

# SEM 0564 - DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I

Notas de Aulas v.2018

## **Aula 11 – Componentes de transmissão e união II: engrenagens.**

Prof. Assoc. Carlos Alberto Fortulan

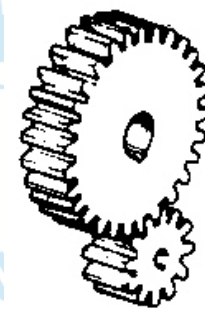
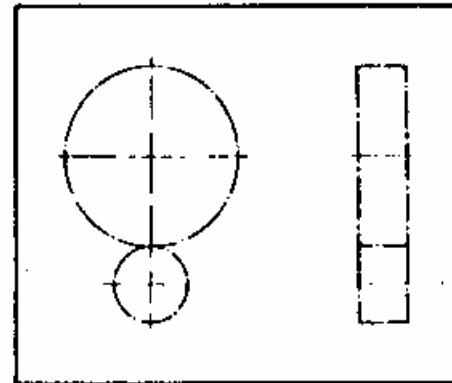
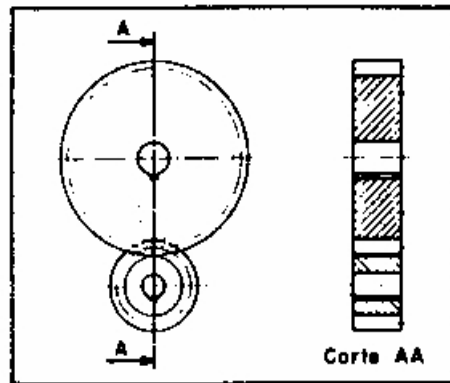
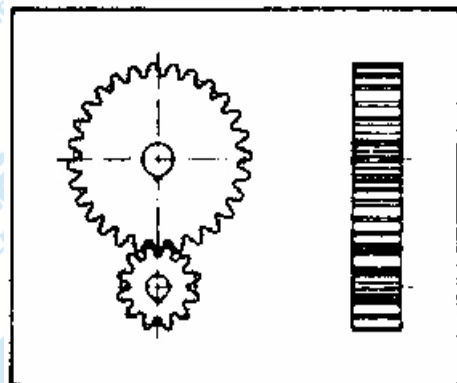
Departamento de Engenharia Mecânica  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo

# Engrenagens

São elementos de máquinas cilíndricos (engrenagem cilíndrica), cônicos (engrenagem cônica) ou planas (cremalheira), dotadas de dentes externos ou internos que transmitem ou recebem movimentos.

## Tipos de corpos de engrenagem:

Engrenagens cilíndricas com dentes retos:



Coroa

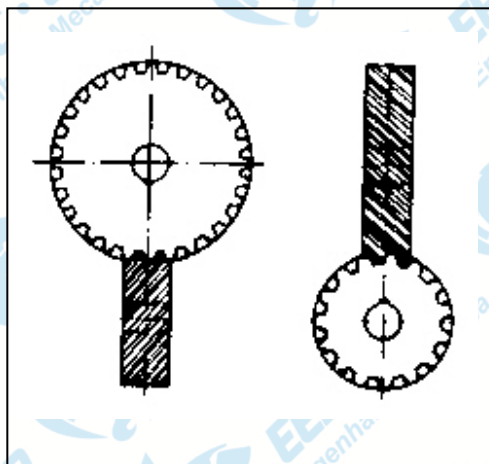
Pinhão

- normal

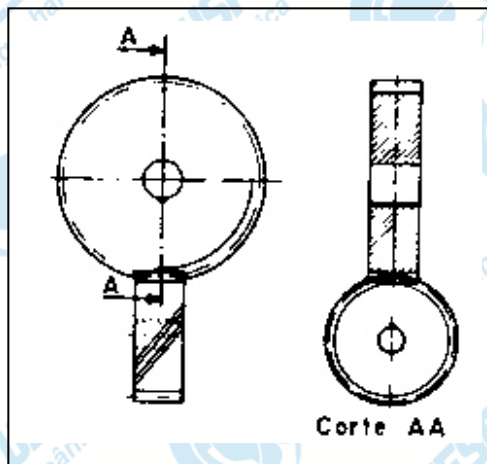
- simplificada

- esquemática

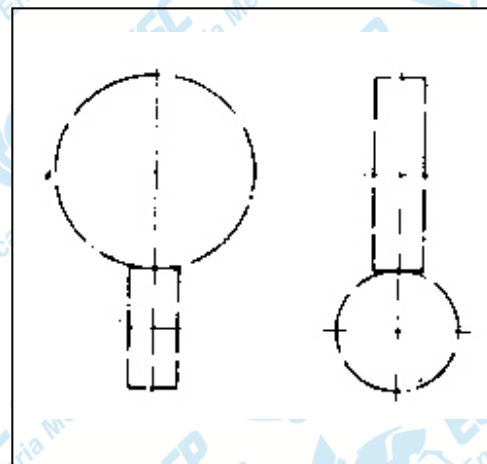
# Engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais:



- normal



- simplificada



- esquemática



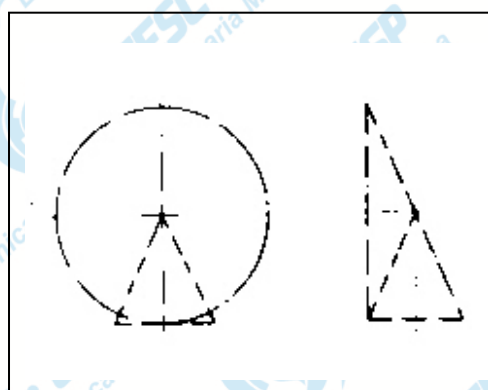
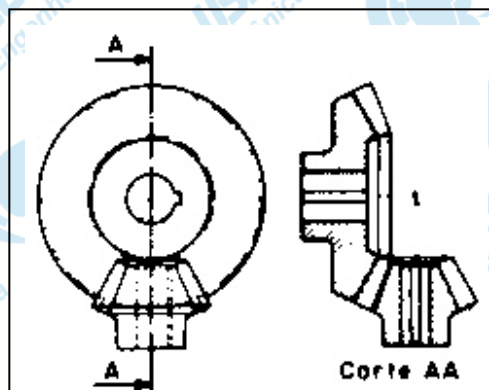
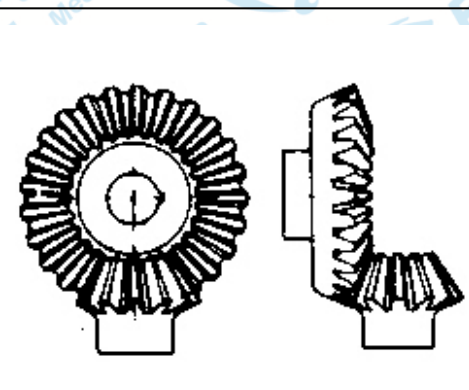
Coroa

Pinhão

## Simbologia dos dentes de engrenagens helicoidais:



## Engrenagens cônicas com dentes retos:



Coroa

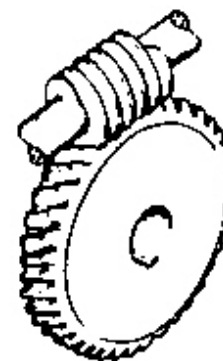
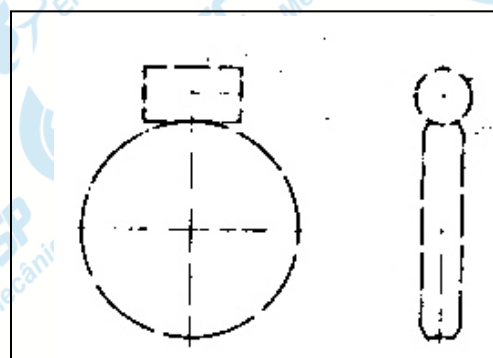
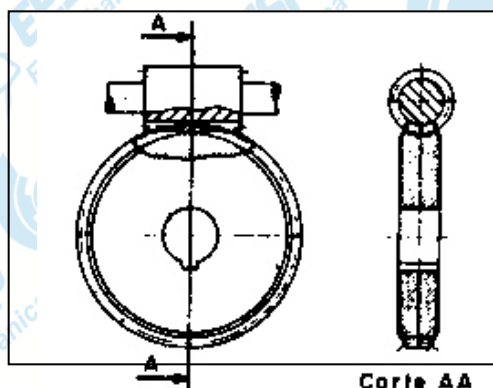
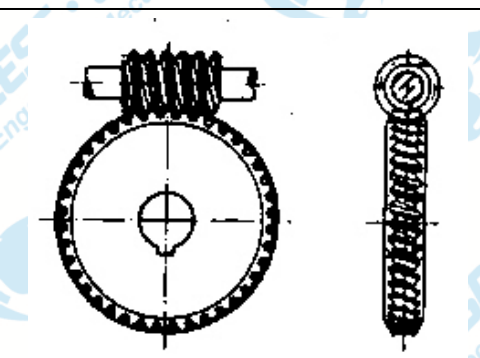
Pinhão

- normal

- simplificada

- esquemática

## Engrenagens com dentes côncavos e roscas sem-fim



Pinhão

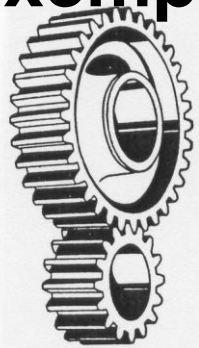
Coroa

- normal

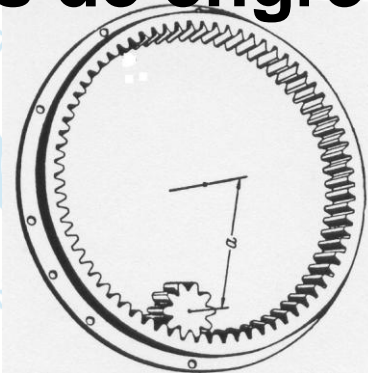
- simplificada

- esquemática

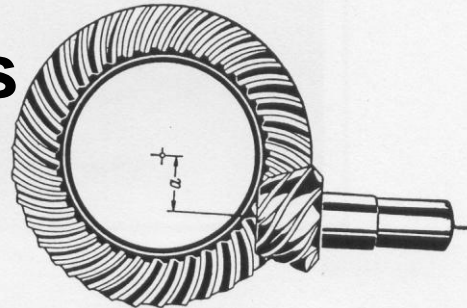
# Exemplos de engrenagens



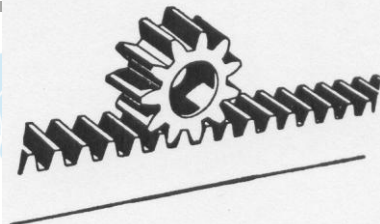
a) cilíndrica de dentes retos



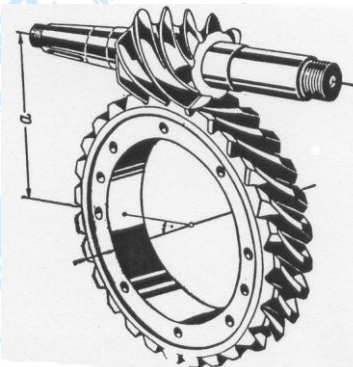
b) cilíndrica interna



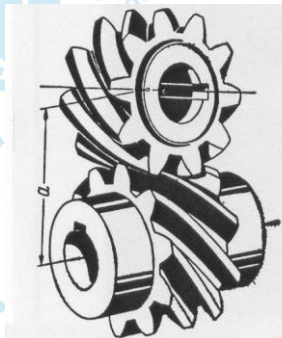
j) cônicas descentradas (hipóides)



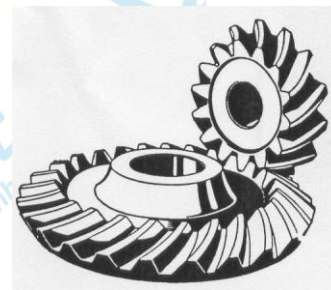
c) cilíndrica com cremalheira



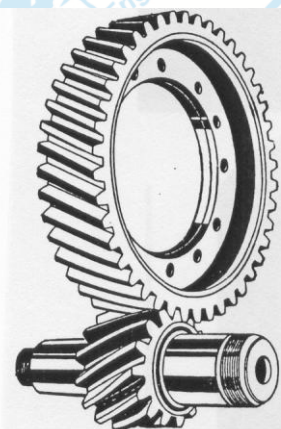
l) parafuso sem fim



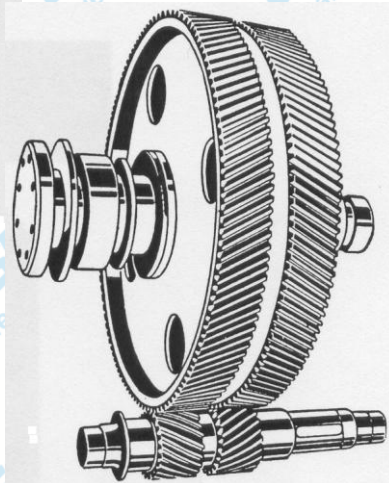
k) helicoidais



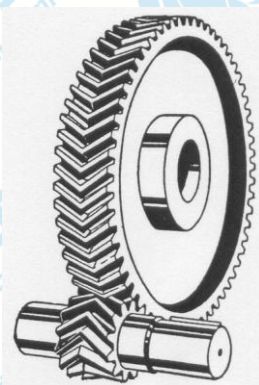
i) cônica de dentes curvos



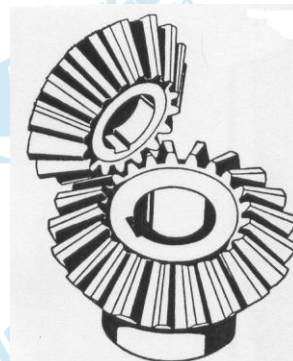
d) cilíndrica dentes inclinados



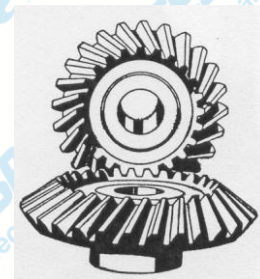
e) cilíndrica dupla de dentes inclinados



f) cilíndrica dentes em V

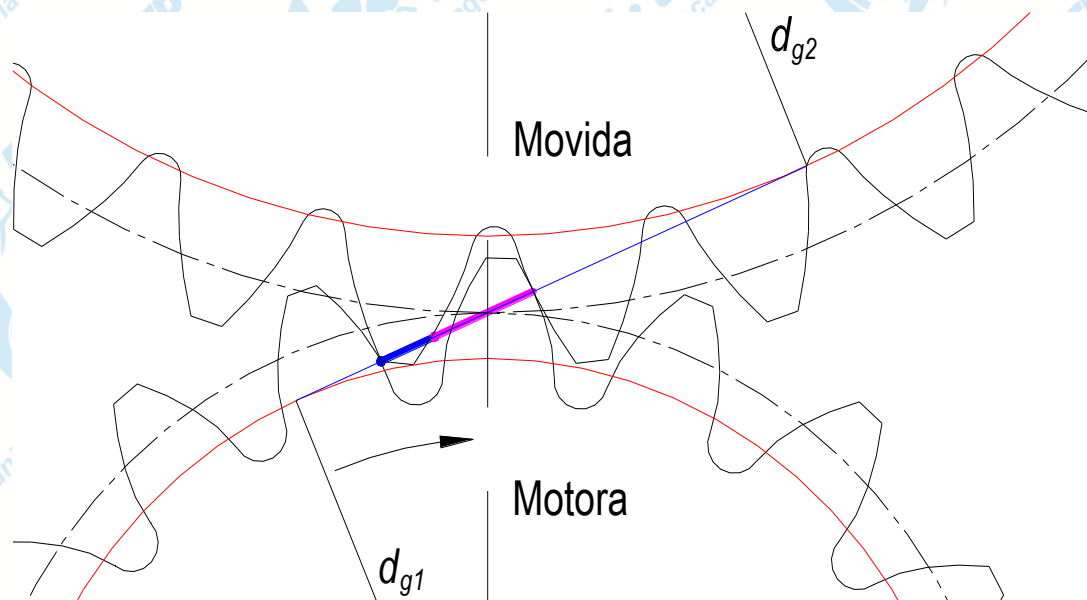


g) cônica de dentes retos

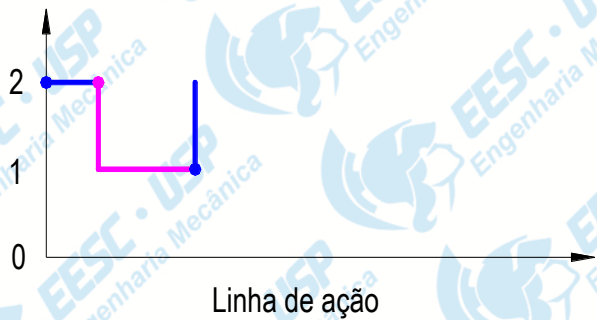


h) cônica de dentes inclinados

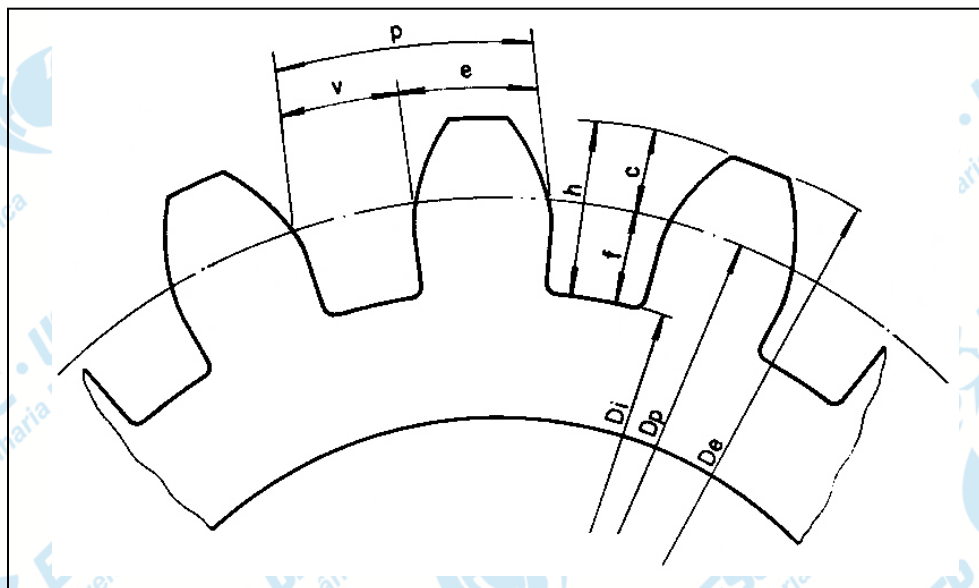
# Entrosamento



Pares de dentes em contato



# Características do dentes das engrenagens:



**p** (passo): é a distância circunferencial entre dois dentes consecutivos, medida na circunferência primitiva da engrenagem;

**e** (espessura): é a medida do arco limitado pelo dente na circunferência primitiva;

**c** (cabeça): é a parte do dente que fica entre o diâmetro primitivo e o diâmetro externo;

**v** (vão): é o vazio que fica entre dois dentes consecutivos;

**h** (altura): corresponde à soma da altura da cabeça mais a altura do pé do dente;

**f** (pé): é a parte do dente que fica entre o diâmetro primitivo e o diâmetro interno.

# Características e cotagem de engrenagens:

**De:** diâmetro externo;

**N:** número de dentes;

**Dp:** diâmetro primitivo;

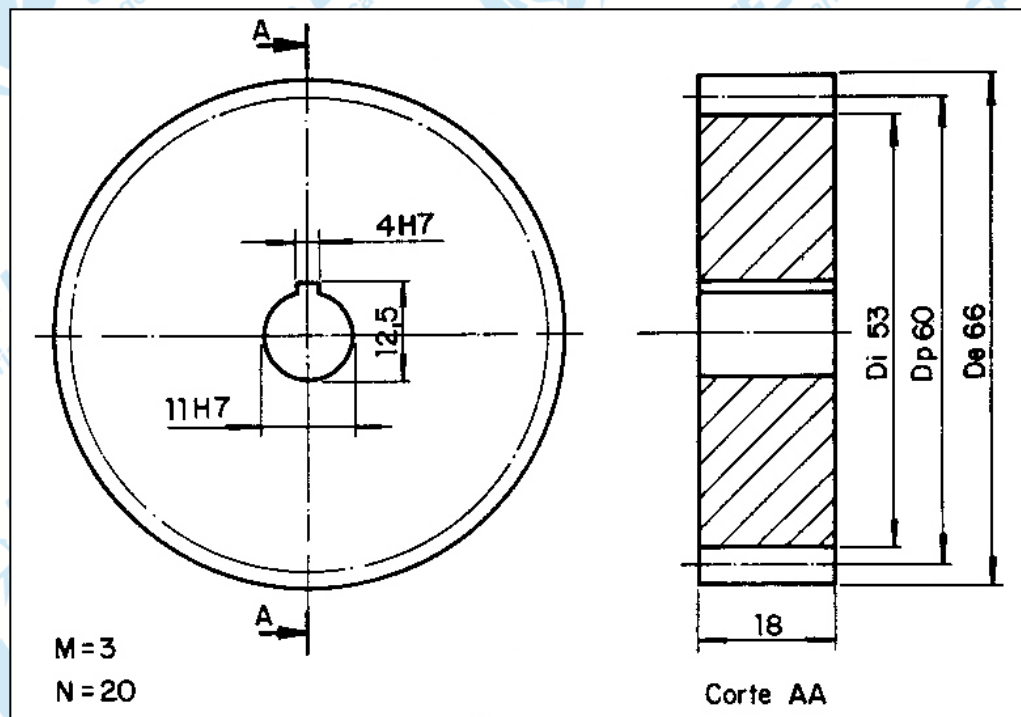
**M:** módulo (o número do módulo serve de base para calcular as dimensões dos dentes).

**Di:** diâmetro interno;

**L:** largura;

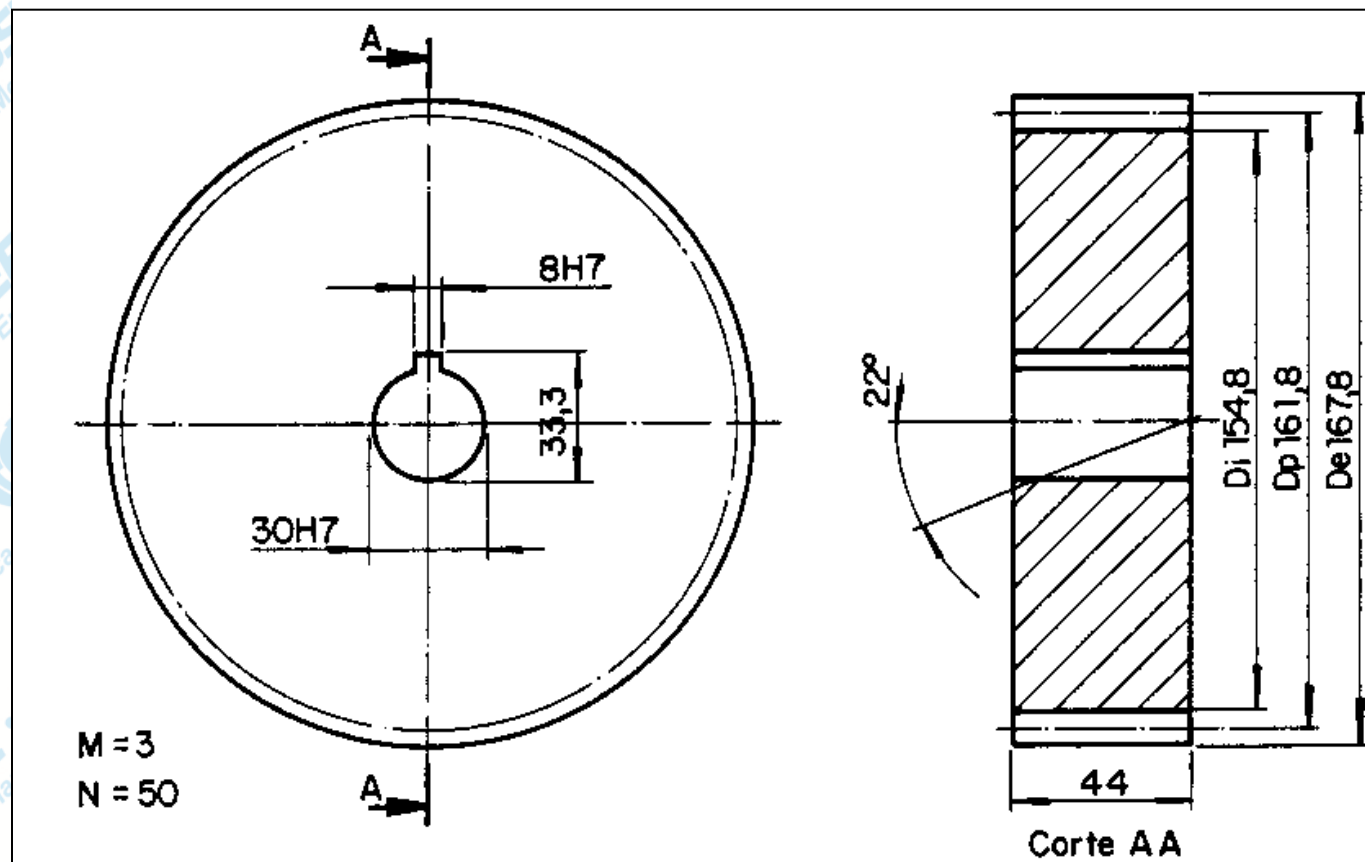
## Cotagem

Engrenagem cilíndrica de dentes retos

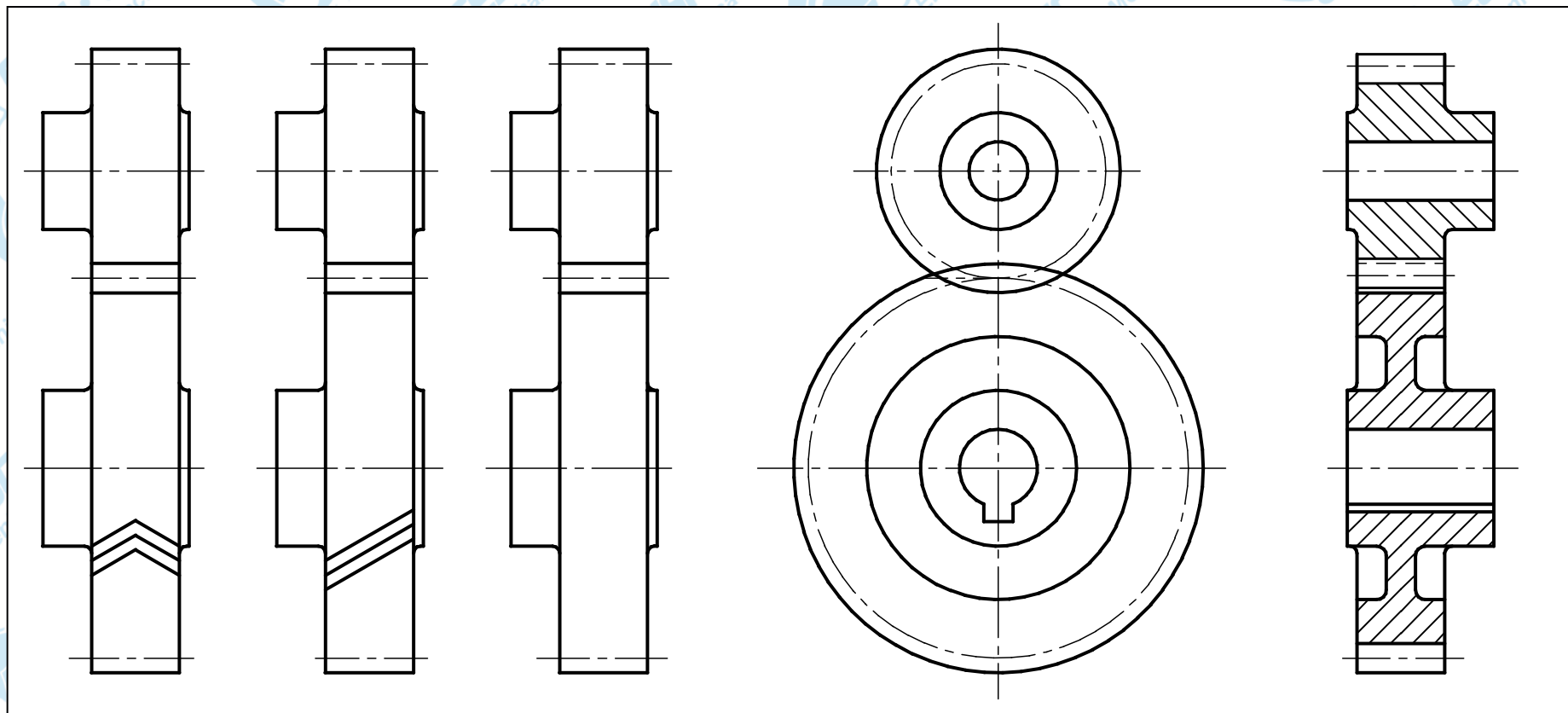




# Engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais

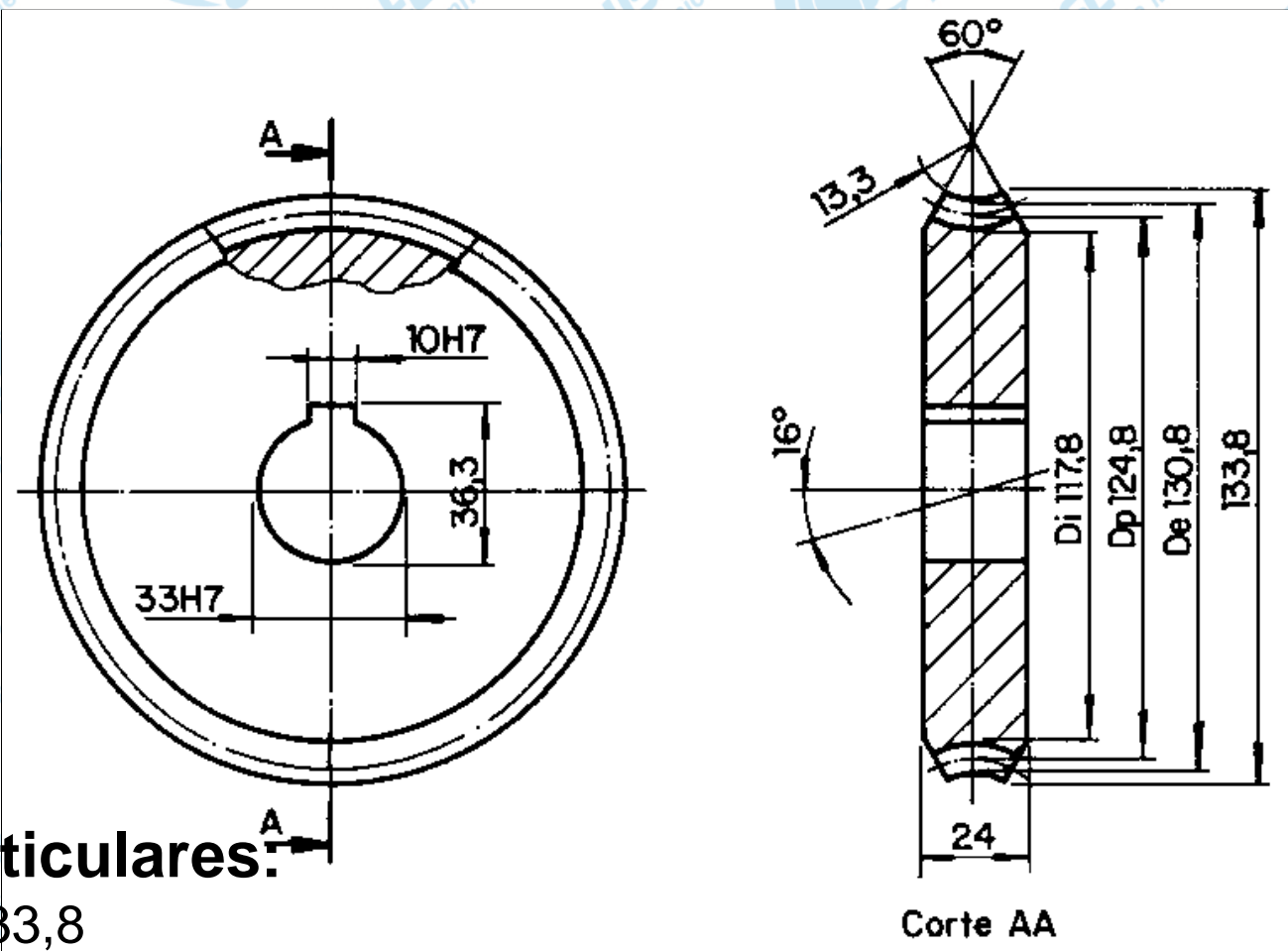


# Entrosamento externo de engrenagens cilíndricas



BS 308 : Part 1 : 1984

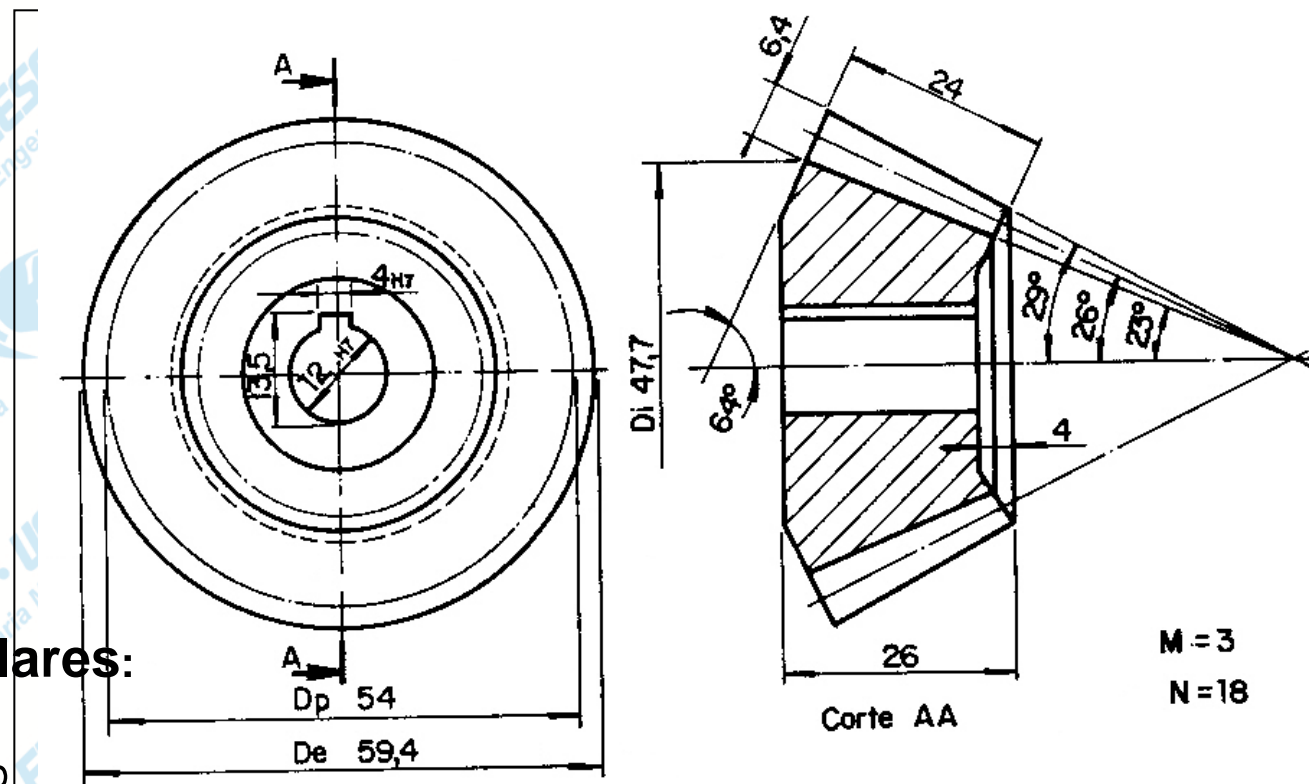
# Engrenagens helicoidal com dentes côncavos



## Características particulares:

- diâmetro máximo = 133,8
- ângulo de hélice = 16°
- ângulo de chanfro = 60°
- raio da superfície côncava = 13,3

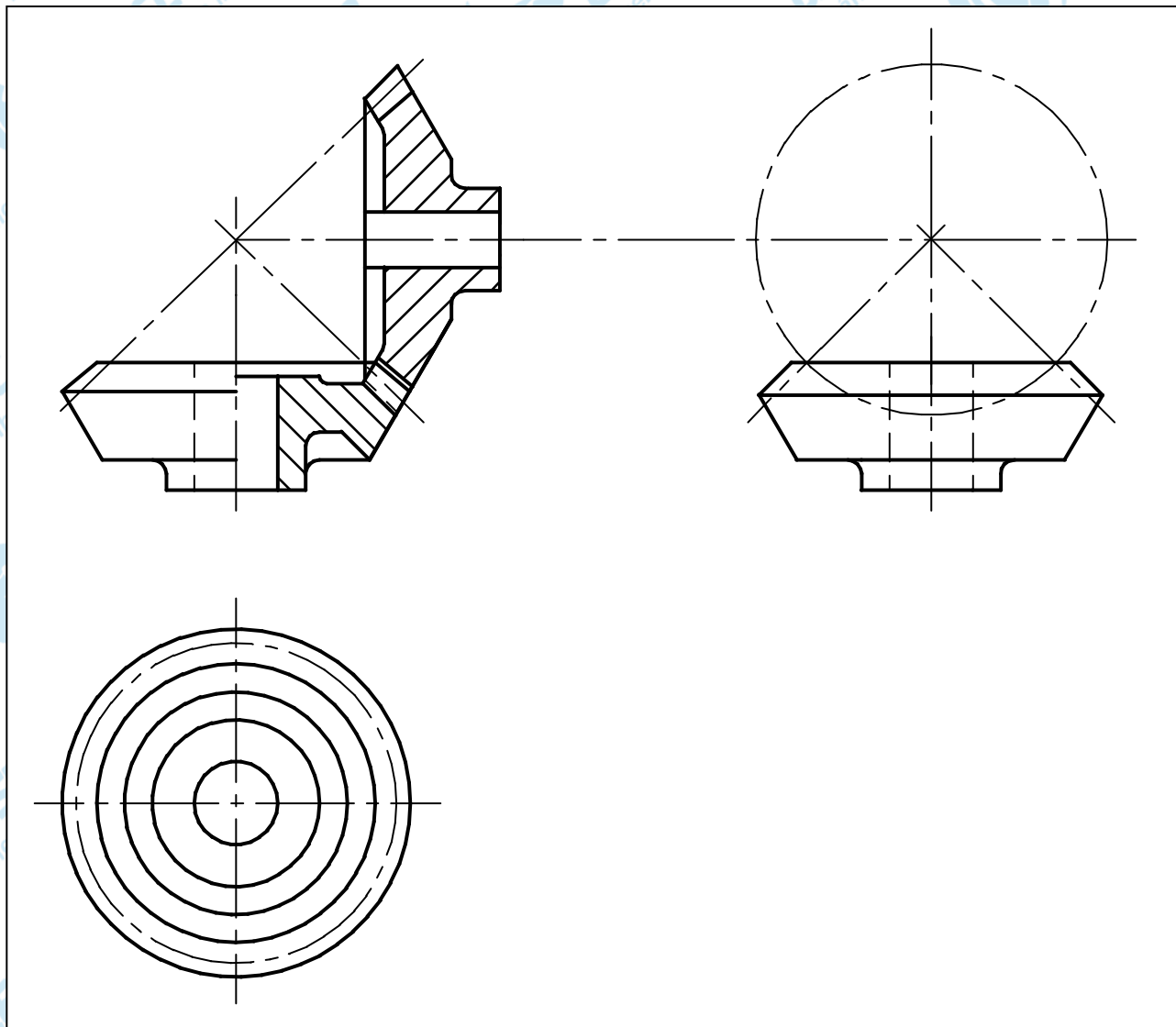
# Engrenagens cônicas com dentes retos



## Características particulares:

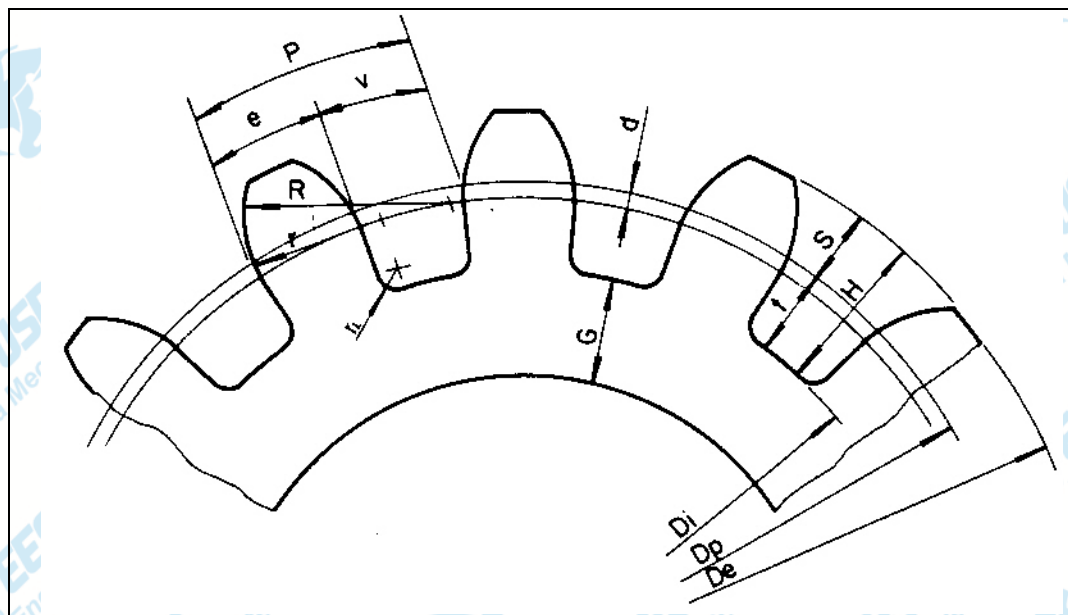
- ângulo externo =  $29^\circ$
- ângulo primitivo =  $26^\circ$
- ângulo interno =  $23^\circ$
- largura do dente = 24
- altura dos dentes = 6,4
- rebaixo do disco = 4
- ângulo do cone complementar =  $64^\circ$

# Entrosamento de engrenagens cônicas



BS 308 : Part 1 : 1984

# Fórmula e traçado de dentes de engrenagem



## FÓRMULAS

$D_p = M \times N$	$e = M \times 1,49$	$d = \frac{D_p}{60}$
$S = M$	$v = M \times 1,65$	$K = F \times 2$
$t = M \times 1,166$	$r_f = M \times 0,1 \text{ a } 0,3$	$D_e = M (N+2)$
$H = M \times 2,166$	$G = \frac{P}{2}$	$D_i = M (N - 2,33)$
$P = M \times \pi (3,14)$	$L = 6 \text{ a } 8 \times M$	$M = \frac{D_e}{(N+2)}$

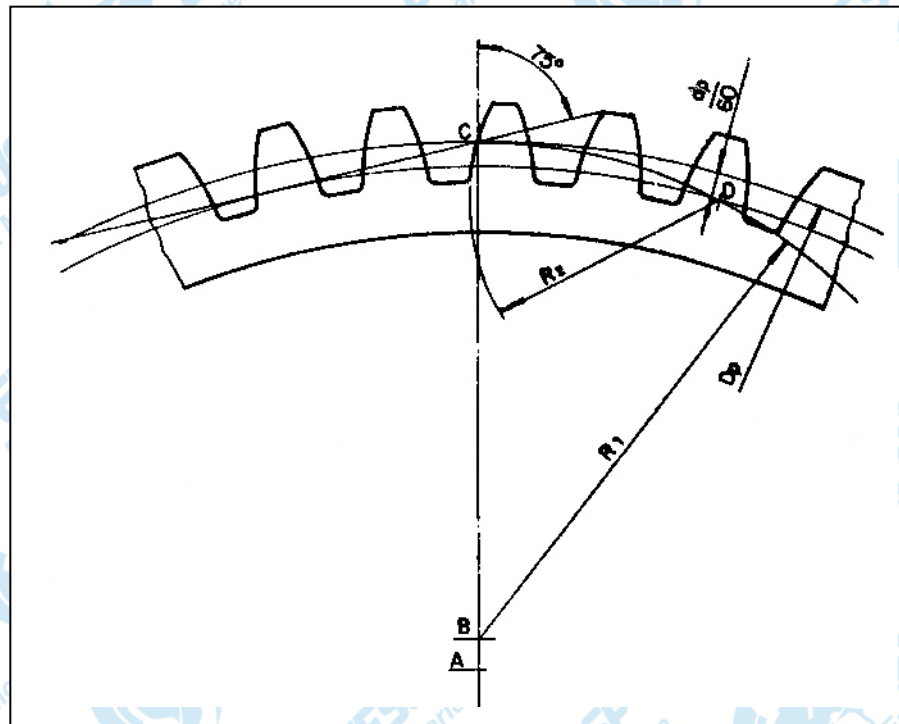
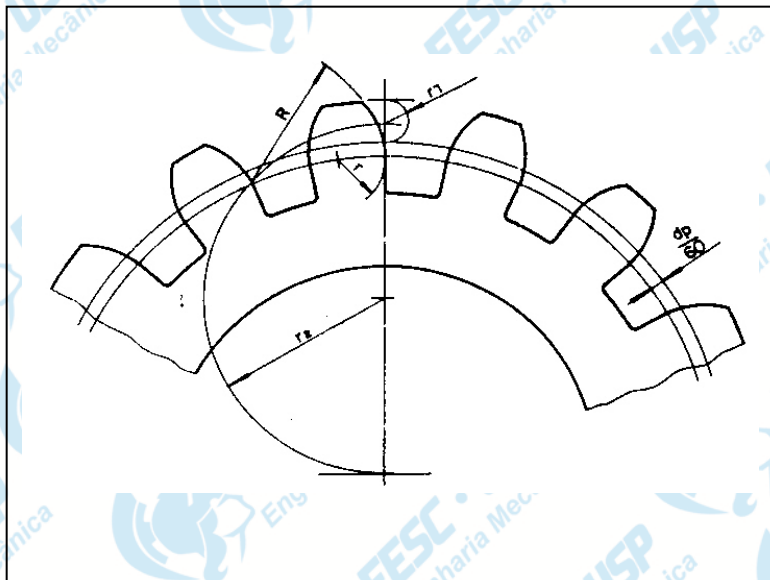
**Nota** - Para as engrenagens fresadas, a espessura e o vão dos dentes são divididas por 2 ( $P/2$ ). Porém, nas engrenagens fundidas, a espessura é:  $e = 19/40 \times P$ ; o vão:  $v = 21/40 \times P$ .

## ODONTÓGRAFO DE GRANT

Número de dentes N	R = AxM	r = BxM	Número de dentes N	R = AxM	r = BxM	Número de dentes N	R = AxM	r = BxM
	A	B		A	B		A	B
10	2,28	0,69	22	3,49	2,06	34	4,33	3,09
11	2,4	0,83	23	3,57	2,15	35	4,39	3,16
12	2,51	0,96	24	3,64	2,24	36	4,45	3,23
13	2,62	1,09	25	3,71	2,33	37 a 40	-	4,2
14	2,72	1,22	26	3,78	2,42	41 a 45	-	4,63
15	2,82	1,34	27	3,85	2,5	46 a 51	-	5,06
16	2,92	1,46	28	3,92	2,59	52 a 60	-	5,74
17	3,02	1,58	29	3,99	2,69	61 a 70	-	6,52
18	3,12	1,69	30	4,06	2,76	71 a 90	-	7,72
19	3,22	1,79	31	4,13	2,85	91 a 120	-	9,78
20	3,32	1,89	32	4,2	2,93	121 a 180	-	13,38
21	3,41	1,98	33	4,27	3,01	181 a 360	-	21,62

# Engrenagens à envoltente aproximada

## - Traçada com arcos de círculo



Para engrenagens com menos de 55 dentes

**A** = centro da engrenagem

**CB** =  $D_p/4$

**R1** = distância CB

**R2** = distância CD

Para engrenagens com mais de 55 dentes

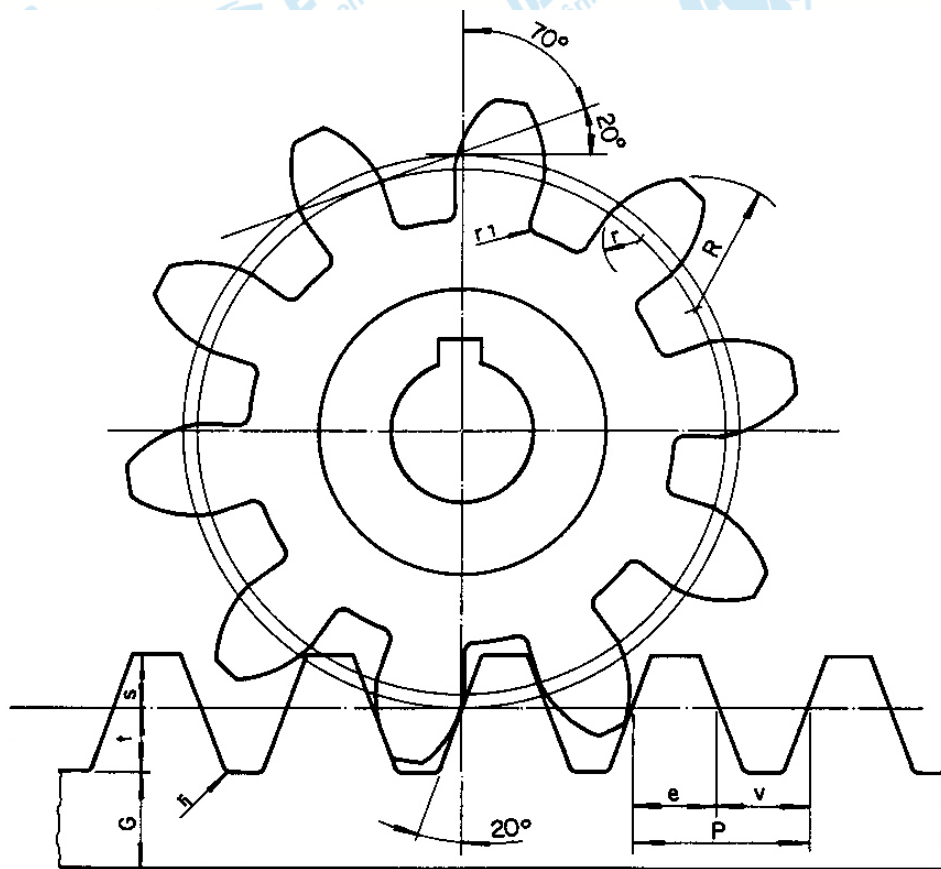


# Cremalheira

Cremalheira é uma barra dentada que entrosa com um pinhão (engrenagem). Pode ser considerada parte de uma engrenagem cilíndrica, cujo diâmetro é infinitamente grande.



O mecanismo engrenagem-cremalheira transforma o movimento de rotação (circular contínuo) transmitido pela engrenagem em um movimento de translação (retilíneo contínuo) transmitido pela cremalheira ou vice-versa.



## FÓRMULAS

$$G = M \times 1,75$$

$$P = M \times \pi$$

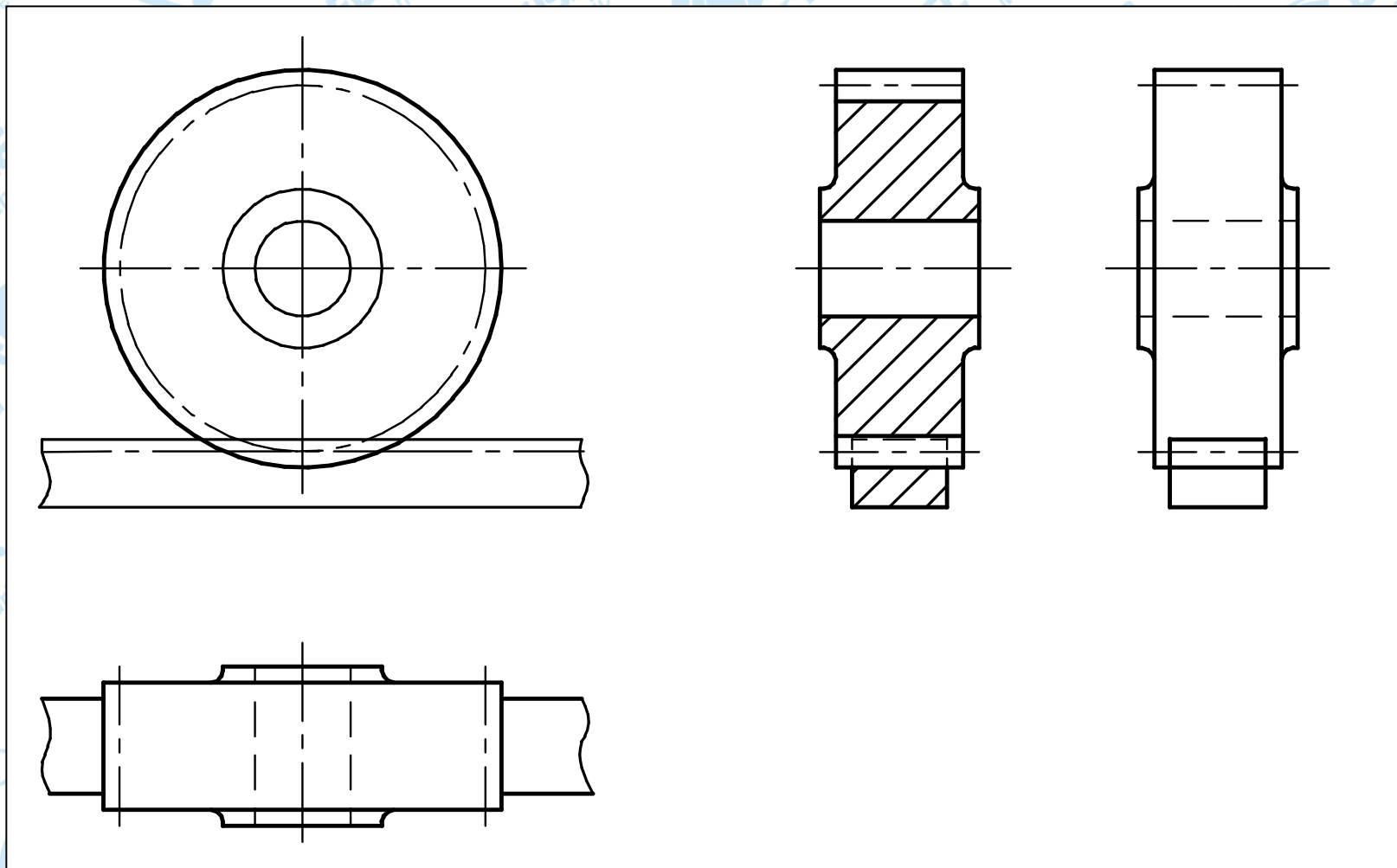
$$t = M \times 1,17$$

$$e = \frac{P}{2}$$

$$S = M$$

$$v = \frac{P}{2}$$

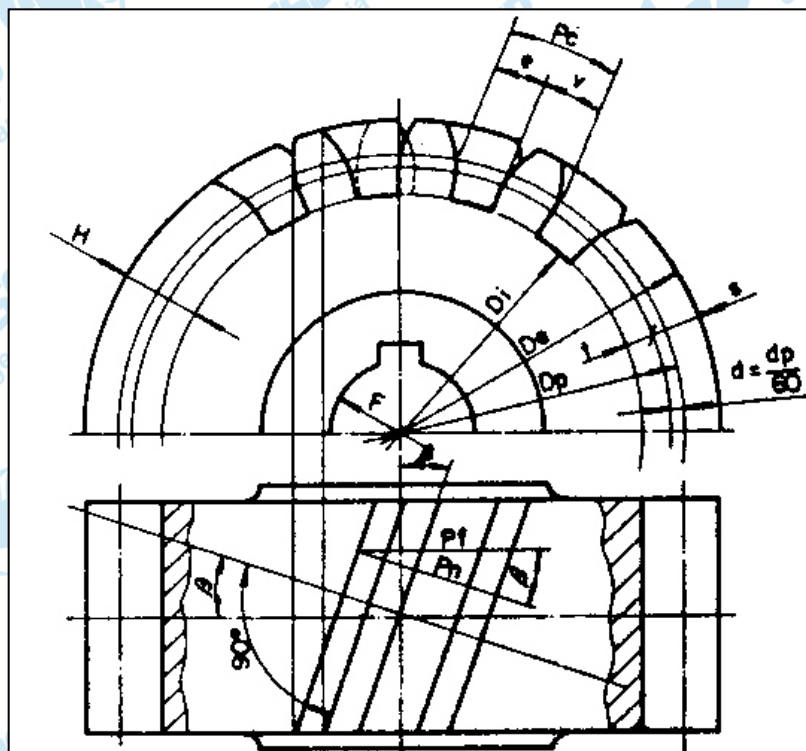
# Cremalheira - entrosamento



BS 308 : Part 1 : 1984

# Engrenagem cilíndrica helicoidal (fórmulas e traçados)

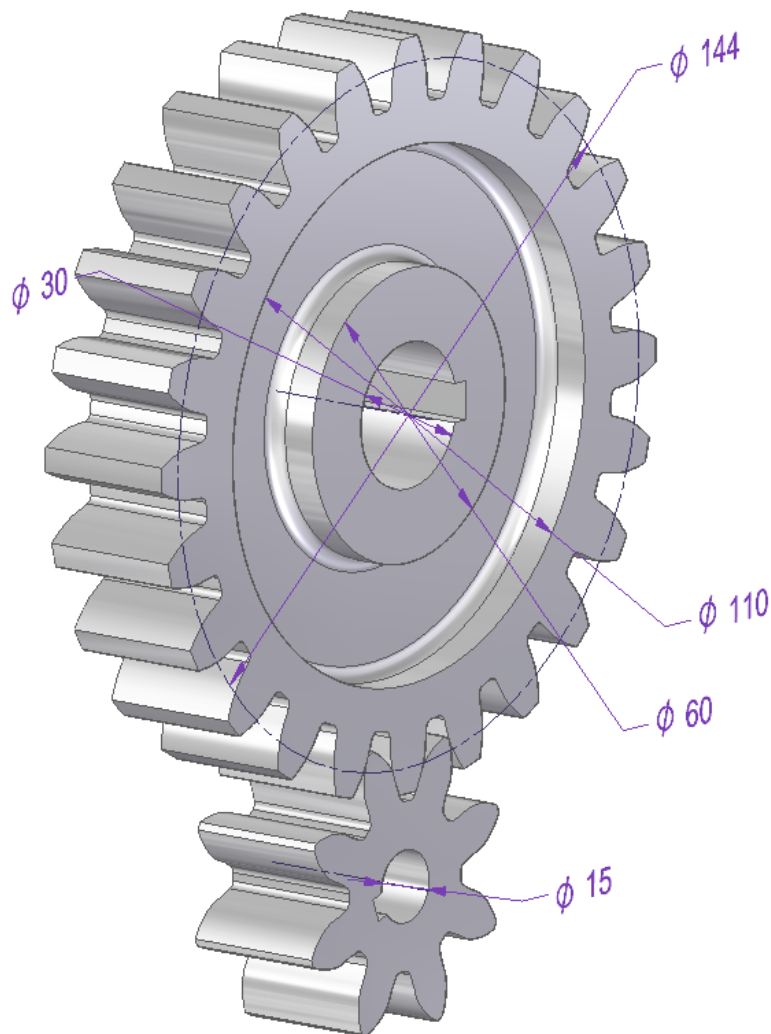
A roda cilíndrica helicoidal distingue-se por sua grande resistência e marcha silenciosa. Essa engrenagem pode ser empregada tanto para eixos paralelos quanto cruzados. Os demais são traçados à envolvente de círculo e sua construção é igual à dos dentes retos.



Nomenclatura	Símbolo	Fórmulas
Diâmetro primitivo	<b>Dp</b>	$M_c N = \frac{P_c \cdot N}{\pi} = \frac{M_n \cdot N}{\cos \beta}$
Diâmetro externo	<b>De</b>	$D_p + 2 \cdot M_n = \left( \frac{N}{\cos \beta} + 2 \right) \cdot M_n$
Diâmetro interno	<b>Di</b>	$D_p - 2,5 \cdot M_n$
	<b>d</b>	$\frac{d_p}{60}$
Passo normal	<b>Pn</b>	$M_n \cdot \pi = P_c \cdot \cos \beta$
Espessura do dente	<b>e</b>	
Intervalo entre dentes	<b>v</b>	
Altura do pé do dente	<b>t</b>	$1,25 \cdot M_n$
Altura da cabeça do dente	<b>S</b>	$1 \cdot M_n$
Altura do dente	<b>H</b>	$2,25 \cdot M_n$
Módulo circunferencial	<b>Mc</b>	$\frac{D_p}{N} = \frac{P_c}{\pi} = \frac{M_n}{\cos \beta}$
Passo aparente	<b>Pc - Pt</b>	$D_p \cdot \pi / N = M_c \cdot \pi$
Furo	<b>F</b>	
Número de dentes	<b>N</b>	$\frac{D_p}{M_c} = \frac{D_p \cdot \cos \beta}{M_n}$
Módulo Normal	<b>Mn</b>	$\frac{D_p \cdot \cos \beta}{N} = \frac{P_n}{\pi}$
Ângulo de inclinação	<b>β</b>	

# Referências

- Niemann G. *Elementos de Máquinas*, v2, Editora Edgard Blucher, 1991.
- BS 308 : Part 1 : 1984.
- DIN ISO 2203. 1973
  
- NBR11534 - REPRESENTAÇÃO DE ENGRENAGEM EM DESENHO TÉCNICO (1991) – **CANCELADA em 2016.**



Coroa	Pinhão
N=24 dentes	N=8 dentes
Dp = 144mm	Dp= _____
M=6	M= _____
Largura (L) =30mm	L=30mm
De= _____	De= _____
Di= _____	Di= _____
Dim. chaveta _____	Dim. Chaveta _____

Exercício 1- Desenhe o par de engrenagens (entrosado) em duas vistas, aplicando a forma simplificada (vista frontal e lateral esquerda em corte). Faça a cotação no conjunto (excepcionalmente) de ambas. Calcular demais valores.