



***Aula 09 – Componentes de transmissão e união: eixos, chavetas,
polias, correias, engrenagens, pinos e cavilhas***

Notas de Aulas 2018

EESC • USP

*Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo*

SEM 0564 - DESENHO TÉCNICO MECÂNICO I

André Ferreira Costa Vieira

andrefviera@usp.br





EESC • USP

EIXOS

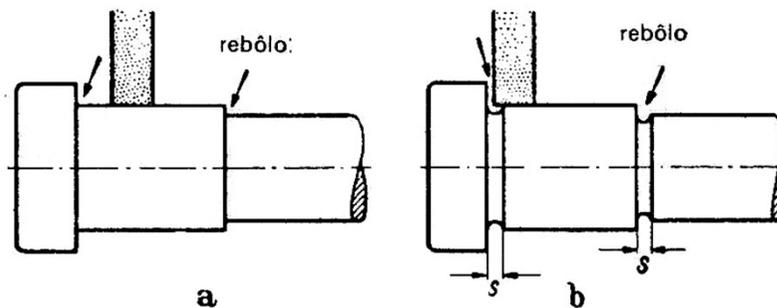


Nos escalonamentos do eixo (diâmetro) devem possuir raios de arredondamento ou canal de alívio para saída de rebolo.

Raios de arredondamento



Canal de alívio DIN



DIN 509:2006 - Technical drawings - Relief grooves - Types and dimensions



EESC • USP

FUROS DE CENTRO



São furos aplicados nas faces de eixos, fusos, peças cônicas ou cilíndricas e outras que garantem rápida centralização em fixações para operações de usinagem como torneamento, retificação, fresamento (dentes de engrenagem, ranhuras) e outras geralmente sequenciais.

Representação e designação de furos de centro em desenhos

Unid.: mm

Requisito	Representação	Designação
O furo de centro é necessário na peça acabada		NBR 12288 - B2,5/8
O furo de centro pode permanecer na peça acabada		NBR 12288 - B2,5/8
Não pode haver furo de centro na peça acabada		NBR 12288 - B2,5/8

Interpretação da designação

Unid.: mm

Tipos do furo de centro	Designação (exemplos)	Interpretação da designação
R com a forma de raio (broca de centro conforme a ISO 2541)	 NBR 12288 - R3,15/6,7	 $d = 3,15$ $D_1 = 6,7$
A sem chanfro de proteção (broca de centro conforme a ISO 866)	 NBR 12288 - R4/8,5	 $d = 4$ $D_2 = 8,5$ 60° (máx.)
B com chanfro de proteção (broca de centro conforme a ISO 2540)	 NBR 12288 - B 2,5/8	 $d = 2,5$ $D_3 = 8$ 60° (máx.) 120°

NBR 12228 – Representação simplificada de furos de centro em desenho técnico

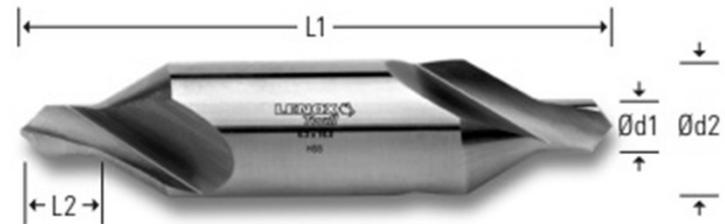


EESC • USP

BROCAS DE CENTRO

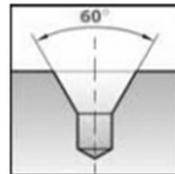


São brocas especiais para fazer furos de centro e em uma só operação se executa: o furo cilíndrico, o cone e o escareado. Os tipos mais comuns são: Broca de centrar simples (DIN 333A) e as Broca de centrar com chanfro de proteção.



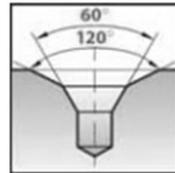
FORMA "A"

É o tipo mais usual de broca de centrar. Ela produz furos com escareamento plano de 60°. A broca-piloto abre uma área de folga responsável por acomodar a terminação da ponta rotativa.



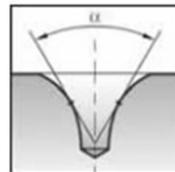
FORMA "B"

O chanfro externo de 120° protege o ângulo interno de 60° (superfície de contato com a ponta rotativa) contra risco de quebra e deformação. A área de folga resultante do chanfro protetivo facilita o posicionamento das peças entre centros em tornos com carregamento automático.



FORMA "R"

O escareamento com raio do furo de centro é mais robusto que o escareamento típico a 60°. O raio atua como um chanfro protetor da entrada do furo, prevenindo quebras e facilitando o posicionamento das peças em tornos com carregamento automático.



DIN 333 FORMA A		HSS	118°	
Ød1 (MM)	Ød2 (MM)	L2 (MM)	L1 (MM)	
1,00	3,15	1,3	32	
1,25	3,15	1,6	32	
1,60	4,00	2,0	36	
2,00	5,00	2,5	40	
2,50	6,30	3,1	45	
3,15	8,00	3,9	50	
4,00	10,00	5,0	56	
5,00	12,50	6,3	63	
6,30	16,00	8,0	71	
8,00	20,00	10,1	80	
10,00	25,00	12,8	100	

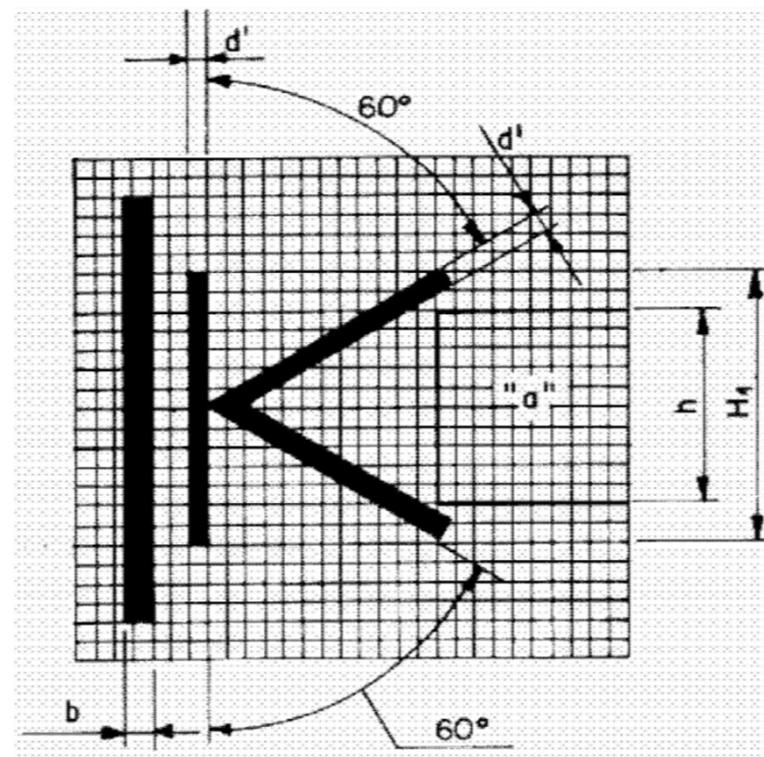
DIMENSÕES E SIMBOLOGIA



Dimensões preferenciais de furos de centro Unid.: mm

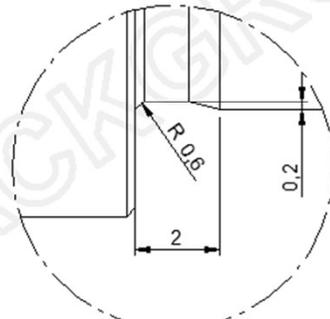
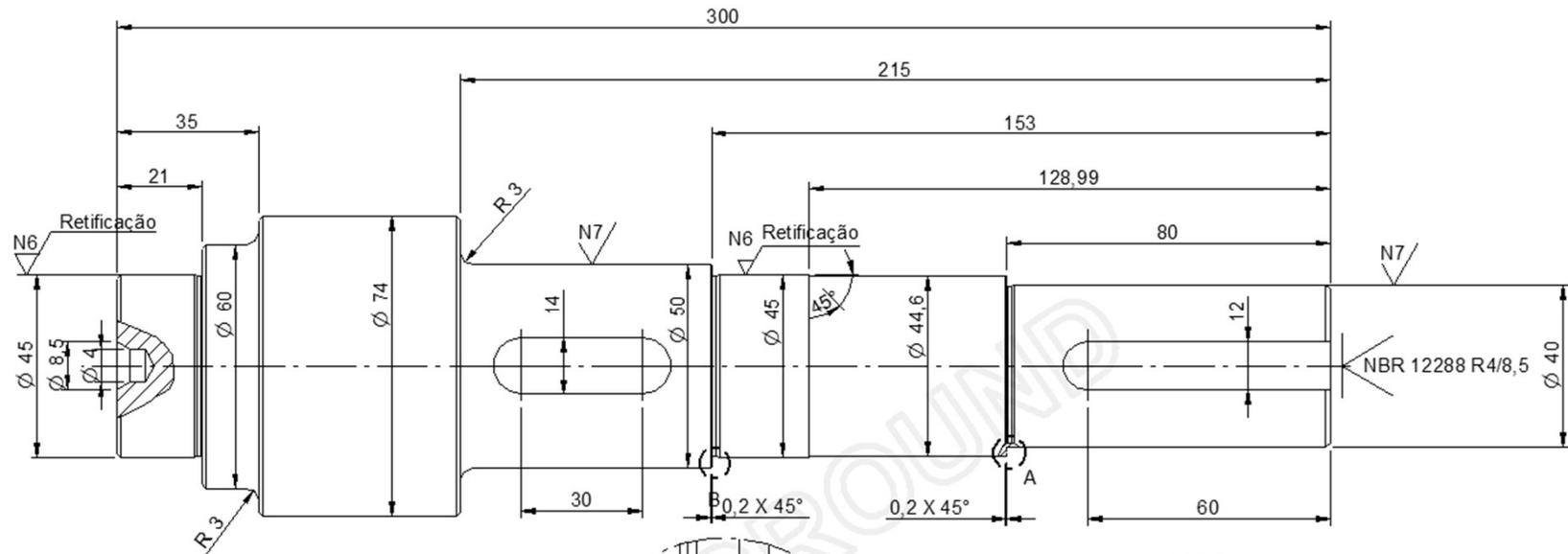
d nominal	Tipo				
	R conforme a ISO 2541 D ₁ nominal	A conforme a ISO 866		B conforme a ISO 2540	
		D ₂ nominal	t referência	D ₃ nominal	t referência
(0,5)	-	1,06	0,5	-	-
(0,63)	-	1,32	0,6	-	-
(0,8)	-	1,70	0,7	-	-
1,0	2,12	2,12	0,9	3,15	0,9
(1,25)	2,65	2,65	1,1	4	1,1
1,6	3,35	3,35	1,4	5	1,4
2,0	4,25	4,25	1,8	6,3	1,8
2,5	5,3	5,30	2,2	8	2,2
3,15	6,7	6,70	2,8	10	2,8
4,0	8,5	8,50	3,5	12,5	3,5
(5,0)	10,6	10,60	4,4	16	4,4
6,3	13,2	13,20	5,5	18	5,5
(8,0)	17,0	17,00	7,0	22,4	7,0
10,0	21,2	21,20	8,7	28	8,7

Nota: Dimensões entre parênteses devem ser evitadas, sempre que possível.

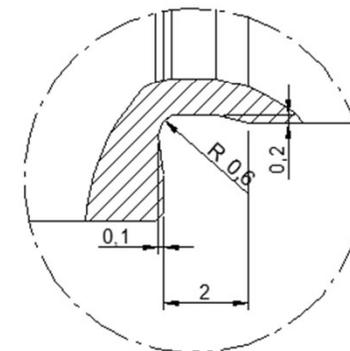


Exemplo

EIXOS



Detalhe B
(DIN 509 - Tipo E)



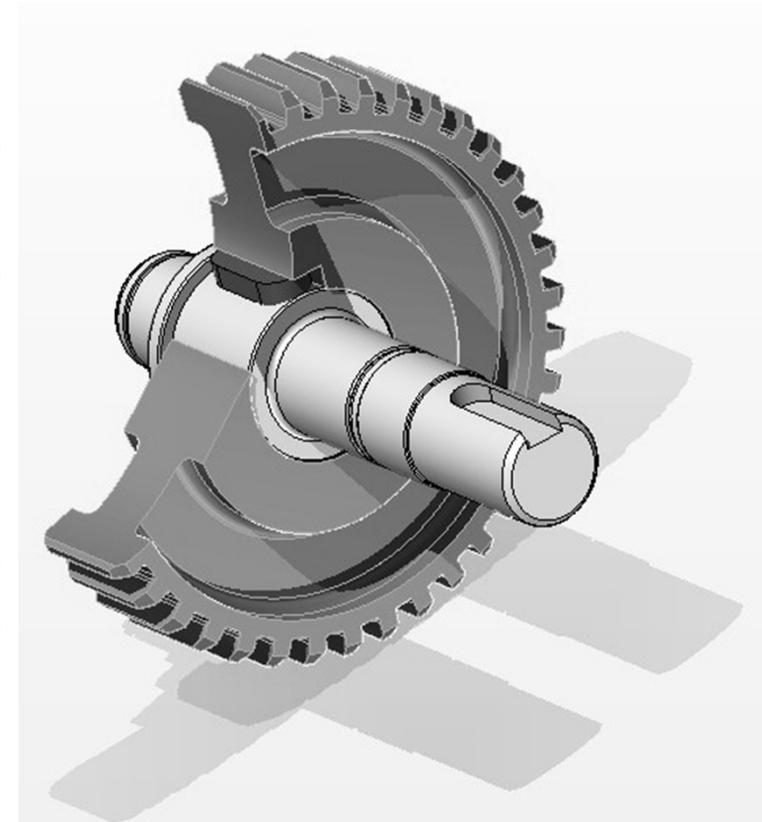
Detalhe A
(DIN 509 - Tipo F)

CHAVETAS



As chavetas são elementos de máquinas, utilizadas para uniões eixo-cubo e são fabricadas geralmente em aço dúctil. Sua geometria é escolhida, em função do tipo de solicitação e do movimento que será transmitido.

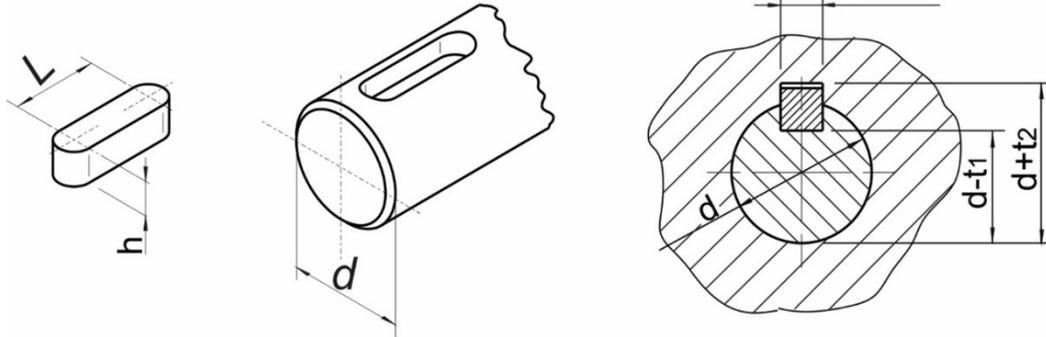
Suas dimensões são em função do diâmetro do eixo. A união por chaveta é desmontável.



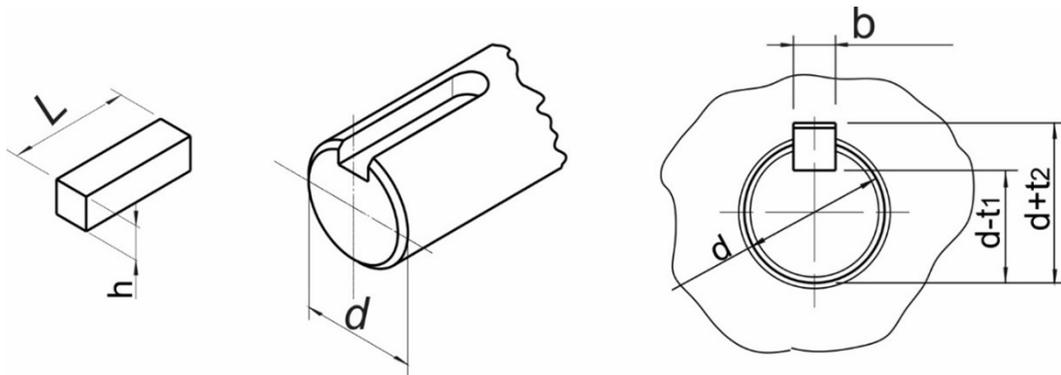
TIPOS DE CHAVETAS



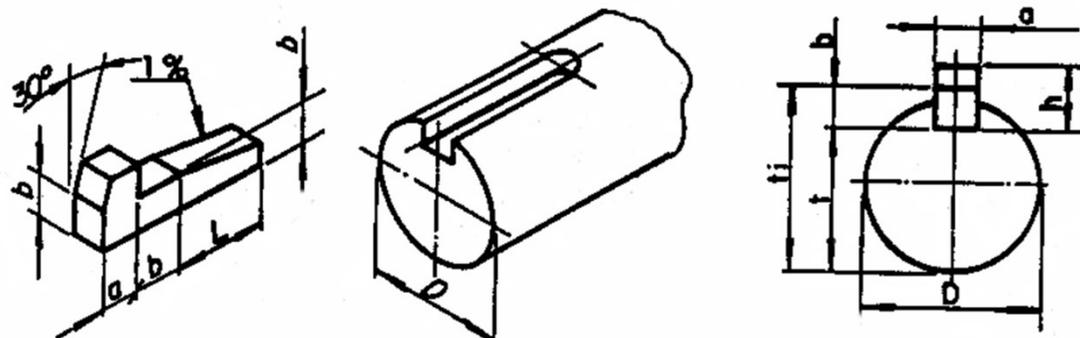
Chaveta Embutida



Chaveta Plana



Chaveta de Cabeça



CHAVETAS



Tabela de Proporções

Diâmetro do eixo (d)	a	h	$h_{\text{cabeça}}$	t_1	t_2	d_{pino}
$6 < d \leq 8$	2	2				
$8 < d \leq 10$	3	3				
$10 < d \leq 12$	4	4		2,4	1,7	
$12 < d \leq 17$	5	5	8	2,9	2,2	7,5
$17 < d \leq 22$	6	6	9	3,5	2,6	8,5
$22 < d \leq 30$	8	7	10	4,1	3,0	10,0
$30 < d \leq 38$	10	8	12	4,7	3,4	11,5
$38 < d \leq 44$	12	8	12	4,9	3,2	13,0
$44 < d \leq 50$	14	9	14	5,5	3,6	13,5
$50 < d \leq 58$	16	10	15	6,2	3,9	14,5
$58 < d \leq 65$	18	11	16	6,8	4,3	16,0
$65 < d \leq 75$	20	12	19	7,4	4,7	17,0
$75 < d \leq 85$	22	14		8,5	5,6	
$85 < d \leq 95$	25	14		8,7	5,4	
$95 < d \leq 110$	28	16		9,9	6,2	
$110 < d \leq 130$	32	18		11,1	7,1	

Obs.: O comprimento L é calculado.

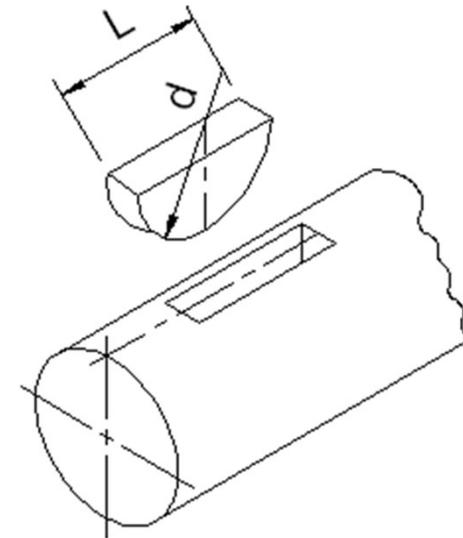
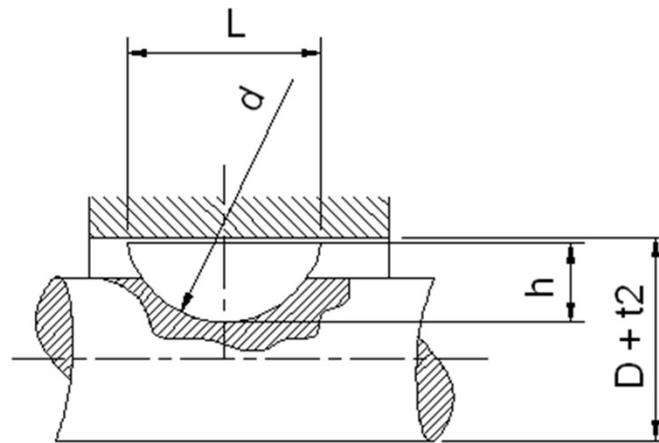
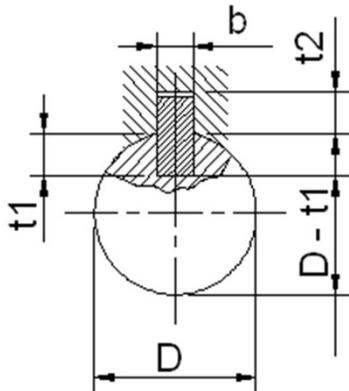


EESC • USP

CHAVETAS



Tipo “Woodruff” ou “Meia Cana”



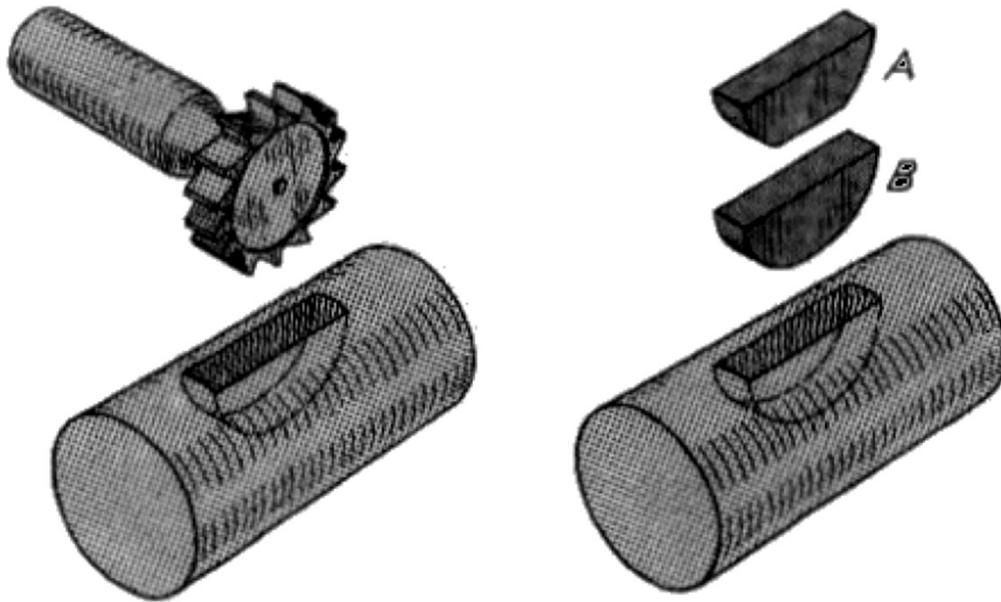


EESC • USP

CHAVETAS



Tipo “Woodruff” ou “Meia Cana”



CHAVETA TIPO “WOODRUFF”



Diâmetro do eixo D	Largura e altura b x h	Rasgo		L	d
		t ₁	t ₂		
de 3 a 4	1 x 1,4	1	0,5	3,82	4
>4 a 6	1,5 x 2,5	2	0,7	6,76	7
>6 a 8	2 x 2,6	1,8	0,9	6,76	7
	2 x 3,7	2,9	0,9	9,66	10
>9 a 10	2,5 x 3,7	2,9	0,9	9,66	10
	3 x 3,7	2,5	1,3	9,66	10
	3 x 5	3,8	1,3	12,65	13
	3 x 6,5	5,3	1,3	15,72	16
>10 a 12	4 x 5	3,5	1,6	12,65	13
	4 x 6,5	5	1,6	15,72	16
	4 x 7,5	6	1,6	18,57	19
>12 a 17	5 x 6,5	4,5	2,1	15,72	16
	5 x 7,5	5,5	2,1	18,57	19
	5 x 9	7	2,1	21,63	22

Fonte: DIN 6888 (1948)

CHAVETA TIPO “WOODRUFF”



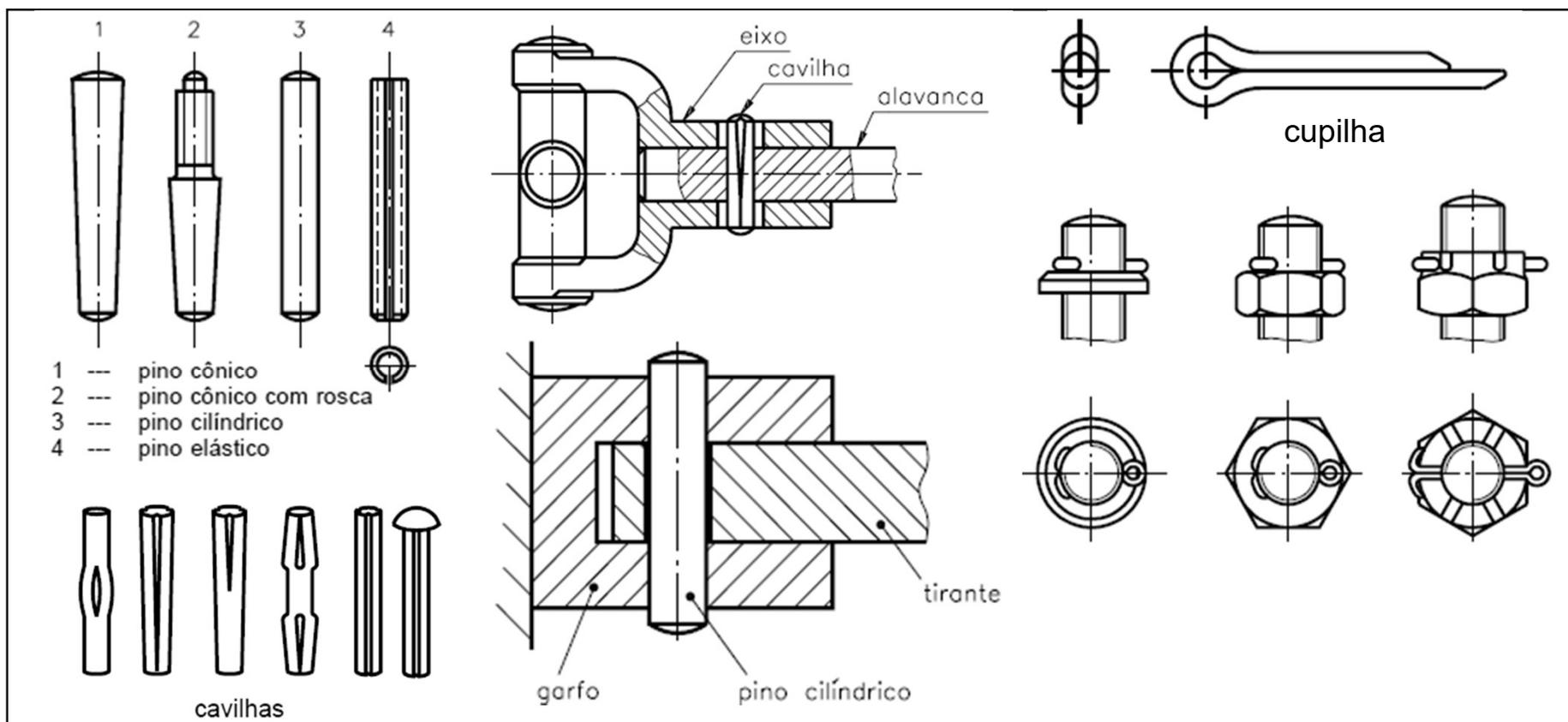
Diâmetro do eixo D	Largura e altura b x h	Rasgo		L	d
		t ₁	t ₂		
>17 a 22	6 x 7,5	5,1	2,5	18,57	19
	6 x 9	6,6	2,5	21,63	22
	6 x 10	7,6	2,5	24,49	25
	6 x 11	8,6	2,5	27,35	28
>22 a 30	8 x 9	6,2	2,9	21,63	22
	8 x 11	8,2	2,9	27,35	28
	8 x 13	10,2	2,9	31,43	32
>30 a 38	10 x 11	7,8	3,3	27,35	28
	10 x 13	9,8	3,3	31,43	32
	10 x 16	12,8	3,3	43,08	45

Fonte: DIN 6888 (1948)

PINOS, CAVILHA E CUPIHAS



Os pinos e cavilhas têm a finalidade de alinhar ou fixar elementos de máquinas, permitindo uniões mecânicas



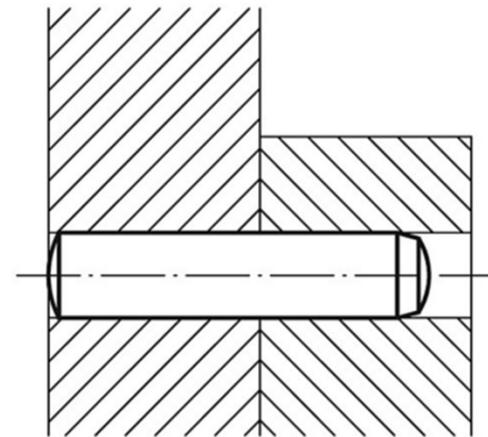
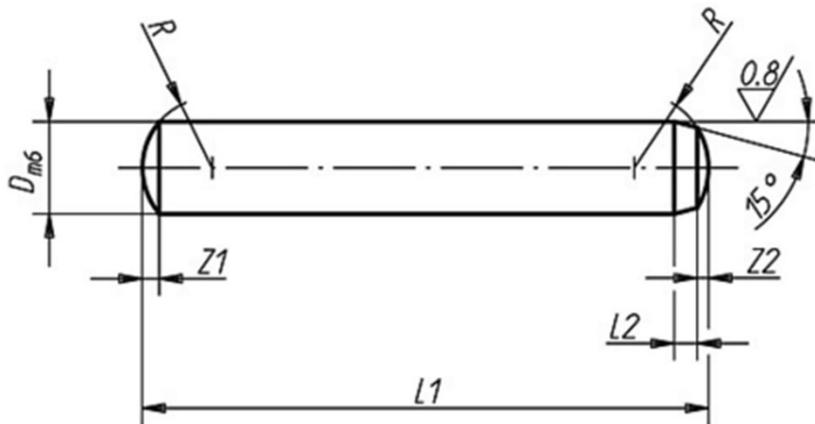


EESC • USP

PINO GUIA



O pino guia é um componente de máquina que tem a função de posicionamento.



Ajuste H_7m_6

Representação (simbologia)
em vista superior





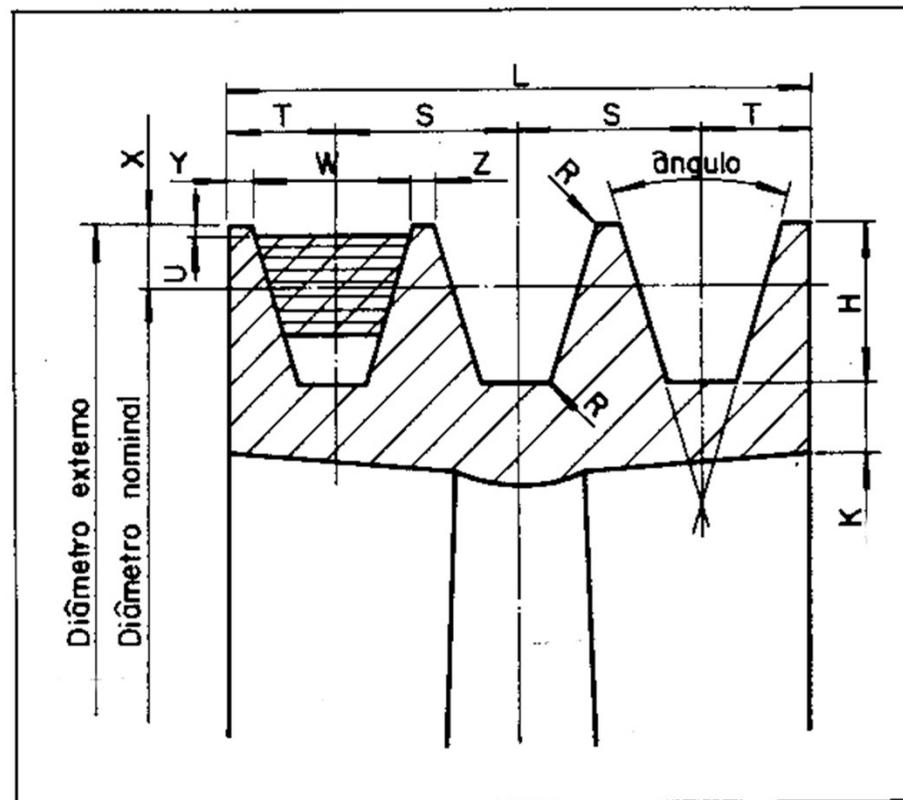
EESC • USP

POLIAS E CORREIAS



Polias são elementos de máquinas de formato cilíndrico utilizadas, para transmitir movimento de rotação, através de correias.

Polia em “V”: Ângulos e dimensões dos canais.



POLIAS E CORREIAS



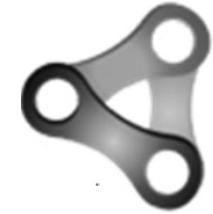
A) Polia em “V”: Ângulos e dimensões dos canais.

DIMENSÕES NORMAIS DAS POLIAS DE MULTIPLOS CANAIS											
Perfil padrão da correia	Diâmetro externo da polia	Ângulo da canal	Medidas em milímetros								
			T	S	W	Y	Z	H	K	U=R	X
A	75 a 170	34°	9,50	15	13	3	2	13	5	1,0	5
	acima de 170	38°									
B	de 130 a 240	34°	11,5	19	17	3	2	17	6,5	1,0	6,25
	acima de 240	38°									
C	de 200 a 350	34°	15,25	25,5	22,5	4	3	22	9,5	1,5	8,25
	acima de 350	38°									
D	de 300 a 450	34°	22	36,5	32	6	4,5	28	12,5	1,5	11
	acima de 450	38°									
E	de 485 a 630	34°	27,25	44,5	38,5	8	6	33	16	1,5	13
	acima de 630	38°									

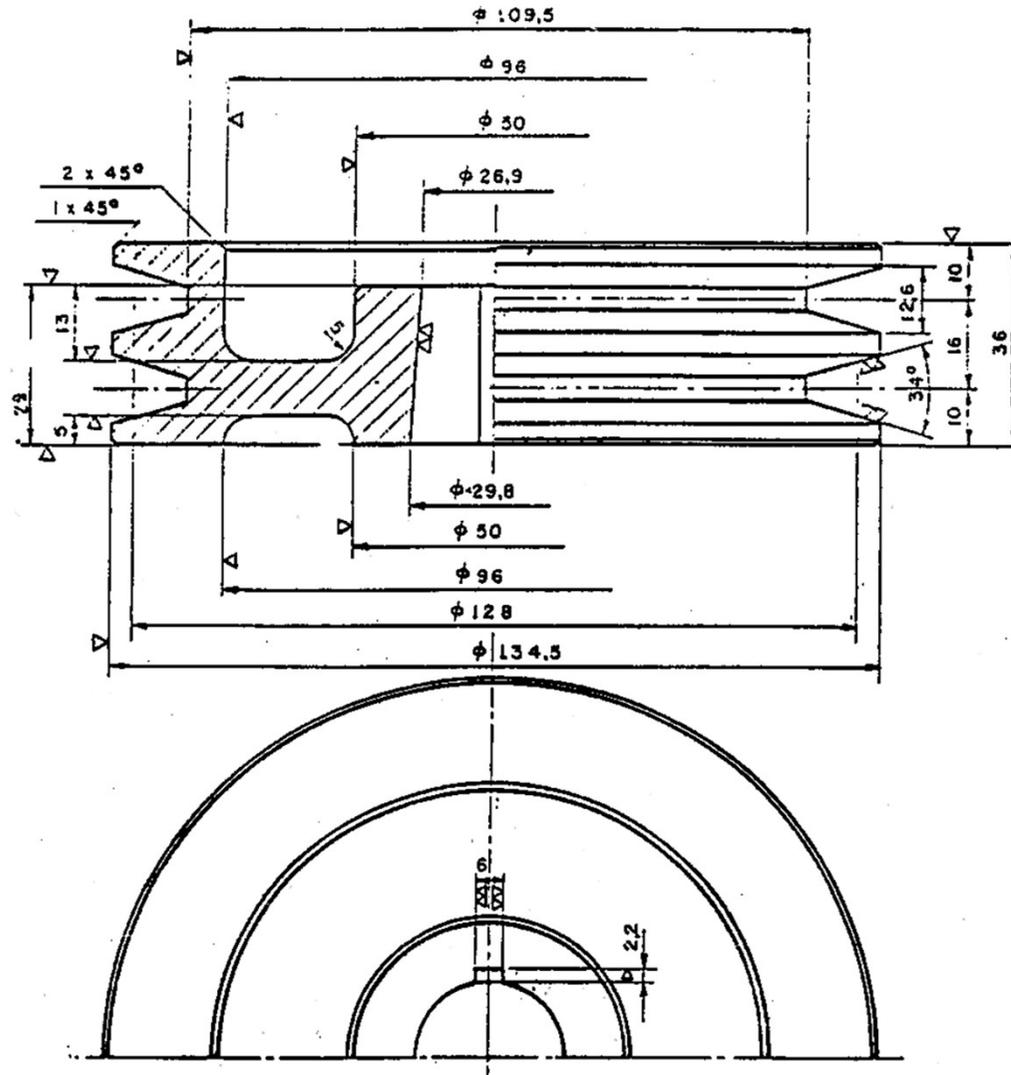


EESC • USP

POLIAS E CORREIAS



A) Polia em “V”: Ângulos e dimensões dos canais.

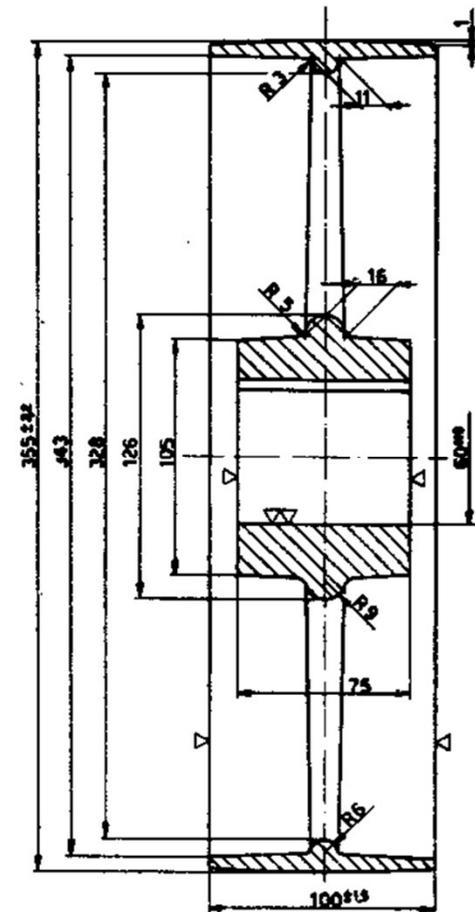
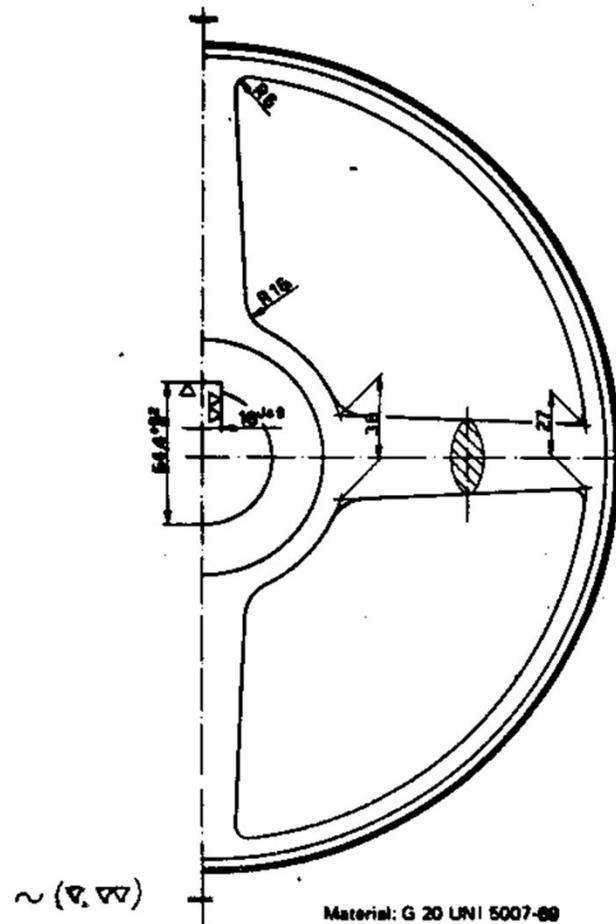


POLIAS E CORREIAS



B) Polia para correia plana

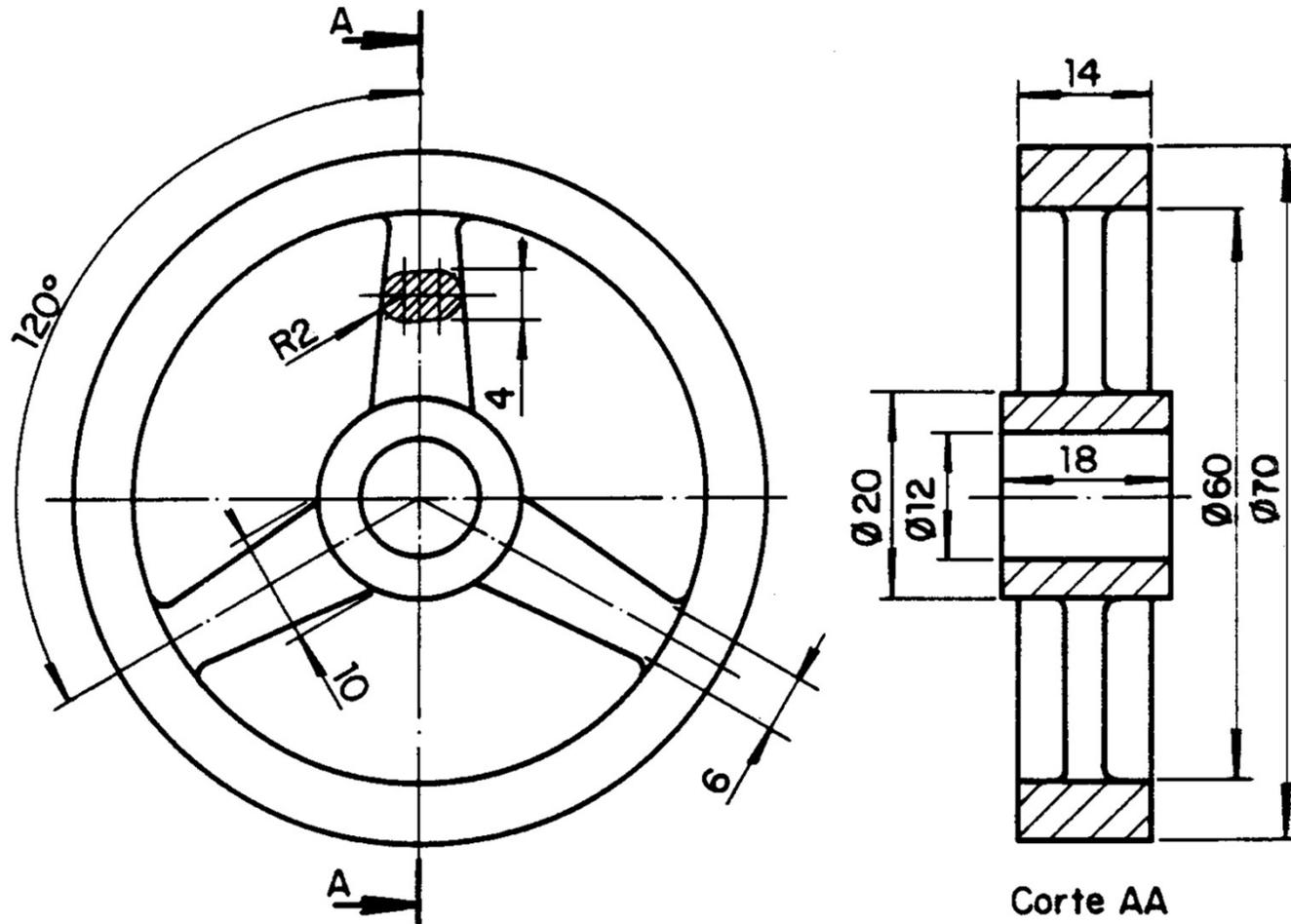
Exemplo: polia para correia de couro larga de 90 mm



POLIAS E CORREIAS



B) Polia para correia plana





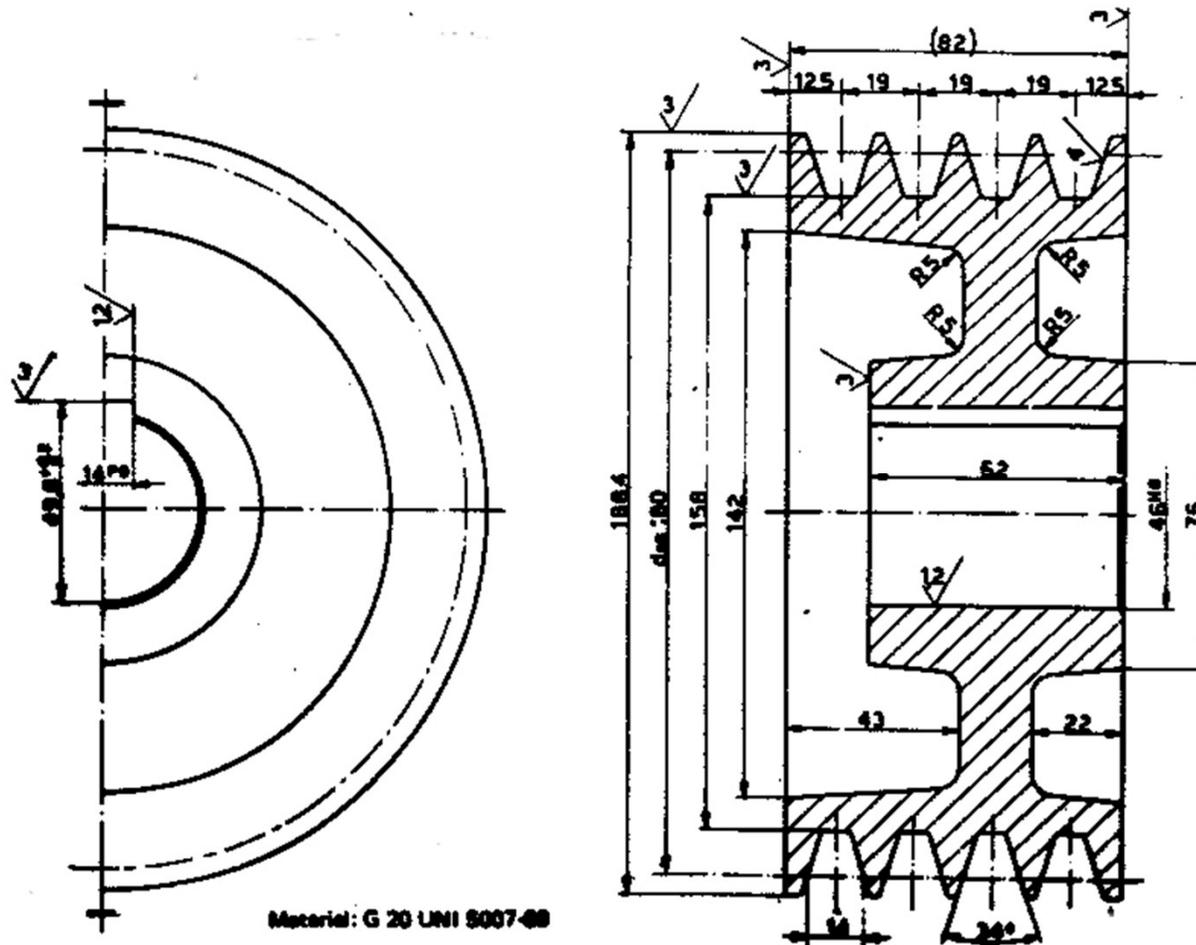
EESC • USP

POLIAS E CORREIAS

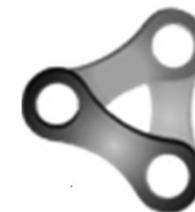


C) Polias para correias trapezoidais

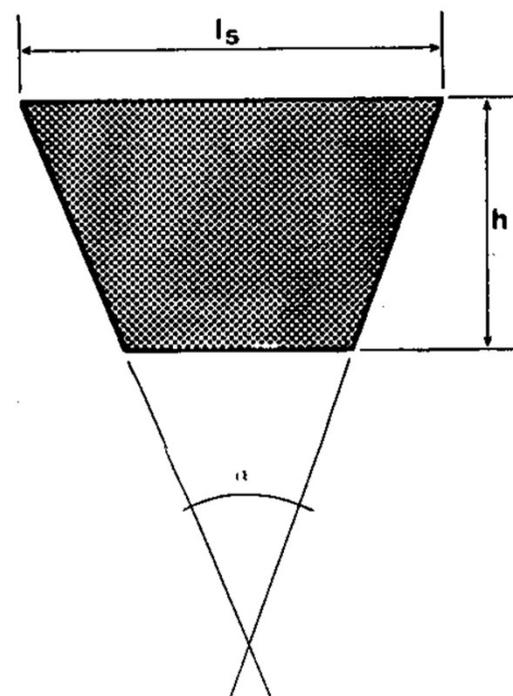
Exemplo: polia
4 b 180 uni 5266



POLIAS E CORREIAS



Dimensões nominais de correias

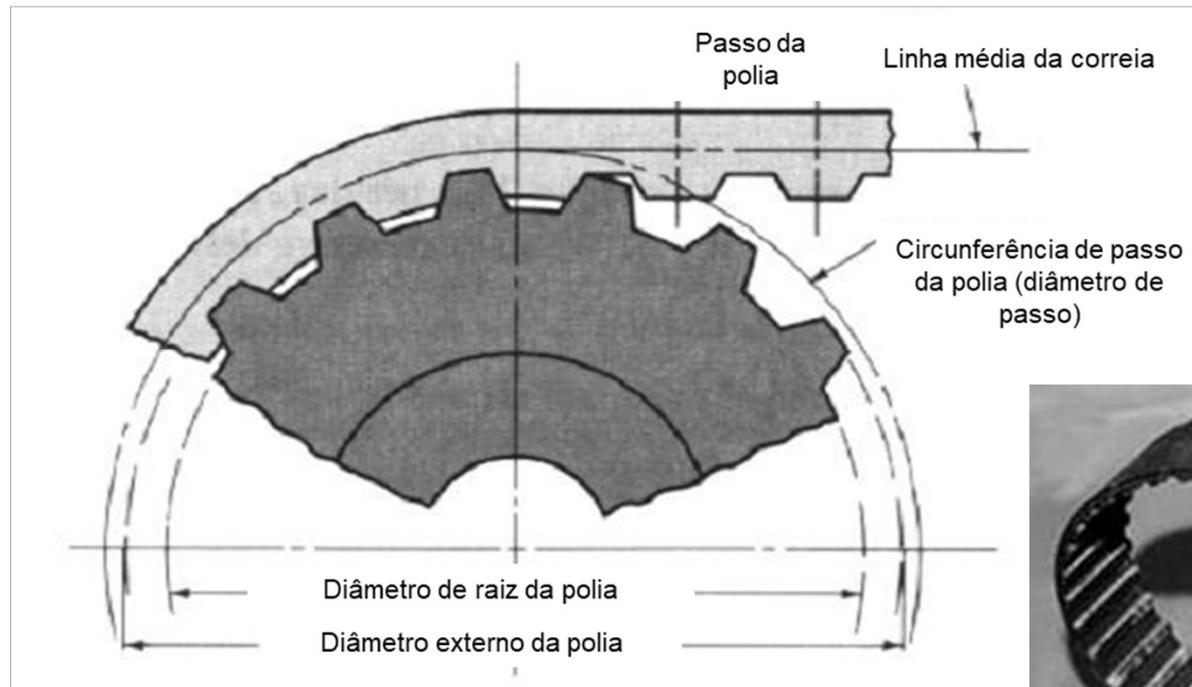


Secção		Largura superior l_s (mm)	Altura h (mm)	Ângulo		
Designação	Largura primitiva l_p (mm)			α (°)		
A	11	13	8	40°	±	1°
B	14	17	11	40°	±	1°
C	19	22	14	40°	±	1°
D	27	32	19	40°	±	1°

POLIAS E CORREIAS



D) Polia com correia sincronizadora ou correia dentada (Timing Belt)



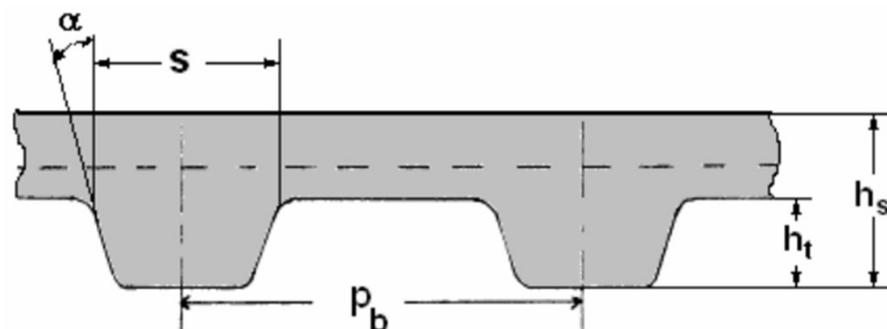
Fonte: Shigley (2006)



POLIAS E CORREIAS



D) Polia com correia sincronizadora ou correia dentada (Timing Belt)



Parâmetro		Tipo de Perfil					
		extra extra leve	extra leve	leve	pesado	extra pesado	duplamente extra pesado
		MXL	XL	L	H	XH	XXH
Passo P_b	mm	2,032	5,080	9,525	12,700	22,225	31,750
Ângulo de flanco	α	20°	25°	20°	20°	20°	20°
Espessura do dente s	mm		2,57	4,65	6,12	12,57	19,05
Altura do dente - h_t	mm	0,46	1,27	1,91	2,29	6,35	9,53
Altura total - h_s	mm	1,14	2,3	3,6	4,3	11,2	15,7
Nº mínimo de dentes recomendado na polia			12 - 10	16 - 12	20 - 17	26 - 22	26 - 22

ISO 5296-1:1989 - Synchronous belt drives -- Belts -- Part 1: Pitch codes MXL, XL, L, H, XH and XXH -- Metric and inch dimensions

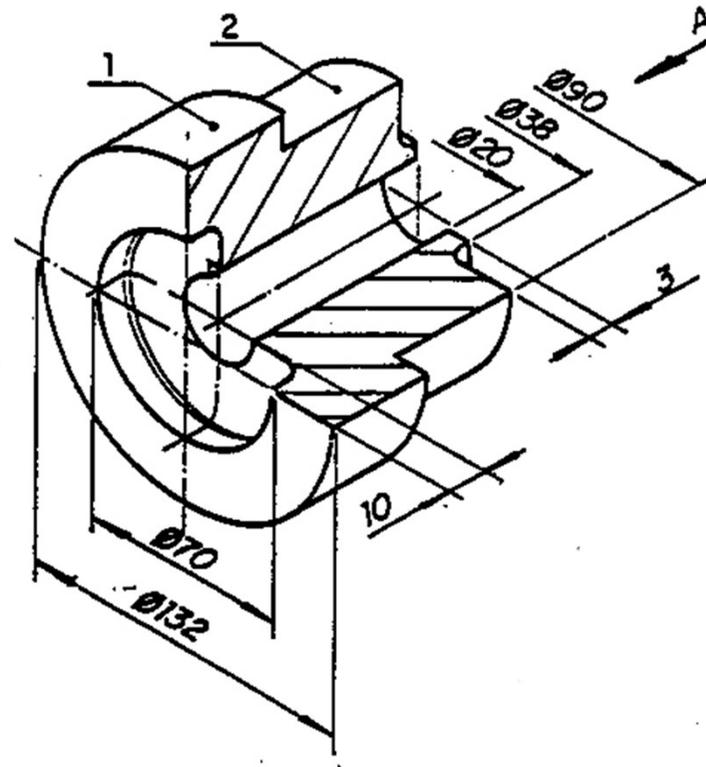


EESC • USP

EXERCÍCIO 1



Desenhe a vista frontal da polia em meio-corte e a vista especial de A, para mostrar o rasgo de chaveta. Utilize a escala 1:1.
Na superfície 1 represente um canal para a correia em V, tipo B.
Na superfície 2 represente 2 canais para correia tipo A.



* Consulte as tabelas.

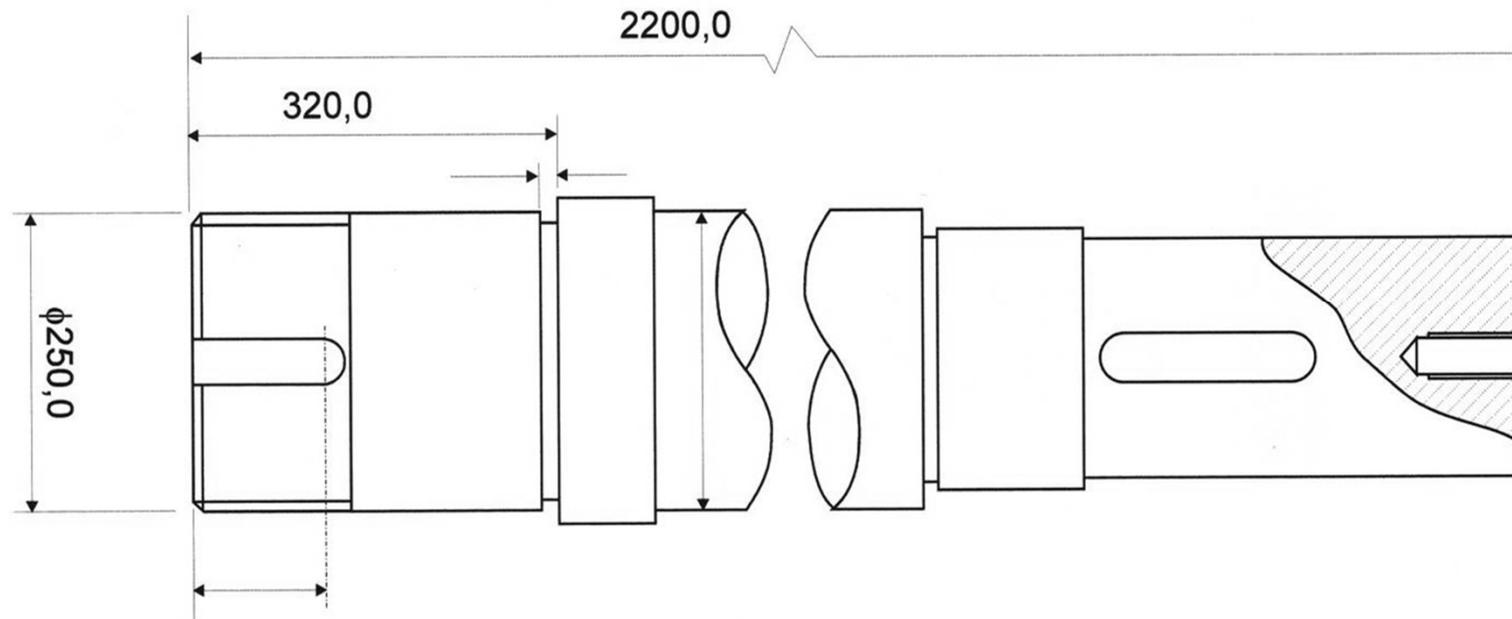


EESC • USP

EXERCÍCIO 2



Corrigir e completar o desenho esquematizado. Desenhar à mão-livre.

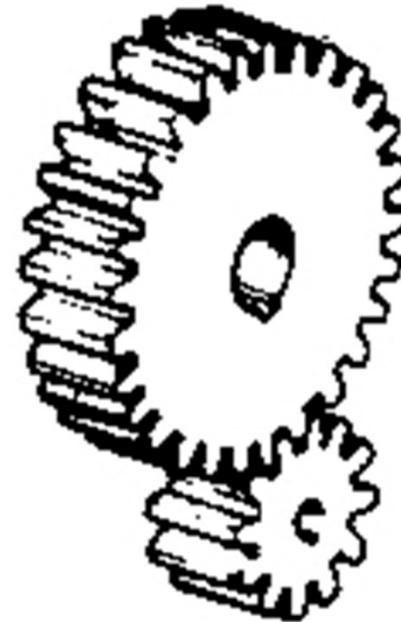


* Material: Aço Inoxidável

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.



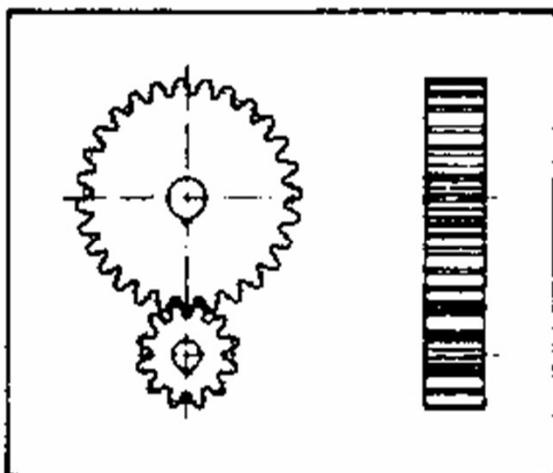
Coroa

Pinhão

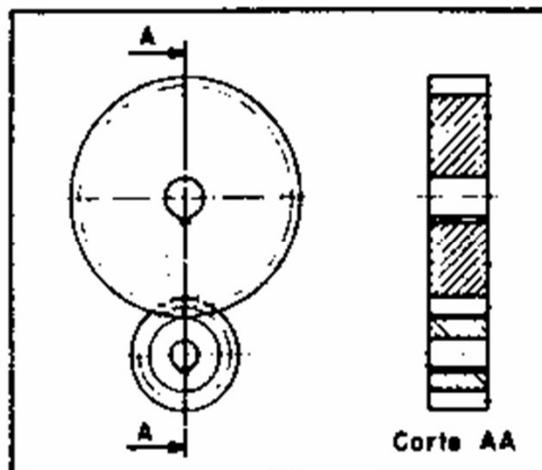
TIPOS DE CORPOS DE ENGRENAGEM



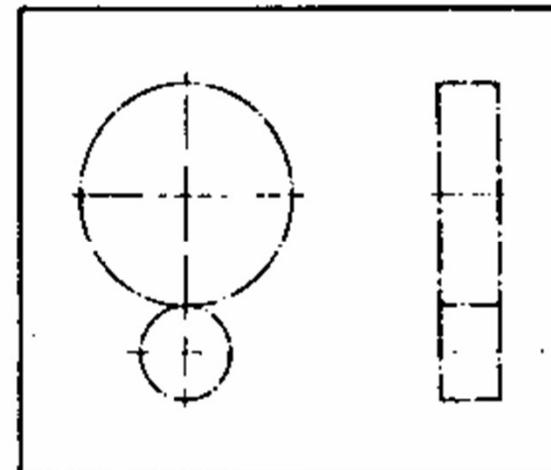
Engrenagens cilíndricas com dentes retos:



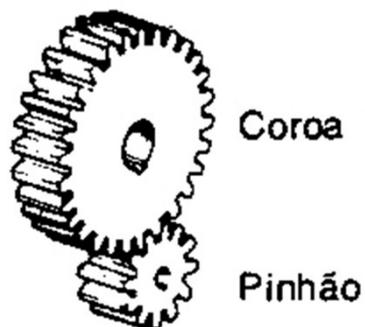
Normal



Simplificada



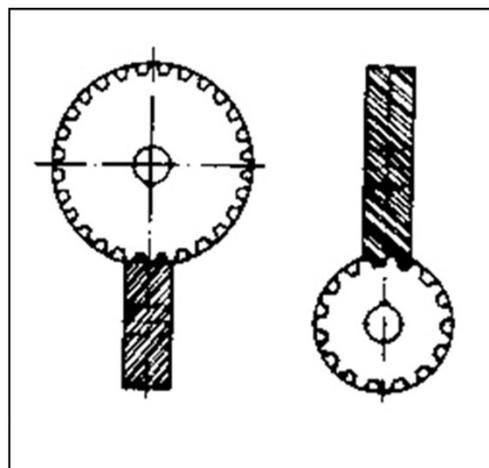
Esquemática



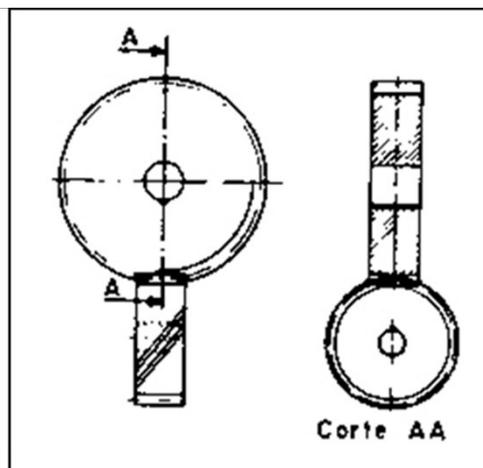
TIPOS DE CORPOS DE ENGRENAGEM



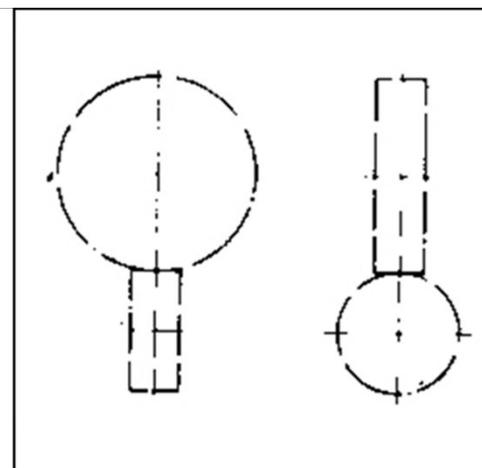
Engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais:



Normal



Simplificada



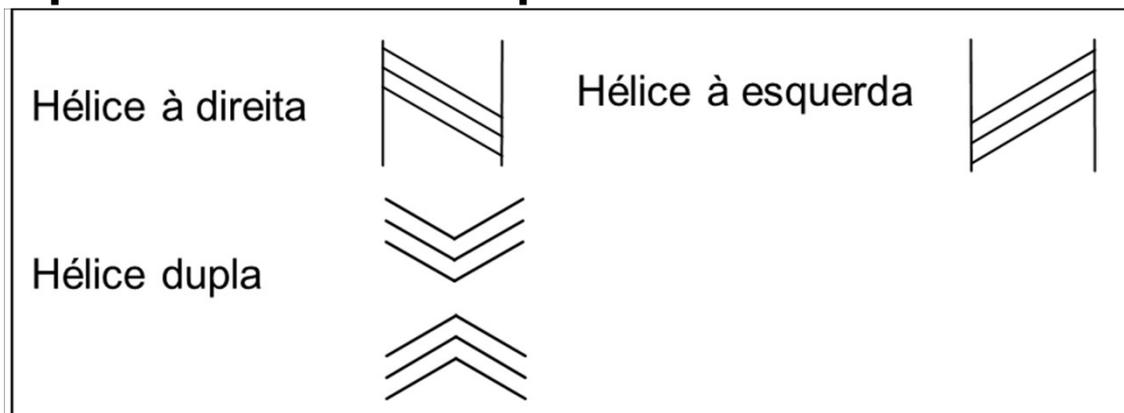
Esquemática



Coroa

Pinhão

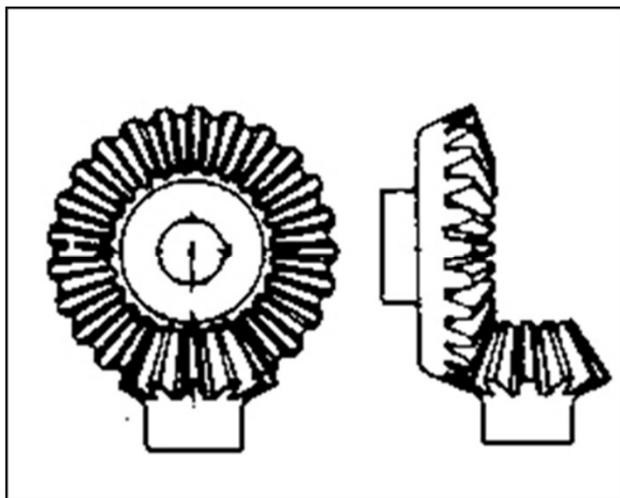
Simbologia dos dentes de engrenagens helicoidais:



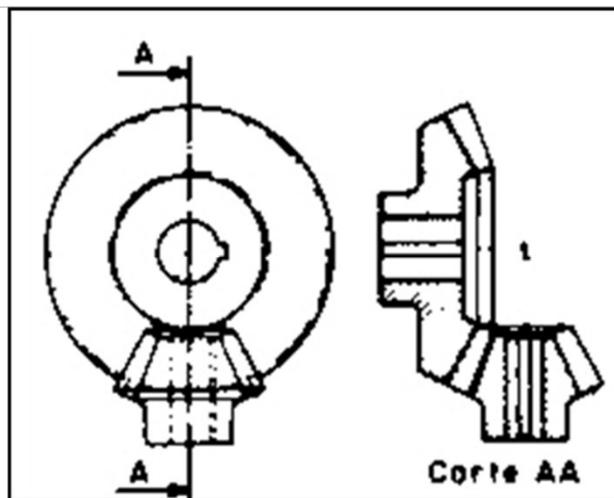
TIPOS DE CORPOS DE ENGRENAGEM



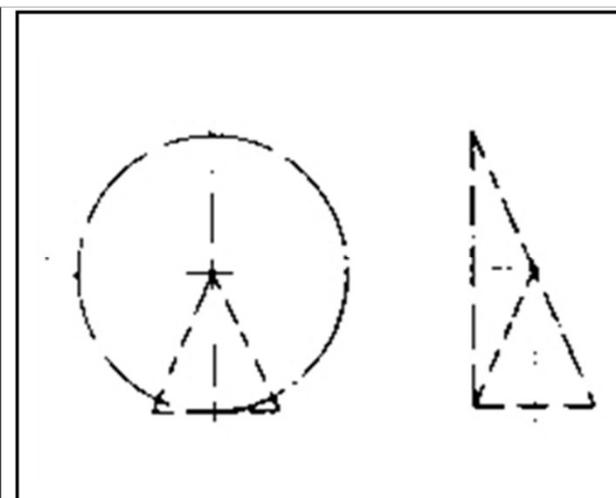
Engrenagens cônicas com dentes retos:



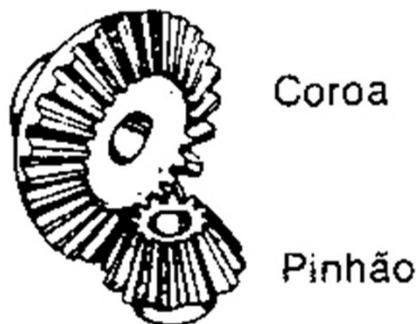
Normal



Simplificada



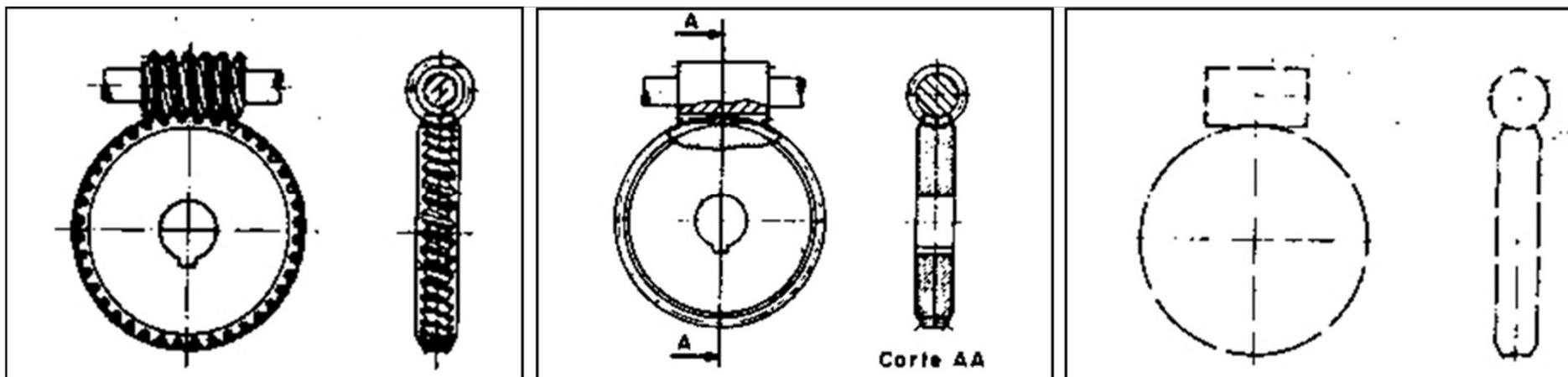
Esquemática



TIPOS DE CORPOS DE ENGRENAGEM



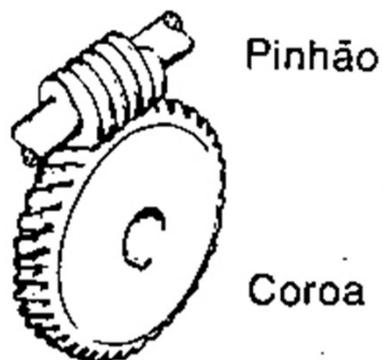
Engrenagens com dentes côncavos e roscas sem-fim:



Normal

Simplificada

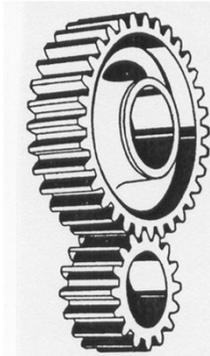
Esquemática



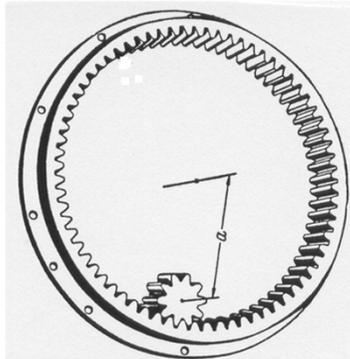


EESC • USP
Exemplos

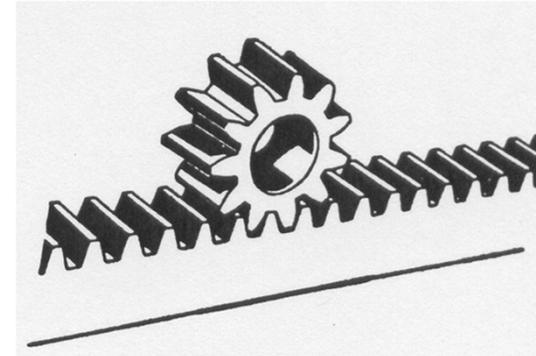
ENGRENAGENS



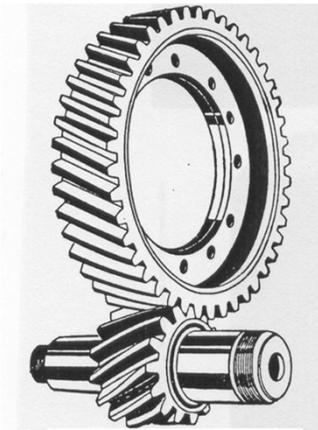
a) cilíndrica de dentes retos



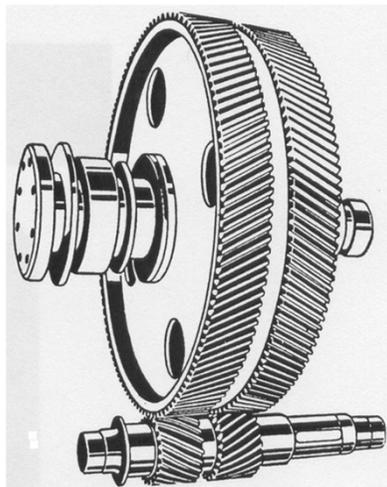
b) cilíndrica interna



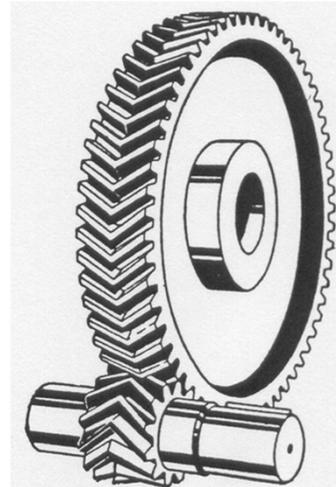
c) cilíndrica com cremalheira



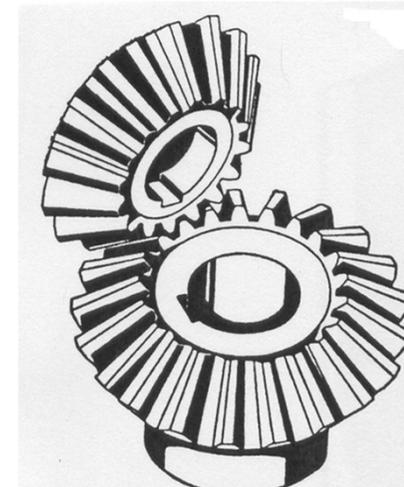
d) cilíndrica dentes inclinados



e) cilíndrica dupla de dentes inclinados



f) cilíndrica dentes em V

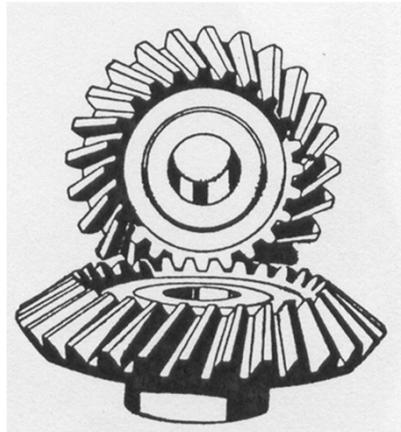


g) cônica de dentes retos

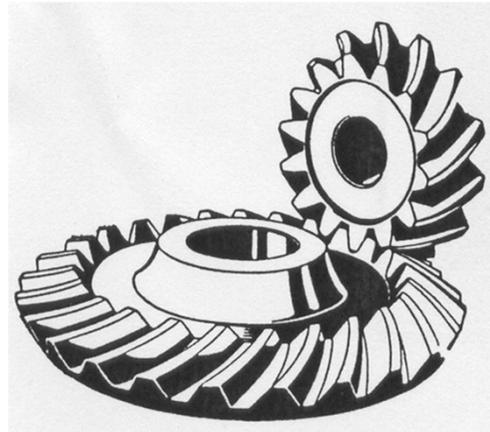


EESC • USP
Exemplos

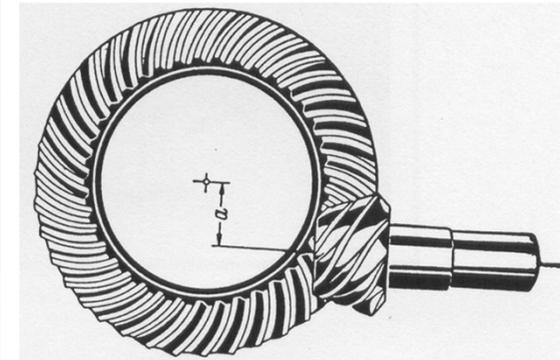
ENGRENAGENS



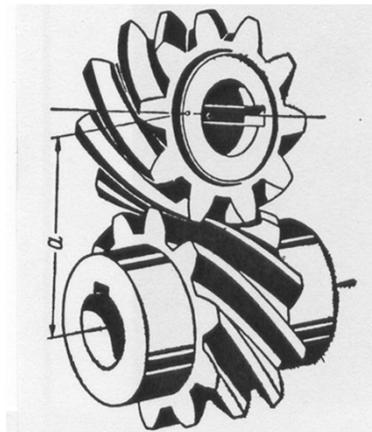
h) cônica de dentes inclinados



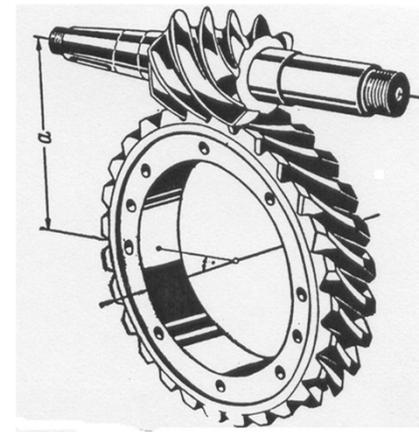
i) cônica de dentes curvos



j) cônicas descentradas (hipóides)

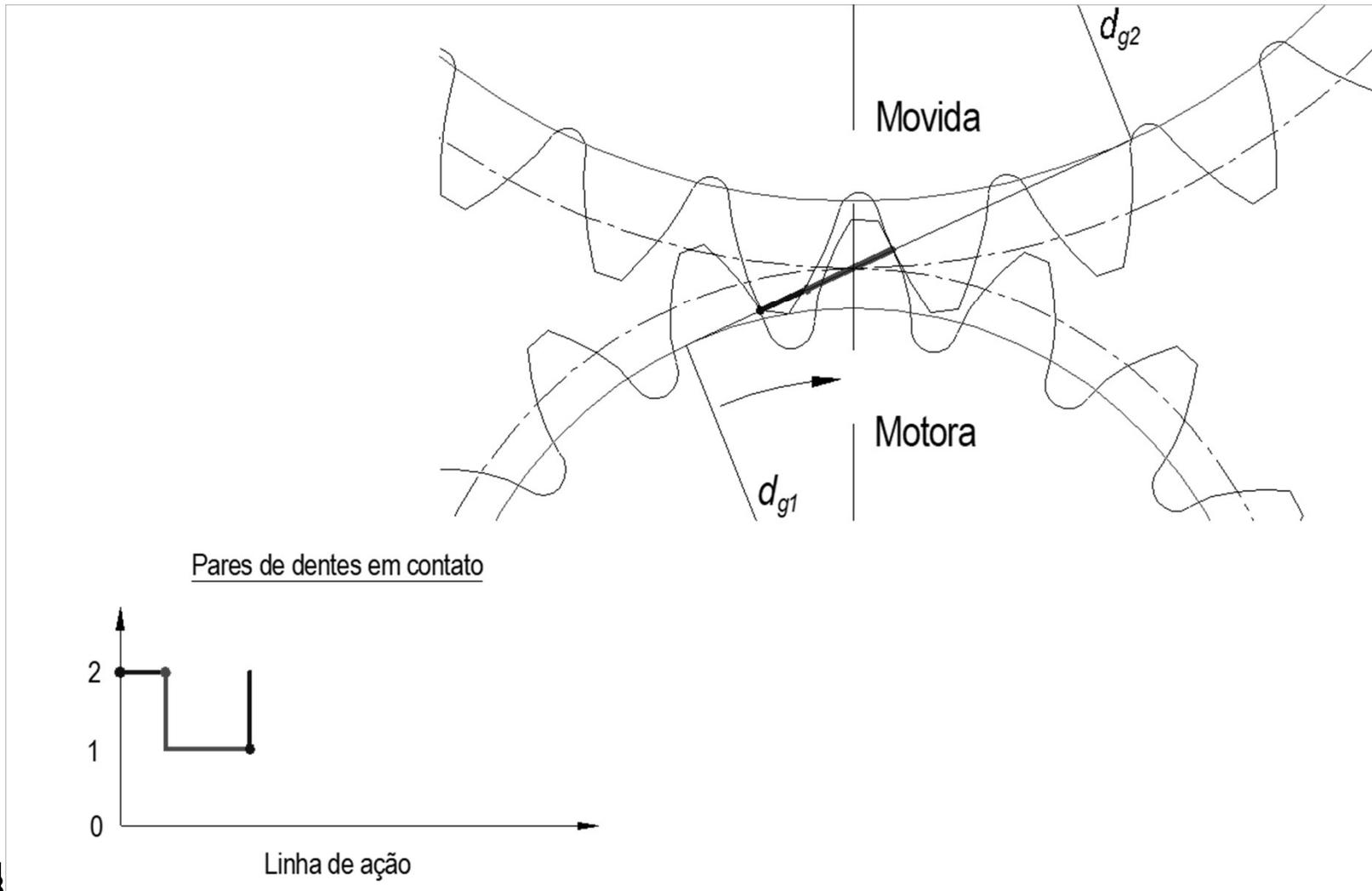


k) helicoidais



l) parafuso sem fim

ENTROSAMENTO



CARACTERÍSTICAS DO DENTES DAS ENGRENAGENS



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

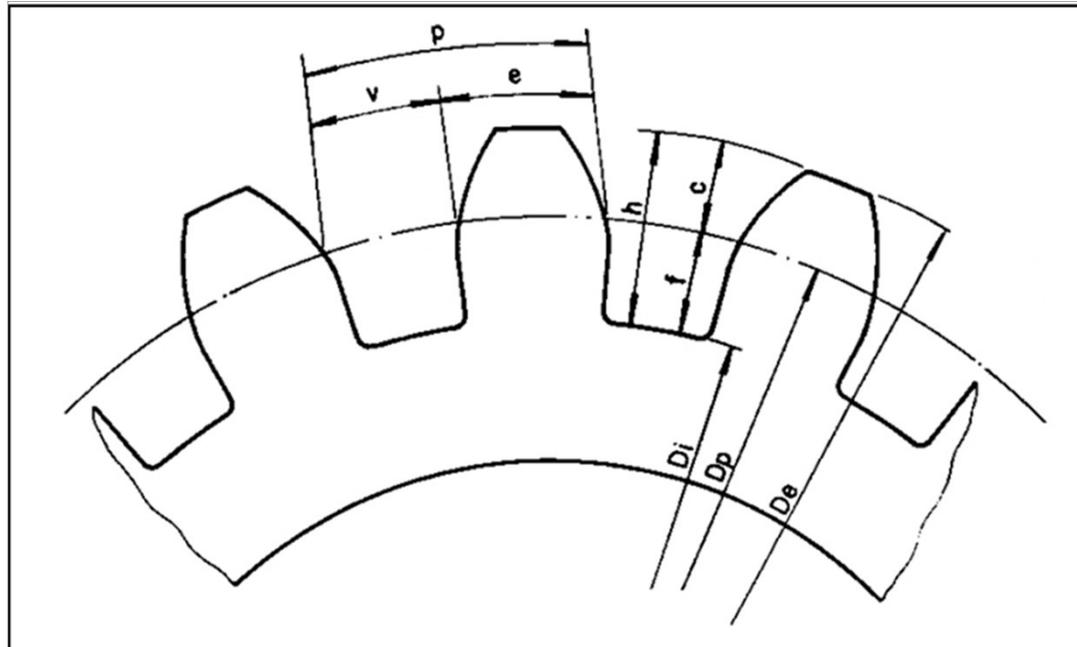
e (espessura): é a medida do arco limitado pelo dente na circunferência primitiva;

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.





EESC • USP

CARACTERÍSTICAS E COTAGEM DE ENGRENAGENS



De: diâmetro externo;

N: número de dentes;

Dp: diâmetro primitivo;

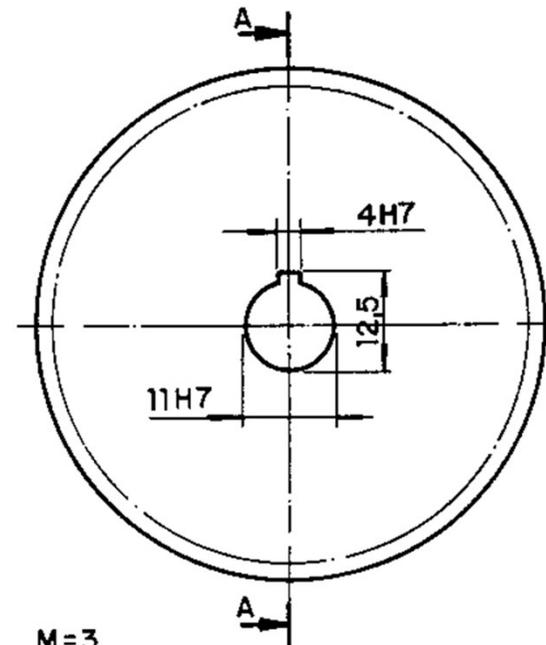
M: módulo (o número do módulo serve de base para calcular as dimensões dos dentes.

Di: diâmetro interno;

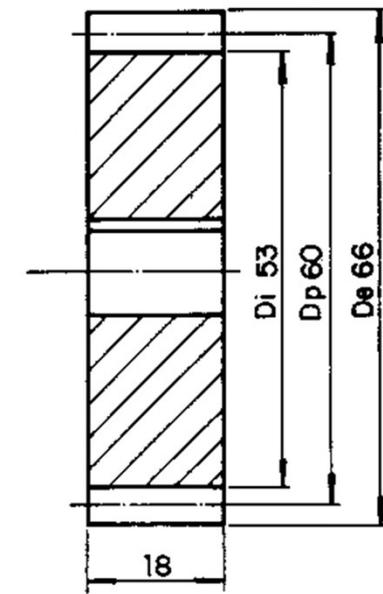
L: largura;

Cotagem

Engrenagem cilíndrica de
dentes retos

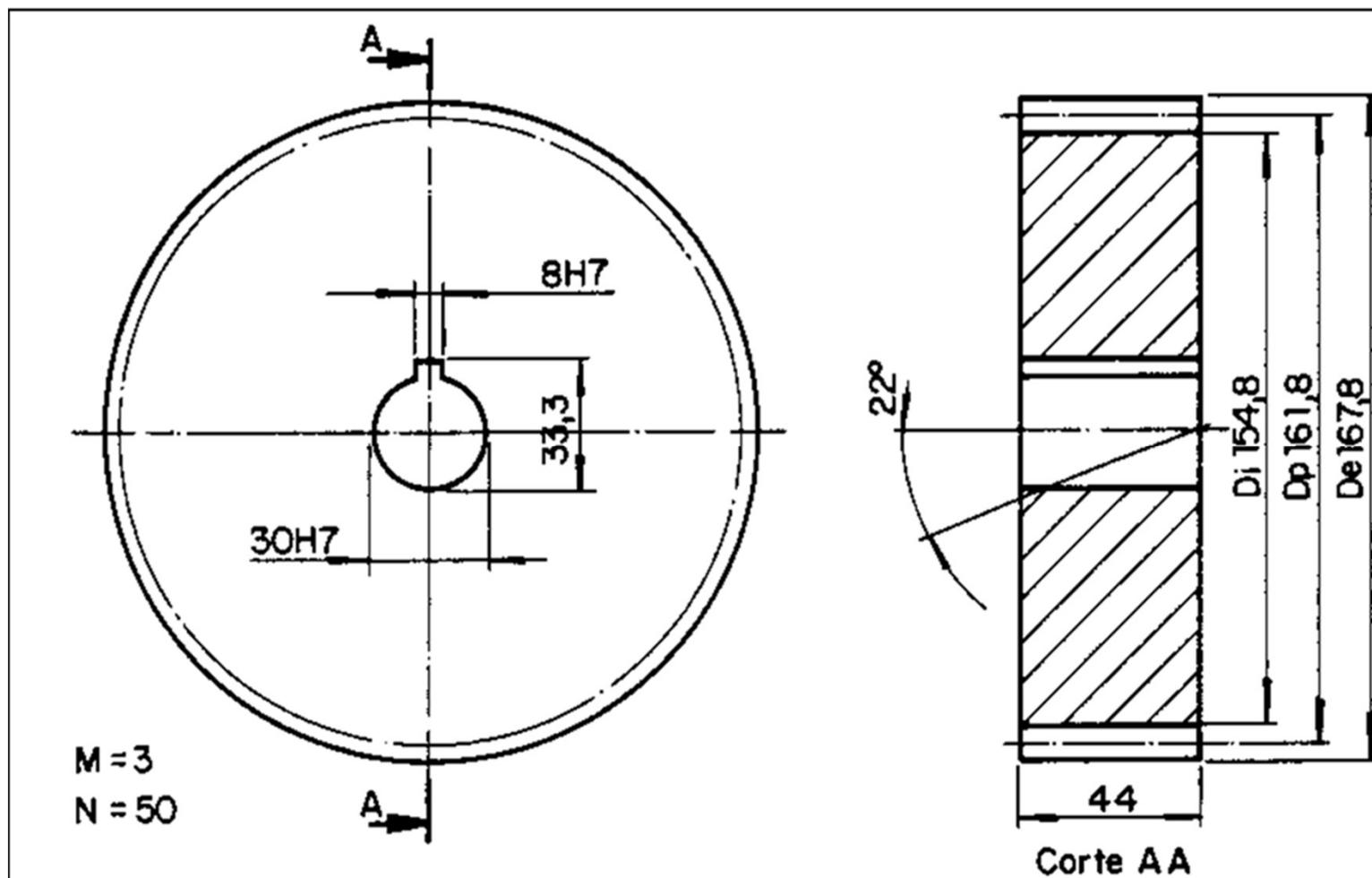


M=3
N=20

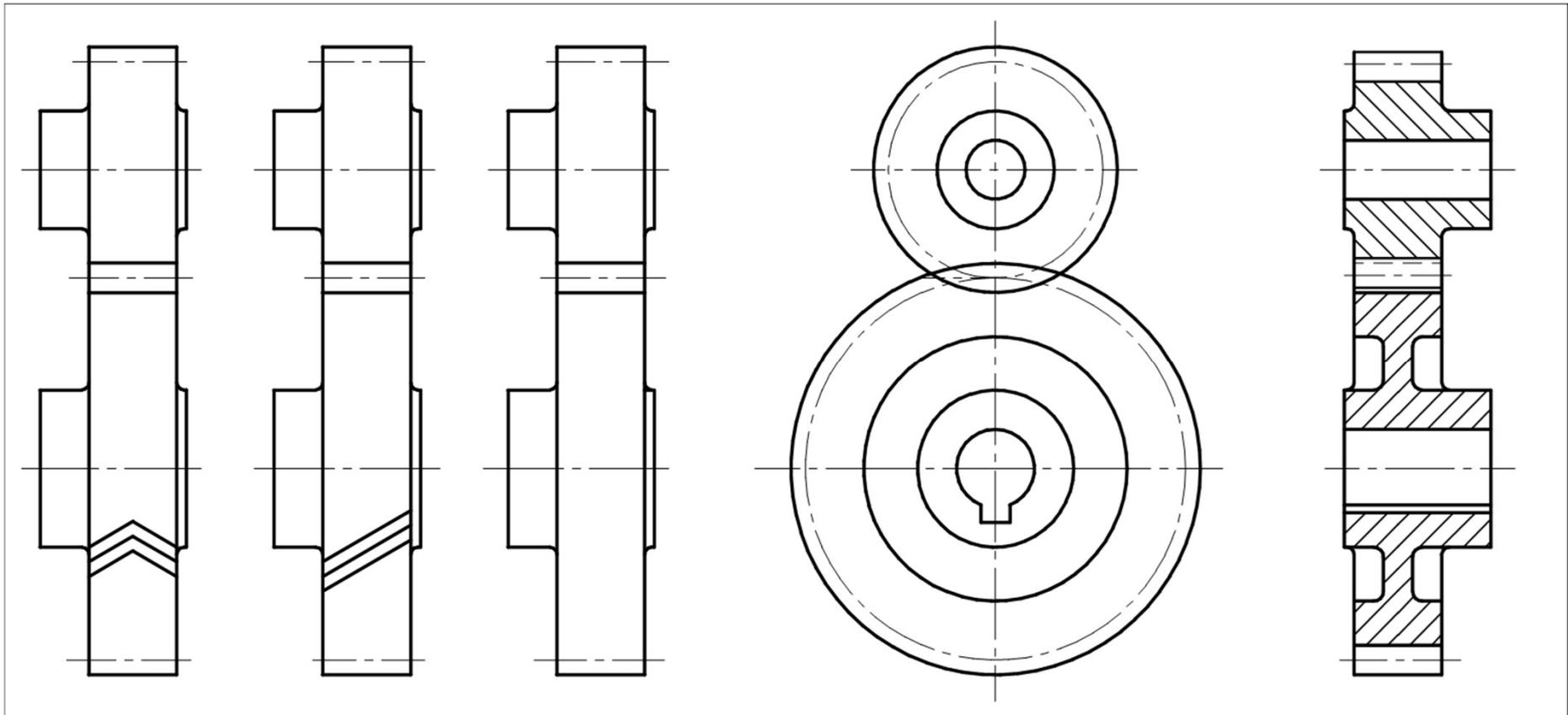


Corte AA

ENGRENAGENS CILÍNDRICAS COM DENTES HELICOIDAIS



ENTROSAMENTO EXTERNO DE ENGRENAGENS CILÍNDRICAS



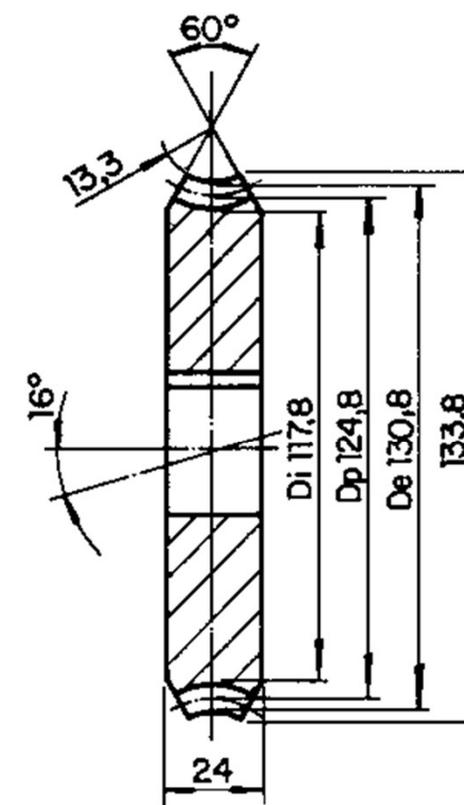
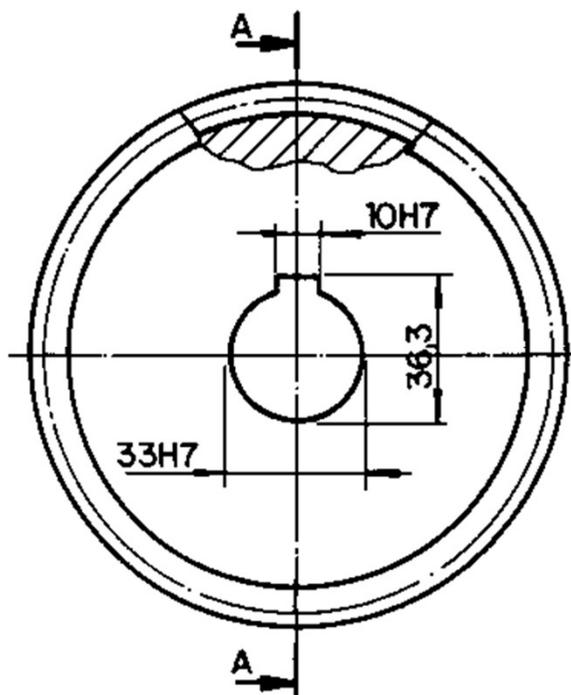
BS 308 : Part 1 : 1984

ENGRENAGENS HELICOIDAL COM DENTES CÔNCAVOS



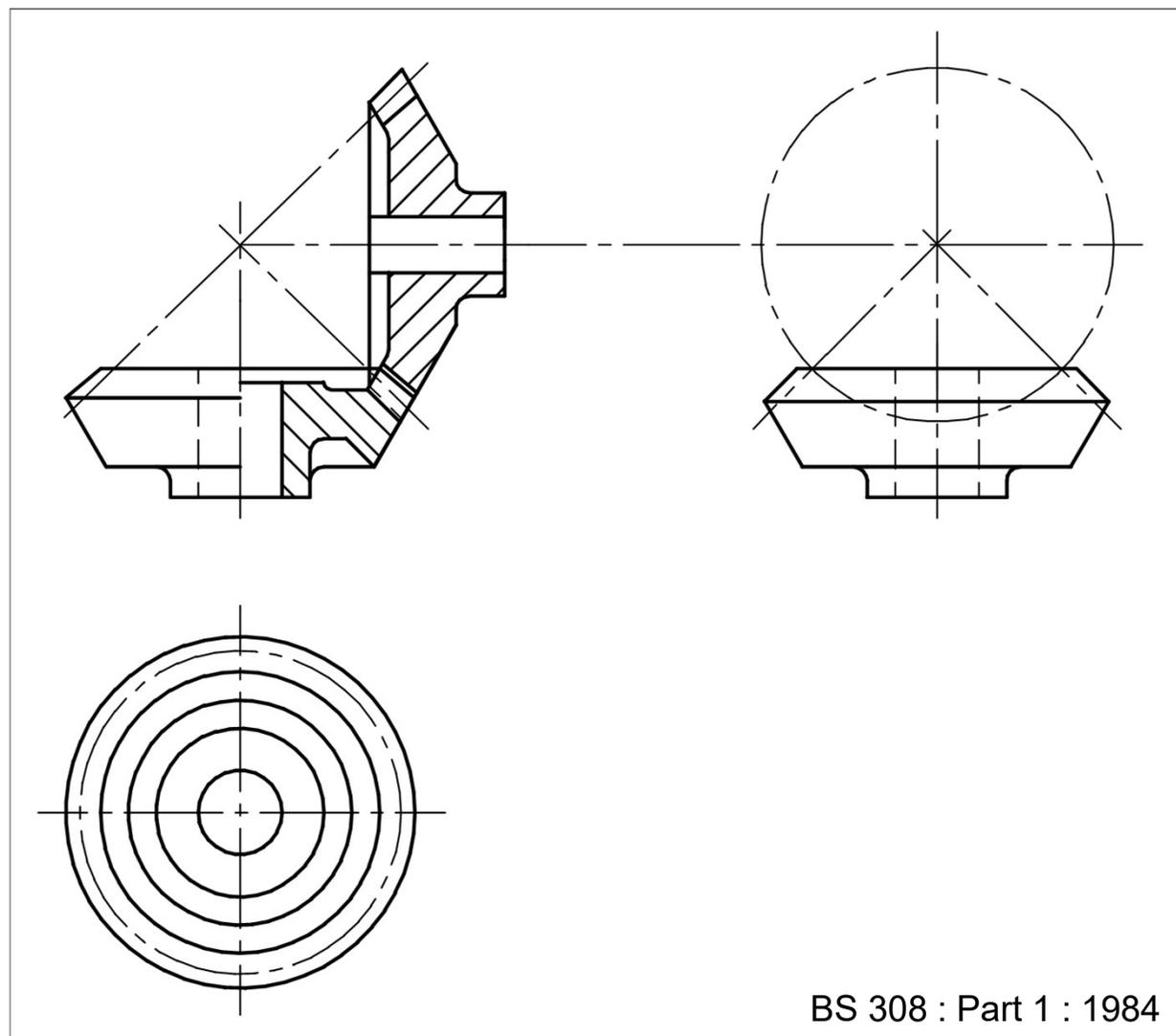
Características particulares:

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



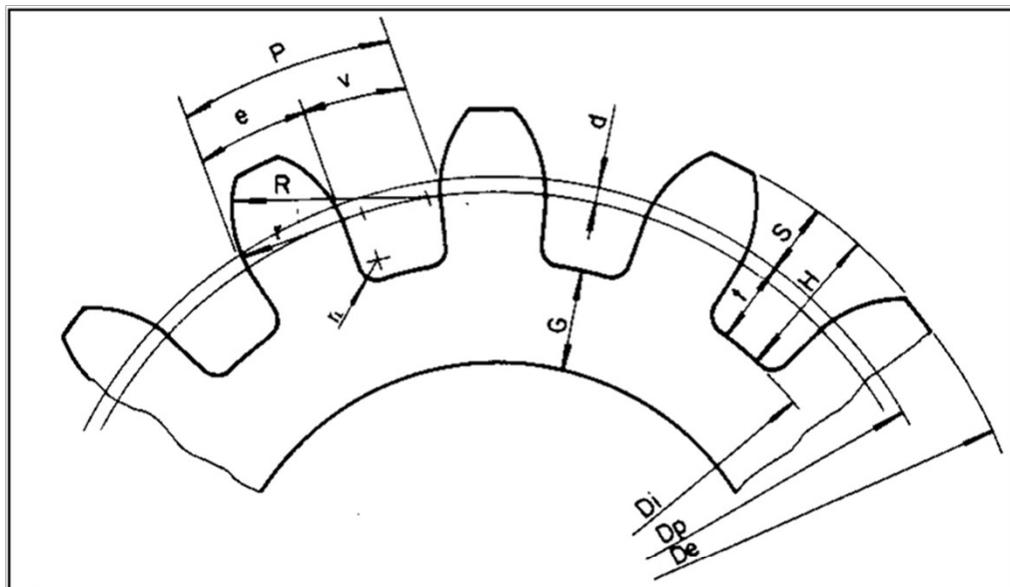
Corte AA

ENTROSAMENTO DE ENGRENAGENS CÔNICAS



BS 308 : Part 1 : 1984

FÓRMULA E TRAÇADO DE DENTES DE ENGRENAGEM



FÓRMULAS

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

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



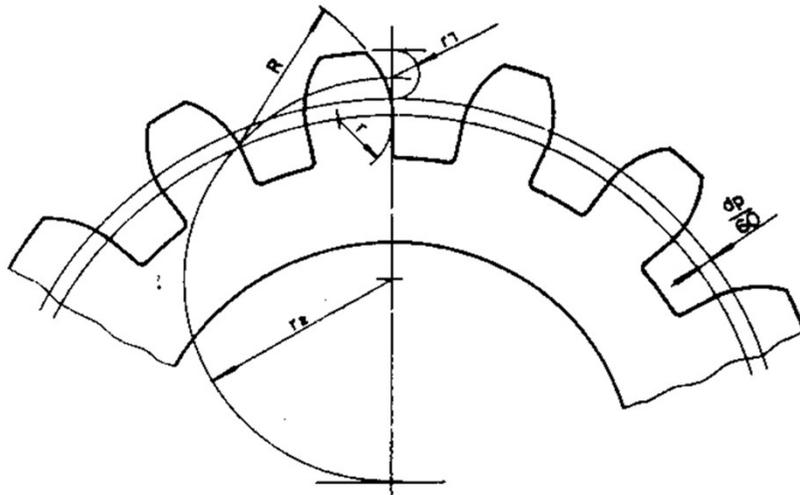
EESC • USP

ENGRENAGENS À ENVOLVENTE APROXIMADA



Traçada com arcos de círculo

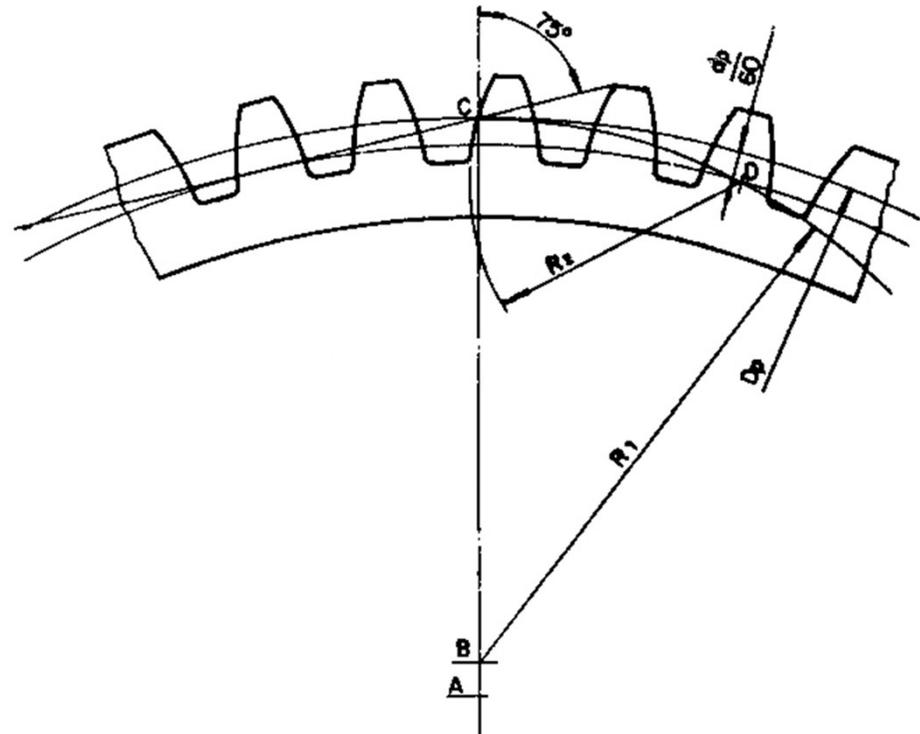
Para engrenagens com
menos de 55 dentes



A = centro da engrenagem

CB = $D_p/4$

Para engrenagens com mais de
55 dentes



R1 = distância CB

R2 = distância CD

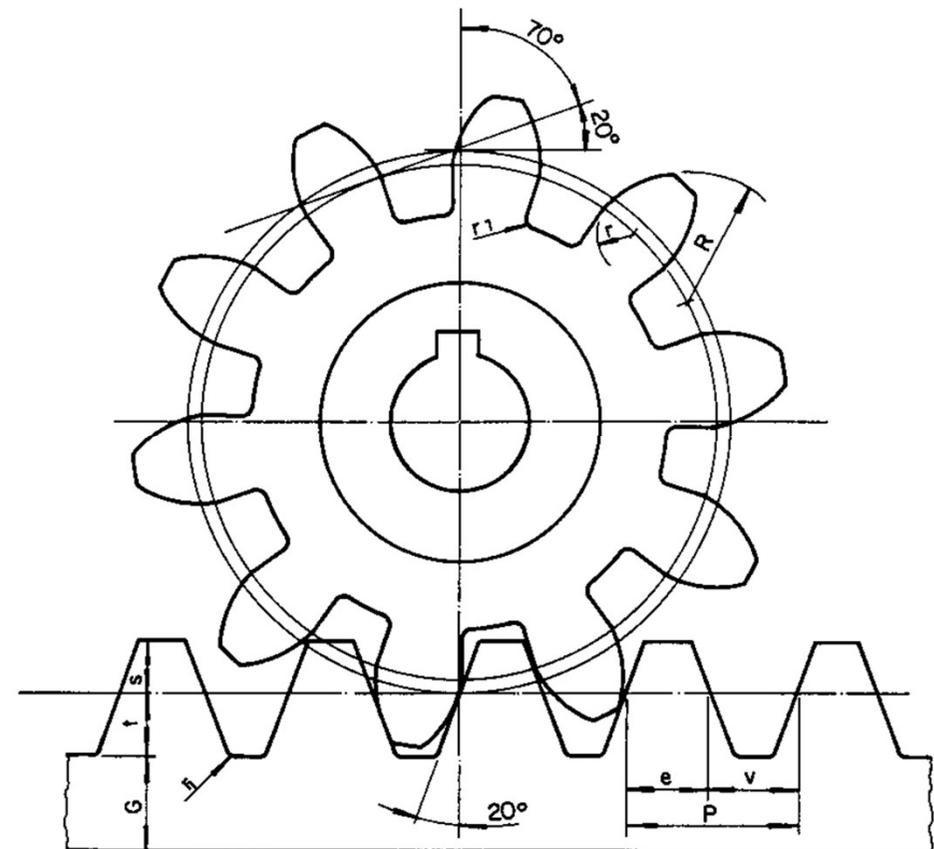
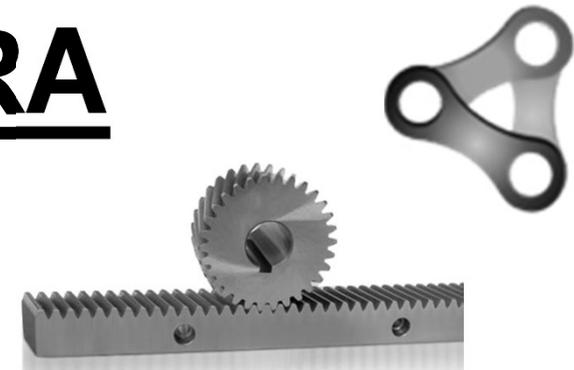


EESC • USP

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.



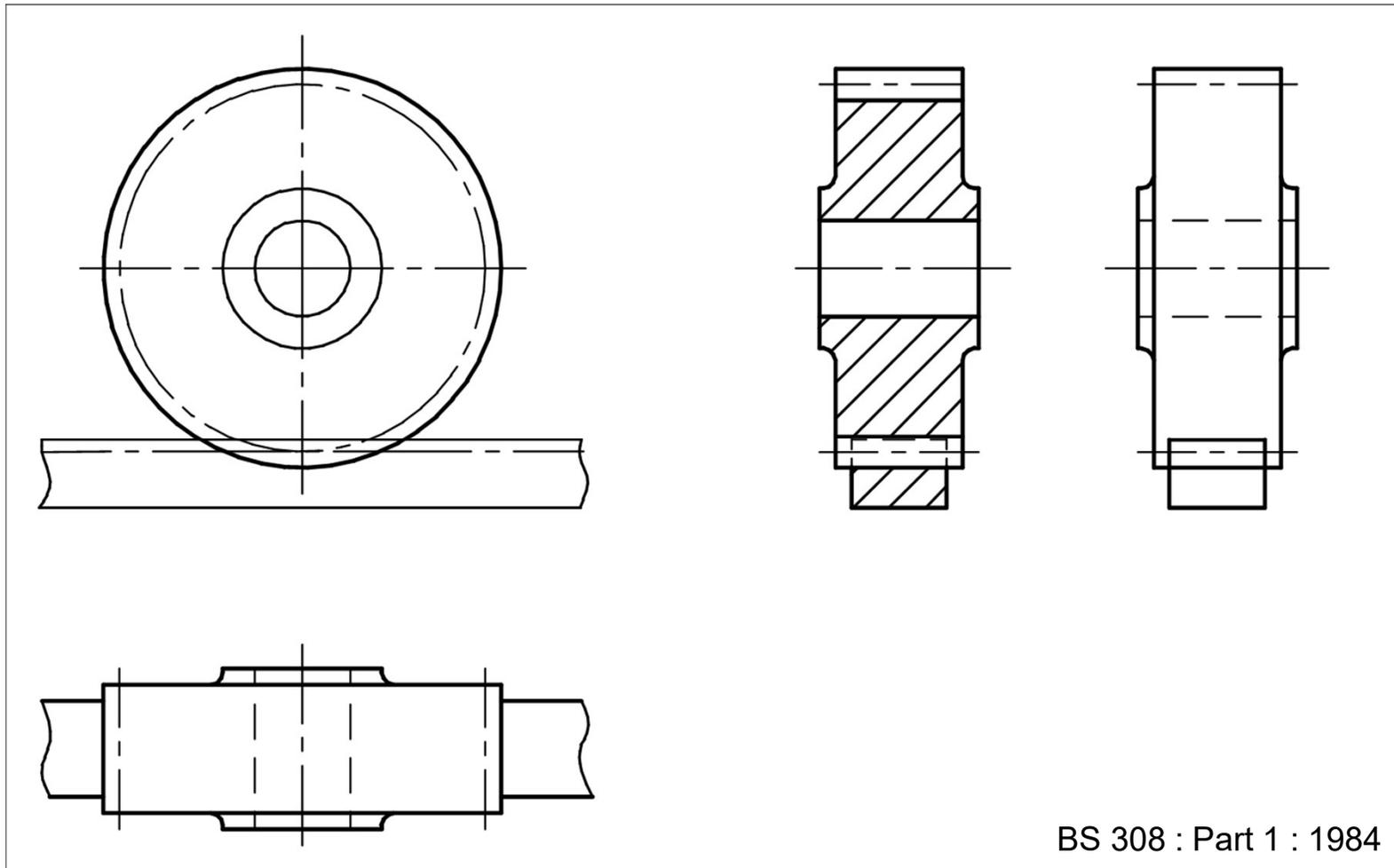
FÓRMULAS	
$G = M \times 1,75$	$P = M \times \pi$
$t = M \times 1,17$	$e = P/2$
$S = M$	$V = P/2$



EESC • USP

Entrosamento

CREMALHEIRA



BS 308 : Part 1 : 1984

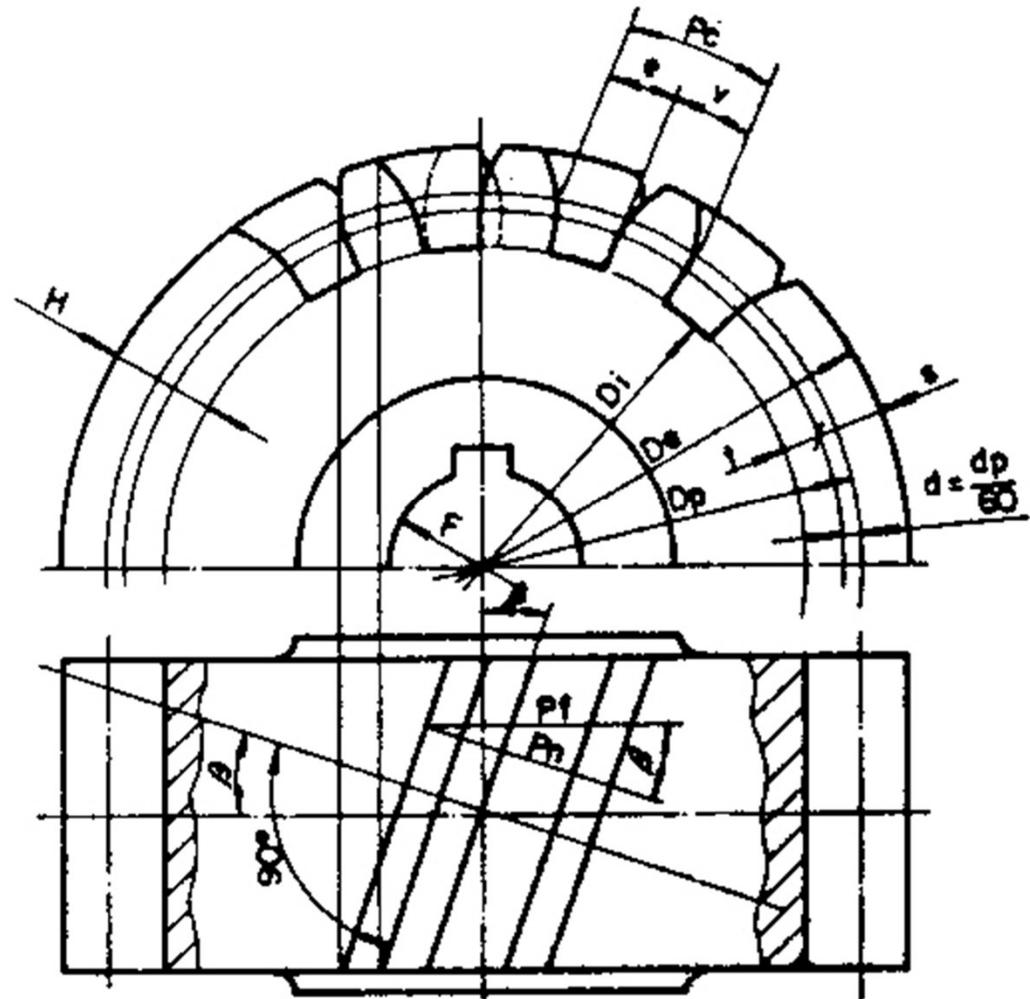


EESC • USP

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.

ENGRENAGEM CILÍNDRICA HELICOIDAL





EESC • USP

Fórmulas e Traçados

ENGRENAGEM CILÍNDRICA HELICOIDAL



Nomenclatura	Símbolo	Fórmulas
Diâmetro primitivo	D_p	$M_c N = P_c \cdot N / \pi = M \cdot N / \cos \beta$
Diâmetro externo	D_e	$D_p + 2 \cdot M_n = (N / \cos \beta + 2) \cdot M_n$
Diâmetro interno	D_i	$D_p - 2,5 \cdot M_n$
	d	$d_p / 60$
Passo normal	P_n	$M_n \cdot \pi = P_c \cdot \cos \beta$
Espessura do dente	e	
Intervalo entre dentes	v	
Altura do pé do dente	t	$1,25 \cdot M_n$
Altura da cabeça do dente	s	$1 \cdot M_n$
Altura do dente	H	$2,25 \cdot M_n$
Módulo circunferencial	M_c	$D_p / N = P_c / \pi = M_n / \cos \beta$
Passo aparente	P_c - P_t	$D_p \cdot \pi / N = M_c \cdot \pi$
Furo	F	
Número de dentes	N	$D_p / M_c = D_p \cdot \cos \beta / M_n$
Módulo Normal	M_n	$D_p \cdot \cos \beta / N = P_n / \pi$
Ângulo de inclinação	β	

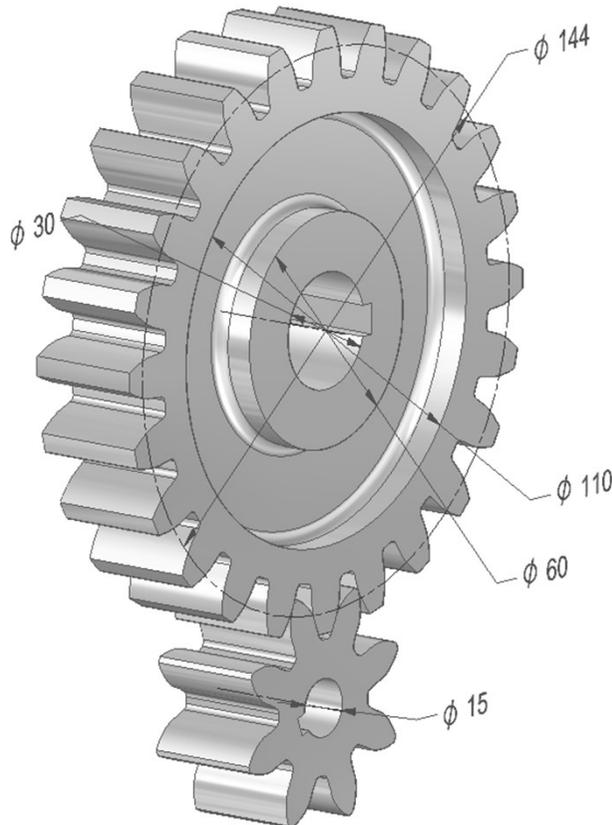


EESC • USP

EXERCÍCIO 3



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



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 ___