

## CONSTRUÇÃO MECÂNICA

### 1. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO – PARAFUSO SEM FIM E COROA

#### Introdução



Um engrenamento do tipo **Coroa/Sem-Fim** é usado quando é necessária uma grande relação de transmissão em eixos que se cruzam e que não se interceptam. Poderiam ser usadas engrenagens helicoidais, mas esta montagem acarretaria numa severa redução do esforço que pode ser transmitido (fig 1-1).



Um redutor sem-fim é composto basicamente de uma grande engrenagem com dentes helicoidais (coroa) e uma engrenagem que mais se parece a um parafuso (pinhão).

Quando o parafuso é rotacionado, a coroa se movimenta tendo seus dentes empurrados pelo movimento dos filetes do parafuso.

O tamanho da caixa onde se monta o conjunto é basicamente dimensionado a partir da distância entre os centros das duas engrenagens

Se as engrenagens neste tipo de montagem fossem usinadas simplesmente como engrenagens helicoidais, haveria um alto nível de esforço nos pontos de contato. Para minimizar o efeito de sobrecarga nos dentes, usina-se a coroa com um raio côncavo no topo dos dentes, proporcionando um melhor abraçamento do parafuso. Esta montagem pode ser chamada de

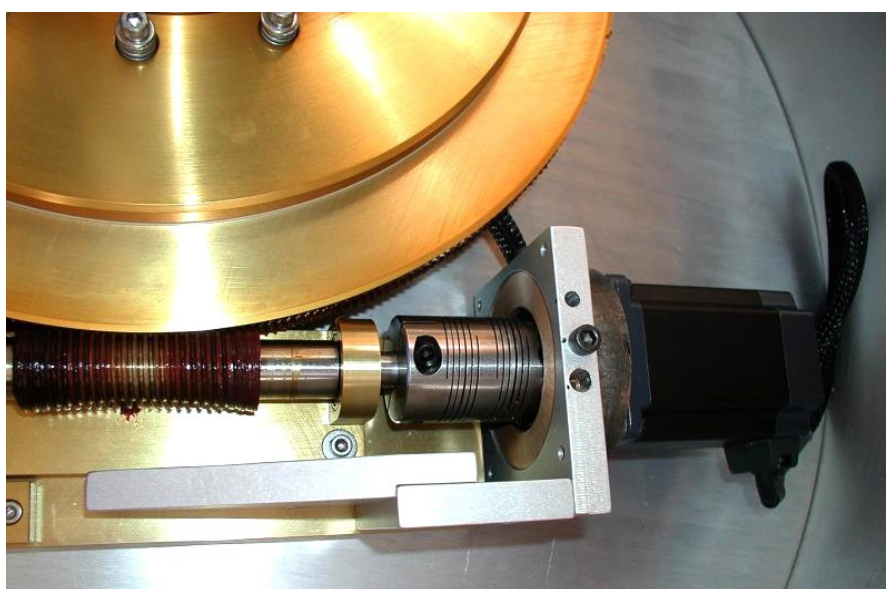
abraçamento simples.

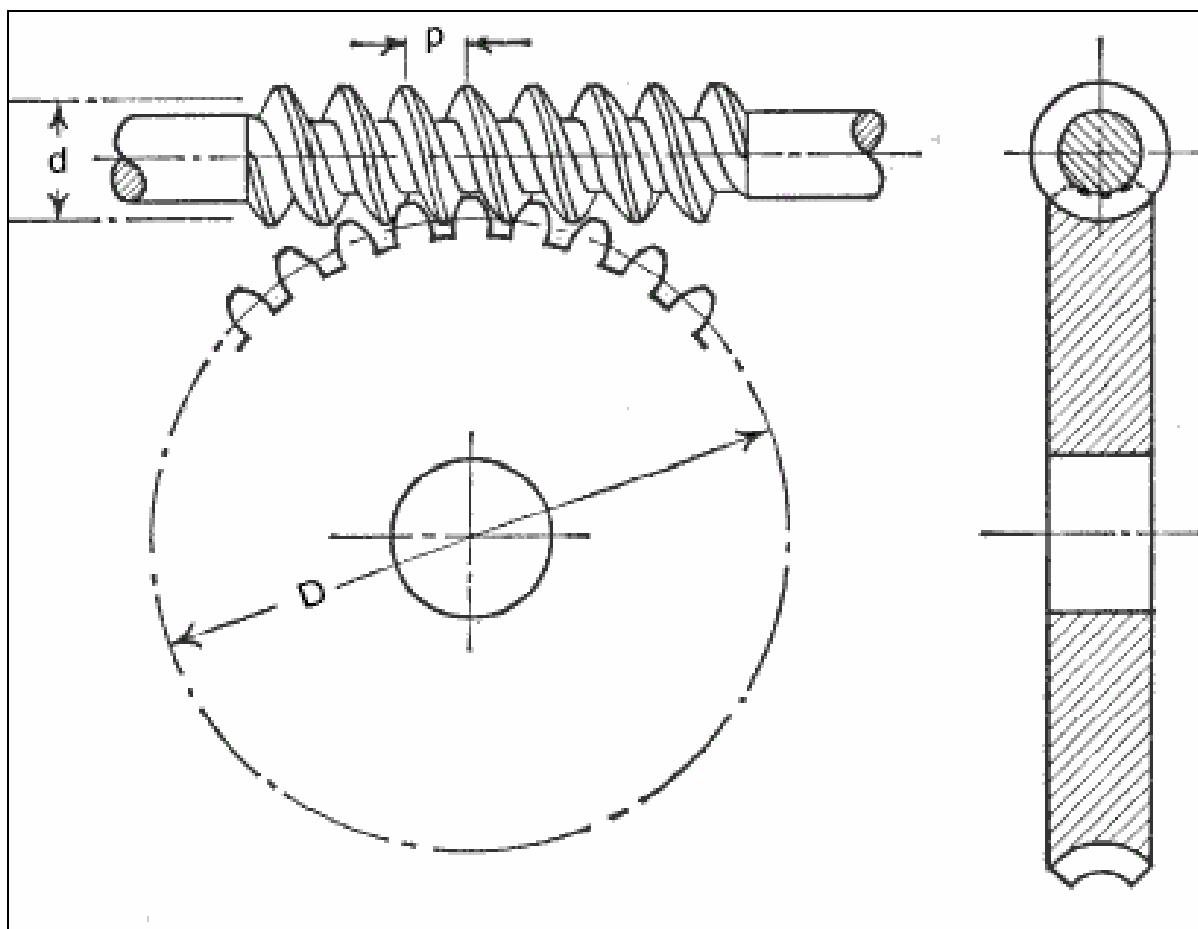
Existem também as construções onde o parafuso é usinado com um perfil côncavo no sentido longitudinal. É chamado de abraçamento composto e pode ser visto na figura a seguir.

Este engrenamento é o que possibilita a maior transmissão dos esforços e proporciona melhor acoplamento entre coroa e pinhão, embora tenha também o maior fator de atrito.

A montagem deste par de engrenagens em qualquer configuração, sempre exige um alinhamento muito preciso dos seus eixos e da sua forma geométrica geral.

Sem as precauções construtivas especificadas em projeto, não existirá um bom contato entre os dentes e o esforço não se dará de forma distribuída gerando vibrações e desgastes prematuros.





Acima um desenho simplificado da montagem do parafuso sem-fim com a coroa. Note-se o arco de abraçamento na formação do dente da coroa.

### *Características*

Engrenamentos **Coroa/Sem-Fim** usualmente fornecem reduções da ordem de 5:1 a 75:1 e sua eficiência mecânica é da ordem de 98% para as reduções mais baixas e de 20% para as relações altas. A velocidade tangencial no encontro dos diâmetros primitivos não deve ultrapassar os 30 m/s.

O aquecimento devido ao atrito é geralmente alto e a caixa de engrenagens é desenhada com aletas na superfície externa para facilitar a dispersão do calor. A lubrificação é essencial e crítica neste tipo de máquina e o acionamento é normalmente muito silencioso.

Engrenamentos com alta relação de transmissão são naturalmente alto-travantes, ou seja, o pinhão pode mover a coroa, mas a inversão de acionador não é possível.

Assim, um engrenamento **Coroa/Sem-Fim** pode reduzir a velocidade de um motor em até 50 vezes, mas não se pode usar o mesmo tipo de redutor para aumentar em 50 vezes a velocidade do motor.

Apesar da função de alto-travamento deste tipo de redutor, não se deve usá-lo como freio num mecanismo, pois isso poderia levar à quebra das engrenagens.

O acionamento **Coroa/Sem-Fim** promove um movimento de escorregamento entre os dentes das engrenagens que é maior conforme o aumento da relação de transmissão. Este escorregamento provoca perdas de eficiência muito consideráveis, fazendo com que os projetistas procurem combinar os materiais de fabricação das engrenagens e o acabamento dos dentes de forma a obter o menor índice de atrito possível. Assim, é comum a construção de pinhões com filetes de aço temperados/retificados com coroas de bronze fosforoso.

### Materiais comumente usados

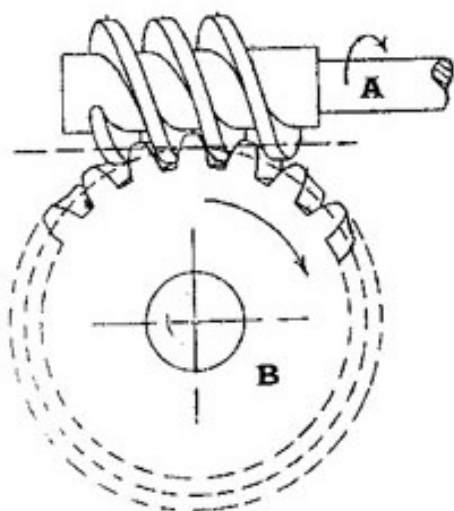
Material	Observações	Aplicações
<b>Sem-Fim</b>		
Acetato / Nylon	Baixo custo / Baixa carga.	Brinquedos, utilidades domésticas, instrumentos.
Ferro fundido	Boa usinabilidade, baixo atrito.	Uso em máquinas diversas.
Aço carbono	Baixo custo, suporta esforços médios.	Engrenamentos de força com relações de transmissão médias.
Aço temperado	Alto esforço, longa durabilidade.	Engrenamentos de força com relações de transmissão grandes e longa vida.
<b>Coroa</b>		
Acetato / Nylon	Baixo custo / Baixa carga.	Brinquedos, utilidades domésticas, instrumentos.
Bronze Fosforoso	Resistência razoável, baixo atrito e ótima compatibilidade com aço.	Material mais usual para Sem-Fim
Ferro Fundido	Boa usinabilidade, baixo atrito.	Não muito usado em máquinas modernas

### Definições

PARAFUSO SEM-FIM E RESPECTIVA RODA	
Tipo A	Designação
	<p>M = Módulo P = Passo DP = Diâmetro primitivo DE = Id. externo D1 = Diâmetro maior e sobre arestas E = Distância entre os eixos da roda e do sem-fim A = Largura da roda</p> <p>R = Concavidade periférica</p> <p>Z = Número de dentes L = Altura da cabeça do dente l = Altura do pé do dente h = Altura total do dente e = Espessura do dente c = Intervalo entre dentes</p> <p>Nas relações se tomará o Parafuso sem-fim como uma roda de 1-2-3-4 dentes conforme seja o n.º de filêtes.</p> <p><math>E = \frac{DP + dp}{2}</math> <math>R = 0.5 \times dp - M</math> <math>r = 0.25 \times P</math></p>
<p>Fórmulas tipo A</p> $M = \frac{P}{3.1416} = \frac{Dp}{Z}$ $DE = (Z + 2) \times M$ $DP = Z \times M$ <p>D1 = DE + (0.4775 × P), para parafuso sem-fim de filête simples e duplo D1 = DE + (0.3183 × P), para triplo e quádruplo</p> <p>A = 2.38 × P + 6 mm, para simples e duplo A = 2.15 × P + 5 mm, para triplo e quádruplo</p>	

PARAFUSO SEM-FIM E RESPECTIVA RODA	
	<p>Seção do filête segundo eixo</p> <p>Fórmulas</p> $M = \frac{P}{3.1416} \quad P = M \times 3.1416$ <p>Passo para o tórno se o parafuso tem mais de um filête ou entrada <math>P \times n</math>.</p> $Tg \alpha = \frac{P}{dp \times 3.1416} = \frac{M}{dp}$ $de = dp + 2M = dp + 2L$ $dp = de - 2M = de - 2L$ $d = de - 2h \quad h = 2.167 \times M$ $L = M \quad l = 1.167 \times M$ $e = \frac{P}{2} \quad c = \frac{P}{2}$ $\beta = \text{Filête Normal} - 14 \frac{1}{4}^\circ$ $\beta = \text{Filête Reforçado } 20^\circ$ $\beta = \text{Filête para passos longos } 30^\circ$ $T = \left( \frac{P \times \cotg \beta}{4} - 1 \right) \times 2 \times tg \beta$ $LR = P \times \left( 4.5 + \frac{N.º \text{ de dentes da roda}}{50} \right)$ $F = P \quad R = 0.05 \times P$ <p>NOTA - Como norma atual nos Parafusos sem-fim de Filête simples e duplo <math>\delta = 29^\circ</math> Filête triplo e quádruplo <math>\delta = 40^\circ</math> Filête para passos longos <math>\delta = 60^\circ</math> Em alguns casos também se utiliza <math>40^\circ</math> para filête simples e duplo</p>
<p>Designação</p> <p>M = Módulo n = Número de filêtes ou entradas P = Passo linear <math>\alpha</math> = Ângulo de inclinação do filête ou da hélice de = Diâmetro externo dp = Id. primitivo d = Id. ao fundo do fio LR = Comprimento da parte rosca F = Extremos sem rosca h = Altura total do filête L = Altura da cabeça do filête l = Id. do pé do filête e = Espessura do filête c = Espaço entre filête <math>\beta</math> = Ângulo no flanco do filête T = Largura no fundo do filête e largura da ponta do cutelo para rosca R = Raio na cabeça do filête <math>\delta</math> = Ângulo total entre flancos</p>	

## PARAFUSO SEM-FIM E RESPECTIVA RODA RELAÇÕES QUE EXISTEM EM DIVERSOS CASOS



Relação  
 $i = Z_{\text{coroa}} / n$

1.º Se o número de filêtes (ou entrada) e de revoluções por minuto de um parafuso sem-fim forem conhecidos, assim como o número de dentes da roda, determina-se o número de revoluções desta roda, por meio da fórmula:

$$\text{Roda Revoluções} = \frac{\text{N.º de revoluções do sem-fim} \times \text{N.º de filêtes}}{\text{N.º de dentes da roda}}$$

### EXEMPLO:

Parafuso sem-fim A tem duplo filête (2 entradas) e gira a 240 revoluções; a roda B tem 80 dentes, o número de revoluções desta será igual,

$$\frac{240 \times 2}{80} = 6 \text{ revoluções}$$

2.º Calcular o n.º de dentes de uma roda de parafuso sem-fim para determinada velocidade, conhecidos o n.º de filêtes do parafuso sem-fim, n.º das revoluções por minuto do parafuso, assim como os da roda.

### FÓRMULA:

$$\text{n.º de dentes da roda} = \frac{\text{N.º de revoluções do parafuso} \times \text{N.º de filêtes}}{\text{N.º de revoluções da roda}}$$

### EXEMPLO.

O parafuso sem-fim A é de triplo filête (3 entradas) e gira a 360 revoluções; a roda B deve girar a 10 revoluções, o n.º de dentes será:

$$\frac{360 \times 3}{10} = 108 \text{ dentes}$$

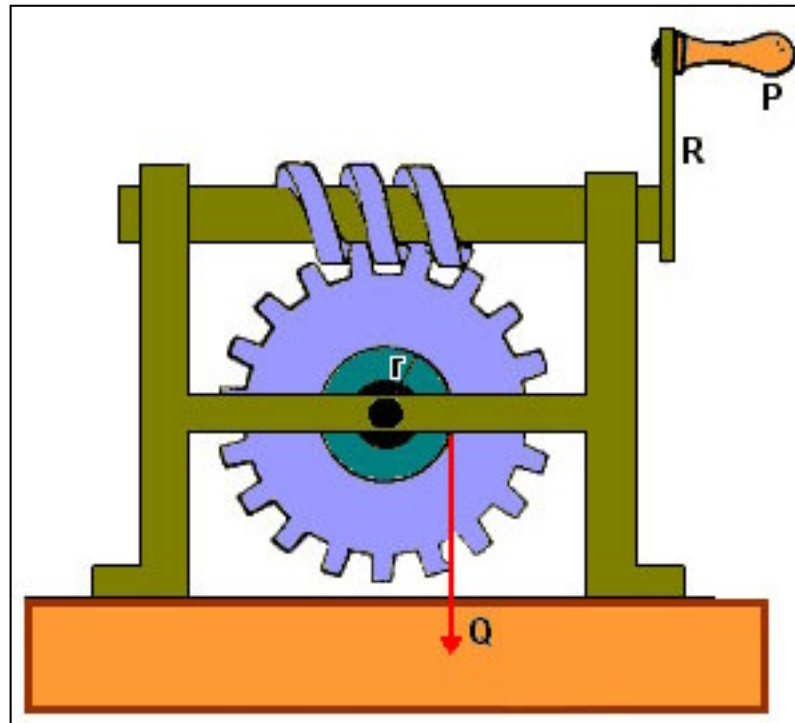


## 2. ANEXO 1

### *Sarilho*

No parafuso-sem-fim, com roda dentada de  $n$  dentes, uma volta na manivela desloca a roda de 'um' dente. Sendo  $r$  o raio do cilindro que suspende a carga  $Q$ , tem-se:  $P \cdot 2\pi R \cdot n = Q \cdot 2\pi r$ ; logo, a 'equação da montagem' será:  $P = Q \cdot r / (R \cdot n)$ .

O parafuso-sem-fim tem grande analogia com o sarilho de engrenagem e tem os mesmos usos.



### 3. ANEXO 2

Nome	Maiuscula	Minuscula	Nome	Maiuscula	Minuscula
Alfa	<b>A</b>	<b>α</b>	Nu	<b>N</b>	<b>ν</b>
Beta	<b>B</b>	<b>β</b>	Csi	<b>Ξ</b>	<b>ξ</b>
Gama	<b>Γ</b>	<b>γ</b>	Omicron	<b>Ο</b>	<b>ο</b>
Delta	<b>Δ</b>	<b>δ</b>	Pi	<b>Π</b>	<b>π</b>
Epsilon	<b>E</b>	<b>ε</b>	Ro	<b>Ρ</b>	<b>ρ</b>
Zeta	<b>Z</b>	<b>ζ</b>	Sigma	<b>Σ</b>	<b>σ</b>
Eta	<b>H</b>	<b>η</b>	Tau	<b>Τ</b>	<b>τ</b>
Teta	<b>Θ</b>	<b>θ</b>	Upsilon	<b>Υ</b>	<b>υ</b>
Iota	<b>I</b>	<b>ι</b>	Fi	<b>Φ</b>	<b>φ</b>
Capa	<b>K</b>	<b>κ</b>	Chi	<b>Χ</b>	<b>χ</b>
Lambda	<b>Λ</b>	<b>λ</b>	Psi	<b>Ψ</b>	<b>ψ</b>
Mu	<b>M</b>	<b>μ</b>	Omega	<b>Ω</b>	<b>ω</b>

### 4. BIBLIOGRAFIA

[http://www.roymech.co.uk/Useful\\_Tables/Drive/Worm\\_Gears.html#Specifications](http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Drive/Worm_Gears.html#Specifications)

[www.me.metu.edu.tr/me308/drwg.htm](http://www.me.metu.edu.tr/me308/drwg.htm)

<http://www.uspto.gov/go/classification/uspc475/defs475.htm>

[www.feiradeciências.com.br](http://www.feiradeciências.com.br)

Formulário Técnico – A.L.Casillas – 19o. edição – 1981 – Editora Mestre Jou

Notas de aula – SENAI, FATEC-SP

Ver ainda:

Niemann, Gustav, 7o. reimpressão – 2000, volume III, pags 21, 43

SENAI-SP, Elementos e Conjuntos Mecânicos de Máquinas - Cavichioli, Carlos Aparecido – 1990, pgs 195 - 197, 207.