

SEM 0327 – Elementos de Máquinas III
SEM 0563 – Projeto de Sistemas Mecânicos

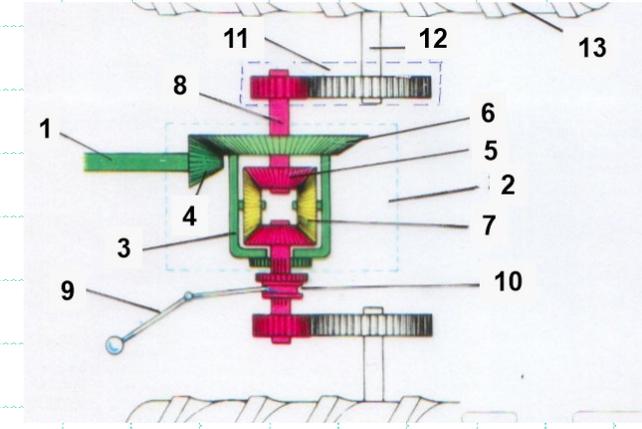
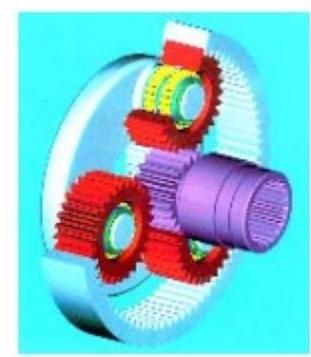
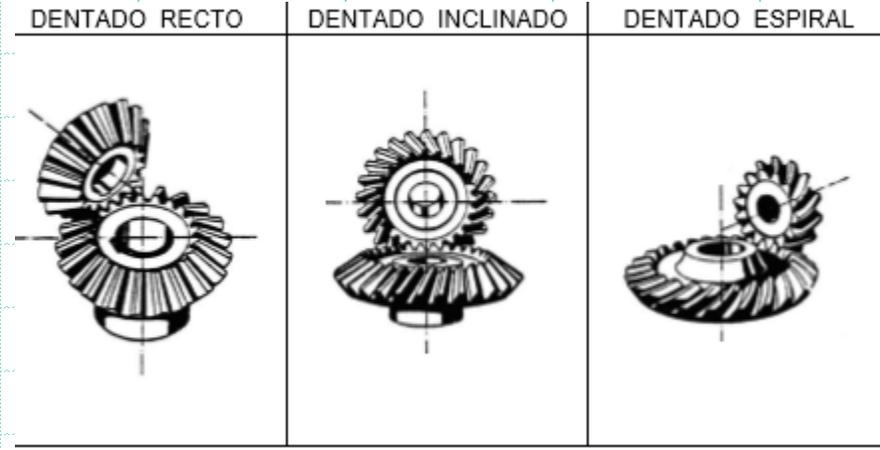
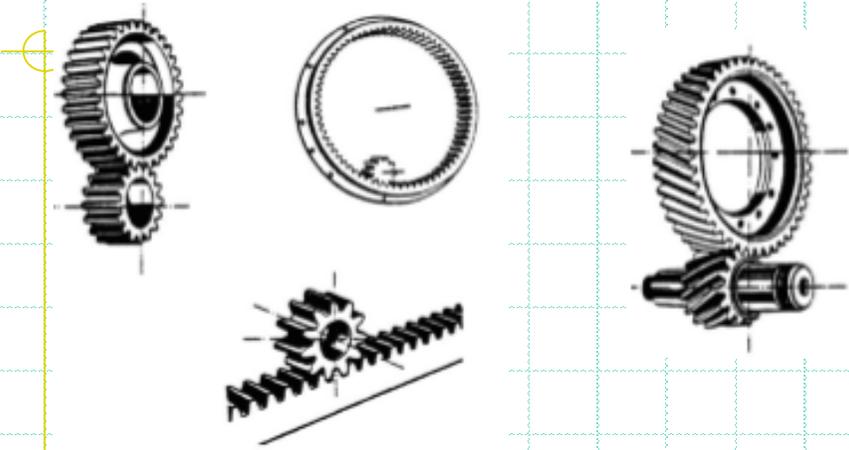
Elementos de transmissão flexível: Correia/Polias

Professora: Zilda de Castro Silveira

São Carlos, abril de 2023.

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

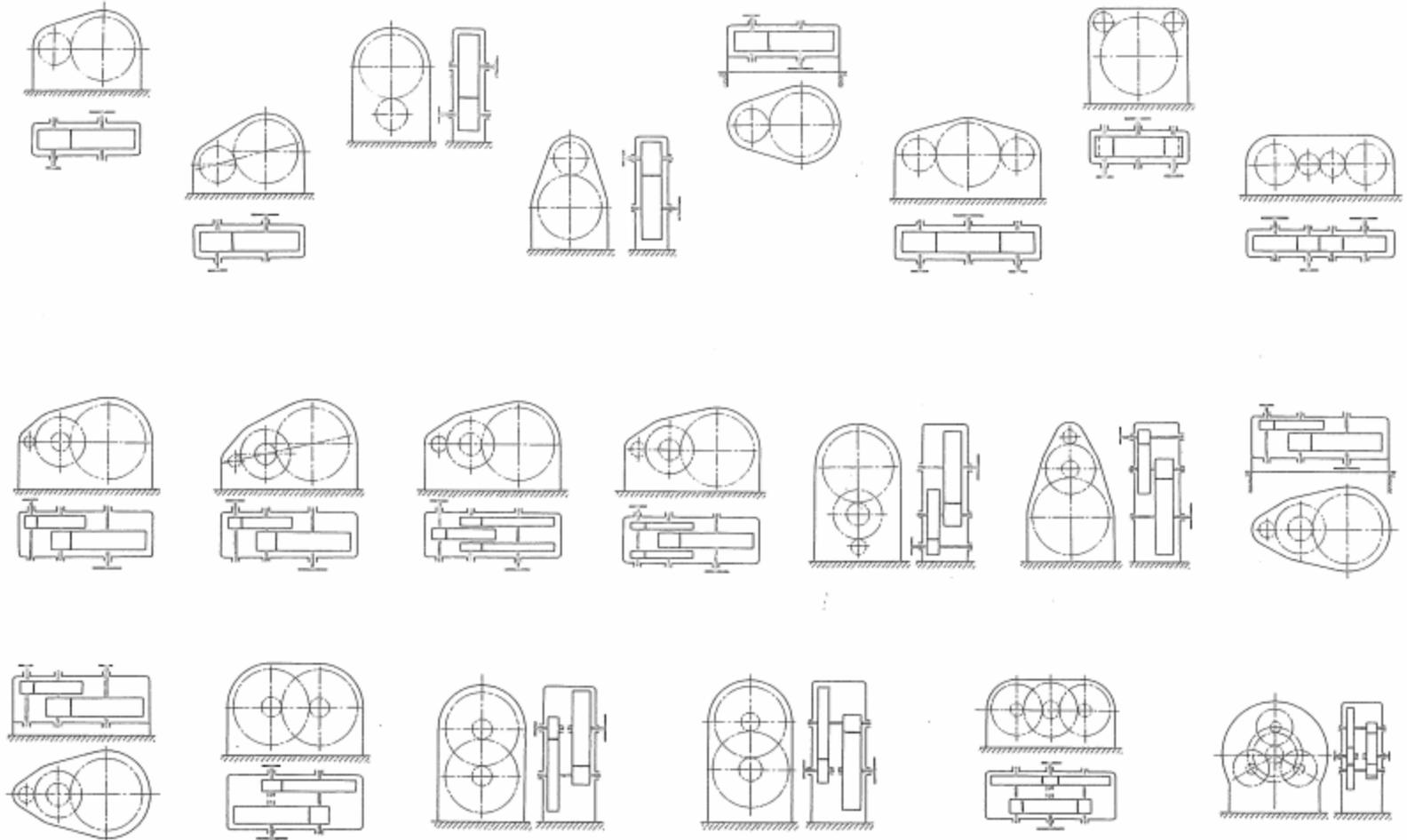
a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas



DIN 3976

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

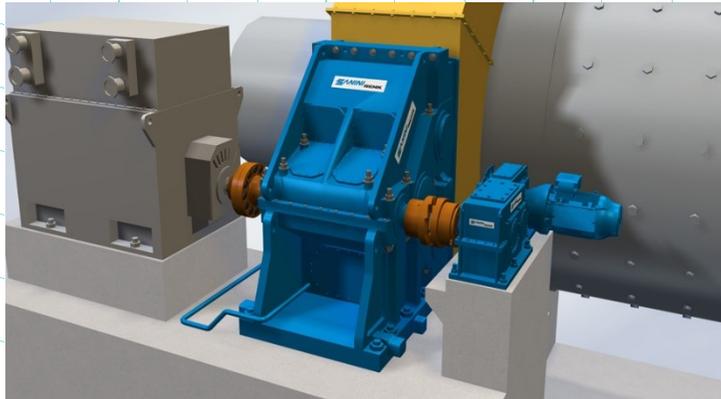
a.2 Configurações



Fonte: Manual da Protec

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas



Fonte: Zanini; Renk (2020)

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

b. Faixas de redução (potência e torque) para aplicações pesadas

REXNORD

Produtos de transmissão de
potência e soluções industriais



Misturadores



Acionamentos de rosca sem-fim Falk Omnibox®

Redução: 5:1 a 3.600:1

Potência: até 100 HP (81 kW)

Torque: até 90.000 lb.in (10.168 Nm)

- 14 tamanhos para montagem na base, flange ou eixo
- Eixos de 1.33 a 10 pol (34 to 254 mm)
- Entradas e saídas verticais ou horizontais
- Design compacto com opções versáteis de montagem, testados contra vazamento e enviados com óleo para eliminar o tempo de preparação e falhas de partida
- Redutores disponíveis em aço inoxidável, certificados BISSC ou selados, com lubrificação permanente

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

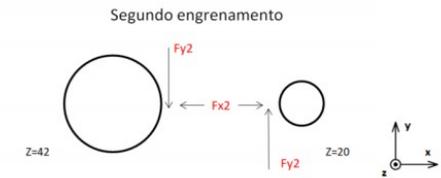
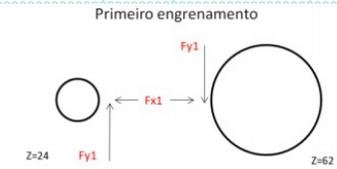
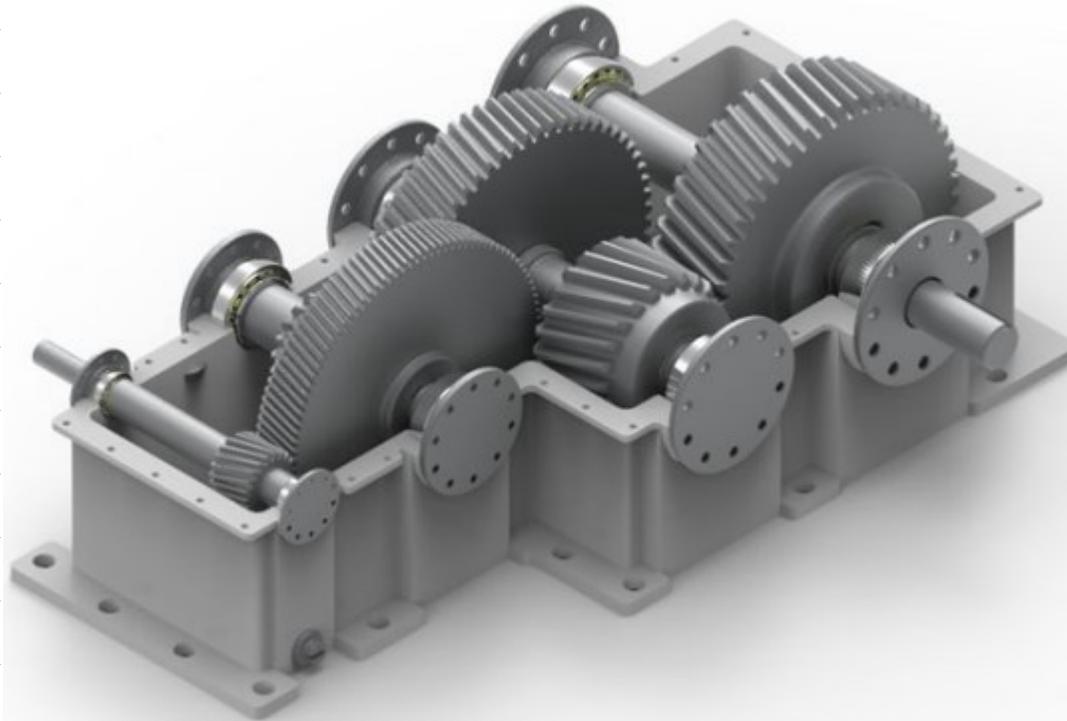


Tabela 3.7: Resumo das principais forças envolvidas.

Engrenamento	Força Transmitida [N]	Força Radial [N]	Força Radial [N]	Momento Torçor [N.m]
1/2	31,87	11,6	33,91	1194,91
3/4	95,82	34,87	101,97	3593,09

Fonte: Santos, G.M.R.; Freitas, J.P.P. (2020) Relatório de Projeto da disciplina Elementos de máquinas 3.

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

➤ Dados de entrada para de um sistema de redução ou ampliação por engrenagens.

- Grandeza da potência a ser transmitida: N
- Velocidade de rotação do pinhão (ou da coroa): n_1
- Relação de transmissão i ou velocidade do sistema acionado: n_2
- Vida útil desejada (materiais, lubrificação,...)



A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

Dados de Projeto

- ❑ Relação de transmissão: ampliação ou redução;
- ❑ Potência a transmitir;
- ❑ Restrições geométricas: distância entre centros, larguras, diâmetros máximos;
- ❑ Aplicação do par de engrenagens (veículo);
- ❑ Vida requerida na aplicação. Ex. 500.000Km;
- ❑ Nível de ruído e qualidade sonora.

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

✓ Potência por eixo/par engrenagens

$$N_{i+1} = \eta_{mancais} \cdot \eta_{engrenamento} \cdot N_i$$

$$\eta_{mancais} \cong 0,98$$

$$\eta_{engrenamento} \cong 1 - \left(\frac{0,1}{z_{pinhão} \cdot \cos \beta} + \frac{0,03}{v + 2} \right)_i$$

β - ângulo de hélice e v - velocidade tangencial (m/s).

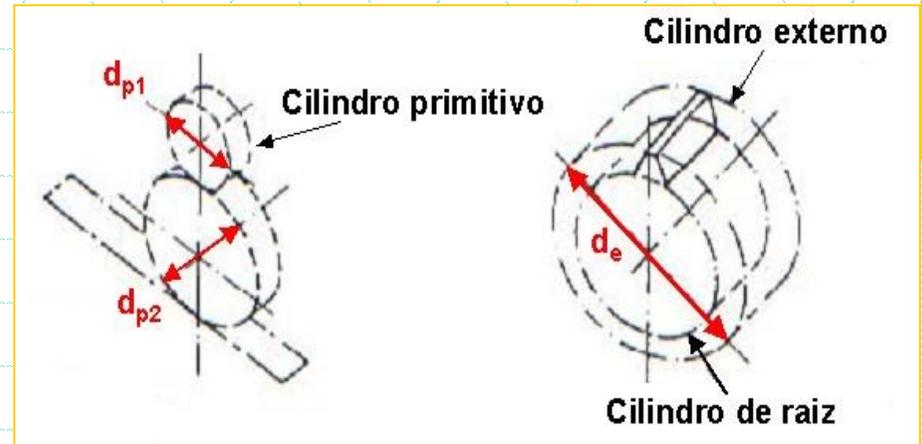


FIGURA 1

FIGURA 2

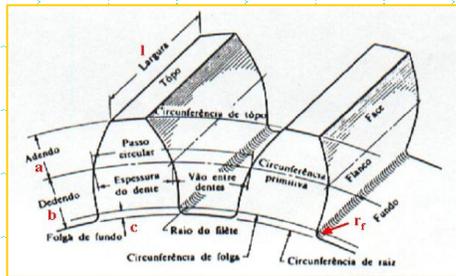


FIGURA 7

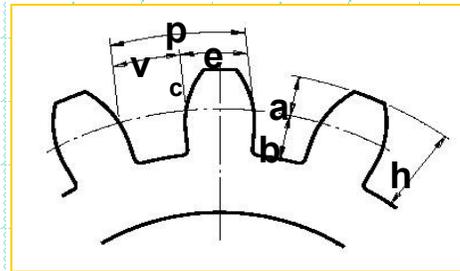


FIGURA 8

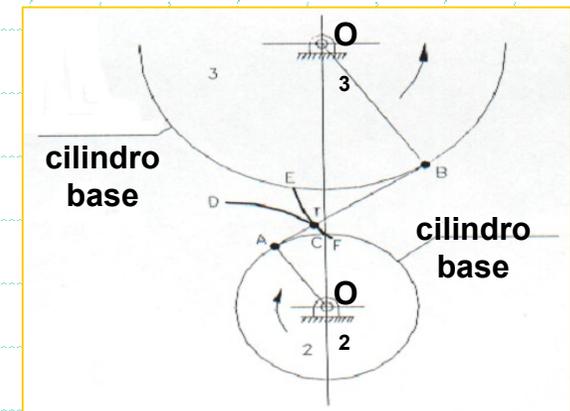


FIGURA 13

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

✓ Relação de Transmissão

Relação de transmissão i - $i_I = \frac{z_{I2}}{z_{I1}}$ de forma que $i_I > 1$ para reduções.

onde i_I é a relação de transmissão do primeiro par de engrenagens I e z_{I1} é o número de dentes da engrenagem 1 do par de engrenagens I.

✓ Distribuição das relações de transmissão

$$i_{total} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_{p2}}{d_{p1}}$$

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

- Ao escolher os z não os escolher como múltiplos, mesmo que i o permita, para evitar que um dente sempre engrene com o mesmo outro dente a cada volta. Por exemplo, se $i = 0,5$ escolher 17 e 35 o que dá um erro de -2,8%.
- No caso de projeto de redutores, o momento torçor (os esforços atuantes) crescem à medida que a rotação diminui. Também é possível provar que os esforços na engrenagem menor crescem quando i aumenta.
- Portanto é aconselhável adotar i decrescentes e aproveitar o momento torçor menor.
- Para distribuição de i temos duas alternativas:
 - * usar séries normalizadas de *Rénard* */ *Produtório*
 - * usar números não normalizados.

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

Niemann (1971) propôs uma ordem de distribuição para distribuir as relações de transmissão (i 's):

$$i_{i+1} = i_i^{2/3}$$

- Para obter a relação total de engrenamento i_T , tem-se:
 - ▶ para dois pares de engrenagem:

$$i_T = i_1 \cdot i_2 = i_1 \cdot i_1^{2/3} = i_1^{5/3}$$

$$\Rightarrow i_1 = i_T^{3/5}$$

obedecendo sempre redução máxima **6** e ampliação máxima $\frac{1}{2}$.

- ▶ para três pares de engrenagem:

$$i_T = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = i_1 \cdot i_1^{2/3} \cdot i_1^{4/9} = i_1^{19/9}$$

$$\Rightarrow i_1 = i_T^{9/19}$$

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

- Exemplo - Considerando uma redução total de $i_T = 27$:

- Considerando dois pares de engrenagens (3 eixos):

$$i_1 = i_T^{3/5} = (27)^{3/5} = 7,2246$$

$$i_2 = i_1^{2/3} = 7,2246^{2/3} = 3,7374$$

portanto o redutor teria : $27 = 7,2246 \cdot 3,7374$ mas a primeira redução é maior que a permitida.

- Considerando três pares de engrenagens (4 eixos):

$$i_1 = i_T^{9/19} = (27)^{9/19} = 4,7645$$

$$i_2 = i_1^{2/3} = 4,7645^{2/3} = 2,8313 \quad \text{e} \quad i_3 = i_2^{2/3} = 2,8313^{2/3} = 2,0013$$

portanto o redutor teria : $27 = 4,7645 \cdot 2,8313 \cdot 2,0013$

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

• Exemplo - Considerando $i_T = 27$:

• pelo mesmo motivo anterior devemos ter dentes mais robustos para os pares com maior M_t e adotamos para o redutor:

$$m_{i+1} = m_i \cdot \frac{i_i}{i_{i+1}}$$

no caso do exemplo anterior e 3 pares, se adotarmos $m_1 = 5$:

$$m_2 = 5 \cdot \frac{4,7645}{2,8313} = 8,41 \quad , \text{ adota - se } m_2 = 8, \quad \text{de acordo com DIN 7800}$$

$$m_3 = 8 \cdot \frac{2,8313}{2,0013} = 11,31 \quad , \text{ adota - se } m_3 = 11$$

• esta distribuição de m dá o ajuste grosseiro nos cálculos de dimensionamento de engrenagens. O ajuste fino é obtido por meio da variação da largura do dente.

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

□ SISTEMAS PADRONIZADOS DE ENGRENAMENTO

☑ MÓDULOS NORMAIS PADRONIZADOS Norma DIN 7800 [mm]

- são os módulos normais (m_n) dos cortadores :

0,3 – 0,4 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1,0

1,25 – 1,50 – 1,75 – 2,00 – 2,25 – 2,50 – 2,75 – 3,0 – 3,25 – 3,50 – 3,75 – 4,00

4,5 – 5,0 – 5,5 – 6,0 – 6,5 – 7,0

8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17

18 – 20 – 22 – 24

27 – 30 – 33 – 36 – 39 – 42 – 45 – 50 – 55 – 60 – 65 – 70 – 75

☑ ÂNGULO DE PRESSÃO DO ENGRENAMENTO:

- (= ângulo de pressão do CORTADOR)

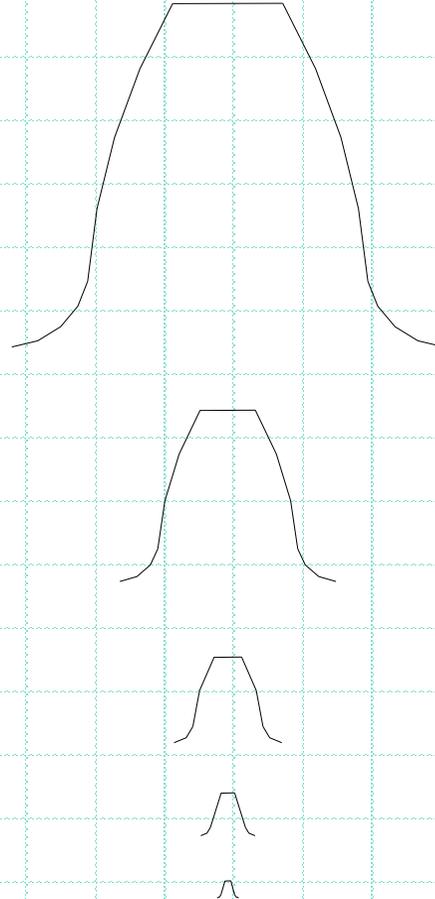
14,5° - 17,5° - 20° - 22,5° - 25°

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

□ SISTEMAS PADRONIZADOS DE ENGRENAMENTO

Módulo



Módulos usados em transmissões

1,5 a 5 mm

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

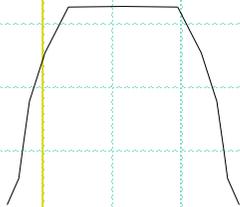
a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas

□ SISTEMAS PADRONIZADOS DE ENGRENAMENTO

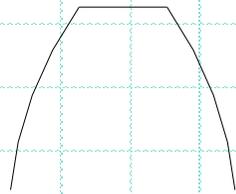
Ângulo de pressão:

Valores usados em transmissões:

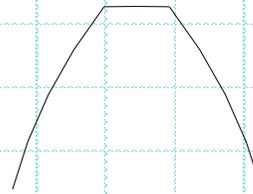
14°30' - 16° - 20° - 22°30' - 25°



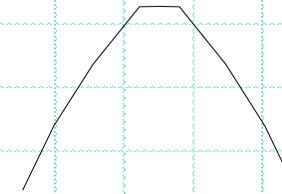
14°30'



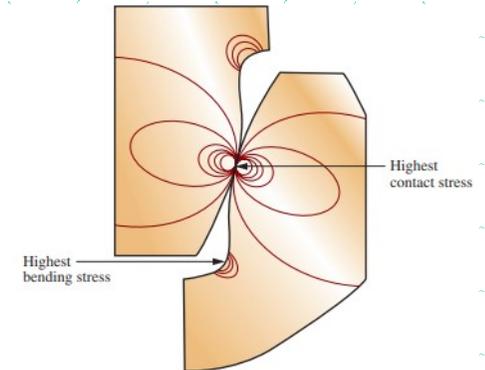
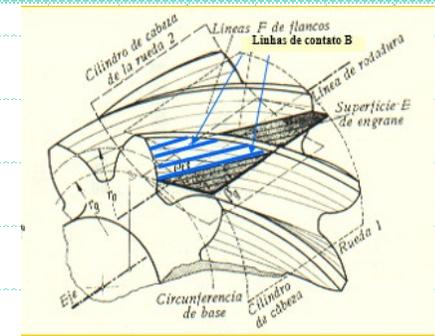
20°



25°



30°



Photoelastic study of gear teeth under load

Fonte: Mott (2018)

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

b.1 Critérios de projeto: tensões de flexão, contato* e fadiga

640 PART 2

Table 14.5 Allowable bending and contact stresses for selected gear materials

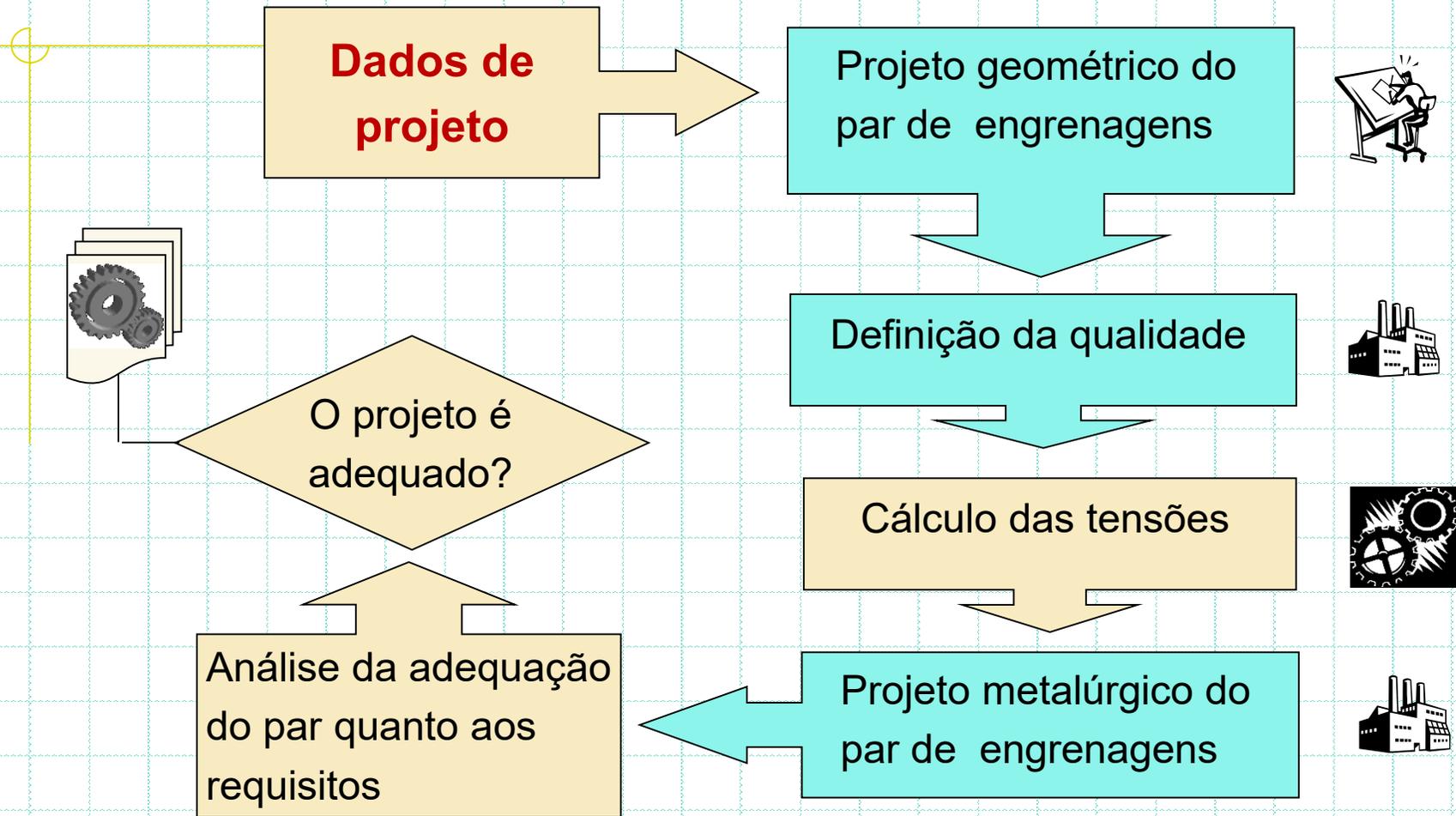
Material designation	Grade	Typical hardness ^a	Allowable Bending Stress S_t		Allowable Contact Stress S_c	
			lb/in ²	MPa	lb/in ²	MPa
Steel						
Through-hardened	1	—	See Fig. 14.24(a)		See Fig. 14.25	
	2	—	See Fig. 14.24(a)		See Fig. 14.25	
Carburized and hardened	1	55-64 HRC	55,000	380	180,000	1240
	2	58-64 HRC	65,000 ^b	450 ^b	225,000	1550
	3	58-64 HRC	75,000	515	275,000	1895
Nitrided and through-hardened	1	83.5 HR15N	See Fig. 14.24(a)		150,000	1035
	2	—	See Fig. 14.24(a)		163,000	1125
Nitralloy 135M and Nitralloy N, nitrided	1	87.5 HR15N	See Fig. 14.24(b)		170,000	1170
	2	87.5 HR15N	See Fig. 14.24(b)		183,000	1260
2.5% Chrome, nitrided	1	87.5 HR15N	See Fig. 14.24(b)		155,000	1070
	2	87.5 HR15N	See Fig. 14.24(b)		172,000	1185
	3	87.5 HR15N	See Fig. 14.24(b)		189,000	1305
Cast Iron						
ASTM A48 gray cast iron, as-cast	Class 20	—	5,000	34.5	50,000–60,000	345–415
	Class 30	174 HB	8,500	59	65,000–75,000	450–520
	Class 40	201 HB	13,000	90	75,000–85,000	520–585
ASTM A536 ductile (nodular) iron	60-40-18	140 HB	22,000–33,000	150–230	77,000–92,000	530–635
	80-55-06	179 HB	22,000–33,000	150–230	77,000–92,000	530–635
	100-70-03	229 HB	27,000–40,000	185–275	92,000–112,000	635–770
	120-90-02	269 HB	31,000–44,000	215–305	103,000–126,000	710–870
Bronze						
$S_{ut} > 40,000$ psi ($S_{ut} > 275$ GPa)			5700	39.5	30,000	205
$S_{ut} > 90,000$ psi ($S_{ut} > 620$ GPa)			23,600	165	65,000	450

^aHardness refers to case hardness unless through-hardened.
^b70,000 psi (485 MPa) may be used if bainite and microcracks are limited to grade 3 levels.
 SOURCE: Adapted from AGMA 2001 (1999).

Fonte: Hamrock et al, 2009

A. Transmissões mecânicas: contexto geral

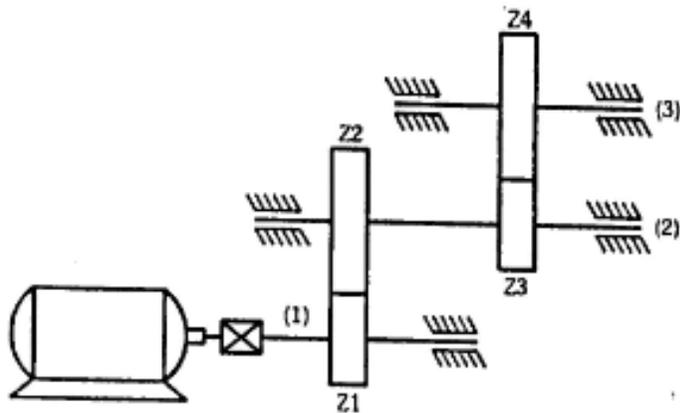
a.1 Transmissões com relações de transmissão rígidas



A. Transmissões mecânicas: contexto geral

c. Obtenção das reduções parciais com velocidade de rotação ou número de dentes.

- ✓ Considerando o redutor esquematizado abaixo, determine a rotação do eixo 3.
- Dados: $z_1 = 15$; $z_2 = 45$, $z_3 = 16$, $z_4 = 64$ e $n_1 = 1800$ rpm



$$i_t = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} \text{ e } i_t = \frac{n_1}{n_3}$$



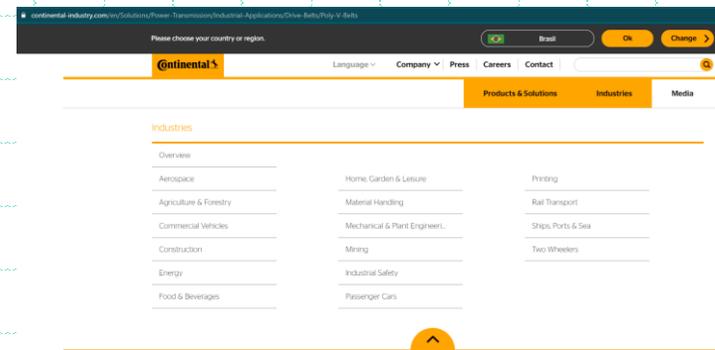
$$\frac{n_1}{n_3} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{45 \cdot 64}{15 \cdot 16} \Rightarrow \frac{n_1}{n_3} = 12$$

$$\text{Assim, } n_3 = \frac{n_1}{12} = \frac{1800}{12} \Rightarrow n_3 = 150 \text{ rpm}$$

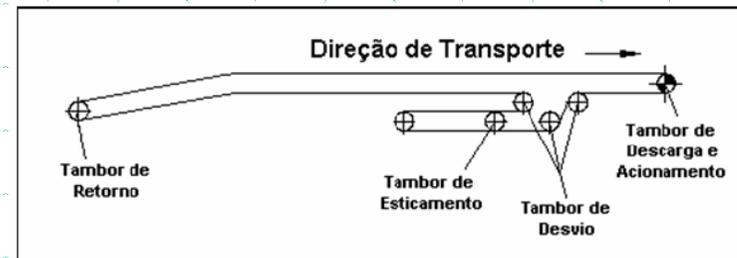
1. Definições de sistemas flexíveis por correia/polia

- ✓ Correias são elementos mecânicos flexíveis, que permitem transmissão de potência e também sistemas de transporte (2 ou mais correias)
- ✓ Perfis e dimensões (seções transversais de correias padronizadas)

Belt Type	Figure	Joint	Size Range	Center Distance
Flat		Yes	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ to } 0.20 \text{ in} \\ 0.75 \text{ to } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No upper limit
Round		Yes	$d = \frac{1}{8} \text{ to } \frac{3}{4} \text{ in}$	No upper limit
V		None	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ to } 0.91 \text{ in} \\ 8 \text{ to } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limited
Timing		None	$p = 2 \text{ mm and up}$	Limited



Fonte: Shigley (2006)

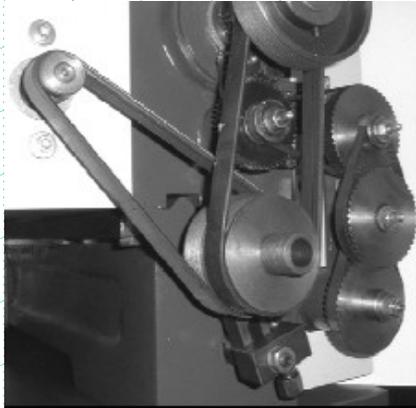
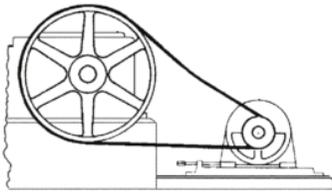


NBR 6172 (1995): relação entre as correias e larguras do tambor (dimensões padronizadas)

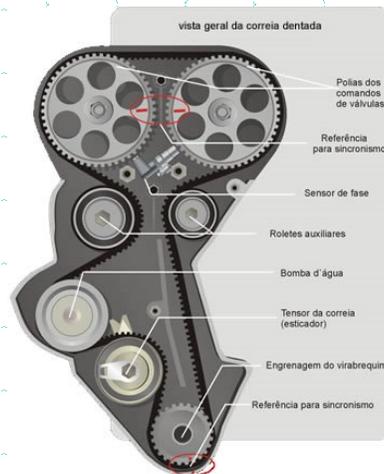
1. Definições de sistemas flexíveis por correia/polia

Aplicações (sistemas de transmissão de potência):

- Veículos automotivos;
- Equipamentos industriais (incluindo sistemas de ventilação e compressores de ar condicionado);
- Equipamentos de construção



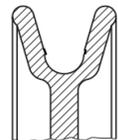
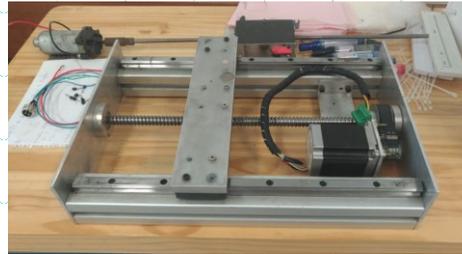
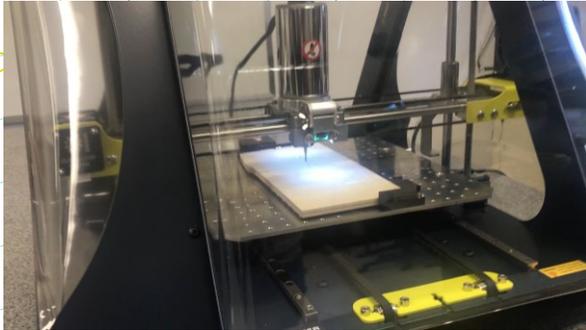
Fonte: Wabeco Lathe



Fonte:
<https://hardenequipamentos.com.br/transportadores/transportador-de-correia/>

1. Definições de sistemas flexíveis por correia/polia

Aplicações (sistemas de transmissão de movimento):



polia para correia e
cabo de aço redondos

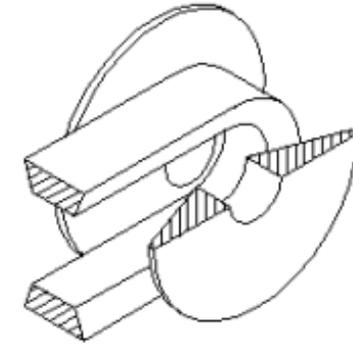
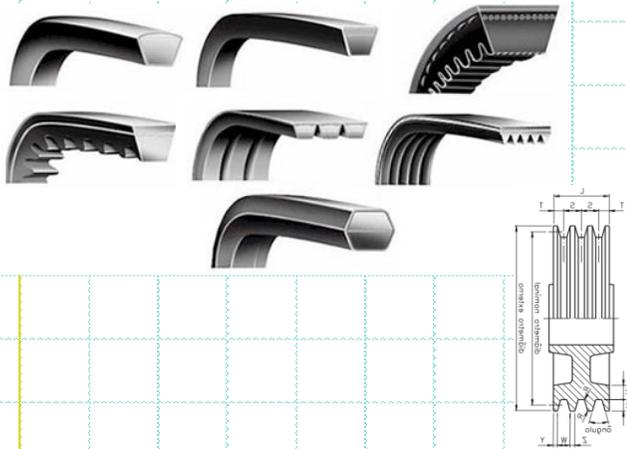


<https://www.cefemd.com/bandas-y-poleas/bandas-redondas.html>



Fonte:
https://www.cmrcorreas.com.br/media/sig_TgSWvROLzd/pr-odutos/correia-transportadora/correia-transportadora-42.jpeg

1. Definições de sistemas flexíveis por correia/polia



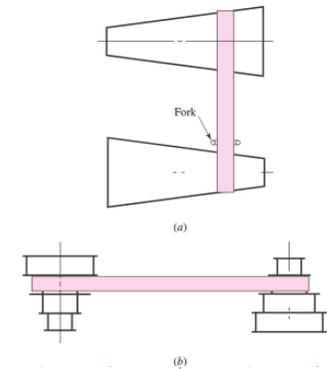
CVT por Polias e Correia.



1.1 Critérios para escolha para transmissões por correia e polia

Vantagens de projeto e manutenção:

- ✓ Elementos normalizados (correia/polia);
- ✓ Montagem simplificada;
- ✓ Atendem ao critério de projeto que exija maior distância entre centros;
- ✓ Permitem grandes variações de velocidade ($i \leq 6$);
- ✓ Facilidade de variação de velocidade: contínuo e descontínuo (polias escalonadas)
- ✓ Rendimento de até 98%*;
- ✓ Potências elevadas (2000 CV) e velocidade de rotações de até 18:000 rpm e velocidades lineares em torno de 25 m/s;
- ✓ Funcionamento silencioso.



- ✓ Absorvem cargas de choque; amortecem e isolam efeitos de vibração (segurança para equipamento*)
- ✓ Limitam sobrecargas pela ação do deslizamento ("fusível mecânico")

1.1 Critérios para escolha para transmissões por correia e polia

Restrições técnicas:

- ✓ Capacidade de transmissão de potência limitada pelo μ e pela pressão de contato entre a correia e a polia (exceto correias sincronizadoras) – **Vida finita (depende programa de manutenção: minimizar desgaste e perdas de elasticidade;**
- ✓ Maior dimensão de projeto e necessidade de um programa de manutenção;
- ✓ Escorregamento de a 1 a 3% (melhorada com aplicação correta de pré-tensão, para correias com seção plana e redonda) e efeitos do creep;

1.2.1 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correia em “V”

- ❑ Similares às correias planas, com coeficiente de atrito aumentado devido à ação da cunha nas nervuras (cordões girem no diâmetro externo da polia). Ângulo da correia = 36° (padrão).
- ✓ Praticamente não há deslizamento (cordões laterais estão sujeitos às maiores tensões, pela variação da tensão);
- ✓ Menor distância entre centros;
- ✓ Pressão nos flancos triplicada (efeito de cunha), em relação à correia plana;
- ✓ Menor carga sobre os mancais;
- ✓ Polias com canais múltiplos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 e 10 (Ideal 5 correias).

Aplicações: compressores, peneiras e separadores, transportadores, bombas e veículos automotivos (alternadores).

1.2.1 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correias em “V” e Planas

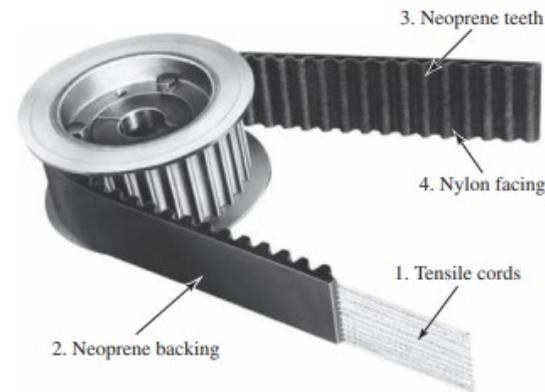
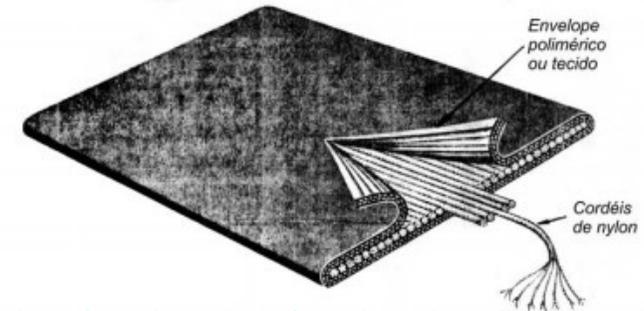
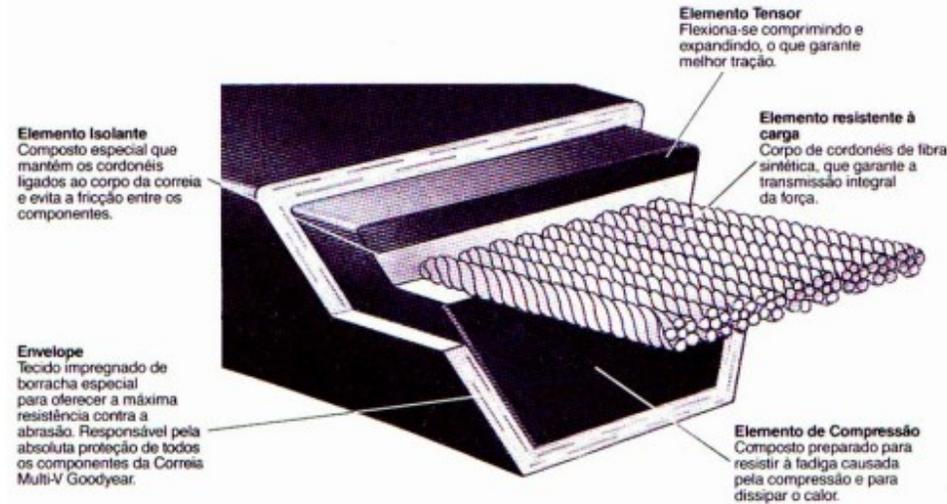


FIGURE 7-23 Synchronous belt construction

Fonte: Catálogo Gates e Mott et al (2018)

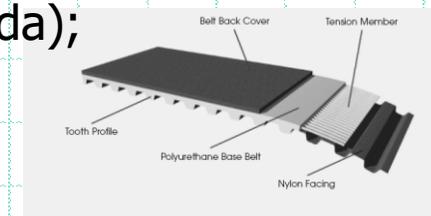
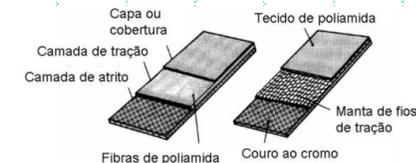
1.2.1 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correia plana

- ✎ Cordonéis de fibra de algodão embutidos em uma matriz de borracha natural;
 - Novos materiais (maior resistência e rigidez) --- uso de borrachas sintéticas.

1) Elementos de tração

- Correias planas: tiras de poliamida ou cordonéis de poliéster;
- Correias poli V: cordonéis de poliéster ou aramida;
- Correias em "V": fibras de vidro, poliéster e aramida (carga elevada);
- Correias sincronizadoras: cordões de fibra de vidro e de aço.



BRECOflex CO., L.L.C., the world leader in the polyurethane timing belt industry, manufactures high

2) Matriz

Borracha sintética: (Policloropreno) **Neoprene®** (resistente ao calor e óleo);
Poliuretano (para correias planas, como camada de atrito).

3) Revestimento

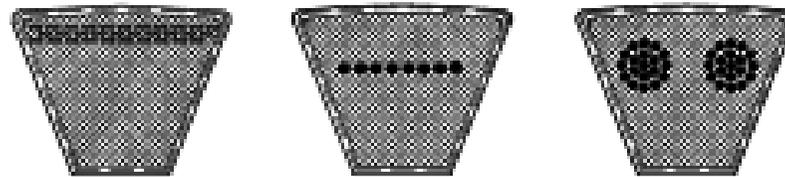
Tecido de algodão ou de poliamida, impregnados com borracha sintética.

Polias: FoFo, aços, ligas leves.

1.2.1 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correias em “V” e Planas

➤ **Correias em “V”** tem seções padronizadas e as **potências/capacidade de carga** estão tabeladas em função: **número e da resistência dos cordoneis que foram elementos de tração, condições de trabalho e velocidade operacional.**



Fonte: Catálogo Gates

1.2.2 Transmissões por correia: modos de falha

- Fadiga devido à trações e flexões cíclicas;
- Desgaste abrasivo/adesivo;
- Degradação das propriedades do material da correia (corrosão): temperaturas elevadas e ambiente contaminante;
- Estrutura composta: cordonéis, matriz elastomérica ou na interface;
- Quebras dos cordonéis, separação cordonel-borracha, rachaduras radiais devido à cura continuada da borracha (deformações cíclicas, perda por histerese de 10 a 18% da potência transmitida)
- Temperatura máxima de trabalho para correias: 82°C/250°C (acima, vida útil reduzida)

1.2.2 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

- ✓ **Correia dentada (*timing belt*)**
- ✓ Velocidade de transmissão sem deslizamento (razão constante de rotação);
- ✓ Não necessita de tensionamento inicial (Mínima pré-carga, somente para impedir o salto do dente, em momentos de início e parada);
- ✓ Altos torques e potências, com velocidades lineares de até 81 m/s (293 km/h);
- ✓ **Custo mais elevado**
- ✓ **Flutuações dinâmicas devido ao “engrenamento”.**

1.2.2 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

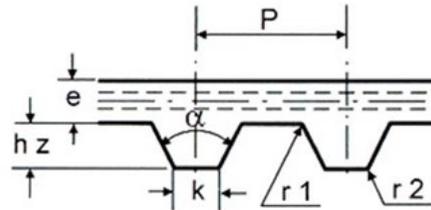
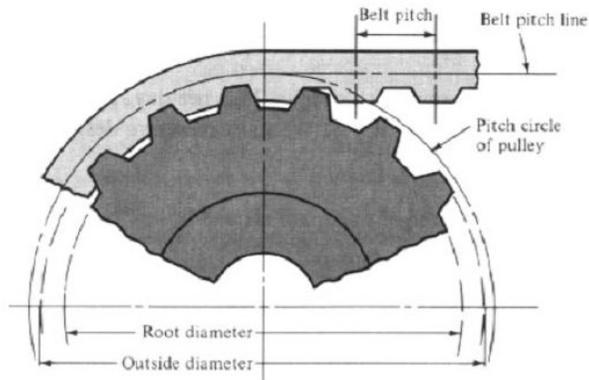
✓ Correia dentada (*timing belt*)

- ✓ Eficiência de 97 a 99%;
- ✓ Mais leve (↓ força centrífuga) e melhor resistência ao cisalhamento;
- ✓ Dimensionamento similar ao de correias em "V";
- ✓ Perfis parabólicos*, em casos especiais (similar a engrenagens helicoidais).
 - ✓ Aplicações: veículos (eixo virabrequim com o eixo de comando de válvula), transportadoras, bombas de poço de petróleo, máquinas de impressão, moinhos, trocadores de calor.



1.2.2 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correia dentada (*timing belt*)



Tipo	P	hz	e	k	a	r1	r2
XL	5,08	1,27	1,1	1,372	50°	0,381	0,381
L	9,525	1,9	1,7	3,251	40°	0,508	0,508
H	12,7	2,286	2,2	4,432	40°	1,016	1,016
XH	22,225	6,35	4,8	7,938	40°	1,575	1,194
XXH	31,75	9,525	6,4	12,116	40°	2,286	1,524

1.2.2 Transmissões por correia: composição estrutural e indicações

✓ Correia dentada (*timing belt*)

✓ Aplicações automotivas com correias sincronizadoras:

✓ SAE Standard J1278: SI Polias e correias sincronizadoras;

✓ SAE Standard J1313: Correias automotivas sincronizadoras;

Nomenclatura utilizada: a identificação de correias sincronizadoras (mm ou pol.) compõem-se de um número código, que identificam três dimensões básicas e principais.

Tabela 17-18 Passos padronizados das correias de tempo

Serviço	Designação	Passo p , in
Extraleve	XL	$\frac{1}{5}$
Leve	L	$\frac{3}{8}$
Pesado	H	$\frac{1}{2}$
Extrapesado	XH	$\frac{7}{8}$
Duplamente extrapesado	XXH	$1\frac{1}{4}$

Fonte: Shigley, *et. al*, 2006

2. Correias planas: características de uso

❑ É o tipo de correia mais simples, e com menor custo.

✓ Indicações: velocidades de operação elevada, com baixa transmissão de torque.

- Em serviço, não há transmissão integral da potência (escorregamento);
- Velocidades médias: 4000 ft/min (20,3 m/s)
- Velocidades muito baixas: deve-se aumentar a largura da correia (prejudica o alinhamento entre eixos e polias (eleva o envelope de trabalho, dimensionamento do eixo e capacidade de carga do mancal).
- Velocidade muito altas: forças dinâmicas (“chicoteamento”) reduz a estabilidade da transmissão e a vida útil da correia.

Aplicações: transportadoras têxteis, máquinas de fabricação de papéis, transporte e processamento de materiais, indústria alimentícia.

2.1 Correias planas: normalização

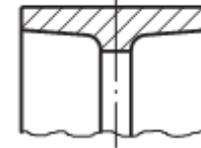
✓ DIN 111; ABNT PB 30 – a superfície da polia pode ser plana ou abaulada.

➤ Plana – melhor conservação da correia;

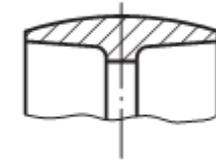
➤ Abaulada – melhor guia das correias.

➤ Faixa de potência – 0,5 a 300 CV

* Velocidades da correia acima de 25 m/s deve-se balancear o sistema;



polia plana



polia abaulada

com/en/products/industrial-rubber/pulley-lagging/product/show/keramik-trommelbelage-typ-rb-k.html

DE EN FR YouTube

NILOS

COMPANY | PRODUCTS | SERVICES | DOWNLOADS | CONTACT Search

Pulley Lagging.

You are here: NILOS > Products > Industrial Rubber > Pulley Lagging

Ceramic Pulley Lagging Type RB-K

Ceramic laggings with maximum performance for drive drums

Maximum plant availability, productivity and operational reliability and safety and smooth workflows during the whole conveying cycle. Reliability for the highest demands.

Downloads

- > Catalogues, brochures, flyer and general
- > Instructions

- > Special new NILOS Al_2O_3 ceramic profile for belt-preserving operation with significantly increased traction
- > Pulley lagging with more than 40% or 100% coverage by ceramic material, for conditions of use involving high exposure to wear
- > Wide operating temperature range (-40° C to +120 °C)
- > Thermal, mechanical and chemical resistance
- > Belt-preserving elastic rubber substructure with adhesive layer High



2.2 Correias planas: tabelas de fabricantes

Table 17-2

Properties of Some Flat and Round-Belt Materials. (Diameter = d , thickness = t , width = w)

Material	Specification	Size, in	Minimum Pulley Diameter, in	Allowable Tension per Unit Width at 600 ft/min, lbf/in	Specific Weight, lbf/in ³	Coefficient of Friction
Leather	1 ply	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	$3\frac{1}{2}$	33	0.035–0.045	0.4
	2 ply	$t = \frac{18}{64}$	$4\frac{1}{2}$	41	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6°	50	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{23}{64}$	9°	60	0.035–0.045	0.4
Polyamide ^b	F-0°	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1°	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2°	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2°	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3°	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4°	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
	A-5°	$t = 0.25$	13.5	275	0.039	0.8
Urethane ^d	w = 0.50	$t = 0.062$	See	5.2°	0.038–0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	Table	9.8°	0.038–0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$	17–3	18.9°	0.038–0.045	0.7
	Round	$d = \frac{1}{8}$	See	8.3°	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{3}{8}$	Table	18.6°	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$	17–3	33.0°	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3°	0.038–0.045	0.7

^aAdd 2 in to pulley size for belts 8 in wide or more.

^bSource: Mobasit Engineering Mexico, Mobasit Bolting, Inc., Chamblee (Atlanta), Ga.

^cFriction cover of acrylonitrile-butadiene rubber on both sides.

^dSource: Eagle Bolting Co., Des Plaines, Ill.

^eWe 6% elongation; 12% is maximum allowable value.

Fonte: Shigley, et. al, 2006

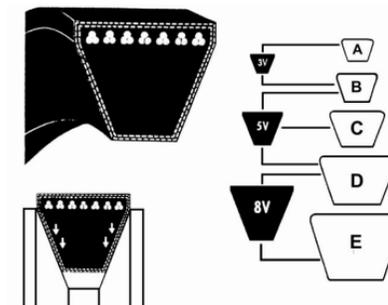
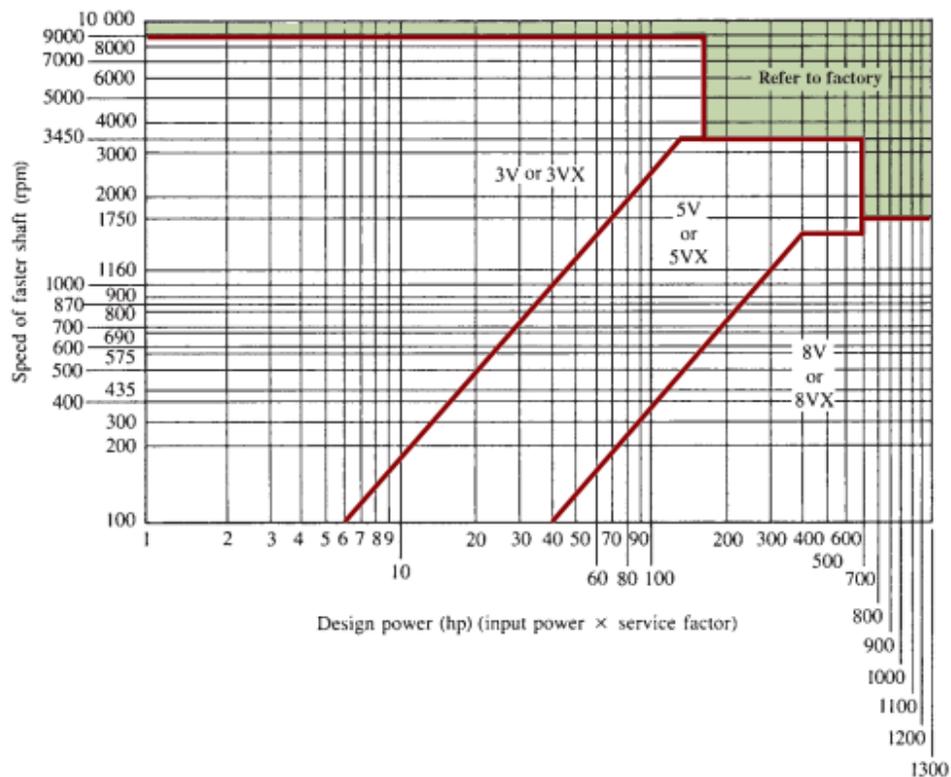
➤ Como proceder para escolher e selecionar sistemas de correia/polias?

Dados de projeto: Distância entre centros e envelope de trabalho, custo x manutenção, Potência de projeto requerida, velocidade de rotação/relação de transmissão, condições ambientais.

- Correções da Potência nominal (fator de serviço, adicional de potência por número de correias*, fator de correção do comprimento e fator de correção do ângulo de contato);
- Método iterativo (escolha da seção de correia em função do tipo de trabalho*) e número de correias ("V") ou espessura da correia plana;
- Correção e determinação da distância entre centros e comprimento da correia, respectivamente e especificação de correia/polia normalizada;
- Estimativa do diâmetro do eixo da polia motora, em função da força resultante gerada pelas forças de tração (lado tenso e menos tensionado) pela geometrias normalizadas
- Estimativa da força de pré-carga (F_i)

B. Como proceder para escolher e selecionar sistemas de correia/polias?

As correias industriais trapezoidais são fabricadas basicamente com dois conjuntos de perfis: o perfil *Hi-Power* (A, B, C, D e E) e o perfil *PW* (3V, 5V e 8 V)



Dimensões principais das correias trapezoidais.

HI-POWER	Seção	b [mm]	t [mm]	Faixa recomendada de diâmetros para a polia menor [mm]		
				d_{min}	$d_{máx}$	d_{limite}
	A	13	8	76	127	710
	B	17	11	127	188	1000
	C	22	14	188	330	1600
	D	32	19	330	432	2000
	E	38	23	432	710	2500
	3V	9.5	8	68	304	–
	5V	16	13.5	180	406	–
	8V	25.4	22	320	570	–

ϕ = ângulo da correia "V" (34° a 42°)

Seleção nominal recomendada de correia, como função de utilização, requisitos de potência e velocidade angular. Fonte: Collins (2006) apud Dayco Products, Inc.

- A **designação e o perfil** geralmente são feitas por **letras** que representa o **formato** (Letras de A até E) e por um **número** que é o **perímetro médio da correia em polegadas**. De acordo com cada fabricante

➤ B.1 Correções da Potência Nominal (N) com fatores de serviço

Fator de Serviço – FS.

<i>TIPO DE TRABALHO</i>	<i>FATOR DE SERVIÇO</i>	<i>CONDIÇÃO DE TRABALHO</i>
LEVE	1.0	Utilização: uso intermitente, menos de 6 h/dia Sem sobrecarga.
NORMAL	1.2	Utilização: 6 a 16 h/dia Sobrecarga momentânea, < 150 % da carga nominal.
MÉDIO	1.4	Utilização: 16 a 24 h por dia. Sobrecarga momentânea, < 200 % da carga nominal.
PESADO	1.6	Utilização: 16 a 24 h/dia Sobrecarga momentânea, < 250 % da carga nominal.
EXTRA-PESADO	1.8 – 2.0	Utilização: 24 h/dia, 7dias/semana. Sobrecarga freqüente, < 250 % da carga nominal.

Fator Adicional a ser aplicado ao Fator de Serviço.

<i>CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO</i>		<i>ADICIONAR AO FATOR DE SERVIÇO - FS</i>	
Ambiente poeirento		0.1	
Ambiente úmido		0.1	
Polias tensoras	Ramo frouxo	internamente	0.1
		externamente	0.1
	Ramo tenso	internamente	0.1
		externamente	0.2
Polia motora maior do que a conduzida		0.2	

Fonte: Marco (2022)

➤ Correções da Potência Nominal (N) com fatores de serviço

APLICAÇÕES	MOTORES ELÉTRICOS											
	Corrente alternada								Corrente contínua		Motores a explosão Gás-Diesel	
	Gaiola de esquilo			Rotor enrolado	Síncronos	Monofásico		Excitação em derivação	Excitação em compound	4 ou mais cilindros com mais de 700 rotações	4 ou mais cilindros com menos de 700 rotações	Máquinas a vapor
	Arranque normal	Arranque estrela ou triângulo	De alta potência de arranque (dupla gaiola)			A repulção com fase auxiliar de arranque	A indução com arranque a condensador					
AGITADORES												
Para líquidos	1,0	1,0	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Para semilíquidos	1,2	1,0	1,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—
BOMBAS												
Centrífigas, de engrenagens, rotativas	1,2	1,2	1,4	1,4	—	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—
De pistão: de 3 ou mais cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,6	—	—	—	1,8	—	1,8	—
De pistão: de 1 ou 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,6	1,8	—	—	—	2,0	—	2,0	—
De pistão: para dragagem	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	—	2,0	—	2,0	—
COMPRESSORES												
Centrífigos e rotativos	1,2	1,2	—	1,4	1,4	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—
Alternativos com 3 ou mais cilindros	1,2	1,2	—	1,4	1,4	—	1,2	—	—	—	—	—
Alternativos com 1 ou 2 cilindros	1,4	1,4	—	1,5	1,5	—	1,2	—	—	—	—	—
EIXOS DE TRANSMISSÃO	1,4	1,4	—	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	—	1,6
EXAUSTORES E VENTILADORES												
Centrífigos e sucção indireta	1,2	1,2	—	1,4	—	—	—	1,4	—	1,2	—	1,5
Helicoidais	1,4	1,4	2,0	1,6	2,0	—	—	1,4	—	1,4	—	—
Sopradores	1,6	1,6	—	2,0	2,0	—	—	—	—	1,6	—	—
GRUPOS GERADORES	1,4	—	—	—	—	—	—	1,4	—	—	—	1,6
MAQUINAS PARA INDUSTRIA DA BORRACHA												
Calandra, "Bambury", Misturadores	1,4	1,4	1,4	1,4	1,8	—	—	—	—	—	—	—
MAQUINAS PARA INDUSTRIA DE CERAMICA E OLARIAS												
Cortadeiras, Granuladeiras	—	1,2	1,4	1,4	—	—	—	1,4	—	—	—	2,0
Amassadoras, Esfareladeiras	1,5	1,3	1,8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—
Misturadores, Pressas	—	1,2	1,6	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—
MAQUINAS PARA INDUSTRIA GRAFICA												
Rotat., Offset, Dobradeiras, Cortadeiras, Prensa plana, Linotipo	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	—	—	—	—
MAQUINAS PARA INDUSTRIA DE PAPEL												
Máquinas Jordan - holandêsas	1,5	1,3	1,8	1,5	1,8	—	—	1,5	1,5	—	—	1,8
Trituradeiras	1,4	1,4	—	1,4	—	—	—	1,5	1,5	—	—	1,8
Calandras, Secadores, Enroladeiras	1,2	1,2	—	1,2	—	—	—	1,2	1,2	—	—	1,8

APLICAÇÕES	MOTORES ELÉTRICOS											
	Corrente alternada								Corrente contínua		Motores a explosão Gás-Diesel	
	* Gaiola de esquilo			Rotor Enrolado	Síncronos	Monofásico		Excitação em derivação	Excitação em compound	4 ou mais cilindros com mais de 700 rotações	4 ou mais cilindros com menos de 700 rotações	Máquinas a vapor
	Arranque normal	Arranque estrela ou triângulo	De alta potência de arranque (dupla gaiola)			A repulção com fase auxiliar de arranque	A indução com arranque a condensador					
MÁQUINA PARA INDÚSTRIA PETROLÍFERA												
Bombas para barro, central de bombagem, bombas centr., para oleodutos	1,2	1,2	1,4	—	—	—	—	—	1,4	—	1,4	1,6
Bombas de sucção e descarga	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	—	1,2	1,2
MÁQUINAS PARA INDÚSTRIA TEXTIL												
Macaroqueiras e Torcedoras	1,6	—	1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tearas, Urdideiras, Espuladeiras	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MÁQUINAS PARA LAVANDERIAS												
Lavadeira, Centrífiga, Humidific.	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	1,2	—	—
MÁQUINAS PARA MOINHOS DE FARINHA E CEREAIS												
Peneiras, Moinhos de cilindros, de martelos, Depuradores	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Comando do eixo principal	1,4	1,4	1,6	1,4	1,4	—	—	—	—	—	1,8	—
MÁQUINAS OPERATRIZES												
Tornos, Limatrizes, Furadeiras, etc.	1,0	—	—	1,2	—	1,0	1,0	1,0	1,0	—	—	—
Retificadoras, Plainas, Alisadoras, Fresas	1,2	—	—	1,4	—	1,2	1,2	1,2	1,2	—	—	—
MÁQUINAS PANIFICADORAS												
Amassadeiras	1,2	—	—	—	—	1,2	1,0	—	—	—	—	—
MOINHOS												
De barras, de bolas	—	1,6	1,6	1,4	—	—	—	—	—	1,4	—	1,6
PENEIRAS												
Alternativas, de impulsos e oscilantes	1,2	1,2	1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rotativas	1,2	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TRANSPORTADORES												
De correia metálica, canecas, elevadores	—	1,4	1,6	—	—	—	—	—	—	1,4	—	1,6
De correia de borracha (material pesado)	—	1,2	1,4	—	—	—	—	—	—	1,2	—	1,4
De correia de borracha (material leve)	—	1,0	1,1	—	—	—	—	—	—	1,0	—	1,2
TRITURADORES												
De cilindros, de bolas, de mandíbulas	—	1,4	1,6	1,4	1,6	—	—	—	—	1,4	1,6	—

Fonte: Marco (2022)

2.3 Correia/polias: relações cinemáticas

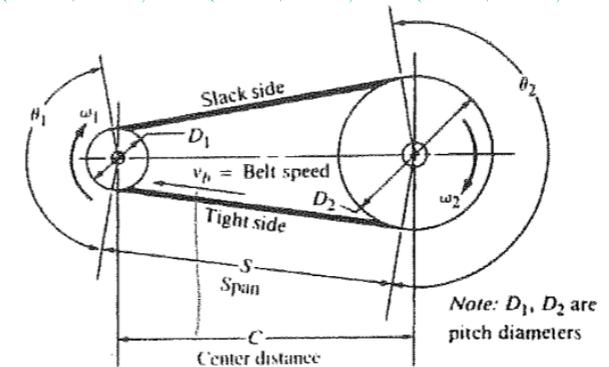
✓ Relações de velocidade:

➤ Velocidade tangencial desenvolvida na correia ($V_b = \pi D n$) ou:

$$V_b = \omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2 \quad (\text{cte na transmissão})$$

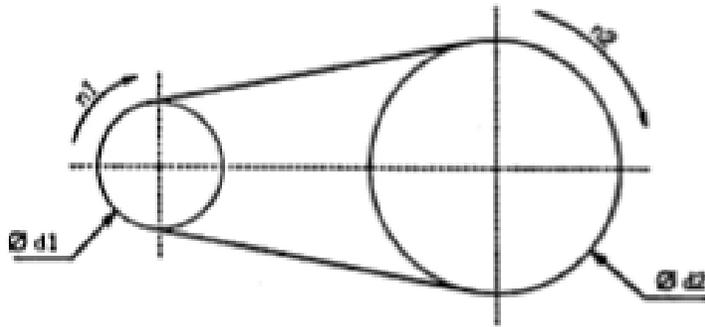
$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2 \quad \longrightarrow \quad 2\pi n_1 \frac{d_1}{2} = 2\pi n_2 \frac{d_2}{2}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (1)$$



2.3 Correia/polias: relações cinemáticas

- ✓ Dado o sistema de transmissão por polia e correia planas, determine a rotação da polia 2.
- Considere $d_1 = 70\text{mm}$ e $n_1 = 1800\text{rpm}$ e, ainda $d_2 = 210\text{mm}$.



$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2}$$
$$n_2 = 600\text{rpm}$$

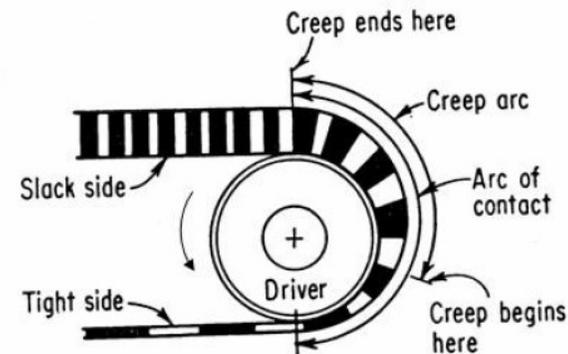
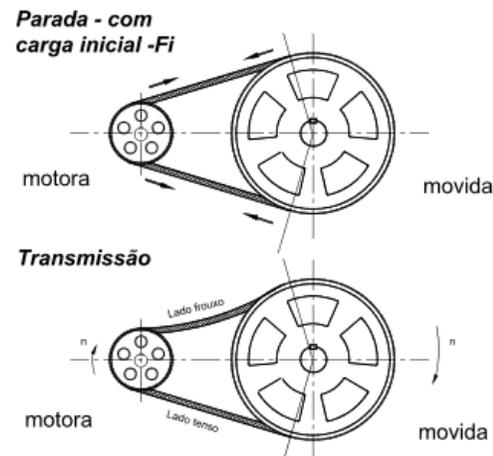
2.4 Correias: fenômenos físicos observados

✓ Coeficiente de atrito estático transmite potência: Carga Inicial (F_i) ou Pré-Carga (estacionária).

✓ *Fenômenos observado em sistemas correia/polia:*

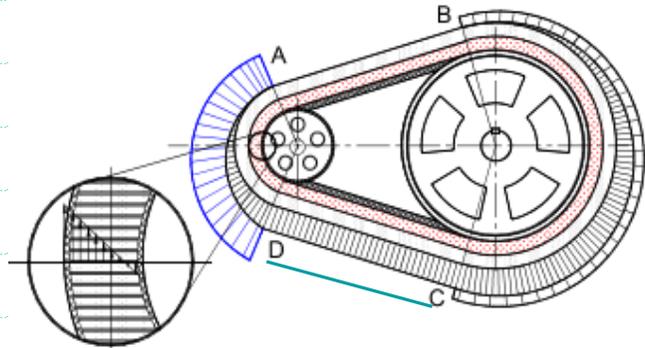
❖ Creep (diferença de tensão): função: propriedade do material – contração e alongação – na trajetória cíclica entre entrada e saída da polia motora.

❖ Deslizamento/ (tensão inicial) - operacional

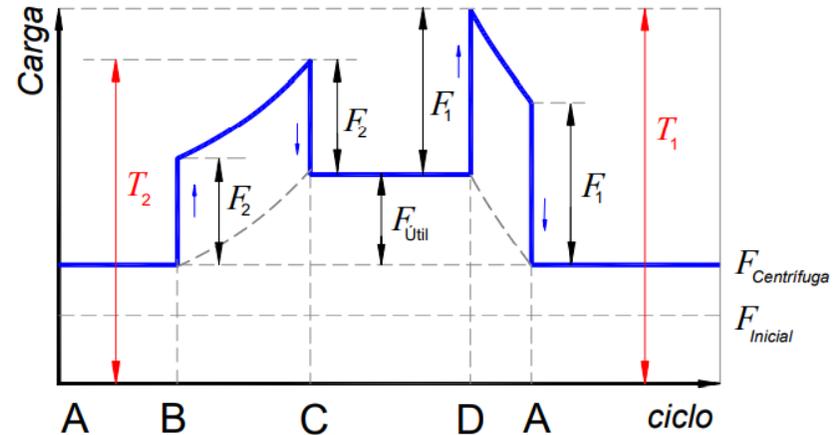


2.4.1 Correias: considerações sobre a vida útil

- Carregamentos devido à flexão na correia: estimativa da vida útil da correia



Obtidos experimentalmente, com fatores de correção.



No ponto D: $T_1 = F_C + F_1 + F_{Flex1}$
 No ponto C: $T_2 = F_C + F_2 + F_{Flex2}$

onde: F_1 e F_2 ⇒ forças de tração nos ramos tenso e frouxo, respectivamente.
 F_{Flex1} e F_{Flex2} ⇒ cargas devido à flexão em torno da polia.
 F_C ⇒ carga gerada pelos efeitos centrífugos.

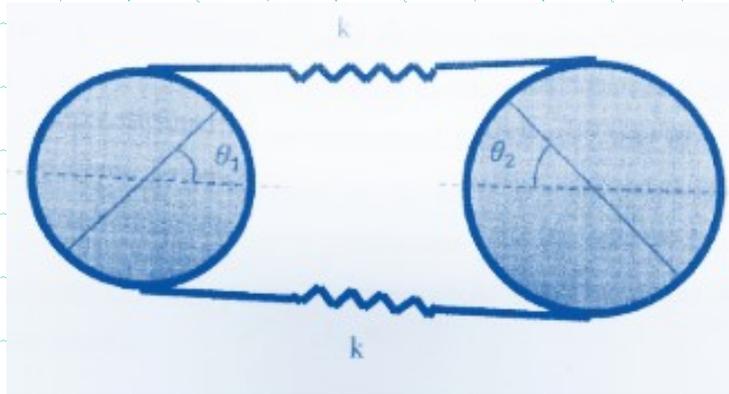
Fatores que influenciam a vida da correia = Num. Ciclos da correia



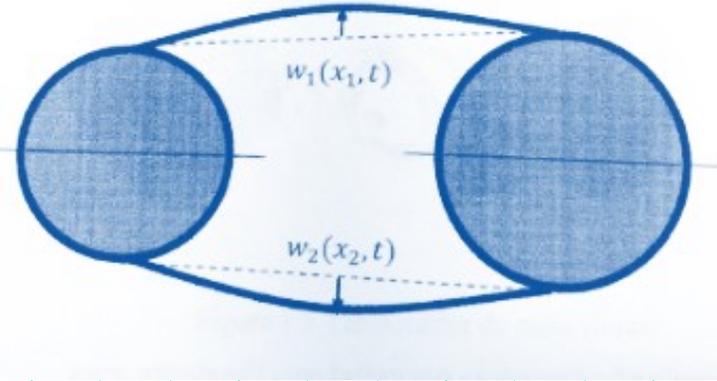
Representação gráfica adaptada do ciclo de uma volta completa da correia (Fonte: Collins, 2006)

2.4.1 Correias: considerações sobre a vida útil

- Efeitos vibracionais em sistemas de correia/polias
- Excentricidades de montagem, propriedades das correias, montagem dos suportes eixo-mancal.



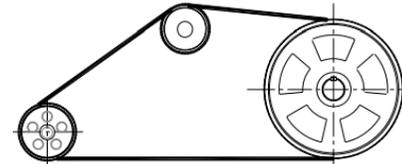
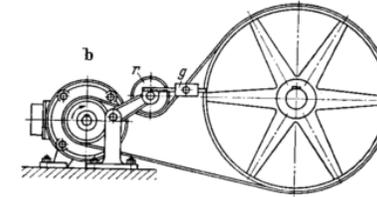
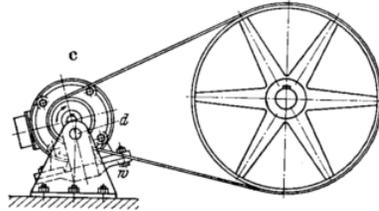
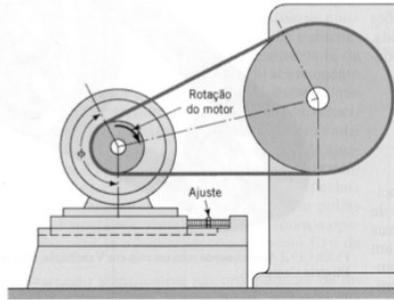
- ✓ *Deformação longitudinal*: **fadiga** nas correias e mancais; forças de reação nos mancais (aumento do ruído) **escorregamento das correias**.



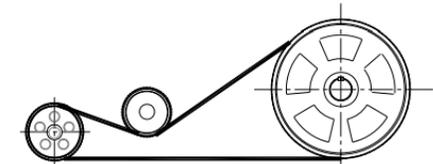
- ✓ Aumento do ruído!

- Sistema de movimentação não-linear (*polias, braços tensionadores e tramos*): acoplamento dos deslocamentos das polias/tensionadores, deslocamento transversal dos tramos e deslocamento longitudinal dos tramos - *Princípio de Hamilton*.

2.4.2 Correias: boas práticas de projeto



Polia tensora interna



Polia tensora externa

Boas práticas de projeto:

- Ângulo de abraçamento da correia motora deve ser maior do que 120° ;
- Tramo menos tenso da carreira deve estar sempre para cima, para aumentar o arco de contato;
- Se ocorrer a ruptura de uma correia em transmissão múltipla, todas devem ser trocadas.
- Influência da temperatura reduz a vida útil da correia;

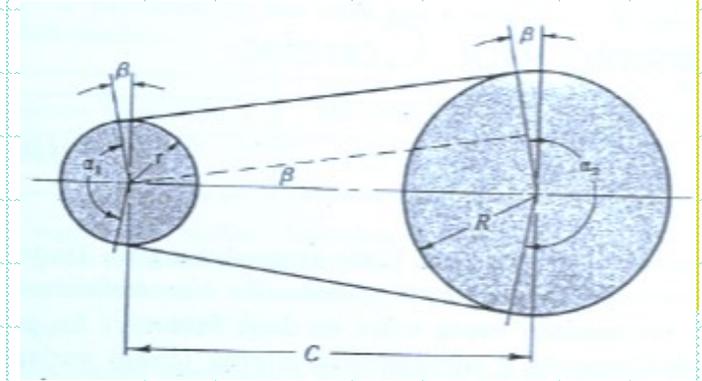
Boas práticas de projeto:

- Alongamento permanente devido ao desgaste: uso de estiradores;
- Alongamento devido a temperatura e umidade: uso de proteções físicas;
- O escorregamento devido ao *creep* não deve ultrapassar 2% da velocidade da correia.

2.5 Correia/polias: geometria

$$\phi_1 = 180^\circ - 2\beta \quad \rightarrow \quad \text{sen}\beta = \frac{R - r}{c}$$

$$\phi_2 = 180^\circ + 2\beta$$



➤ Carregamentos devido à flexão na correia

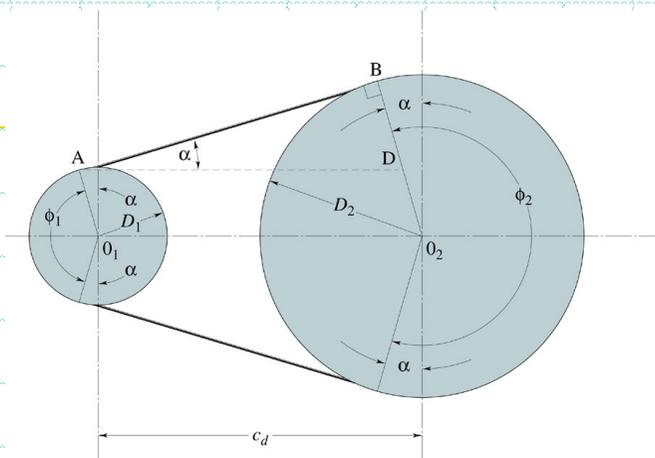
- ✓ Influência do diâmetro da polia menor sobre a vida da correia (perfil C)

Diâmetro da polia menor - d ($d_{\text{recomendado}} = 254 \text{ mm}$)		VIDA DA CORREIA (%)
mm	in	
305	12	260
280	11	165
254	10	100
230	9	59
203	8	30
178	7	15

$$D_2 < c < 3(D_2 + D_1)$$

$$\phi_1 > 120^\circ$$

2.5 Correia/polias: geometria



D_1 - Diâmetro da polia maior
 D_2 - Diâmetro da polia menor
 C - Distância entre eixos
 θ - ângulo de contato (abraçamento);
 L - comprimento da correia

$$AB^2 + BD^2 = AD^2$$



$$AB^2 + (r_2 - r_1)^2 = c_d^2$$



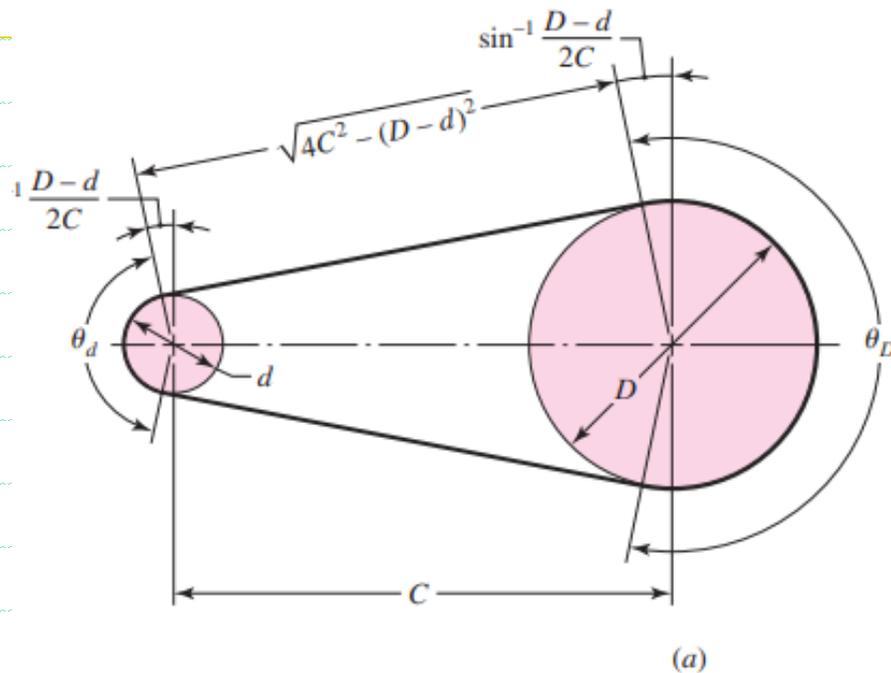
$$AB = \sqrt{c_d^2 - (r_2 - r_1)^2}$$

$$L = 2AB + r_1\theta_1 \frac{\pi}{180^\circ} + r_2\theta_2 \frac{\pi}{180^\circ}$$

(2)

Fonte: Hamrock *et al* (2006)

2.5 Correia/polias: geometria



$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C}$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d)$$

Fonte: Shigley et al (2006)

2.6 Correia plana: equação de deslizamento

✓ Princípio de funcionamento por atrito entre superfícies:

* Firbank, T.C. (1970) Mechanics of the flat belt drive. ASME, paper v.12, n.12, p. 1053-1063.

▪ *Grandezas envolvidas:*

F_1 = força no tramo carregado da correia;

F_2 = força no tramo descarregado da correia;

ρ = peso específico do material da correia;

b = largura da correia;

t = espessura da correia;

V = velocidade tangencial da correia;

μ = coeficiente de atrito;

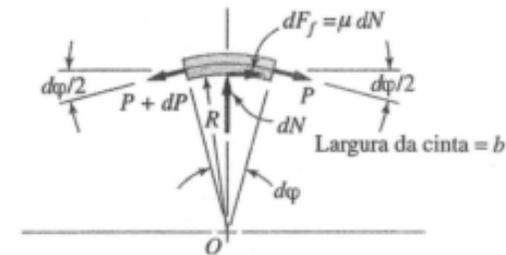
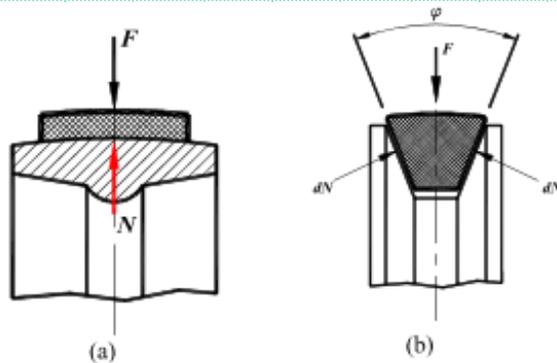
r = raio da polia;

θ (ou ϕ) = arco de contato entre a correia e a polia [rad].

2.6 Correia plana: equação de deslizamento

- Considerando um elemento infinitesimal $dL=d\theta$ e as hipóteses:

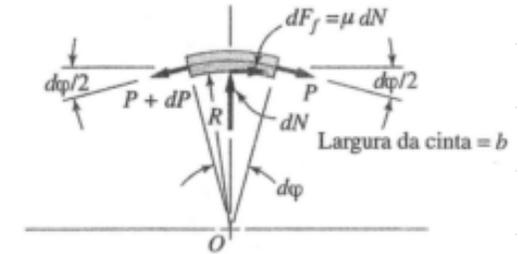
- ✓ A força da polia na correia gera uma força normal (dN), que será proporcional a Força de atrito (dF_f);
- ✓ Com o escorregamento iminente (coeficiente de atrito estático/dinâmico), a força de atrito será dF_f , atuando em um sentido oposto àquele de tração;
- ✓ Aumentado gradualmente a força (P), em torno da polia passando de F_2 para F_1 , a força sobre a extremidade do lado tenso será $P + \Delta P$.



2.6 Correia plana: equação de deslizamento

- Pelo DCL:

✓ Forças no sentido tangencial:



$$(P + dP) \cos \frac{d\phi}{2} - P \cos \frac{d\phi}{2} - dF_f \mu = 0 \quad (1)$$

$$\cos \frac{d\phi}{2} \cong 1 \quad (a)$$

$$(P + dP) \cos \frac{d\phi}{2} - P \cos \frac{d\phi}{2} - dF_f \mu = 0 \quad (2)$$

$$dP - \mu dN = 0 \quad (3)$$

2.6 Correia plana: equação de deslizamento

✓ Forças no sentido radial:

$$dN - (P + dp) \operatorname{sen} \frac{d\varphi}{2} - P \operatorname{sen} \frac{d\varphi}{2} = 0 \quad (4)$$

$$\operatorname{sen} \frac{d\varphi}{2} \cong \frac{d\varphi}{2} \quad (b)$$

$$dN - (P + dp) \frac{d\varphi}{2} - P \frac{d\varphi}{2} = 0 \quad (5)$$

$$dN - (P + dp) \frac{d\varphi}{2} - P \frac{d\varphi}{2} = 0 \quad (5a)$$

Rearranjando os termos e desprezando o termo $dp \, d\varphi$, tem-se:

2.6 Correia plana: equação de deslizamento

$$dN = P d\varphi \quad (6)$$

Combinando-se as equações (3) e (6) tem-se:

$$dP - \mu P d\varphi = 0 \quad (7)$$

ou

$$\frac{dP}{P} = \mu d\varphi \quad (8)$$

Integrando os dois lados, com variação da força e do ângulo de abraçamento θ tem-se:

$$\int_{F_2}^{F_1} \frac{dP}{P} = \mu \int_0^{\phi} d\varphi \quad (9)$$

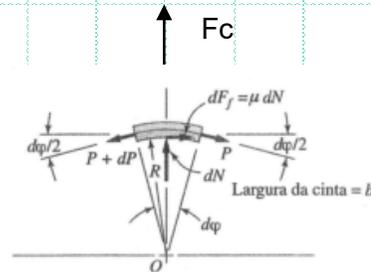
2.6 Correia plana: equação de deslizamento

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \mu \phi \quad (10)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{\mu \phi_1} \quad (11)$$

✓ Inclusão da força centrífuga para velocidades mais elevadas na equação de deslizamento.

$$P_c = \gamma b t v^2 \quad \text{ou} \quad P_c = w' v^2 \quad (12)$$



(γ): peso específico em lb/in^3 ou kg/m^3 e (w'): massa linear = (γ) x seção transversal (bxt) = kg/m

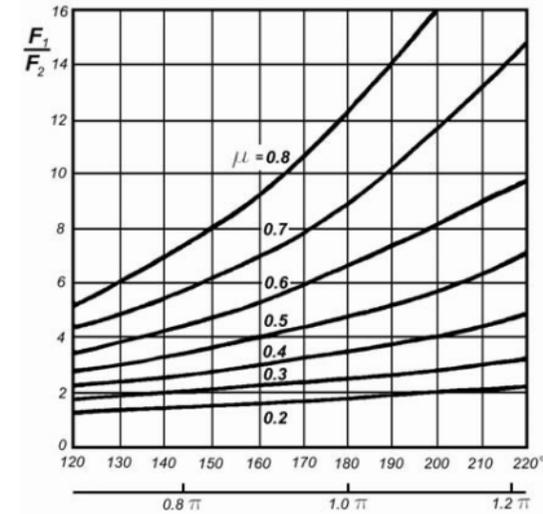
Deve ser multiplicada pelo comprimento de contato da polia motora

TABELA 17.1 Dados de Projeto Empírico, Baseados na Experiência, para Correias Planas de Alto Desempenho

Material	Espessura, t_c , in	Tração Admissível por Unidade de Comprimento, T_a , lbf/in	Diâmetro Mínimo da Polia, d_{\min} , in	Peso Específico, lb/in^3	Coefficiente de Atrito
Poliamida	0,03	10	0,6	0,035	0,5
	0,05	35	1,0	0,035	0,5
	0,07	60	2,4	0,051	0,5
	0,11	60	2,4	0,037	0,8
	0,13	100	4,3	0,042	0,8
	0,20	175	9,5	0,039	0,8
	0,25	275	13,5	0,039	0,8
Uretano	0,06	5	0,38–0,50	0,038–0,045	0,7
	0,08	10	0,50–0,75	0,038–0,045	0,7
	0,09	19	0,50–0,75	0,038–0,045	0,7
Cordonel de poliéster	0,04	57–225	1,5		

2.6 Correia plana: equação de deslizamento

$$\frac{P_1 - P_c}{P_2 - P_c} = e^{\mu\phi_1} \quad (13)$$



Ângulo de Abraçamento - θ

Relação entre as cargas na correia e o ângulo de abraçamento.

Fonte: Marco. (DEM-UFRJ)

Tabela 9.1 Propriedades gerais de correias planas confeccionadas em poliéster, poliamida e aramida, segundo o fabricante Habasit (Reproduzido com autorização da Habasit) (cont.)

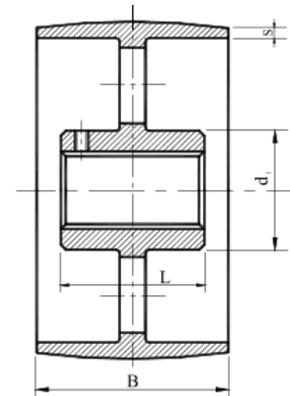
Aramida (3)	Espessura da correia (mm)	Diâmetro mínimo da polia (mm)	F_p (N/mm)	Massa (kg/m ²)	Coef.de atrito (4)
TF-10	1,7	25	10	1,75	0,4
TF-15	2	32	15	2,1	0,4
TF-22	2,4	63	22	2,7	0,4
TF-33	3	90	33	3,2	0,4
TF-50	3,9	140	50	4,1	0,4

(1) escolha inicial para usos gerais; faixa de temperatura: (-20°C/70°C). Material de tração = poliéster; material da capa externa = borracha NBR (borracha de acrílonitrilo butadieno);

(2) robusta e altamente resistente para sobrecargas e temperaturas elevadas; faixa de temperatura: (-20°C/100°C). Material de tração = poliamida; material da capa externa = borracha NBR;

(3) maior precisão para rotações elevadas e melhor aplicação com grandes comprimentos; faixa de temperatura: (-20°C/65°C). Material de tração = aramida; material da capa externa = borracha NBR

(4) coeficiente de atrito dinâmico obtido experimentalmente com polia de aço SAE 1030, classe de rugosidade N7.



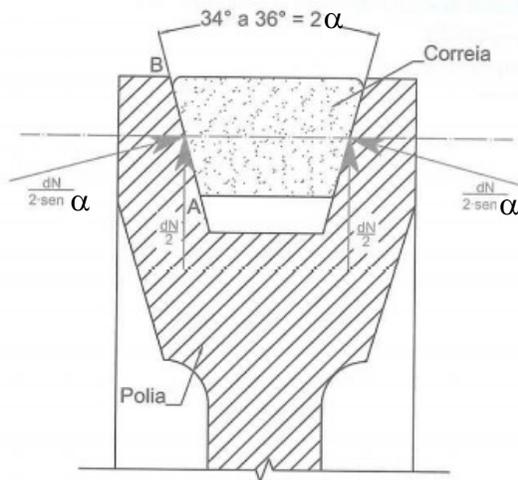
2.6.1 Equação de deslizamento ampliada para correia “V”

$$C = 0,25 \left\{ \left[L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) \right] + \sqrt{\left[L_p - \frac{\pi}{2}(D+d) \right]^2 - 2(D-d)^2} \right\} \quad (A)$$

D – diam. primitivo da polia maior; d – diam. prim., da polia menor

* *Lados convexos: sofre encurtamento, melhora contato.*

$$L_p = 2C + \pi(D+d)/2 + (D-d)^2/(4C) \quad (B)$$



$$\frac{P_1 - P_c}{P_2 - P_c} = e^{\frac{\mu \theta_1}{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}} \quad (14)$$

*Efeito da inclinação: esforço normal na correia em “V”, cerca de 3,2 do que correia plana.

$$(dN)_{plana} \Leftrightarrow \frac{(dN)_V}{\text{sen}\psi} = \frac{(dN)_V}{\text{sen}18^\circ} \Rightarrow (dN)_V \approx 3,2(dN)_{plana}$$

Equação de deslizamento,
para correia em “V”

2.7 Correias planas: Potência nominal/Projeto

$$V_1 = \frac{2\pi r_1 n_1}{6000} \quad (15)$$

Velocidade da correia

Escorregamento ≈ 1 a 2%

$$T_{\text{atrito}} = (P_1 - P_2) \frac{D_1}{2} = \frac{P_2 D_1}{2} (e^{\mu\phi_1} - 1) \quad (16)$$

Torque de atrito transmitido

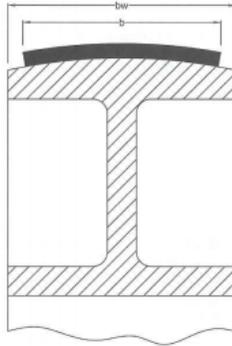
$$N = (P_1 - P_2)V \quad (17)$$

Potência nominal transmitida

$$P_{\text{projeto}} = P_{\text{nominal}} \cdot FS \quad (18)$$

Potência de Projeto

2.7 Correias planas: Determinação das dimensões da correia



$$P_{projeto} = P_{nominal} \cdot FS \quad (18)$$

Fator de Serviço - FS.

TIPO DE TRABALHO	FATOR DE SERVIÇO	CONDIÇÃO DE TRABALHO
LEVE	1.0	Utilização: uso intermitente, menos de 6 h/dia Sem sobrecarga.
NORMAL	1.2	Utilização: 6 a 16 h/dia Sobrecarga momentânea, < 150 % da carga nominal.
MÉDIO	1.4	Utilização: 16 a 24 h por dia. Sobrecarga momentânea, < 200 % da carga nominal.
PESADO	1.6	Utilização: 16 a 24 h/dia Sobrecarga momentânea, < 250 % da carga nominal.
EXTRA-PESADO	1.8 - 2.0	Utilização: 24 h/dia, 7 dias/semana. Sobrecarga freqüente, < 250 % da carga nominal.

Tabela 9.1 Propriedades gerais de correias planas confeccionadas em poliéster, poliamida e aramida, segundo o fabricante Habasit (Reproduzido com autorização da Habasit)

Poliéster(1)	Espessura da correia (mm)	Diâmetro mínimo da polia (mm)	F _s (N/mm)	Massa (kg/m ²)	Coef. de atrito (4)
TC-10EF	1,8	25	10	2,0	0,4
TC-20EF	2,0	25	21	2,2	0,4
TC-20/25EF	2,5	50	23	2,7	0,4
TC-35ER	2,5	50	38	2,6	0,4
TC-35/30ER	3,0	50	38	3,0	0,4
TC-35/35ER	3,5	70	38	3,7	0,4
TC-55ER	3,0	70	53	3,2	0,4
Poliamida(2)	Espessura da correia (mm)	Diâmetro mínimo da polia (mm)	F _s (N/mm)	Massa (kg/m ²)	Coef. de atrito (4)
S10/15	1,5	40	12	1,5	0,4
S18/20	2,0	63	22	2,15	0,4
S18/30	3,0	63	22	3,0	0,4
S33/40	4,0	125	37	4,3	0,4
S33/50	5,0	125	37	5,4	0,4
A-2	2,7	56	22	2,7	0,45
A-3	3,4	125	36	3,5	0,45
A-4	5,0	280	63	5,3	0,45
A-5	6,8	450	92	7,3	0,42

(Cont.)

Tabela 9.2 Fator de serviço - K_s

Características do equipamento	Tipo de acionamento		
	Motor elétrico ou turbina	Motor de combustão interna	
		com acionamento hidráulico	com acionamento mecânico
Constante (1)	1,0	1,0	1,2
Choques moderados ou meio impulsivo (2)	1,3	1,2	1,4
Choques pesados ou bastante impulsivo (3)	1,5	1,4	1,7

(1) transportadores com carga constante, agitadores de líquidos, misturadores, bombas centrífugas, alimentadores;
 (2) transportadores com carga irregular, máquinas operatrizes em geral, compressores, fornos automáticos, secadores, esmagadores, máquinas para fabricação de papel e trefilados;
 (3) equipamentos de elevação, prensas, britadores, perfuratrizes, laminadores, equipamentos para obras civis, minas em geral, trituradores para material duro.

2.8 Correias planas: Determinação das dimensões da correia

Potência transmissível (Niemann, v. III)*:

$$N_{trans} = \frac{N_0 \cdot b}{C} \quad \text{Correia plana} \quad (19)$$

$$N_{trans} = \frac{N_0 \cdot j}{C} \quad \text{Correia em "V"} \quad (20)$$

Sendo,

N_0 = potência transmitida por largura (correia) – Fig. 27.18, Niemann –
(velocidade tangencial x rotação x Potência N_0);

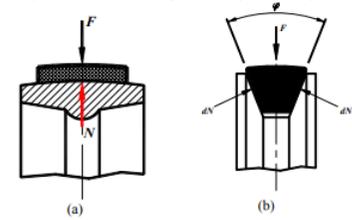
b = largura da correia plana;

j = número de correias em "V"

$C = C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7$, com $C1$ da Tab. 27.11, pág. 101 (Niemann, vol. III) (**fator de choque**, tipo de esticamento da correia, **correção do ângulo de abraçamento**,.....)

2.8 Correias planas: Tensões na correia

- As correias estão submetidas a dois tipos de tensões: **tração** e **flexão (em torno da polia)**.



- Para que o mecanismo de transmissão ocorra é necessária uma **tração inicial**, que aumente o contato das superfícies (**Pré-Carga inicial**).
 - Sub-tracionamento acarreta deslizamento e geração de calor devido ao atrito entre correia e polia;
 - Super-tracionamento: diminui a vida útil das correias e mancais.

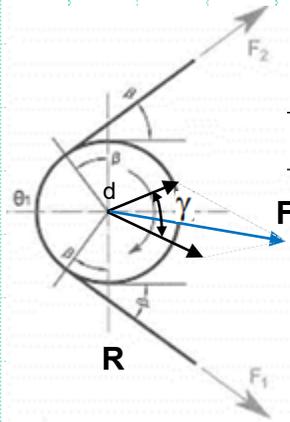
2.8 Correias planas: Determinação da força de pré-carga

F_i = Pré-carga (carregamento inicial), N (lbf)

F_1 = Força no lado tensionado, N (lbf)

F_2 = Força no lado menos tensionado, N (lbf)

R = Força resultante na correia (carga útil/trabalho), N (lbf)



$$R = F_1 - F_2$$

$$F = (F_1 + F_2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(\gamma))^{1/2}$$

$$\gamma = 2\beta$$

✓ Estimativa da Pré-carga (F_i)

Se $M_t = 0$ (estático) $\therefore R = 0 \therefore F_i = F_1 - F_2$

Se $M_t > 0$ (transmissão) \Rightarrow

$$\begin{aligned} F_1 &= F_i + \Delta F \\ F_2 &= F_i - \Delta F \end{aligned} \quad F_1 - F_2 = R = 2\Delta F \rightarrow \Delta F = \frac{R}{2} \quad F_r = \frac{T}{2}$$

Se $R \uparrow$ (limite) \Rightarrow

$$\begin{aligned} F_1 &= F_i + \frac{R}{2} \\ F_2 &= F_i - \frac{R}{2} \end{aligned} \quad F_1 + F_2 = R = 2F_i$$

$$\frac{P_1 - P_c}{P_2 - P_c} = e^{\mu\phi_1}$$

Lembrando que:

$$\frac{P_1 - P_c}{P_2 - P_c} = e^{\frac{\mu\theta_1}{2}}$$

$F_2 \min = 0$ (não há compressão)

$F_1 \max = R = 2F_i \Rightarrow F_i \max = R/2$

como $F_2 > 0$ (Transmitir) \Rightarrow

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

2.8 Correias planas: Determinação do carregamento

Forças atuantes no eixo de transmissão

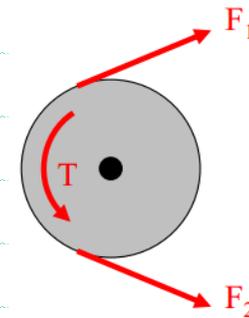
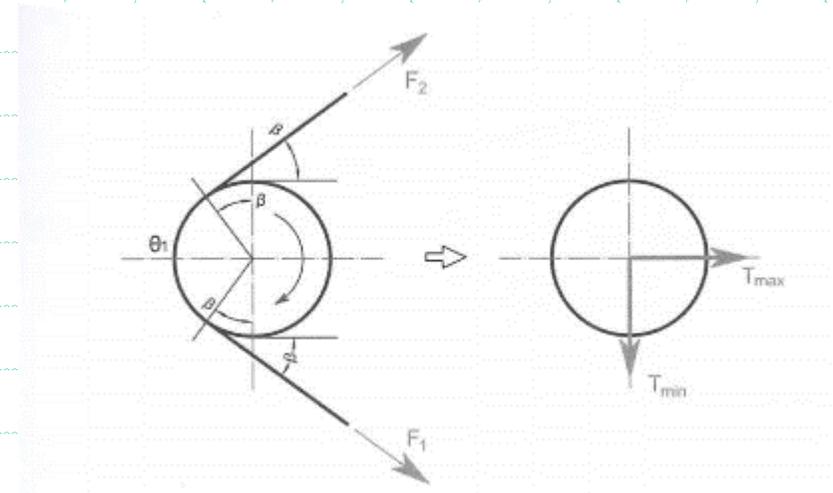
- ✓ As forças no lado tensionado (F_1) e lado menos tensionado (F_2), devido à simetria, apresentam inclinações equivalentes, em relação ao sistemas de eixos horizontal e vertical conforme equações de equilíbrio (A):

$$\begin{aligned} F_H &= (F_1 + F_2) \cos \beta \Rightarrow T_{\max} = (F_1 + F_2) \cos \beta \\ F_V &= (F_1 - F_2) \sin \beta \Rightarrow T_{\min} = (F_1 - F_2) \sin \beta \end{aligned} \quad (A)$$

- ✓ O ângulo β se refere a um ângulo complementar, obtido a partir da relação do **ângulo de abraçamento**:

$$\theta_1 + 2\beta = 180^\circ$$

- ✓ Os valores máximos e mínimos dos esforços atuando sobre o eixo dependerá do sentido e direção da posição relativa das polias.
 - ✓ Carregamento máximo ocorre quando F_1 e F_2 estão na direção paralela e o carregamento mínimo com $F_1 > F_2$.



$$F_1 - F_2 = \frac{T}{d/2} \quad (21)$$

2.9 Seleção de correias “V”

b) Potência por Correia (P_{correia})

$$P_{\text{correia}} = (\text{Potência básica} + \text{Potência adicional}) \times F_L \quad (22)$$

Potência Básica = determinada pelo fabricante, ensaios com polias de canais iguais, L médios e fator de operação = 1,0;

Função dos parâmetros: perfil, diâmetro e velocidade de rotação – rpm)

Potência adicional = fator de correção aplicado em função da diferença entre diâmetros das polias e relação de transmissão.

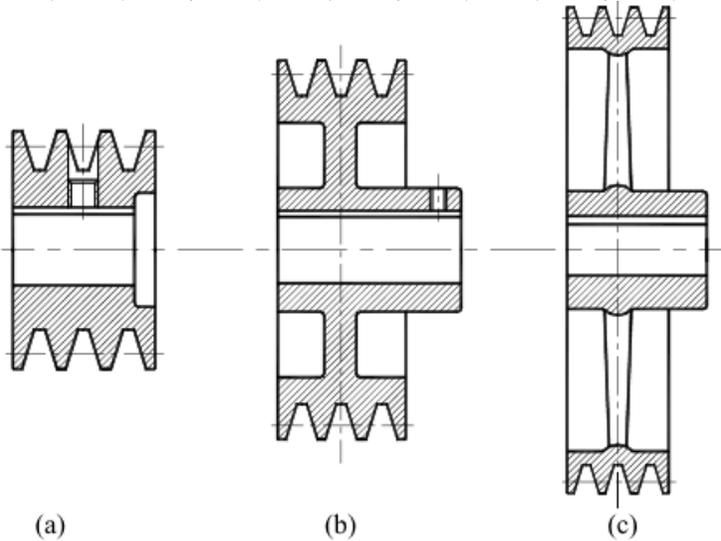
Função dos parâmetros: perfil, diâmetro e velocidade de rotação – rpm, relação de transmissão)

F_L = fator de correção do comprimento da correia e seu perfil.

2.9 Seleção de correias “V”

b) Potência por Correia (P_{correia})

$$P_{\text{correia}} = (\text{Potência básica} + \text{Potência adicional}) \times F_L \quad (22)$$



Polias para correia em V.

Fator de correção - F_L

Designação do tamanho	Fator de correção - F_L				
	A	B	C	D	E
26	0.78				
31	0.82				
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			
51	0.93	0.88	0.80		
55	0.95	0.89	0.81		
60	0.97	0.91	0.83		
68	1.00	0.94	0.85		
75	1.02	0.96	0.87		
80	1.04	0.97	0.88		
81	1.045	0.98	0.89		
85	1.05	0.99	0.90		
90	1.07	1.00	0.91		
96	1.08	1.01	0.92		
97	1.09	1.02	0.93		
105	1.10	1.03	0.94		
112	1.12	1.05	0.95		
120	1.13	1.06	0.96	0.86	
128	1.15	1.08	0.98	0.89	
144		1.10	1.00	0.91	
158		1.12	1.02	0.93	
173		1.14	1.04	0.94	
180		1.15	1.05	0.95	0.92
195		1.17	1.06	0.96	0.93
210		1.18	1.07	0.98	0.95
240		1.22	1.10	1.00	0.97
270		1.24	1.13	1.02	0.99
300		1.27	1.15	1.04	1.01
330			1.17	1.06	1.03
360			1.18	1.07	1.04
390			1.20	1.09	1.06
420			1.21	1.10	1.07
480				1.13	1.09
540				1.15	1.11
600				1.17	1.13
660				1.18	1.15

2.9 Seleção de correias “V”

c) Determinação do número de correias

$$N = \frac{P_{HP}}{(P_{corr} \cdot Ca)} \quad (23)$$

$Ca \rightarrow$ fator de correção para o arco de contato = $f(\text{dimensões } (D, d \text{ e } c), \text{ tipo de polias (V-V ou V-plana)})$

Fator de correção para o arco de contato - Ca

$\frac{(D-d)}{c}$	Ângulo de contato [°]	Fator de correção - Ca	
		V-V	V-plana
0.0	180	1.00	0.75
0.1	174	0.99	0.76
0.2	169	0.97	0.78
0.3	163	0.96	0.79
0.4	157	0.94	0.80
0.5	151	0.93	0.81
0.6	145	0.91	0.83
0.7	139	0.89	0.84
0.8	133	0.87	0.85
0.9	127	0.85	0.86
1.0	120	0.82	0.82
1.1	113	0.80	0.80
1.2	106	0.77	0.77
1.3	99	0.73	0.73
1.4	91	0.70	0.70
1.5	83	0.65	0.65

2.9 Seleção de correias “V”

* Determinação do número de correias em “V”

$$b = \frac{N_{motor}}{N_{tab} \cdot K_1 \cdot K_2} \quad (23a)$$

Número de correias em “V”.

- N_{tab} é obtido através de uma tabela, em função do diâmetro da polia menor e da velocidade da correia.

- N_{motor} é a potência do motor instalado.

Tabela B – Fator de correção (K_2), devido ao comprimento da correia.

Tabela A – Fator de correção (K_1), para ângulos de abraçamentos menores do que 180° .

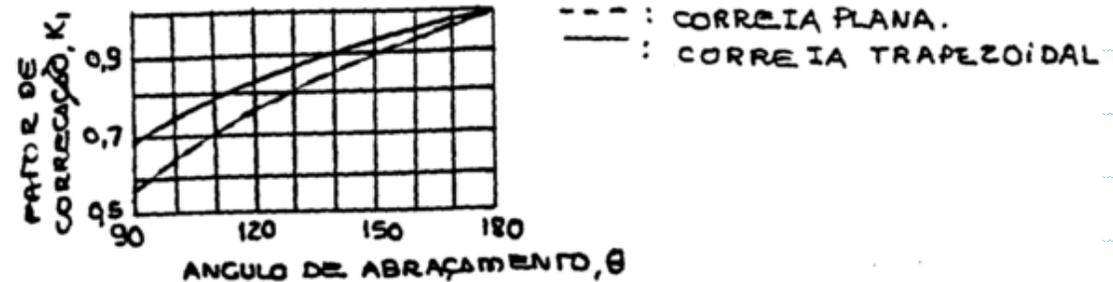


TABELA VIII FATORES DE CORREÇÃO K_2 .

FATOR K_2	COMPRIMENTO NOMINAL [in]			
	SEÇÃO A	SEÇÃO B	SEÇÃO C	SEÇÃO D
0,85	ATÉ 35	ATÉ 46	ATÉ 75	ATÉ 128
0,90	35 - 46	47 - 60	76 - 96	129 - 162
0,95	47 - 55	61 - 75	97 - 120	163 - 210
1,00	56 - 75	76 - 97	121 - 158	210 - 270
1,05	76 - 90	98 - 120	159 - 195	270 - 330
1,10	91 - 112	121 - 144	196 - 240	331 - 420
1,15	ACIMA 112	ACIMA 144	ACIMA 240	ACIMA 420

3. Estimativa de vida útil/ciclos de correias “V”

➤ Collins (2006)

$$N_f = k_i [K_0 - \sigma_a] 2 [K_m - \sigma_m]^2 L_d 1,75 V^k \quad (25)$$

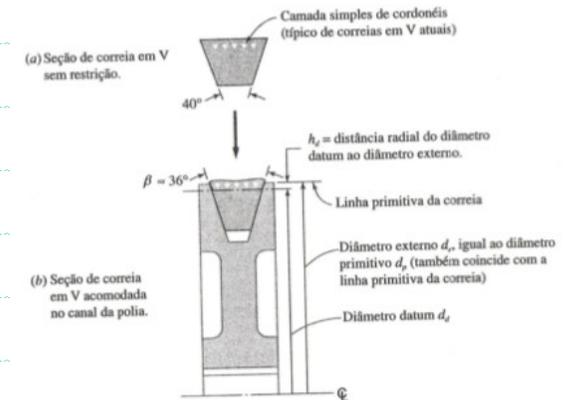
σ_m – tensão média real de um cordonel (eq. 27);

σ_a – tensão alternada real de um cordonel (eq. 28);

K_i, K_0, K_m, k – constantes empíricas – tab. 17.3;

L_d – comprimento *datum* da correia - tab. 17.5;

V – velocidade linear da correia [m/min].



3. Estimativa de vida útil/ciclos de correias “V”

➤ Collins (2006)

✓ Equações que definem as tensões médias e alternadas do cordonel lateral:

$$\sigma_m = \frac{F_{1real} + F_{2real} + 2F_{flexão} + F_c}{2A_c} \quad (26)$$

$$\sigma_a = \frac{F_{1real} + F_{flexão} - F_2}{2A_c} \quad (26)$$

Sendo:

F_{1real} = tração real (tab. 17.3) no cordonel lateral do lado tenso da correia F_1 ;

F_{2real} = tração real (tab. 17.3) no cordonel lateral do lado frouxo da correia F_2 ;

$F_{flexão}$ = tração no cordonel devido à flexão;

F_c = tração no cordonel lateral devido à força centrífuga;

A_c = área nominal de cada cordonel.

3. Estimativa de vida útil/ciclos de correias “V”

➤ Collins (2006)

$$F_{flexão} = \frac{C_1 + C_2}{d_d} \quad (28)$$

Sendo:

d_d = diâmetro real (*Datum*) da correia;

C_1 e C_2 = constantes, para uma determinada seção transversal e material da correia.

$$F_C = C_3 V^2 \quad (29)$$

Sendo:

C_3 = determinada pela seção transversal de uma correia.

$$F_{1real} = C_4 F_1 \quad (30)$$

Sendo:

C_4 = constante, para uma determinada seção transversal, material da correia e diâmetro da polia.

3. Estimativa de vida útil/ciclos de correias “V”

➤ Collins (2006)

TABELA 17.3 Constantes¹ Baseadas em Dados Empíricos Desenvolvidos para o Uso com (17-10) para Seções Transversais Seleccionadas² de Correia em V (Todos os dados são para cordões de poliéster)

Seção de Correia	d_c para ³ A, B, C, D; d_c para ⁴ 3V, 5V, in	K_1	K_2 , ksi	K_3 , ksi	k	C_1	C_2	C_3	C_4	A_c , in ²	n_c	w_c , lb/ft
A	3	$6,13 \times 10^{-8}$	19,8	26,4	-1	5,0	111	$0,101 \times 10^{-4}$	0,20	$1,73 \times 10^{-3}$	7,0	0,065
	4	$6,13 \times 10^{-8}$	19,8	26,4	-1	5,0	111	$0,101 \times 10^{-4}$	0,18	$1,73 \times 10^{-3}$	7,0	0,065
	5	$6,13 \times 10^{-8}$	19,8	26,4	-1	5,0	111	$0,101 \times 10^{-4}$	0,17	$1,73 \times 10^{-3}$	7,0	0,065
	6	$6,13 \times 10^{-8}$	19,8	26,4	-1	5,0	111	$0,101 \times 10^{-4}$	0,16	$1,73 \times 10^{-3}$	7,0	0,065
	7	$6,13 \times 10^{-8}$	19,8	26,4	-1	5,0	111	$0,101 \times 10^{-4}$	0,16	$1,73 \times 10^{-3}$	7,0	0,065
B	4	$1,78 \times 10^{-7}$	17,3	26,0	-1	5,2	123	$0,133 \times 10^{-4}$	0,14	$1,73 \times 10^{-3}$	7,8	0,112
	5	$1,78 \times 10^{-7}$	17,3	26,0	-1	5,2	123	$0,133 \times 10^{-4}$	0,15	$1,73 \times 10^{-3}$	7,8	0,112
	6	$1,78 \times 10^{-7}$	17,3	26,0	-1	5,2	123	$0,133 \times 10^{-4}$	0,15	$1,73 \times 10^{-3}$	7,8	0,112
	7	$1,78 \times 10^{-7}$	17,3	26,0	-1	5,2	123	$0,133 \times 10^{-4}$	0,16	$1,73 \times 10^{-3}$	7,8	0,112
	8	$1,78 \times 10^{-7}$	17,3	26,0	-1	5,2	123	$0,133 \times 10^{-4}$	0,17	$1,73 \times 10^{-3}$	7,8	0,112
C	6	$9,39 \times 10^{-11}$	14,1	20,8	0	7,5	200	$0,213 \times 10^{-4}$	0,15	$2,88 \times 10^{-3}$	9,0	0,199
	7	$9,39 \times 10^{-11}$	14,1	20,8	0	7,5	200	$0,213 \times 10^{-4}$	0,14	$2,88 \times 10^{-3}$	9,0	0,199
	8	$9,39 \times 10^{-11}$	14,1	20,8	0	7,5	200	$0,213 \times 10^{-4}$	0,14	$2,88 \times 10^{-3}$	9,0	0,199
	10	$9,39 \times 10^{-11}$	14,1	20,8	0	7,5	200	$0,213 \times 10^{-4}$	0,13	$2,88 \times 10^{-3}$	9,0	0,199
	12	$9,39 \times 10^{-11}$	14,1	20,8	0	7,5	200	$0,213 \times 10^{-4}$	0,13	$2,88 \times 10^{-3}$	9,0	0,199
D	7	$6,76 \times 10^{-10}$	10,8	14,6	0	26,5	256	$0,291 \times 10^{-4}$	0,12	$5,15 \times 10^{-3}$	11,0	0,406
	8	$6,76 \times 10^{-10}$	10,8	14,6	0	26,5	256	$0,291 \times 10^{-4}$	0,11	$5,15 \times 10^{-3}$	11,0	0,406
	9	$6,76 \times 10^{-10}$	10,8	14,6	0	26,5	256	$0,291 \times 10^{-4}$	0,11	$5,15 \times 10^{-3}$	11,0	0,406
	10	$6,76 \times 10^{-10}$	10,8	14,6	0	26,5	256	$0,291 \times 10^{-4}$	0,11	$5,15 \times 10^{-3}$	11,0	0,406
	11	$6,76 \times 10^{-10}$	10,8	14,6	0	26,5	256	$0,291 \times 10^{-4}$	0,10	$5,15 \times 10^{-3}$	11,0	0,406
3V	3	$1,58 \times 10^{-7}$	16,9	28,3	-1	5,0	101	$0,094 \times 10^{-4}$	0,23	$1,73 \times 10^{-3}$	5,0	0,049
	4	$1,58 \times 10^{-7}$	16,9	28,3	-1	5,0	101	$0,094 \times 10^{-4}$	0,22	$1,73 \times 10^{-3}$	5,0	0,049
	5	$1,58 \times 10^{-7}$	16,9	28,3	-1	5,0	101	$0,094 \times 10^{-4}$	0,21	$1,73 \times 10^{-3}$	5,0	0,049
	6	$1,58 \times 10^{-7}$	16,9	28,3	-1	5,0	101	$0,094 \times 10^{-4}$	0,21	$1,73 \times 10^{-3}$	5,0	0,049
	7	$1,58 \times 10^{-7}$	16,9	28,3	-1	5,0	101	$0,094 \times 10^{-4}$	0,21	$1,73 \times 10^{-3}$	5,0	0,049
5V	6	$9,99 \times 10^{-8}$	16,0	29,2	-1	6,0	200	$0,202 \times 10^{-4}$	0,19	$2,88 \times 10^{-3}$	6,3	0,141
	7	$9,99 \times 10^{-8}$	16,0	29,2	-1	6,0	200	$0,202 \times 10^{-4}$	0,18	$2,88 \times 10^{-3}$	6,3	0,141
	8	$9,99 \times 10^{-8}$	16,0	29,2	-1	6,0	200	$0,202 \times 10^{-4}$	0,18	$2,88 \times 10^{-3}$	6,3	0,141
	10	$9,99 \times 10^{-8}$	16,0	29,2	-1	6,0	200	$0,202 \times 10^{-4}$	0,17	$2,88 \times 10^{-3}$	6,3	0,141
	12	$9,99 \times 10^{-8}$	16,0	29,2	-1	6,0	200	$0,202 \times 10^{-4}$	0,17	$2,88 \times 10^{-3}$	6,3	0,141

¹Coefficientes de correlação para todas as seções transversais na faixa de 0,81 a 0,99. Um coeficiente de correlação típico é de 0,9.

²Dados de outras seções transversais são disponíveis na ref. 10. Note também que os dados para C, são de valores aproximados. C, é, na realidade, uma função fraca da razão de tração, como mostrado na ref. 10.

³Diâmetro datum.

⁴Diâmetro externo

6. Exemplo de cálculo de correias em “V” (Catálogo Goodyear)

- Selecionar uma transmissão por correias em “V” considerando as seguintes informações:

✓ Acionador: Motor elétrico de (N= **30 HP**) rotação de $n_1 = \underline{1170}$ rpm.

✓ Acionado: rotação de operação: 280 rpm.

✓ Regime de trabalho: Contínuo

✓ Distância entre centros (a): mínima de 914 mm e máxima 1270 mm

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

1) Relação de transmissão

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1170}{280} = 4,18$$

2) Perfil da correia

Utilizando **Tabela 1**, entrando com potência efetiva e maior rotação. Determina-se o **perfil C**. Diâmetro da polia menor entre $d_{1\min} = 200 \text{ mm}$ e $d_{1\max} = 300 \text{ mm}$.

DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE CORREIA

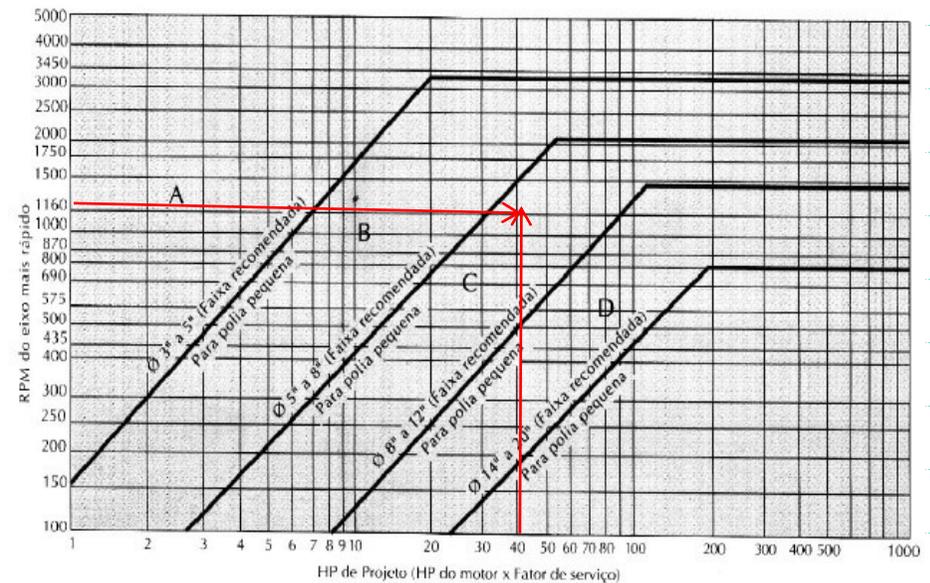


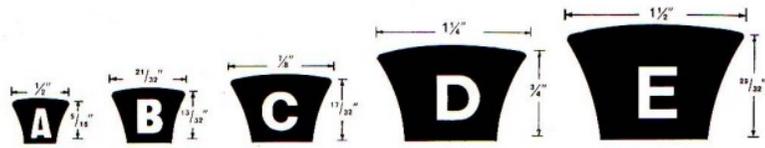
Tabela 1 - Perfil da correia – Catálogo da Goodyear

3) Diâmetros nominais das polias

$$d_1 = 250 \text{ mm}$$

$$d_2 = d_1 \cdot i = 250 \cdot 4,18 = 1045 \text{ mm}$$

7. Leitura de dados de correias em catálogos



COMPRIMENTOS STANDARD

PERFIL A			PERFIL B			PERFIL C			PERFIL D			PERFIL E		
Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH		Ref.	CIRCUNF. PITCH	
	Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm		Pol.	mm
A-26	27.3	695	B-35	36.8	935	C-51	53.9	1370	D-120	123.3	3130	180	184.5	4685
31	32.3	820	38	39.8	1010	55	57.9	1470	128	131.3	3335	195	199.5	5065
33	34.3	870	42	43.8	1110	60	62.9	1595	136	139.3	3540	202	206.5	5245
35	36.3	920	46	47.8	1215	68	70.9	1800	144	147.3	3740	210	214.5	5448
38	39.3	1000	48	49.8	1285	75	77.9	1980	158	161.3	4095	225	229.5	5830
41	42.3	1075	50	51.8	1315	81	83.9	2130	162	165.3	4200	240	241.0	6120
42	43.3	1100	51	52.8	1340	85	87.9	2230	173	176.3	4480	270	271.0	6985
46	47.3	1200	53	54.8	1390	90	92.9	2360	180	183.3	4655	300	301.0	7645
50	51.3	1305	55	56.8	1440	96	98.9	2510	195	198.3	5035	325	326.0	8280
51	52.3	1330	60	61.8	1570	100	102.9	2615	210	213.3	5340	330	331.0	8405
53	54.3	1780	63	64.8	1645	105	107.9	2740	225	225.8	5735	360	361.0	9170
54	55.3	1405	64	65.8	1670	112	114.9	2920	240	240.8	6115	390	391.0	9930
55	56.3	1430	65	66.8	1695	120	122.9	3120	270	270.8	6880	420	421.0	10695
60	61.3	1560	68	69.8	1770	128	130.9	3325	300	300.8	7640	480	481.0	12215
62	63.3	1610	71	72.8	1850	136	138.9	3530	330	330.8	8400			
64	65.3	1660	75	76.8	1950	144	146.9	3730	360	360.8	9165			
68	69.3	1760	78	79.8	2025	158	160.9	4085	390	390.8	9925			
71	72.3	1835	81	82.8	2105	162	164.9	4190	420	420.8	10690			
75	76.3	1940	85	86.8	2205	173	175.9	4465	480	480.8	12210			
80	81.3	2065	90	91.8	2330	180	182.9	4545						
85	86.3	2190	93	94.8	2405	195	197.9	5025						
90	91.3	2320	95	96.8	2460	210	212.9	5405						
96	97.3	2470	97	98.8	2510	225	225.9	5740						
105	106.3	2700	105	106.8	2710	240	240.9	6120						
112	113.3	2875	112	113.8	2890	255	255.9	6500						
120	121.3	3080	120	120.8	3070	270	270.9	6880						
128	129.3	3285	124	125.8	3195	300	300.9	7640						
136	137.3	3485	128	129.8	3295	330	330.9	8405						
144	145.3	3690	136	137.8	3500	360	360.9	9165						
158	159.3	4045	144	145.8	3705	390	390.9	9930						
162	163.3	4145	158	159.8	4060	420	420.9	10690						
173	174.3	4425	162	163.8	4160									
180	181.3	4605	173	174.8	4440									
			180	181.8	4615									
			195	196.8	5000									
			210	211.8	5380									
			225	225.3	5720									
			240	240.3	6105									
			270	270.3	6865									
			300	300.3	7625									
			330	330.3	8390									
			360	360.3	9150									

Obs.: O número que aparece após a letra designativa do perfil indica a circunferência interna em polegadas.
Ex.: A-31—Perfil A com 31" de circunferência interna.

Classificação de HP por Correia

Perfil C

Rotação do eixo mais rápido	POTÊNCIA POR CORREIA [HP _{Básico}]													Rotação do eixo mais rápido	HP ADICIONAL POR CORREIA COM RELAÇÃO À VELOCIDADE (i)										
	Diâmetro nominal da polia menor [mm]														1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.21	1.28	1.40	1.65	
435	178	191	203	216	229	241	254	267	279	292	305	318	330	435	1.00	1.04	1.07	1.10	1.14	1.20	1.27	1.39	1.64	acima	
485	3.44	3.93	4.42	4.91	5.39	5.87	6.35	6.83	7.30	7.76	8.23	8.69	9.14	485	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.42	0.47	
575	4.27	4.90	5.53	6.15	6.76	7.37	7.97	8.57	9.16	9.75	10.3	10.9	11.5	575	0.00	0.06	0.12	0.19	0.25	0.31	0.37	0.44	0.50	0.56	
585	4.32	4.97	5.60	6.23	6.85	7.47	8.08	8.69	9.29	9.89	10.5	11.1	11.6	585	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57	
690	4.90	5.63	6.36	7.09	7.80	8.51	9.21	9.90	10.6	11.26	11.9	12.6	13.2	690	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67	
725	5.08	5.85	6.61	7.36	8.10	8.84	9.57	10.3	11.0	11.7	12.4	13.1	13.8	725	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	
870	5.79	6.68	7.57	8.43	9.29	10.1	11.0	11.8	12.6	13.4	14.2	15.0	15.7	870	0.00	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	0.85	
950	6.16	7.11	8.06	8.99	9.90	10.8	11.7	12.6	13.4	14.3	15.1	15.8	16.7	950	0.00	0.10	0.21	0.31	0.41	0.51	0.62	0.72	0.82	0.93	
1160	7.02	8.13	9.22	10.3	11.3	12.4	13.4	14.3	15.3	16.2	17.1	18.0	18.8	1160	0.00	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.01	1.13	
1425	7.91	9.18	10.4	11.6	12.8	13.9	15.0	16.1	17.1	18.1	19.0	19.9	20.7	1425	0.00	0.15	0.31	0.46	0.62	0.77	0.93	1.08	1.24	1.39	
1750	8.68	10.1	11.5	12.8	14.0	15.2	16.3	17.3	18.3	19.2	20.0	20.7	21.4	1750	0.00	0.19	0.38	0.57	0.76	0.95	1.14	1.33	1.52	1.71	
100	1.03	1.16	1.29	1.42	1.55	1.68	1.81	1.93	2.06	2.19	2.31	2.44	2.56	100	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	
200	1.83	2.06	2.33	2.57	2.81	3.05	3.29	3.53	3.77	4.01	4.24	4.48	4.71	200	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	
300	2.55	2.91	3.26	3.62	3.96	4.31	4.66	5.00	5.34	5.68	6.01	6.35	6.68	300	0.00	0.03	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.23	0.26	0.29	
400	3.22	3.68	4.13	4.59	5.04	5.48	5.93	6.37	6.80	7.24	7.67	8.10	8.53	400	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.35	0.39	
500	3.83	4.39	4.95	5.50	6.04	6.58	7.12	7.65	8.18	8.71	9.23	9.74	10.3	500	0.00	0.05	0.11	0.16	0.22	0.27	0.32	0.38	0.43	0.49	
600	4.41	5.06	5.71	6.36	6.99	7.62	8.25	8.87	9.48	10.1	10.7	11.3	11.9	600	0.00	0.07	0.13	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.52	0.58	
700	4.95	5.70	6.43	7.17	7.89	8.60	9.31	10.0	10.7	11.4	12.1	12.8	13.4	700	0.00	0.08	0.15	0.25	0.30	0.38	0.45	0.53	0.61	0.68	
800	5.46	6.29	7.11	7.93	8.73	9.53	10.3	11.1	11.8	12.6	13.3	14.1	14.8	800	0.00	0.09	0.17	0.26	0.35	0.43	0.52	0.61	0.69	0.78	
900	5.93	6.85	7.75	8.65	9.52	10.4	11.2	12.1	12.9	13.7	14.5	15.3	16.1	900	0.00	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.88	
1000	6.37	7.37	8.35	9.32	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.8	15.6	16.4	17.2	1000	0.00	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.76	0.87	0.97	
1100	6.79	7.86	8.91	9.94	11.0	12.0	12.9	13.9	14.8	15.7	16.6	17.4	18.3	1100	0.00	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.71	0.83	0.95	1.07	
1200	7.17	8.31	9.42	10.5	11.6	12.6	13.7	14.6	15.6	16.5	17.5	18.4	19.2	1200	0.00	0.13	0.26	0.39	0.52	0.65	0.78	0.91	1.04	1.17	
1300	7.52	8.72	9.90	11.0	12.2	13.3	14.3	15.3</																	

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

4) Determinar potência efetiva corrigida para entrar na tabela 1

$$f_{serviço} - \text{tabelas 1 a 4} \rightarrow f_{serviço} = 1,4$$
$$N_{efetiva} = N_{nominal} \cdot f_{serviço} = 30 \cdot 1,4 = 42 \text{ [HP]}$$

Fator de Serviço – FS.

TIPO DE TRABALHO	FATOR DE SERVIÇO	CONDIÇÃO DE TRABALHO
LEVE	1.0	Utilização: uso intermitente, menos de 6 h/dia Sem sobrecarga.
NORMAL	1.2	Utilização: 6 a 16 h/dia Sobrecarga momentânea, < 150 % da carga nominal.
MÉDIO	1.4	Utilização: 16 a 24 h por dia. Sobrecarga momentânea, < 200 % da carga nominal.
PESADO	1.6	Utilização: 16 a 24 h/dia Sobrecarga momentânea, < 250 % da carga nominal.
EXTRA-PESADO	1.8 – 2.0	Utilização: 24 h/dia, 7 dias/semana. Sobrecarga freqüente, < 250 % da carga nominal.

5) Velocidade tangencial da correia

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000} [m/s] = 15,31 \text{ m/s} < 30,5 \text{ m/s}$$

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

6) Distância entre centros e escolha da correia

Se não fosse fixada a distância entre centros:

$$a_{calcmin} = \frac{3d_{1min} + i.d_{1min}}{2} = \frac{3.200 + 4,18.200}{2} = 718 \text{ mm}$$

$$a_{calcmax} = \frac{3d_{1max} + i.d_{1max}}{2} = \frac{3.300 + 4,18.300}{2} = 1077 \text{ mm}$$



$$a_{calc} = \frac{a_{calcmin} + a_{calcmax}}{2} = \frac{718 + 1077}{2} = 897,5 \text{ mm}$$

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

Este valor de **a (entre centros)** seria aceitável num caso geral. Entretanto, nesta aplicação, a distância entre centros é menor do que o mínimo exigido. Será utilizada a distância média da faixa requerida:

$$a_{calc} = \frac{914 + 1270}{2} = 1092 \text{ mm}$$

6a) Determina-se, então o comprimento nominal da correia:

$$\begin{aligned} L_{calc} &= 2.a + 1,57.(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4.a} = \\ &= 2 . 1092 + 1,57.(250 + 1045) + \frac{(1045 - 250)^2}{4 . 1092} = 4361,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Usando-se a **tabela 2** relativa ao **perfil C** escolhe-se a correia **C-170**, que tem o comprimento aproximado **$L_{tabelado} = 4390 \text{ [mm]}$**

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

Finalmente, a distância entre centros corrigida será:

$$a = a_{calc} - \frac{(L_{calc} - L_{tabelado})}{2} = 1092 - \frac{(4361,84 - 4390)}{2} = 1106,08mm$$

7) Determinar o número de correias necessárias

7.1) Determinar ângulo de abraçamento

$$\alpha = 180 - \frac{(d_2 - d_1)}{a} \cdot 60 = 180 - \frac{(1045 - 250)}{1106} \cdot 60 = 136,87^\circ$$

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

7.2) Determinar o número de correias necessárias

7.2.2 Fatores de correção

Na (*Tabela A*) entrar com o valor calculado ($136,87^\circ$) e obter fator de correção $f_{AC} = 0,88$.

Na (*Tabela B*) entrar com perfil e comprimento da correia para obter fator de correção do comprimento $f_L = 1,04$. (Comprimento = 4390 mm (172,8 in))

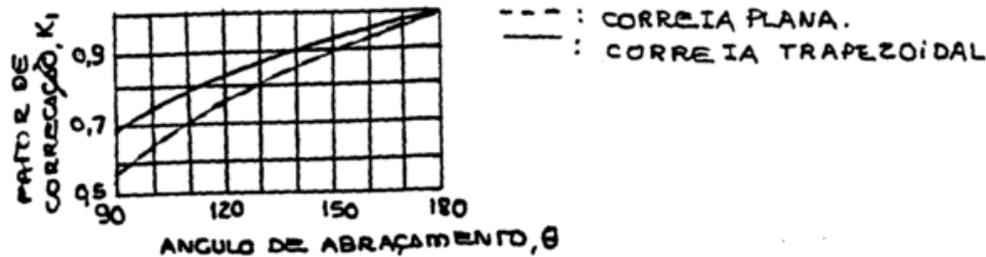
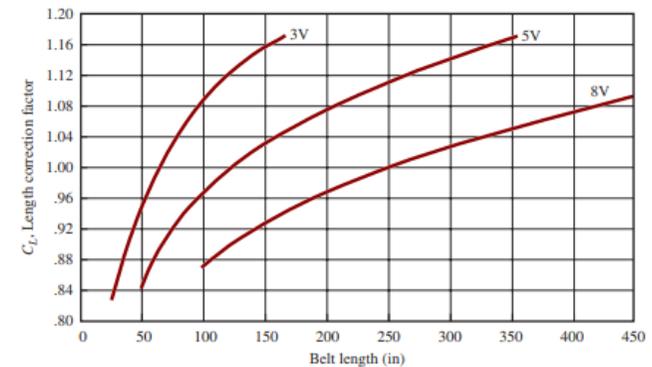


Tabela A – Fator de correção (K_1), para ângulos de abraçamentos menores do que 180° .



Ábaco referente ao fator de correção do comprimento para perfil “V”.

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

7.2) Determinar o número de correias necessárias

* Fatores de correção de comprimento (variação na forma de obter o parâmetro de correção)

TABELA VIII Fatores de correção K₂.

FATOR K ₂	COMPRIMENTO NOMINAL [in]			
	SEÇÃO A	SEÇÃO B	SEÇÃO C	SEÇÃO D
0,85	ATÉ 35	ATÉ 46	ATÉ 75	ATÉ 128
0,90	35 - 46	47 - 60	76 - 96	129 - 162
0,95	47 - 55	61 - 75	97 - 120	163 - 210
1,00	56 - 75	76 - 97	121 - 158	210 - 270
1,05	76 - 90	98 - 120	159 - 195	270 - 330
1,10	91 - 112	121 - 144	196 - 240	331 - 420
1,15	ACIMA 112	ACIMA 144	ACIMA 240	ACIMA 420

Tabela B – Fator de correção (K₂) , devido ao comprimento da correia.

6. Exemplo de cálculo de correias em “V”

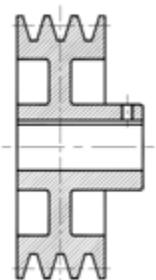
Nas tabelas de 5 e 6, por tipo de perfil, entrando com rotação maior e diâmetro da polia menor e perfil C acha-se a potência transmissível por correia $N_0 = 14,14$ [HP]

- ❖ Uma potência adicional $N_{0ad} = 2,03$ [HP], devido à relação de transmissão pode ser adicionada à potência transmissível (conjugado de partida).

$$N_{0total} = N_0 + N_{0ad} = 14,14 + 2,03 = 16,17 \text{ HP}$$

$$N_{0efetiva} = N_{0total} \cdot f_{AC} \cdot f_L = 16,17 \cdot 0,88 \cdot 1,04 = 14,8 \text{ HP}$$

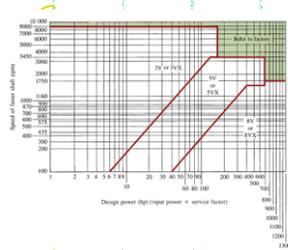
$$\text{núm. de correias} = \frac{N_{efetiva}}{N_{Transm/correia}} = \frac{42}{14,8} = 2,83 \rightarrow 3 \text{ correias}$$



Fluxograma (método iterativo para seleção e pré-dimensionamento de correia/polias)

Dados de entrada

- Potência nominal (P ou N); velocidade de rotação do sistema acionado (n2) – velocidade de saída ou relação de transmissão (i); condições operacionais e ambientais de instalação e tipo de aplicação (número de ciclos e grau de severidade); distância entre centros* e velocidade linear estimada.



Seleção preliminar da correia/polia

- Álbum/tabela de catálogo comercial (Ex: Dayco, Goodyear e Schneider), para obter perfil, diâmetro da polia motora (d1), fatores de serviço e potência adicional por correia e dados de grandezas físicas e técnicas (coeficiente de atrito entre par correia polia; peso específico linear; comprimento da correia, ...); correções da distância entre centros, se o comprimento da correia não atender restrição de projeto; Determinação do número de correias (j) ou largura da correia (b).

Tabela de especificações técnicas de correias comerciais, com colunas para perfil (A, B, C, D, E), largura (b), comprimento (L) e outras características técnicas.

Estimativa dos esforços na correia/polia dimensionamento do eixo da polia motora

Equação de deslizamento; equilíbrio de forças para obter F1 e F2 (forças/tensões de tracionamento no tramo tensionado e menos tensionado; estimativa da pré-carga (Fi); momento torçor; potência; condição de deflexão máxima do eixo motor/mancais de projeto e ais. Estimativa de fadiga em casos severos com algum critério de literatura (Collins, 2006).

Dados de Saída

- Perfil normalizado da correia;
- Dimensões das polias; distância entre centros.
- Potência e momento torçor;
- Forma de pré-tensionamento; proteção*

$$y_{\max} = -\frac{F \cdot \ell^3}{48 \cdot E \cdot I} \Rightarrow d = \left[\left(\frac{64}{48 \cdot \pi} \right) \cdot \left(\frac{F \cdot \ell^3}{E_{\text{aço}} \cdot y_{\max}} \right) \right]^{1/4}$$

Exercício proposto – Transmissão por correia/polias

Considere que um sistema de transmissão por correia/polias, que efetua a primeira redução de velocidade de um equipamento de mineração:

- a) Especifique um perfil de correia “V” para essa aplicação;
 - b) Distância corrigida entre centros das polias;
 - c) Carga inicial na correia
 - d) Diâmetro do eixo, considerando que a deflexão não ultrapasse 0,20 mm.
-
- **Dados de projeto:** Sistema acionado por motor elétrico, com velocidade de rotação na entrada de 1800 rpm
 - Potência de 20 HP;
 - Relação de transmissão ($i=1:4$)
 - Coeficiente de atrito entre correia e polia ($\mu = 0,25$)
 - Condições operacionais: utilização intermitente, ambiente com umidade e poeira, sem sobrecarga de trabalho.