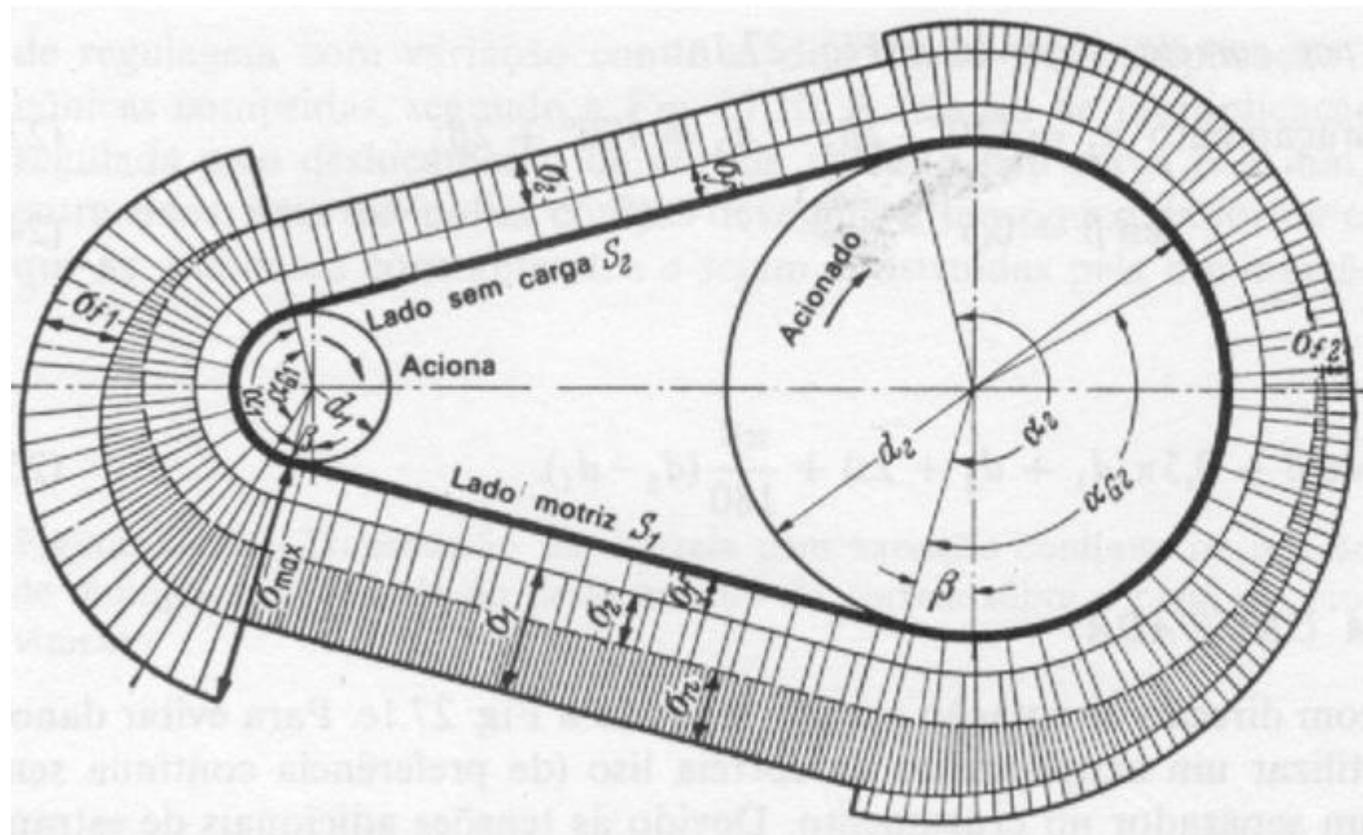
$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu \cdot \alpha / \text{sen}(\frac{\gamma}{2})}$$



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

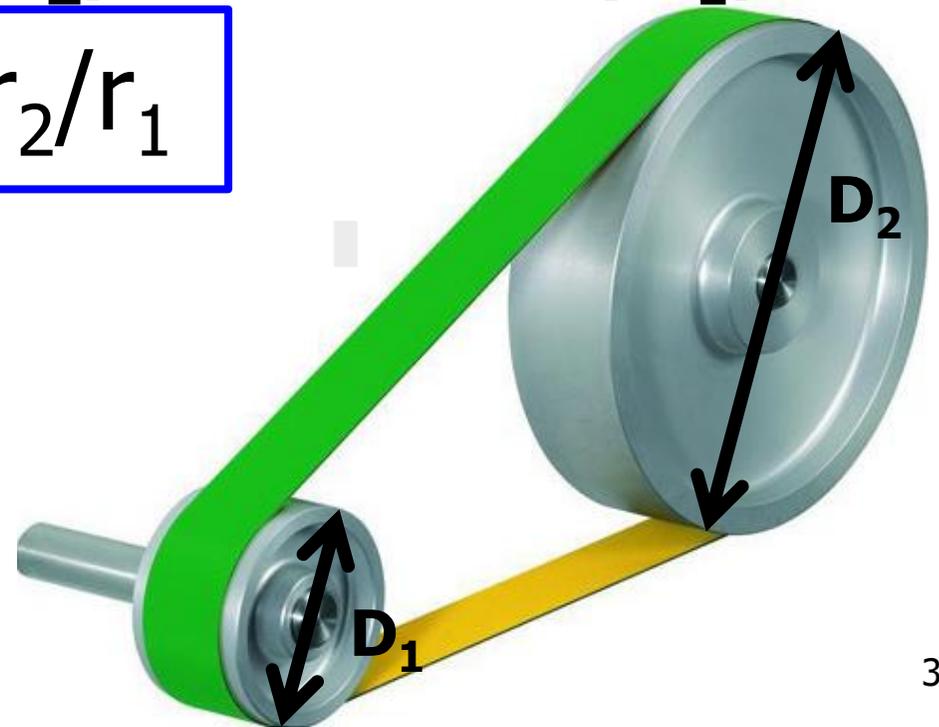
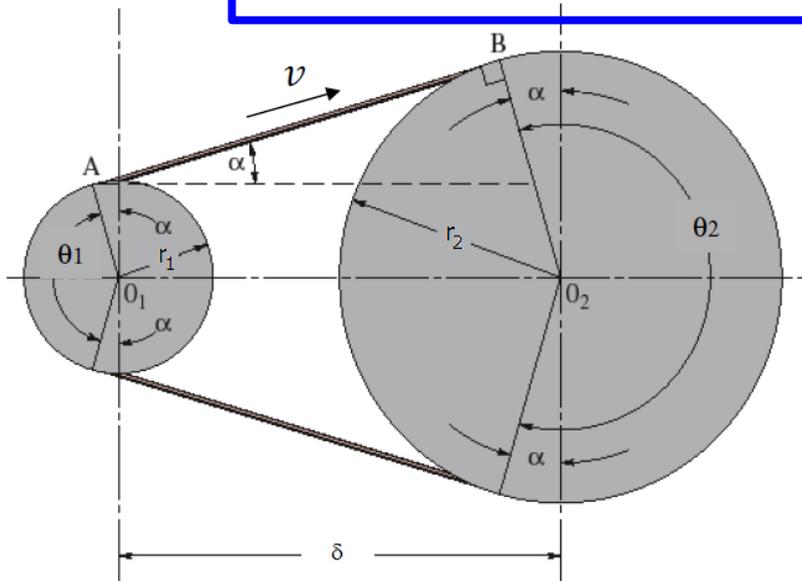


Tensão na correia na transmissão aberta:
 σ_f tensão na força centrífuga; σ_2 tensão no lado vazio;
 σ_1 tensão no lado em carga = $\sigma_2 + \sigma_n$; σ_n tensão útil = σ_U ; σ_{f1} , σ_{f2} tensões de flexão nas polias 1 e 2;
 α_G ângulo de escorregamento (no campo da variação da tensão devido ao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

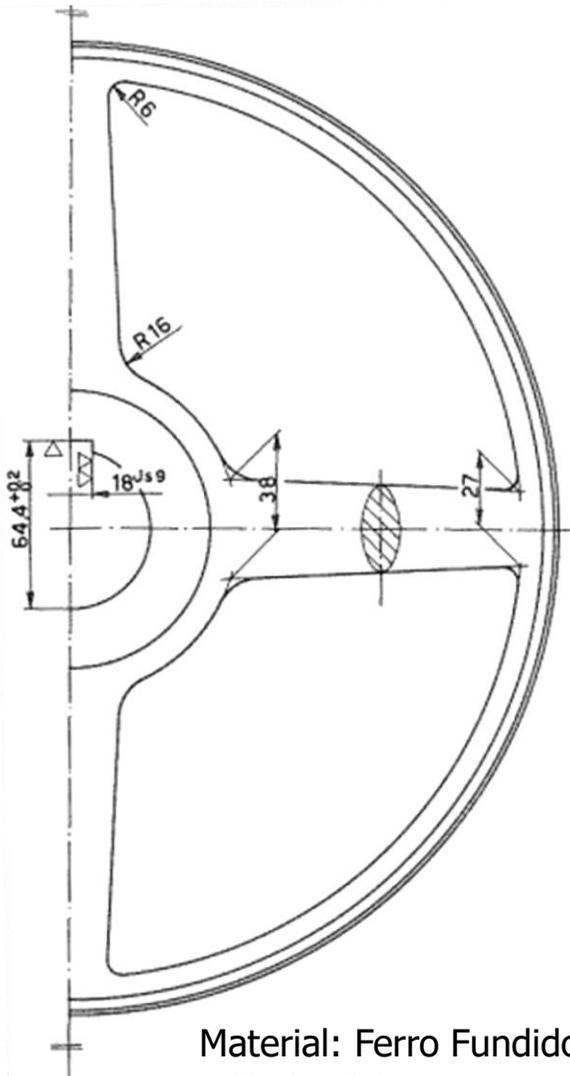
2.2.3 Relação de Transmissão

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

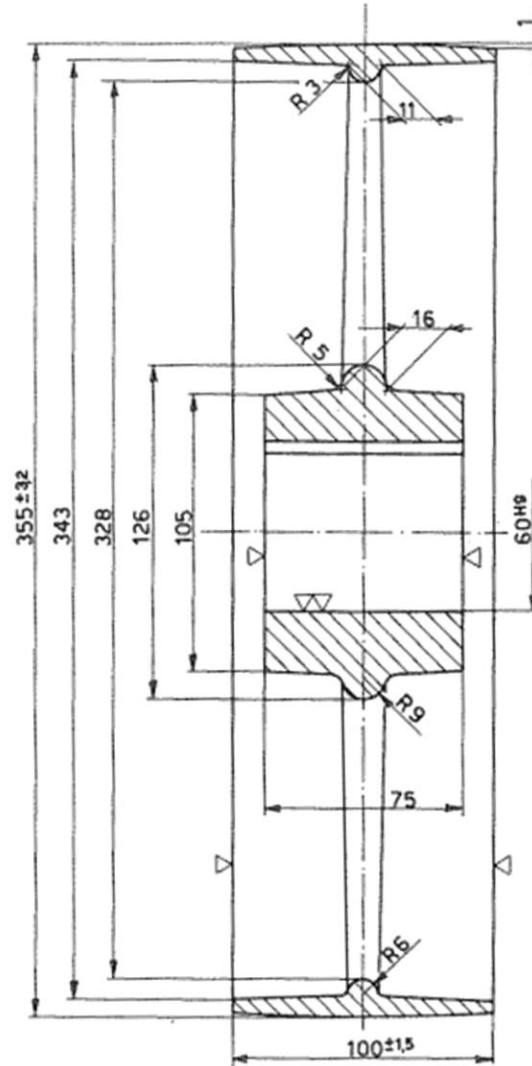
$$i = D_2 / D_1 = r_2 / r_1$$



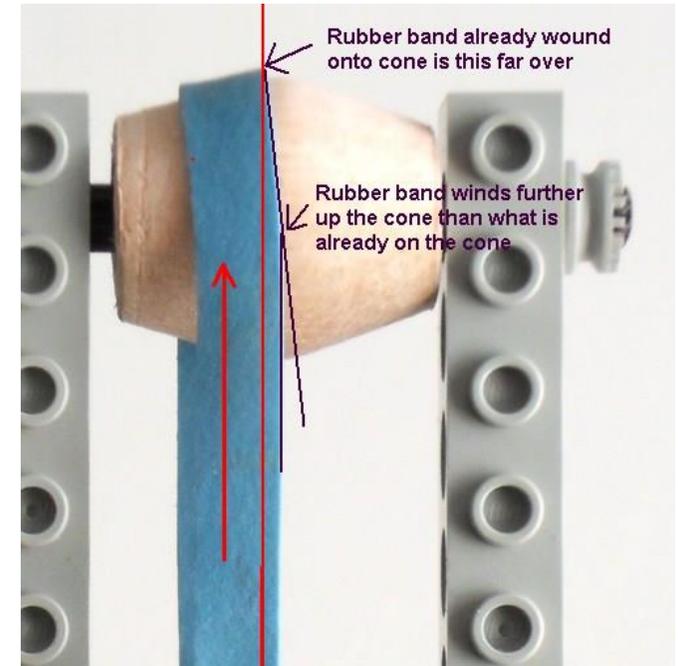
Polia para Transmissão por Correia Plana



Material: Ferro Fundido



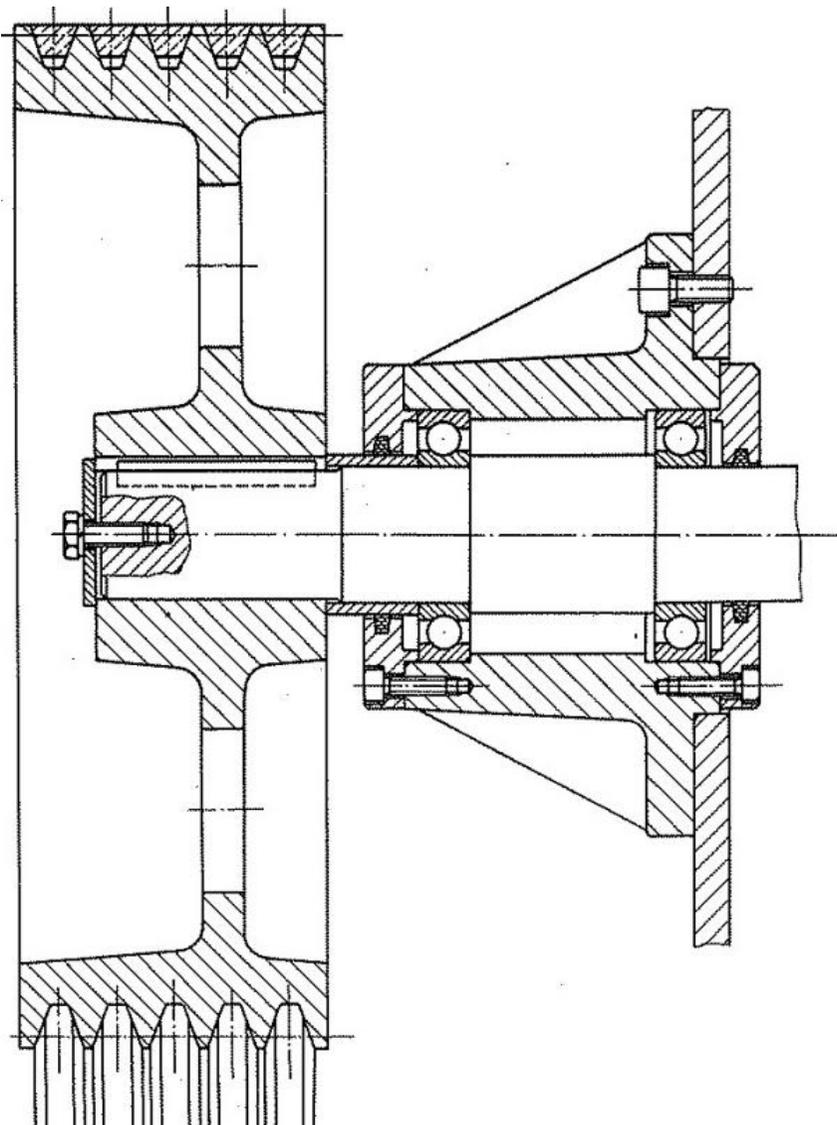
Efeito do Abaulamento



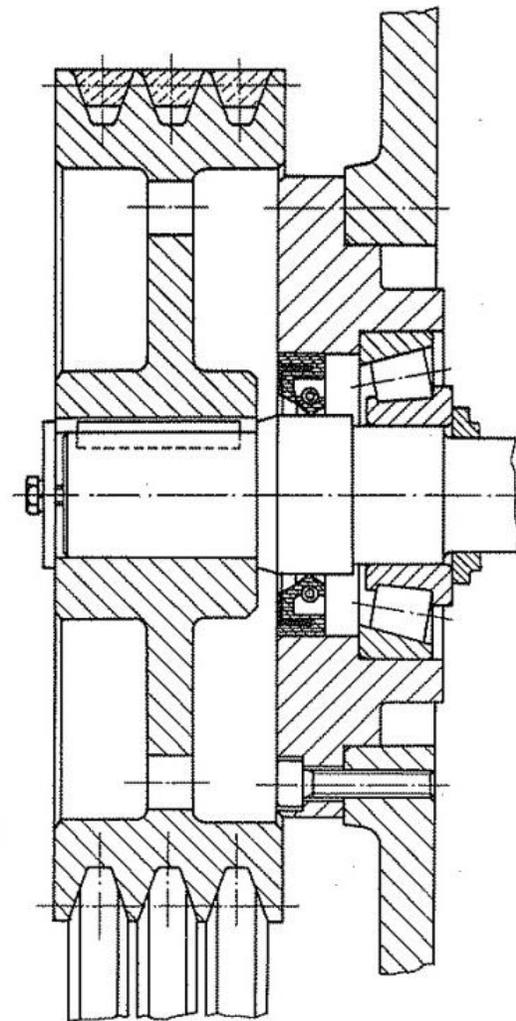
<https://www.youtube.com/watch?v=6sM0Qjumyro>

Exemplo de polia para correia plana de couro de largura 90 mm

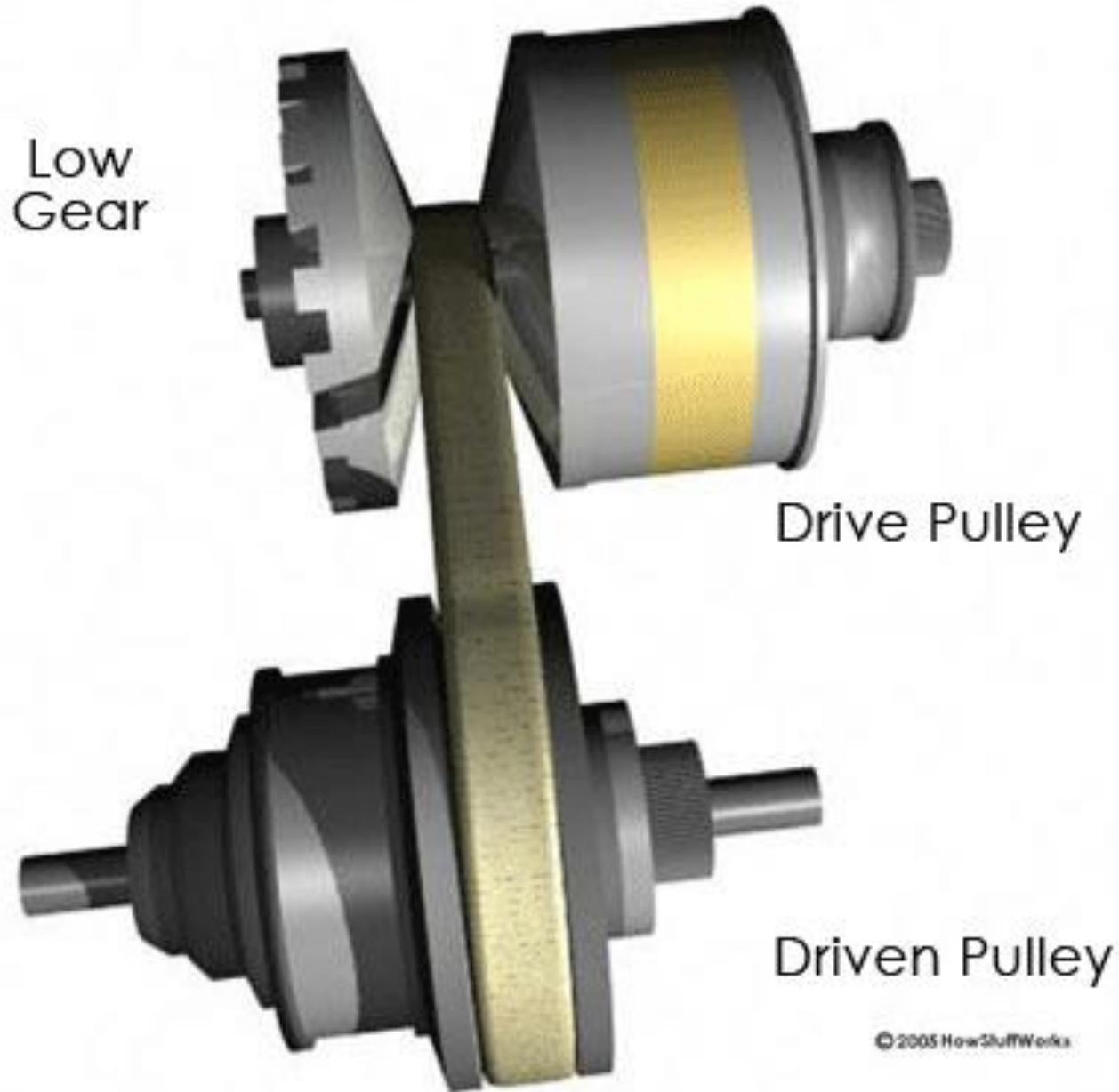
Polia de Acionamento
de Tambor de Elevador
com Correias em V



Polia de Acionamento
de Torno Horizontal
com correias em V



TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR CORREIA "V"



TRANSMISSÕES POR CORREIAS

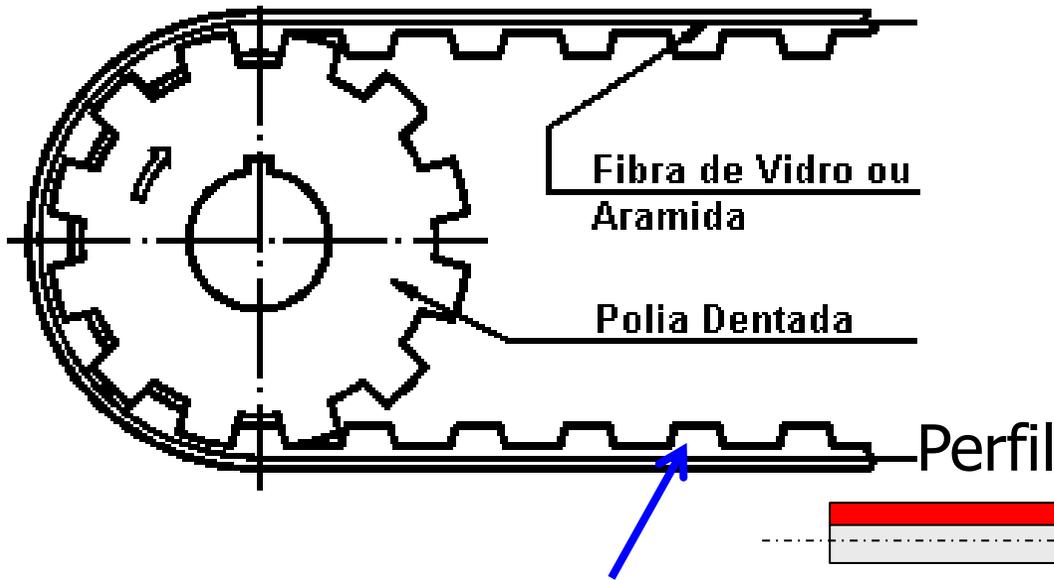
CARACTERÍSTICAS

- 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

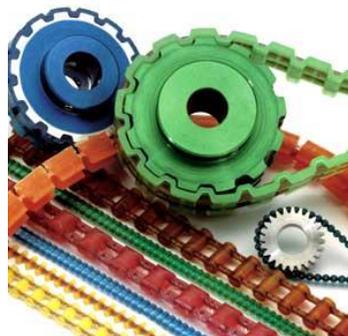
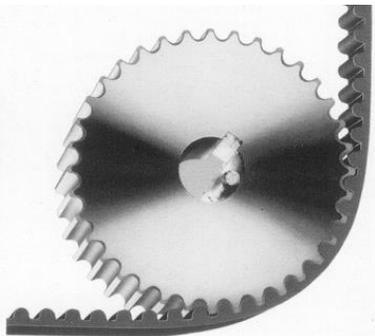
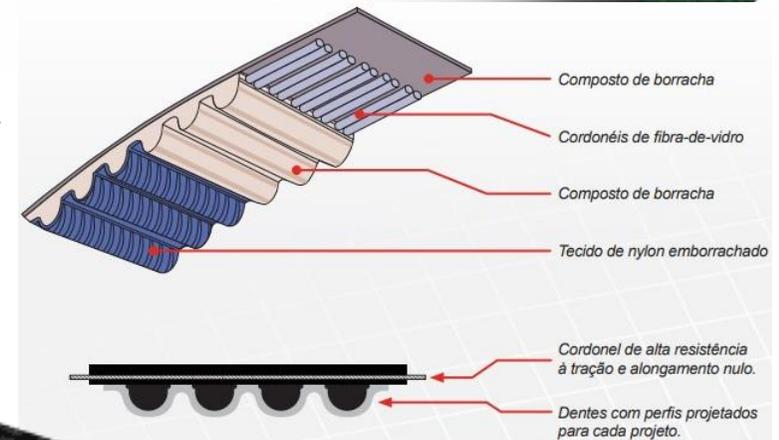
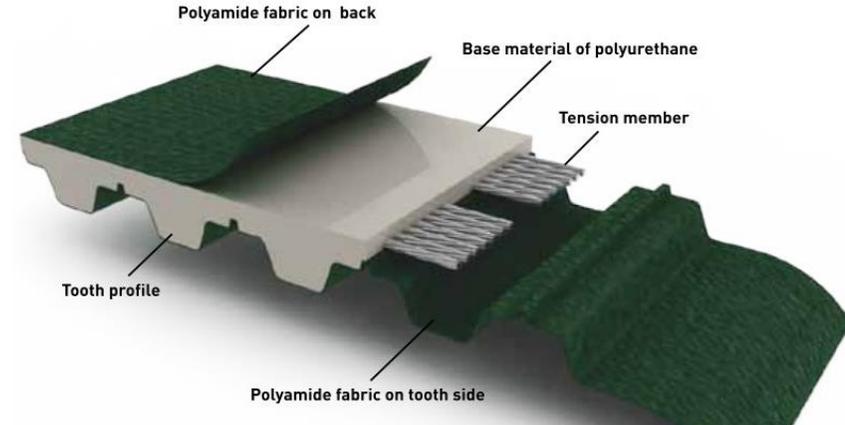
2.2.4 Comparação entre Correias Planas e Correias em "V"

<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

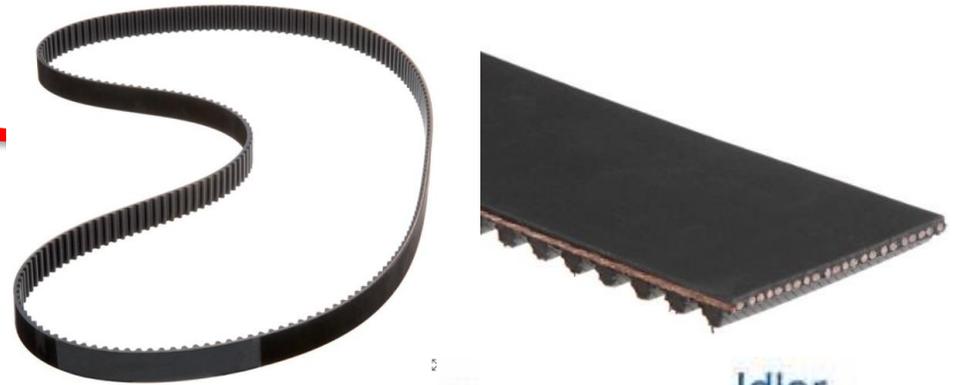
2.2.5 Correias Sincronizadoras



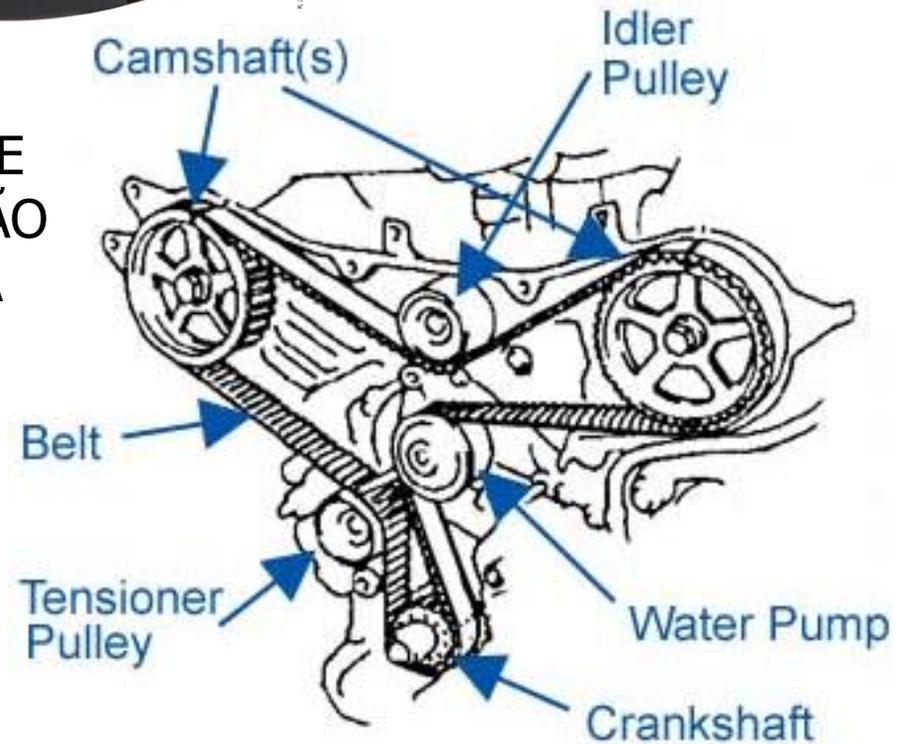
CORREIA SINCRONIZADORA



CORREIAS SINCRONIZADORAS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

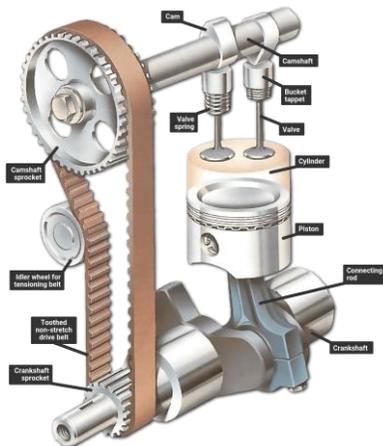


MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

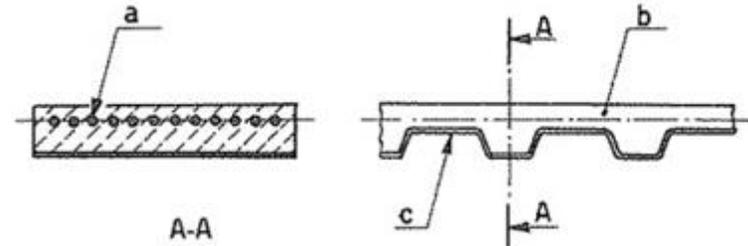
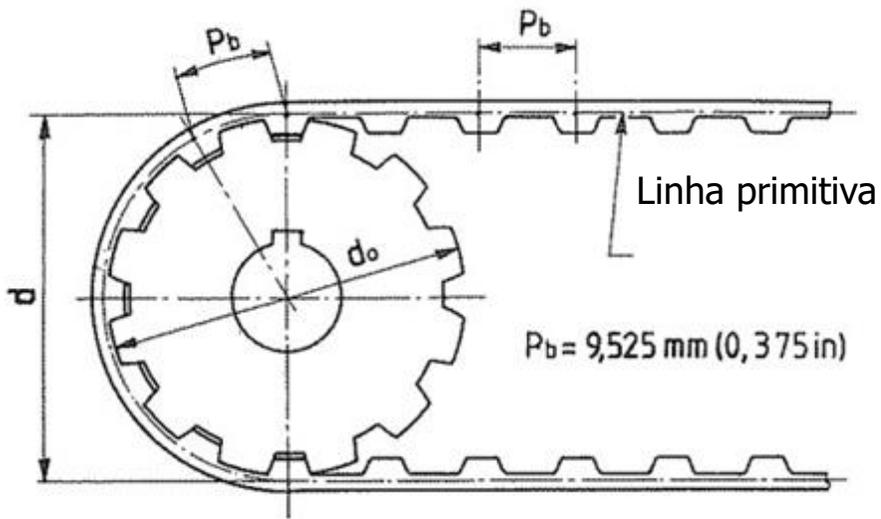


MOTOR DE 6 CILINDROS V

Sincronização Pistão- Válvulas



DIMENSÕES DOS DENTES DA CORREIA SINCRONIZADORA



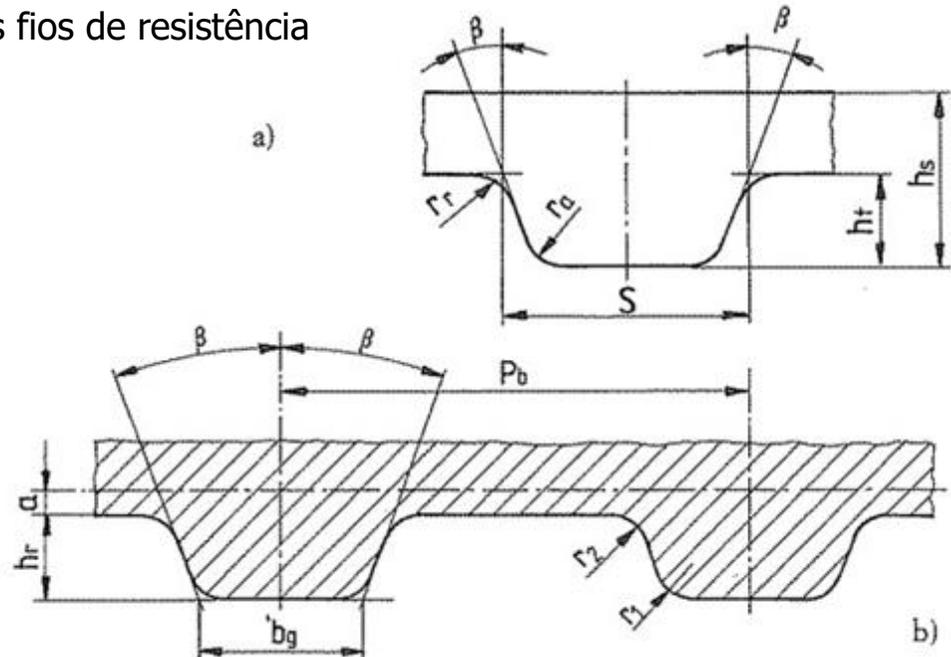
Vista em corte de correia sincronizadora (dentada) : a) inserto constituído por fios de alta resistência; b) corpo da correia em borracha sintética; c) revestimento em tecido dos dentes e da parte interna da correia

Exemplo de transmissão por correia sincronizadora

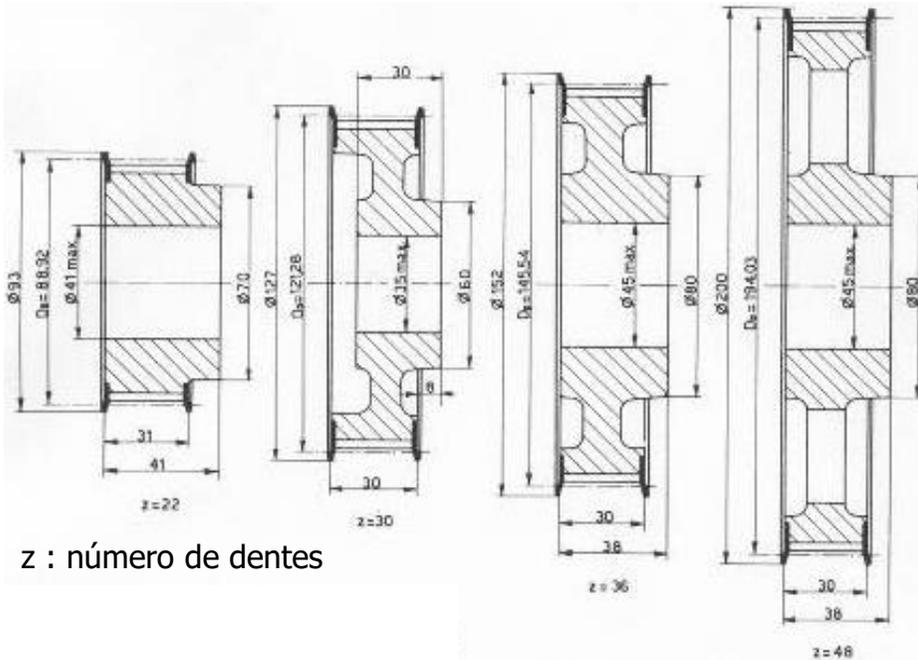
Linha primitiva: coincide com o centro do inserto dos fios de resistência

Dimensões dos dentes

Tipo	Passo P_b		2β	S	h_t	h_s
	mm	in				
MXL	2,032	0,080	40°	1,14	0,51	1,14
XL	5,080	0,200	50°	2,57	1,27	2,3
L	9,525	0,375	40°	4,65	1,91	3,6
H	12,700	0,500	40°	6,12	2,29	4,3
XH	22,225	0,875	40°	12,57	6,35	11,2
XXH	31,750	1,250	40°	19,05	9,53	15,7



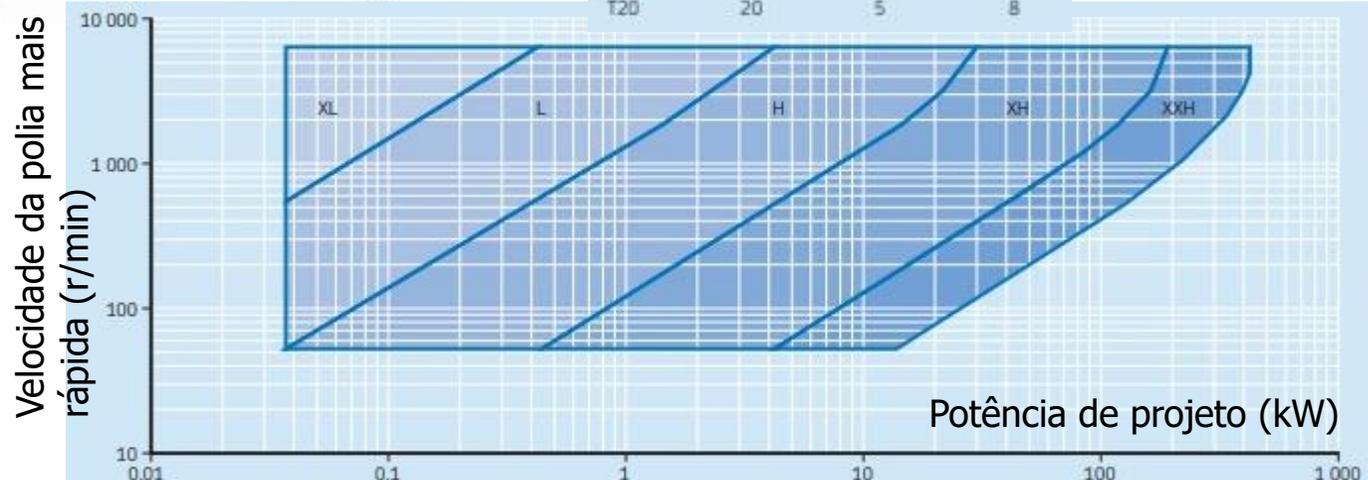
DIMENSÕES DE POLIAS FLANGEADAS PARA CORREIAS SINCRONIZADORAS



z : número de dentes

Perfil	Passo	Altura dente	Altura correia
mm			
MXL	2,03	0,51	1,1
XL	5,08	1,27	2,3
L	9,53	1,91	3,6
H	12,7	2,29	4,3
XH	22,23	6,35	11,2
XXH	31,75	9,53	15,7
T2.5	2,5	0,7	1,3
T5	5	1,2	2,2
T10	10	2,5	4,5
T20	20	5	8

Perfis Correias Sincronizadoras SKF Clássicas



TRANSMISSÕES POR CORREIAS SINCRONIZADORAS

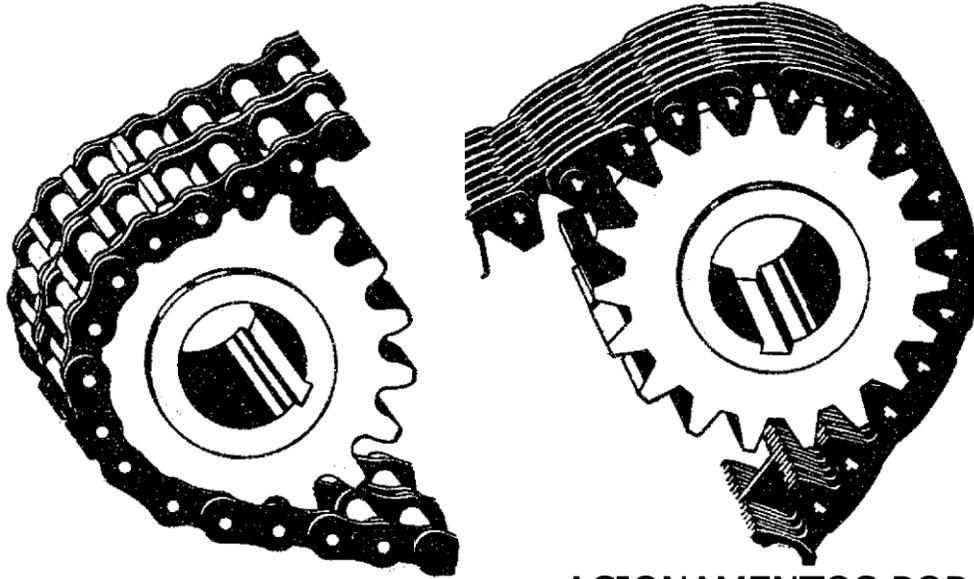
CARACTERÍSTICAS

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

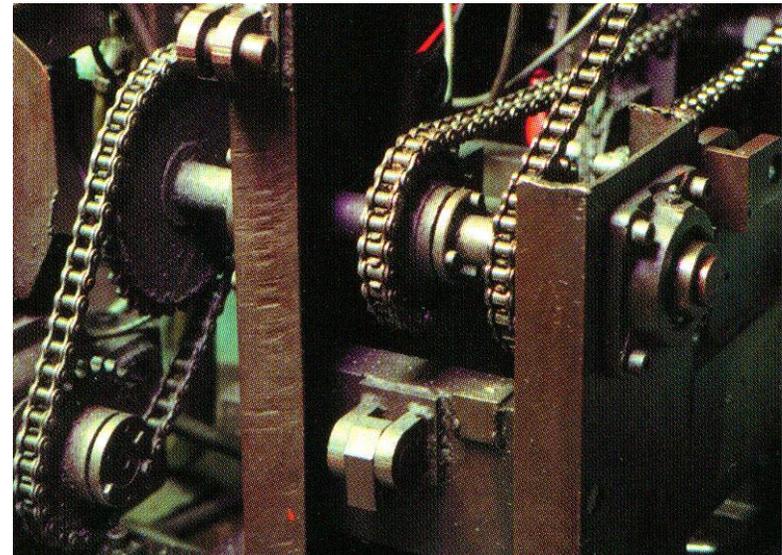
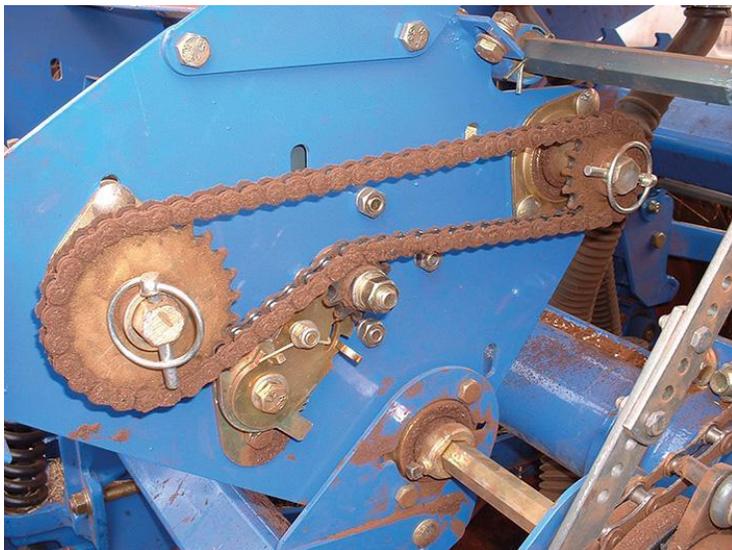
2.3 Transmissões por Correntes

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.

CORRENTES E RODAS DENTADAS



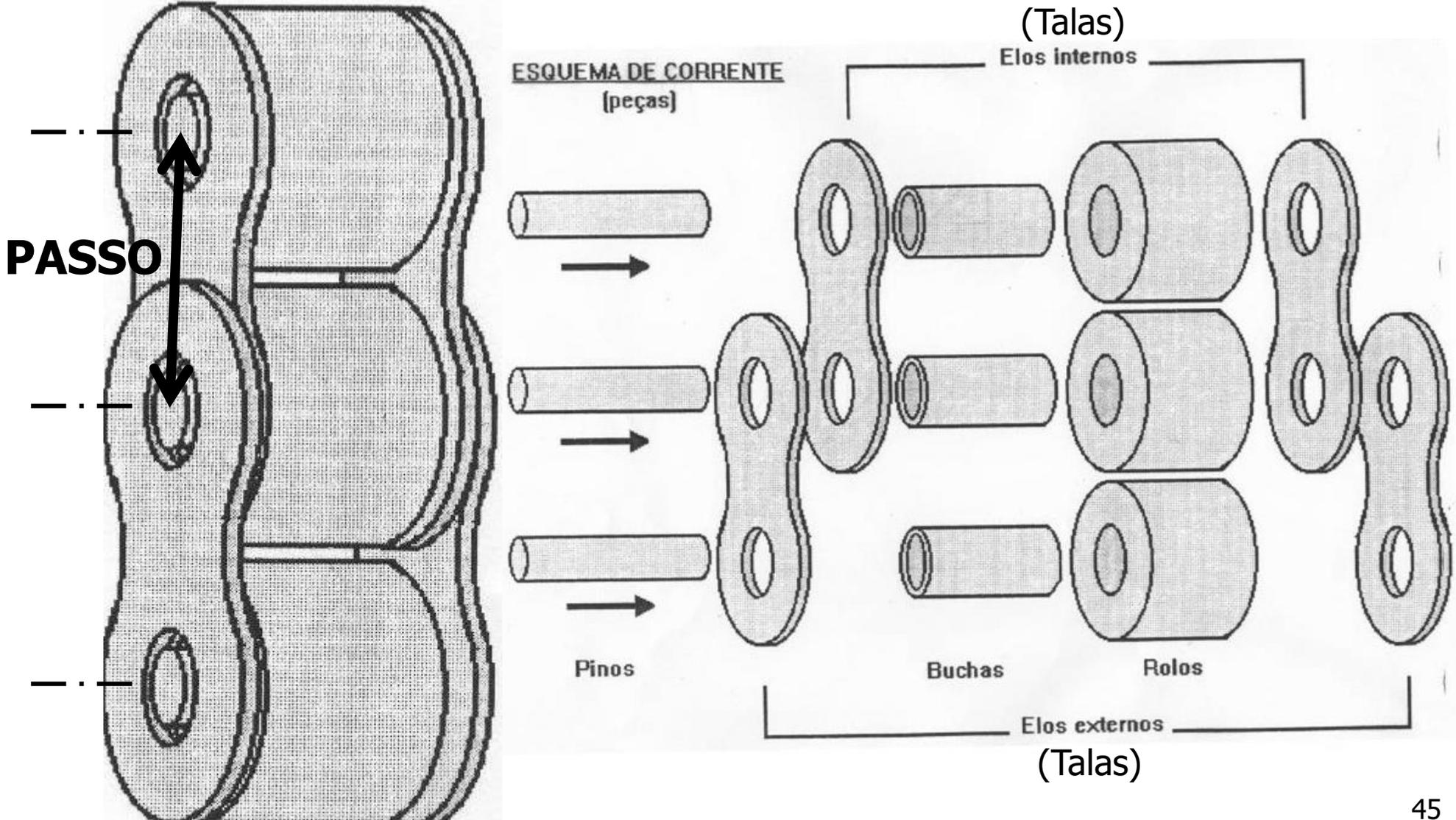
ACIONAMENTOS POR CORRENTES



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.

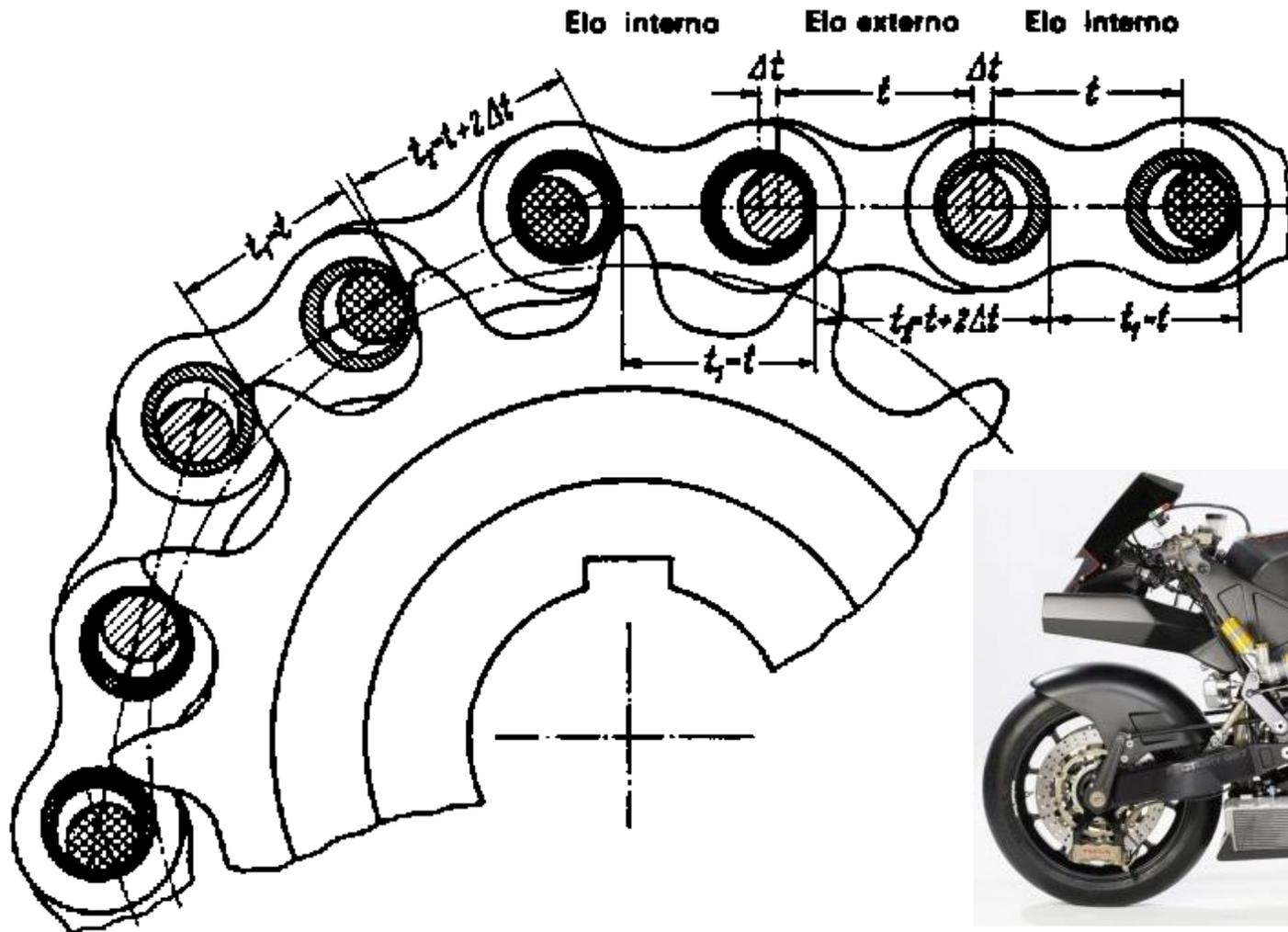
CORRENTE DE ROLOS MONTADA E DESMONTADA



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



Apoio desigual de uma corrente de buchas sôbre uma engrenagem de corrente devido ao desgaste

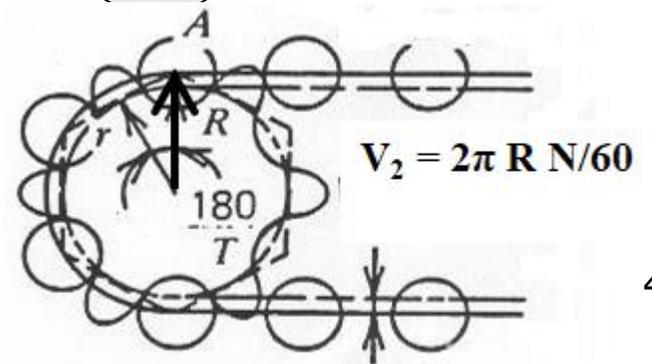
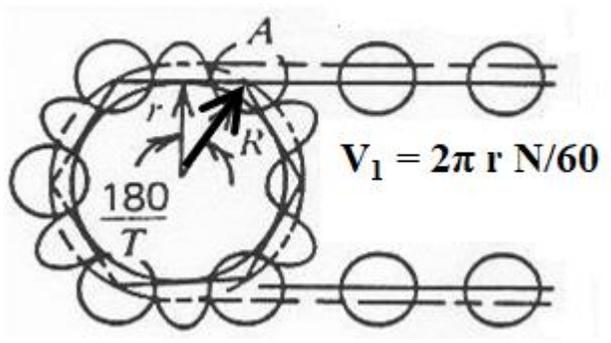
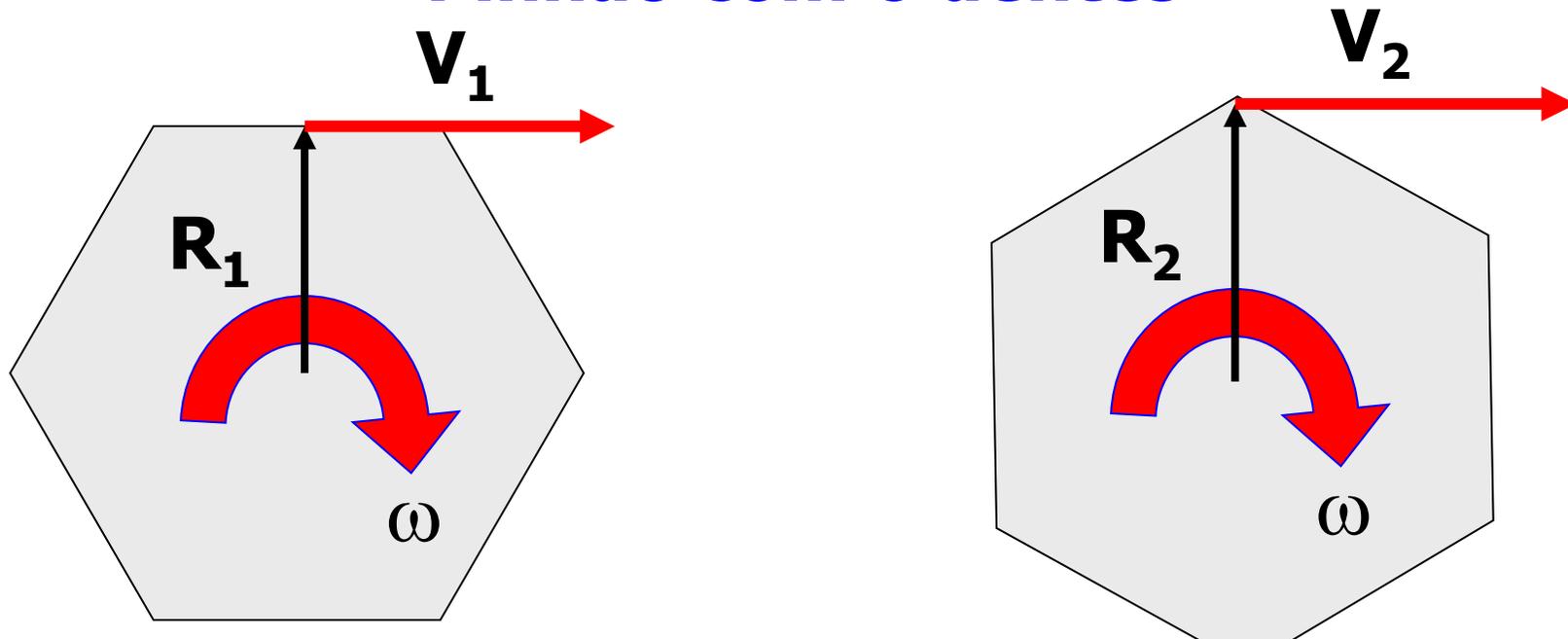
TRANSMISSÃO POR CORRENTE

- 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

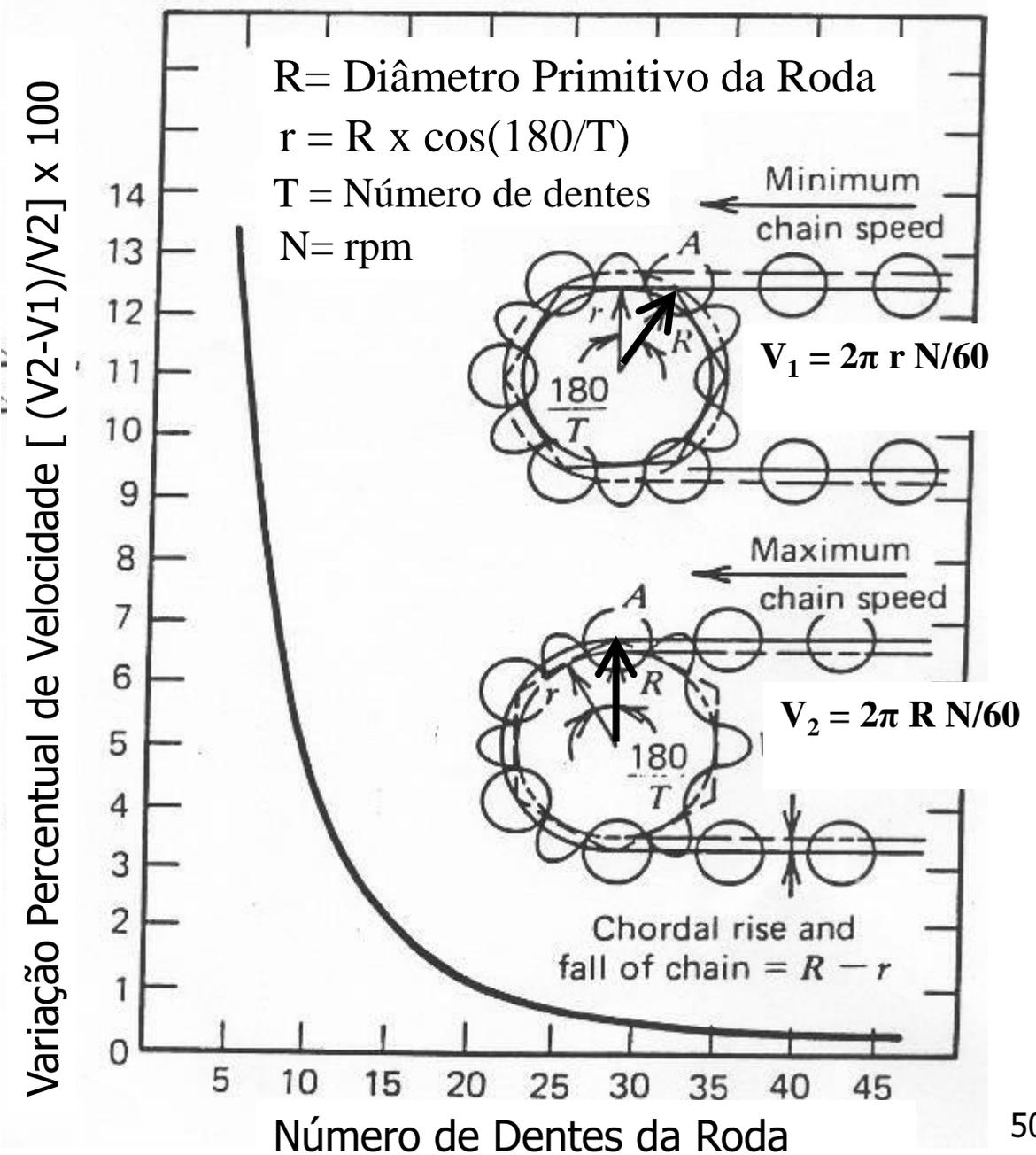
$R_2 > R_1$ \longrightarrow $V_2 > V_1, p/\omega = cte$

“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)