

# NOMENCLATURAS QUE PODEM CAUSAR CONFUSÃO

**D**uas características geométricas aplicadas às engrenagens, têm sido motivo de confusão com relação às nomenclaturas aplicadas a elas. Refiro-me ao 'Ângulo de pressão' e ao 'Diâmetro primitivo'. As grandezas, normalmente especificadas no desenho da engrenagem ou em sua folha de dados, são corretas, mas as nomenclaturas não são correspondentes.

Quando especificamos o ângulo de pressão, na grande maioria das vezes, estamos nos referindo ao ângulo de perfil e quando especificamos diâmetro primitivo, estamos nos referindo ao diâmetro de referência. Essas nomenclaturas podem parecer novas, mas já são utilizadas há muito tempo pelas principais normas internacionais como, por exemplo, AGMA, DIN e ISO.

Para complicar ainda mais, são utilizadas para o ângulo de pressão, as nomenclaturas: ângulo de pressão de trabalho, ângulo de pressão de funcionamento e ângulo de pressão operacional e acontece o mesmo para o diâmetro primitivo: diâmetro primitivo de trabalho, diâmetro primitivo operacional e diâmetro primitivo de funcionamento. Isso é muito confuso. Não é simplesmente uma questão de nomenclatura. Vamos ver aqui as diferenças conceituais entre ângulo de pressão e ângulo de perfil e, também, entre diâmetro primitivo e diâmetro de referência.

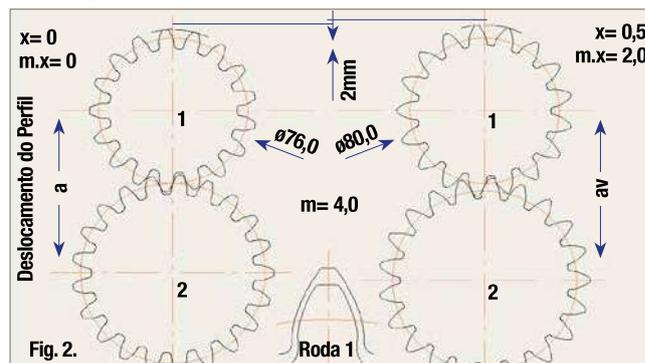
Para ser mais didático, vamos ver na Fig. 1, três sistemas de transmissão mecânica, bem conhecidos:

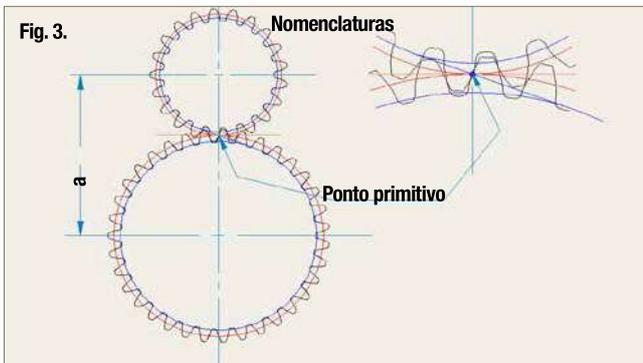
É muito comum e, muitas vezes apropriado, um ajuste

da distância entre centros num sistema de transmissão mecânica, principalmente nas engrenagens. Praticamente, todos os projetos modernos contemplam uma distância entre centros ligeiramente aumentada. Isso confere às engrenagens, muitos benefícios. Hipoteticamente, vamos aumentar a distância entre centros dos três sistemas apresentados:

No primeiro caso (à esquerda), não é necessário alterar os diâmetros das polias. Em termos geométricos, o que muda é o ângulo da correia. No segundo caso (ao centro), é necessário alterar os diâmetros dos discos, pois o contato entre eles deve ser mantido. É claro que devemos respeitar e manter a relação de transmissão. No terceiro caso (à direita), é também necessário alterar os diâmetros das engrenagens. Caso contrário, o distanciamento entre as rodas aumentaria o jogo entre flancos, o que é inconcebível no ajuste das engrenagens.

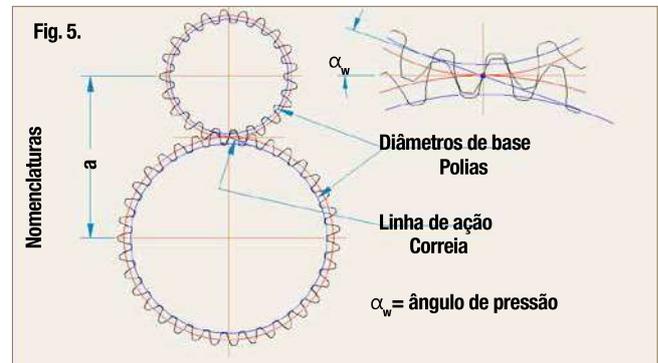
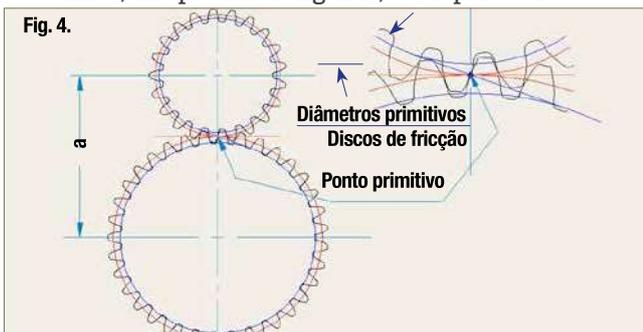
Ainda nos referindo às engrenagens, há um fator que, em função dele, podemos calcular o quanto foi aumentado ou diminuído os diâmetros. É o fator de deslocamento do perfil. Muitos o conhecem como fator de correção e é notado com a letra  $x$ , pelos principais documentos normativos. Veja na Fig. 2 à esquerda, um par de engrenagens cujas rodas não possuem nenhum deslocamento de perfil (engrenamento zero). Nesse caso a distância entre centros é standard. Na mesma figura, à direita, ambas as rodas são afetadas de um deslocamento, cujo fator  $x$  é 0,5 (engrenamento V). A distância entre centros, nesse





caso, é aumentada. O deslocamento do dente é dado por  $x \cdot m$ , onde  $m$  é o módulo. Por exemplo:  $m = 4,0$  e  $x = 0,5$ , o deslocamento é  $2,0$  mm. Observem na parte de baixo, no centro da figura em escala aumentada, os dentes da roda 1 sobrepostos, sem e com deslocamento. O fator  $x$  é adimensional e o módulo  $m$  é expresso em mm. Se o deslocamento é  $2,0$  mm, o diâmetro aumentou em  $4,0$  mm, obviamente. Notem que, embora os flancos evolventes fiquem rigorosamente paralelos com o deslocamento, a geometria do dente muda. Esse é um dos motivos, pelo qual a nomenclatura 'correção', em minha opinião é imprópria. Tinha-se a ideia de que o deslocamento de perfil servia somente para "corrigir" a distância entre centros. Mas, na verdade, o deslocamento é apropriado para outras virtudes, como:

- Evitar a penetração do perfil conjugado no pé do dente em peças com reduzido número de dentes;
  - Aumentar o grau de recobrimento do perfil em dentes altos, evitando um falso engrenamento;
  - Otimizar a geometria do dente, objetivando velocidades relativas de deslizamento entre os flancos conjugados mais adequadas;
  - Equalizar a resistência dos dentes, em relação à flexão, entre rodas conjugadas com grande diferença nos números de dentes;
  - Ajustar uma predeterminada distância entre centros.
- Vamos, nas próximas figuras, sobrepor os três

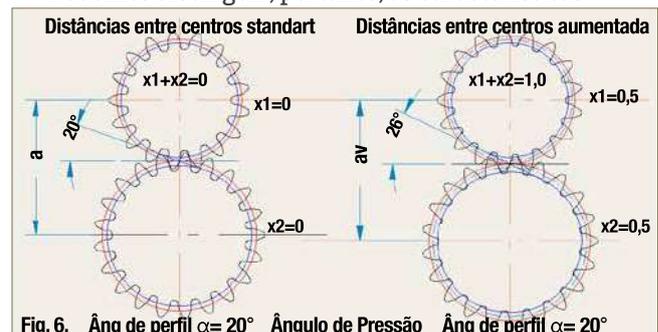


sistemas desenhados na Fig. 1 e definir algumas características geométricas e suas nomenclaturas:

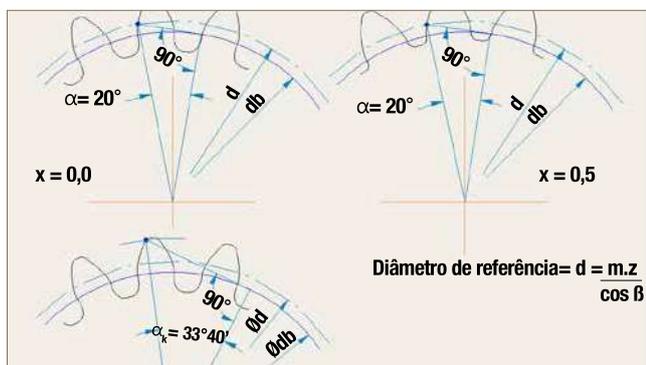
**Ponto primitivo.** Observe na Fig. 3, que ele é determinado pela intersecção da linha que representa a correia com a linha que liga os centros das rodas. Círculos ou Diâmetros primitivos. Observe na Fig. 4, que eles representam os discos de fricção e sempre passam sobre o ponto primitivo. Por isso, sua nomenclatura se justifica. Como sua definição é função também da roda conjugada, o diâmetro primitivo é uma característica do par e não da roda isolada.

**Círculos ou Diâmetros de base.** Observe na Fig. 5, que eles representam as polias. A linha que representa a correia é a linha de ação. É sobre essa linha que se dá o contato entre os flancos dos dentes conjugados. À medida que as rodas giram, o contato entre os flancos, ou seja, o ponto de pressão (observado no plano de rotação), estará sempre se deslocando sobre a linha de ação. Por isso sua nomenclatura é ângulo de pressão. Ele é constante e definido pelo ângulo formado entre a linha de ação e a linha perpendicular à linha que liga os centros das rodas. O ângulo de pressão é, também, uma característica do par. Não há ângulo de pressão numa roda isolada. Para que haja pressão, há a necessidade de dois elementos sempre, ou seja, são necessários dois flancos conjugados, um pressionando o outro, durante o trabalho de transmissão.

Podemos distinguir, portanto, as características



## CONTEÚDO TÉCNICO

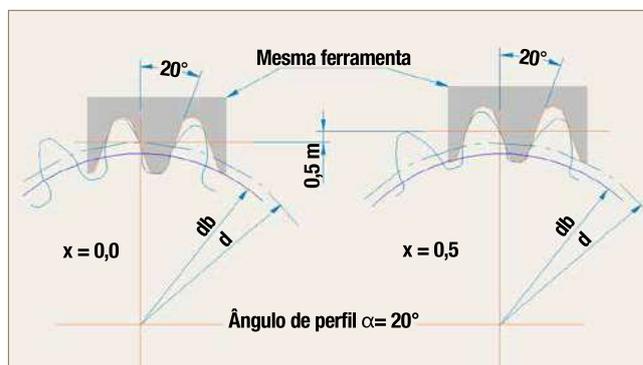


geométricas que são definidas no par, das que são definidas na roda isolada. Não deveríamos, á priori, especificar no desenho de uma roda isolada, as características que se referem ao par, como por exemplo, ângulo de pressão e diâmetro primitivo. Ao invés disso, seria mais apropriado especificar ângulo de perfil e diâmetro de referência, respectivamente. É claro que isso vai depender dos objetivos do projeto. Embora não seja um dado construtivo, é comum especificar-se, por exemplo, a distância entre centros, que é uma característica do par.

Vamos entender, agora, o ângulo de perfil, mas antes, precisamos definir o diâmetro de referência. O diâmetro de referência, diferente do diâmetro primitivo em termos conceituais, associa o tamanho do dente com a quantidade de dentes da roda. Ele não muda com a variação da distância entre centros, ou seja, não é função do fator de deslocamento do perfil ( $x$ ). Veja a equação:  $d = (m \cdot z) / (\cos \beta)$  onde:  $m$  = módulo,  $z$  = número de dentes e  $\beta$  = ângulo de hélice sobre  $d$

O diâmetro de referência será igual ao diâmetro primitivo, somente quando a distância entre centros for standard, ou seja, quando a soma dos fatores dos deslocamentos dos perfis for igual a zero (engrenamento zero ou  $v_0$ ). O mesmo acontece com o ângulo de pressão e com o ângulo de perfil. Veja o exemplo na Fig. 6, que o ângulo de perfil não se altera com o aumento da distância entre centros. Permanece  $20^\circ$ . Já o ângulo de pressão, muda de  $20^\circ$  para  $26^\circ$ .

Na Fig. 7, podemos observar os triângulos retângulos formados pela hipotenusa (linha que liga o centro da roda a um ponto qualquer sobre a curva evolvente), o cateto menor (no exemplo) que representa o raio de curvatura do mesmo ponto e o cateto maior (no exemplo) que representa o raio de base. O ângulo de perfil é o ângulo formado pela hipotenusa e pelo cateto que representa o raio de base. Normalmente, a nomenclatura ângulo de



perfil, sem nenhum complemento, refere-se ao ângulo sobre o ponto localizado no diâmetro de referência. É esse que se especifica no desenho da engrenagem. Frequentemente é adotado  $20^\circ$ , por ser bastante equilibrado entre a resistência à flexão do dente e o grau de recobrimento do perfil. Isso deixa de ser relevante nos casos onde os dentes são deslocados, como mostrados na Fig. 7. Se o ângulo de perfil referir-se a um ponto localizado em outro local, como por exemplo, no círculo de cabeça, necessariamente deve-se explicitar ângulo de perfil de cabeça. No caso de um dentado externo, o valor mínimo se dá, quando o ponto considerado está no início da evolvente ou no final da trocoide. O valor máximo se dá, quando o ponto considerado está no final da evolvente ou no início do chanfro de cabeça (quando houver chanfro) ou na própria cabeça do dente, quando não houver. Normalmente o ângulo de perfil coincide com o ângulo do flanco da ferramenta geradora, quando essa for, por exemplo, um hob, para perfis deslocados ou não, como mostrado na Fig. 8.

O objetivo desse artigo é minimizar os desentendimentos provocados pelas nomenclaturas que podem gerar confusão. Nós profissionais, devemos sempre pensar nas ações que podemos tomar para alcançar a excelência em nosso trabalho e uma das características de excelência é a simplicidade. Isso não é fácil de conseguir, mas, com pequenas ações como essa que ora proponho, podemos chegar um pouco mais perto. Notação:

Diâmetro de referência	$d$
Diâmetro primitivo	$d_w$
Ângulo de perfil	$\alpha$
Ângulo de pressão	$\alpha_w$

**Por Eng. Norberto Mazzo, Consultor em Engrenagens, Diretor na Norberto Mazzo Consultoria. ✨**