

CIÊNCIA DE MÁQUINAS E MECANISMOS

PAULO FLORES



AUTOR

Paulo Flores

TÍTULO

CIÊNCIA DE MÁQUINAS E MECANISMOS

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

DESIGN DE CAPA

Luciano Carvalho

Delineatura, Design de Comunicação · www.delineatura.pt

FOTOGRAFIA DE CAPA

© PHOTOCREO Michal Bednarek · Shutterstock

IMPRESSÃO

Janeiro, 2026

DEPÓSITO LEGAL

553412/25



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2026 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU
621.8 Elementos de máquinas e mecanismos

ISBN

Papel: 9789899305045

E-book: 9789899305052

Catálogo da publicação

Família: Engenharia Mecânica

Subfamília: Construções Mecânica

ÍNDICE

Dedicatória.....	XIII
Agradecimentos.....	XV
Antelóquio.....	XVII

Capítulo 1. Noções Propedêuticas 19

1.1. Introdução.....	21
1.2. Máquinas e Mecanismos.....	34
1.3. Estática, Cinemática e Dinâmica.....	39
1.4. Tipos de Movimentos.....	47
1.5. Transmissão de Movimento.....	59
1.6. Juntas Cinemáticas.....	62
1.7. Ligações ou Barras.....	70
1.8. Graus de Liberdade.....	75
1.9. Inversão de Mecanismos.....	88
1.10. Vantagem Mecânica.....	90
1.11. Bibliografia.....	94

Capítulo 2. Análise Vetorial 99

2.1. Introdução.....	101
2.2. Sistemas de Coordenadas.....	104
2.3. Notação Vetorial.....	105
2.4. Componentes de um Vetor.....	108
2.5. Adição e Subtração de Vetores.....	110

2.6. Multiplicação e Divisão de Vetores	113
2.7. Produto Interno de Vetores.....	114
2.8. Produto Externo de Vetores	116
2.9. Diferenciação Vetorial	119
2.10. Rotação de Eixos no Plano.....	121
2.11. Resolução de Equações Vetoriais.....	122
2.11.1. Equações Vetoriais	122
2.11.2. Solução Gráfica.....	123
2.11.3. Solução Analítica.....	126
2.11.4. Solução de Chace.....	129
2.12. Bibliografia	135

Capítulo 3. Centros Instantâneos de Rotação137

3.1. Introdução.....	139
3.2. Atributos de Centros Instantâneos de Rotação	141
3.3. Movimento Puro de Rotação	145
3.4. Movimento de Rolamento Puro	148
3.5. Tipos de Centros Instantâneos de Rotação.....	150
3.6. Número de Centros Instantâneos de Rotação	152
3.7. Posição de Centros Instantâneos de Rotação	154
3.7.1. Simples Inspeção	154
3.7.2. Teorema dos Três Centros	154
3.7.3. Teorema da Normal Comum.....	155
3.7.4. Método de Paulo Flores	156
3.8. Centros Instantâneos de Aceleração.....	170
3.9. Bibliografia	172

Capítulo 4. Mecanismos Elementares 177

4.1. Introdução	179
4.2. Mecanismo de Quatro Barras.....	180

4.2.1. Regra de Grashof	181
4.2.2. Parâmetros de Desempenho.....	182
4.2.3. Ponto Morto e Ponto de Mudança.....	190
4.2.4. Aplicações.....	195
4.3. Mecanismo Biela-Manivela.....	199
4.4. Mecanismo de <i>Scotch Yoke</i>	205
4.5. Mecanismos de Retorno Rápido	210
4.5.1. Mecanismo de Avanço.....	210
4.5.2. Mecanismo de Withworth.....	211
4.5.3. Mecanismo de Manivela Deslocada	212
4.5.4. Mecanismo do Limador	213
4.6. Mecanismos Geradores de Retas	215
4.6.1. Mecanismo de Watt	216
4.6.2. Mecanismo de Scott Russel	221
4.6.3. Mecanismo de Roberts.....	222
4.6.4. Mecanismo de Chebyshev.....	223
4.6.5. Mecanismo de Peaucellier	224
4.7. Mecanismos de Movimento Intermitente.....	232
4.7.1. Mecanismo de Genebra.....	232
4.7.2. Mecanismo de Trinquete ou Catraca	236
4.7.3. Mecanismo de Engrenamento Intermitente	237
4.7.4. Mecanismo de Escape.....	238
4.8. Bibliografia.....	241

Capítulo 5. Análise de Posição e Deslocamento 245

5.1. Introdução.....	247
5.2. Deslocamento Absoluto.....	248
5.3. Deslocamento Relativo.....	250
5.4. Métodos de Análise	253

5.5. Métodos Analíticos.....	256
5.5.1. Método Algébrico.....	256
5.5.2. Método da Notação Complexa.....	258
5.5.3. Método da Notação Matricial	260
5.5.4. Método da Decomposição do Movimento.....	262
5.6. Métodos Gráficos	265
5.7. Análise de Mecanismos.....	267
5.7.1. Mecanismo de Quatro Barras	267
5.7.2. Mecanismo de Quatro Barras com Corrediça...	270
5.7.3. Mecanismo Biela-Manivela Excêntrico	272
5.7.4. Mecanismo Biela-Manivela Invertido.....	273
5.8. Bibliografia	277

Capítulo 6. Análise de Velocidade..... 281

6.1. Introdução	283
6.2. Movimento Curvilíneo.....	286
6.3. Velocidade de um Ponto num Sistema Móvel.....	290
6.4. Velocidade de um Corpo Rígido	294
6.5. Métodos Analíticos	296
6.5.1. Método Algébrico	296
6.5.2. Método da Notação Complexa	297
6.5.3. Método da Notação Matricial	298
6.5.4. Método da Decomposição do Movimento.....	300
6.5.5. Método das Projeções das Velocidades	312
6.6. Métodos Gráficos	315
6.6.1. Método do Polígono de Velocidades.....	315
6.6.2. Método da Imagem de Velocidades.....	316
6.6.3. Métodos dos Centros Rotação	318
6.6.4. Método da Diferenciação Gráfica	327

6.7. Análise de Mecanismos.....	331
6.7.1. Mecanismo de Quatro Barras	331
6.7.2. Mecanismo de Quatro Barras com Corrediça...	334
6.7.3. Mecanismo Biela-Manivela Excêntrico	336
6.7.4. Mecanismo Biela-Manivela Invertido.....	337
6.8. Bibliografia	339

Capítulo 7. Análise de Aceleração 343

7.1. Introdução.....	345
7.2. Movimento Curvilíneo	347
7.3. Aceleração de um Ponto num Sistema Móvel	352
7.4. Aceleração de um Corpo Rígido.....	358
7.5. Métodos Analíticos.....	361
7.5.1. Método Algébrico.....	361
7.5.2. Método da Notação Complexa.....	362
7.5.3. Método da Notação Matricial	364
7.5.4. Método da Decomposição do Movimento.....	365
7.6. Métodos Gráficos	379
7.6.1. Método do Polígono de Acelerações	379
7.6.2. Método da Imagem de Acelerações	380
7.6.3. Métodos dos Centros Aceleração.....	382
7.6.4. Método da Diferenciação Gráfica.....	384
7.7. Análise de Mecanismos.....	386
7.7.1. Mecanismo de Quatro Barras	386
7.7.2. Mecanismo de Quatro Barras com Corrediça...	388
7.7.3. Mecanismo Biela-Manivela Excêntrico.....	389
7.7.4. Mecanismo Biela-Manivela Invertido.....	390
7.8. Bibliografia	393

Capítulo 8. Cames e Seguidores	397
8.1. Introdução	399
8.2. Descrição de Mecanismos Came-Seguidor.....	402
8.2.1. Tipos de Cames	402
8.2.2. Tipos de Seguidores.....	405
8.2.3. Diagrama de Deslocamentos do Seguidor	408
8.2.4. Sequência de Movimentos do Seguidor.....	411
8.2.5. Nomenclatura Fundamental	412
8.3. Movimentos Básicos do Seguidor	415
8.3.1. Características Cinemáticas do Seguidor	415
8.3.2. Movimentos Básicos do Seguidor	418
8.3.3. Movimento Uniforme.....	420
8.3.4. Movimento Parabólico	424
8.3.5. Movimento Harmônico Simples	430
8.3.6. Movimento Cicloidal.....	434
8.3.7. Movimento Elítico	439
8.3.8. Movimento Polinomial	442
8.4. Determinação Gráfica do Perfil da Came	448
8.4.1. Generalidades.....	448
8.4.2. Came Radial-Seguidor de Faca.....	450
8.4.3. Came Radial-Seguidor de Roleta.....	452
8.4.4. Came Radial-Seguidor de Roleta Excêntrico....	454
8.4.5. Came Radial-Seguidor Esférico.....	457
8.4.6. Came Radial-Seguidor de Prato.....	458
8.4.7. Came Radial-Seguidor Oscilante de Roleta	461
8.4.8. Came Radial-Seguidor Oscilante de Prato	464
8.5. Determinação Analítica do Perfil da Came.....	467
8.5.1. Generalidades	467
8.5.2. Teoria da Envolvente	470

8.5.3. Came Radial-Seguidor de Faca	473
8.5.4. Came Radial-Seguidor de Rolete	476
8.5.5. Came Radial-Seguidor de Rolete Excêntrico	481
8.5.6. Came Radial-Seguidor de Prato	487
8.5.7. Came Radial-Seguidor Oscilante de Rolete	493
8.5.8. Came Radial-Seguidor Oscilante de Prato	498
8.6. Desempenho de Sistemas Came-Seguidor	504
8.6.1. Generalidades	504
8.6.2. Comparação de Movimentos Básicos	506
8.6.3. Fator de Came	511
8.6.4. Rácio de Acelerações	514
8.6.5. Ângulo de Pressão	517
8.6.6. Raio de Curvatura	522
8.6.7. Cálculo do Ângulo de Pressão	527
8.6.8. Cálculo do Raio de Curvatura	538
8.7. Exercícios de Aplicação	547
8.8. Bibliografia	586

Capítulo 9. Rodas de Atrito 591

9.1. Introdução	593
9.2. Relação de Transmissão	595
9.3. Projeto de Rodas de Atrito	598
9.4. Variadores de Velocidade	602
9.5. Transmissões Mecânicas	605
9.6. Bibliografia	609

Capítulo 10. Engrenagens 613

10.1. Introdução	615
10.2. Engrenagens Cilíndricas	636

10.3. Engrenagens Cónicas.....	668
10.4. Engrenagens de Parafuso Sem-Fim	684
10.5. Trens de Engrenagens.....	708
10.6. Bibliografia	752

Capítulo 11. Transmissões Flexíveis.....757

11.1. Introdução.....	759
11.2. Seleção de Transmissões.....	771
11.3. Correias.....	773
11.4. Correntes	793
11.5. Cabos	802
11.6. Bibliografia.....	820

Capítulo 12. Análise Dinâmica825

12.1. Introdução.....	827
12.2. Análise Estática.....	840
12.3. Inércia e Tensor de Inércia.....	853
12.4. Leis do Movimento de Newton.....	870
12.5. Equações do Movimento e Aplicações.....	883
12.6. Bibliografia.....	959

Capítulo 13. Dinâmica de Sistemas Multicorpo 961

13.1. Introdução.....	963
13.2. Equações de Newton-Euler	971
13.3. Formulação das Equações do Movimento	977
13.4. Resolução das Equações do Movimento.....	984
13.5. Análise de Impacto	990
13.6. Bibliografia.....	1008

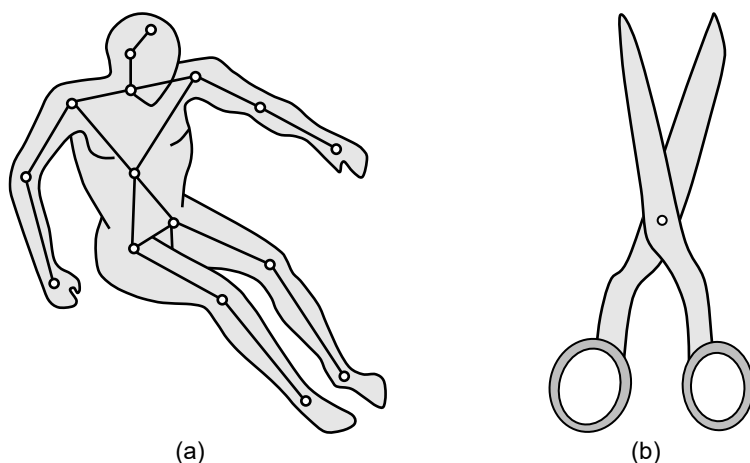


Figura 1.6. – (a) Corpo humano modelado como um conjunto de alavancas; (b) Tesoura constituída por um par de alavancas unidas por um pino.

O automóvel é, muito provavelmente, o exemplo mais paradigmático de uma máquina, do qual fazem parte diversos elementos mecânicos básicos (rodas, eixos, limpa-para-brisas, etc.) que atuam de modo independente. A figura 1.7. mostra algumas das principais partes que constituem um automóvel de motor de combustão interna. De um automóvel fazem parte vários mecanismos, tal como, por exemplo, as suspensões, os sistemas de transmissão de movimento, entre outros.

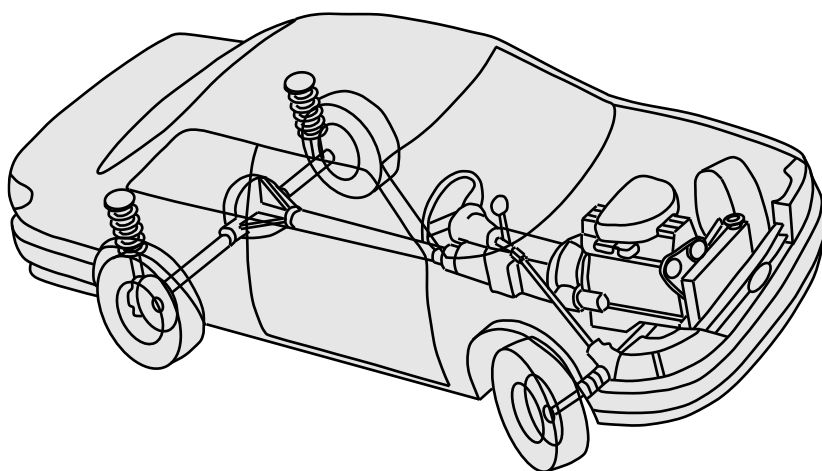


Figura 1.7. – Esboço de um automóvel e algumas partes que o constituem.

Em geral, nas oficinas mecânicas encontram-se as mais variadas máquinas (máquinas elétricas, máquinas-ferramentas, etc.) e mecanismos. Na figura 1.8. está representado o limador mecânico, bem como o respetivo mecanismo de acionamento.

A distância entre os eixos pode ser calculada como

$$c = \frac{r_2}{\sin \beta} \quad (4.109)$$

Depois do pino entrar na ranhura e conduzir a roda, a análise do mecanismo de Genebra é equivalente à análise do mecanismo biela-manivela, como se ilustra na figura 4.46.

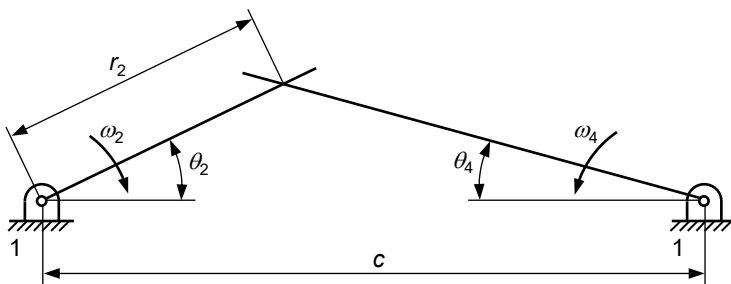


Figura 4.46. – Fase de engrenamento no mecanismo de Genebra.

A relação entre os ângulos θ_2 e θ_4 , que representam os ângulos de rotação da manivela e da roda, respectivamente, pode ser escrita da seguinte forma

$$\operatorname{tg} \theta_4 = \frac{\sin \theta_2}{(c / r_2) - \cos \theta_2} \quad (4.110)$$

Derivando a equação (4.110) obtém-se a velocidade angular da roda

$$\omega_4 = \omega_2 \frac{(c / r_2) \cos \theta_2 - 1}{1 + (c / r_2)^2 - 2(c / r_2) \cos \theta_2} \quad (4.111)$$

O valor máximo da velocidade angular da roda acontece quando o ângulo da manivela é nulo. Desta forma, introduzindo o valor de $\theta_2 = 0$ na equação (4.111) vem que

$$\omega_4 = \omega_2 \frac{r_2}{c - r_2} \quad (4.112)$$

A aceleração angular da roda obtém-se derivando a equação (4.111), em ordem ao tempo, resultando

$$\alpha_4 = \omega_2^2 \frac{(c / r_2) \sin \theta_2 [1 - (c / r_2)^2]}{[1 + (c / r_2)^2 - 2(c / r_2) \cos \theta_2]^2} \quad (4.113)$$

Na equação (7.20), o termo $\omega \times (\omega \times \mathbf{R})$ chama-se aceleração centrípeta e representa a componente da aceleração na direção radial, ou normal, cujo sentido de atuação aponta para o centro da curvatura.

Por seu turno, a parcela $\alpha \times \mathbf{R}$ é denominada aceleração tangencial e, tal como o próprio nome indicar, representa a componente da aceleração que é tangencial à trajetória no ponto P .

Com efeito, a equação (7.20) pode ser reescrita da seguinte forma

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}^n + \mathbf{A}^t \quad (7.21)$$

em que

$$\mathbf{A}^n = \omega \times (\omega \times \mathbf{R}) \quad (7.22)$$

$$\mathbf{A}^t = \alpha \times \mathbf{R} \quad (7.23)$$

Os módulos das componentes normal e tangencial da aceleração são dados por

$$a^n = \omega^2 r = \omega v = \frac{v^2}{r} \quad (7.24)$$

$$a^t = \alpha r \quad (7.25)$$

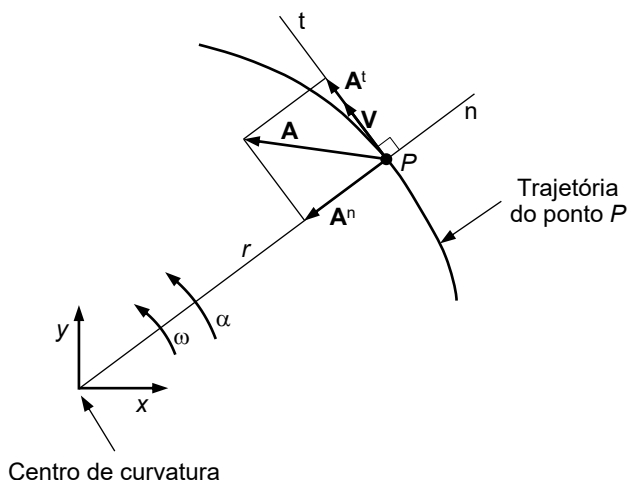


Figura 7.3. – Componentes normal e tangencial da aceleração.

A figura 7.3. mostra as componentes instantâneas da aceleração do ponto P , bem como a sua velocidade, quando o centro de rotação coincide com a origem do sistema de coordenadas.

Derivando as equações (8.185) e (8.186), em ordem a θ , podem obter-se as seguintes expressões

$$\frac{dx_C}{d\theta} = -r_c \sin \theta + r_s \left(1 - \frac{d\gamma}{d\theta} \right) \sin(\theta - \psi - \gamma) \quad (8.189)$$

$$\frac{dy_C}{d\theta} = r_c \cos \theta - r_s \left(1 - \frac{d\gamma}{d\theta} \right) \cos(\theta - \psi - \gamma) \quad (8.190)$$

Assim, da resolução conjunta das equações (8.184) e (8.188) obtêm-se as expressões que permitem determinar as coordenadas cartesianas do perfil da came, ou seja

$$x_A = x_C \pm r_r \frac{dy_C}{d\theta} \left[\left(\frac{dx_C}{d\theta} \right)^2 + \left(\frac{dy_C}{d\theta} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (8.191)$$

$$y_A = y_C \mp r_r \frac{dx_C}{d\theta} \left[\left(\frac{dx_C}{d\theta} \right)^2 + \left(\frac{dy_C}{d\theta} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (8.192)$$

em que os valores de x_C , y_C , $dx_C/d\theta$ e $dy_C/d\theta$ são dados pelas equações (8.185), (8.186), (8.189) e (8.190).

Deve notar-se que os sinais \pm e \mp das equações acima escritas representam os perfis interior e exterior de uma came de atuação positiva, como mostra a figura 8.59.

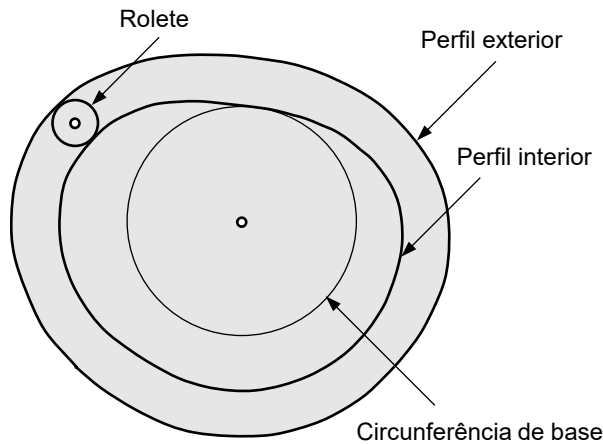


Figura 8.59. – Perfis interior e exterior de uma came com seguidor de rolete.

Com efeito, emergem três grupos distintos de engrenagens, a saber:

- Cilíndricas, quando os eixos de rotação são paralelos,
- Cónicas, quando os eixos de rotação são concorrentes,
- Torsas, quando os eixos de rotação não são complanares.

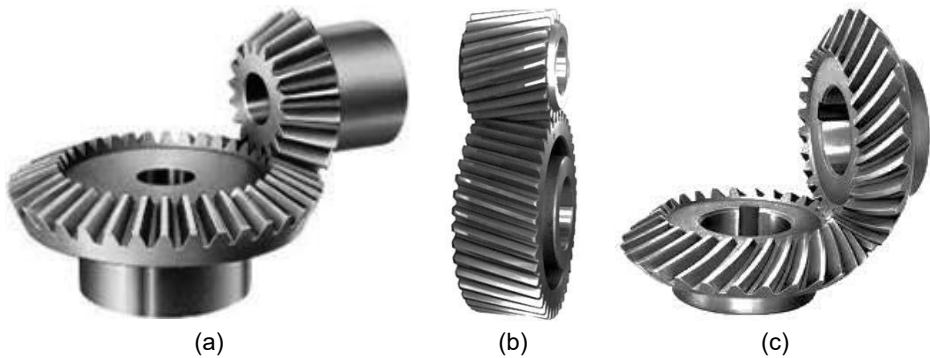


Figura 10.6. – **(a)** Engrenagem cónica de dentes retos; **(b)** Engrenagem cilíndrica de dentes inclinados, ou helicoidais; **(c)** Engrenagem cónica de dentes curvos, ou espirais.

Um segundo critério, usado na classificação das engrenagens, é o que se baseia na forma dos dentes, existindo três tipos de dentados, a saber:

- Engrenagens de dentes retos,
- Engrenagens de dentes inclinados ou helicoidais,
- Engrenagens de dentes curvos ou espirais.

Finalmente, um terceiro critério de classificação das engrenagens é o que considera a posição relativa dos centros instantâneos de rotação. Assim, as engrenagens podem ser caracterizadas como sendo exteriores ou interiores, conforme o centro instantâneo de rotação se situe, ou não, entre os eixos de rotação das rodas.

Na figura 10.7. está representada uma engrenagem cilíndrica exterior de dentado reto e uma engrenagem cilíndrica interior de dentado reto. Em geral, as engrenagens interiores possibilitam menores distâncias entre os eixos das rodas.

Ao contrário do que acontece nas engrenagens exteriores, nas engrenagens interiores as rodas dentadas giram no mesmo sentido. As rodas com dentado interior são normalmente utilizadas em sistemas de engrenagens planetárias, quando há limitação de espaço, ou quando se pretende proteger os dentes.

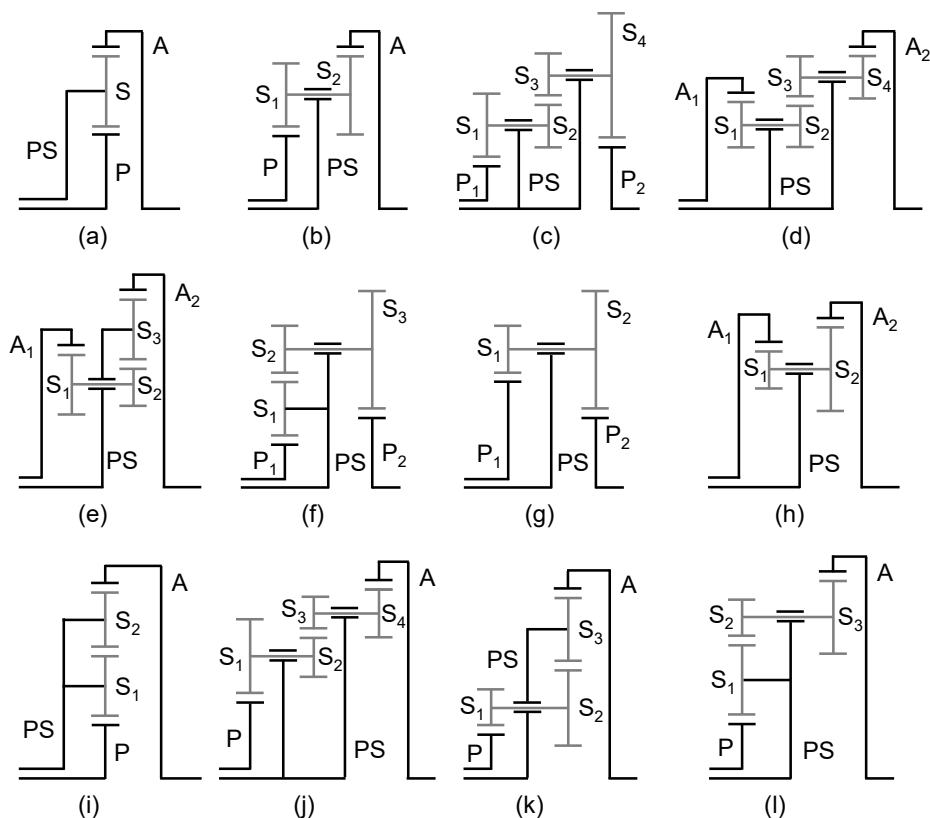


Figura 10.93. – Doze arranjos de trens de engrenagens epicicloidais apresentados por Lévai (1966, 1968).

Os trens epicicloidais são particularmente úteis e interessantes quando se pretende obter relações de transmissão elevadas em soluções compactas e leves.

Na verdade, para um determinado número de engrenagens, um trem epicicloidal permite obter soluções com uma maior relação de transmissão do que aquela que seria possível obter recorrendo a um trem de engrenagens normal.

Por outro lado, a posição relativa e o arranjo das rodas nos trens epicicloidais proporcionam soluções mais concentradas em torno do eixo principal, tornando, por isso, as transmissões mais compactas, mais leves e bastante eficientes.

Acresce ainda o facto de a utilização de várias rodas satélites possibilitar a distribuição das cargas por mais dentes, sem que o desempenho seja demasiado penalizado. Todavia, a análise de trens de engrenagens epicicloidais é mais complexa e laboriosa do que no caso de trens normais.

Assim, a massa total do conjunto eixo-rodas representado na figura 12.29. é igual à soma das parcelas anteriormente determinadas, ou seja

$$m_{\text{tot}} = 0,0016 + 0,0098 + 0,0292 = 0,0406 \text{ kg.}$$

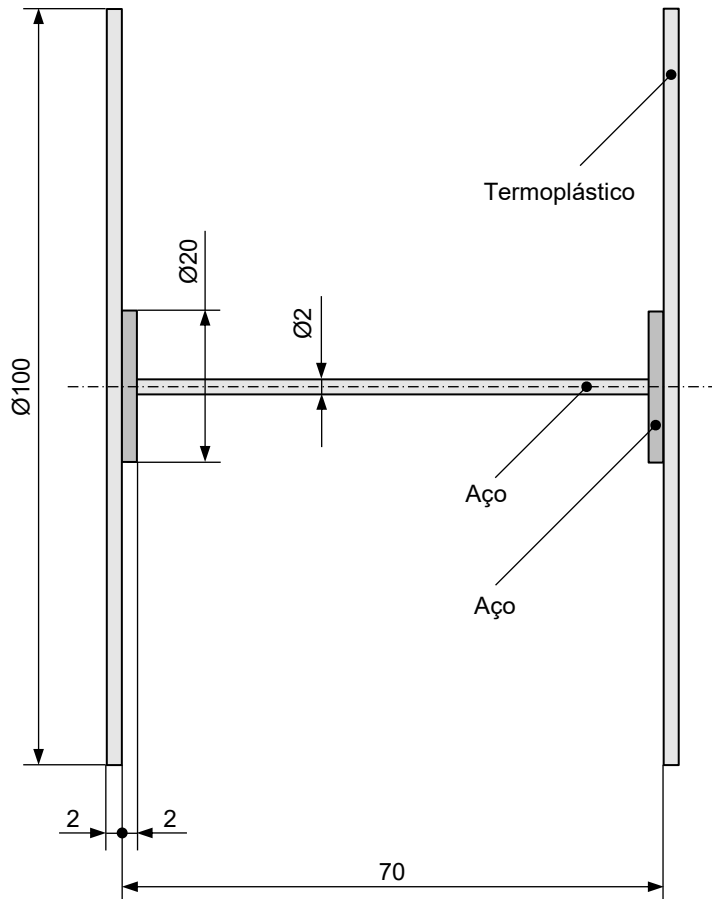


Figura 12.29. – Sistema eixo-rodas que constitui o eixo traseiro de um carro.

De forma análoga à massa, o momento mássico de inércia de um corpo, ou de um conjunto de corpos, mede a sua inércia ou resistência ao movimento de rotação. O momento mássico de inércia diz respeito à maior ou menor resistência que os corpos apresentam relativamente à alteração da sua velocidade de rotação quando sujeitos a ações exteriores aplicadas.

O momento mássico de inércia é, por definição, uma medida da distribuição da massa de um corpo em relação a um determinado eixo, e que depende da distância da massa ao eixo de rotação. Assim, facilmente se pode inferir que um disco, uma roda raiada e um anel apresentam diferentes resistências ao movimento de rotação.

13.4. RESOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES DO MOVIMENTO

Para resolver as equações do movimento anteriormente apresentadas é necessário conhecer os valores iniciais¹⁶⁶ das posições e das velocidades.

A análise dinâmica de sistemas mecânicos é, de facto, um problema de condição inicial.

Com efeito, tendo em vista estudar o movimento do pêndulo duplo, considere-se que, na sua configuração inicial, as barras estão na posição horizontal, tal como se mostra na figura 13.12.

Admite-se que o sistema é largado daquela posição com velocidades nulas, partindo, portanto, do repouso. O pêndulo é movido pela ação que decorre da aceleração gravítica, tal como se ilustra na figura 13.12.

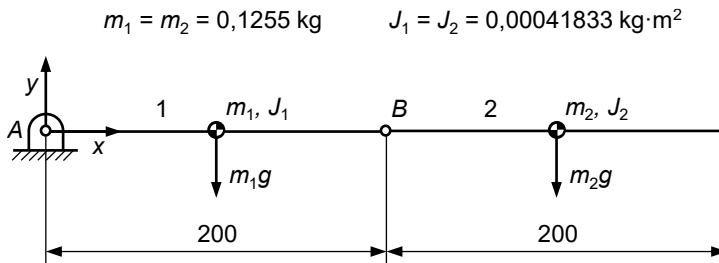


Figura 13.12. – Configuração inicial do pêndulo duplo.

Atendendo à configuração inicial do pêndulo duplo, bem como das demais informações veiculadas na figura 13.12., resulta o seguinte conjunto de valores¹⁶⁷ iniciais para as posições e para as velocidades das barras 1 e 2, ou seja

$x_1 = 0,1 \text{ m}$	$\dot{x}_1 = 0,0 \text{ m/s}$
$y_1 = 0,0 \text{ m}$	$\dot{y}_1 = 0,0 \text{ m/s}$
$\theta_1 = 0,0 \text{ rad}$	$\dot{\theta}_1 = 0,0 \text{ rad/s}$
$x_2 = 0,3 \text{ m}$	$\dot{x}_2 = 0,0 \text{ m/s}$
$y_2 = 0,0 \text{ m}$	$\dot{y}_2 = 0,0 \text{ m/s}$
$\theta_2 = 0,0 \text{ rad}$	$\dot{\theta}_2 = 0,0 \text{ rad/s.}$

¹⁶⁶ Os valores relativos às posições e às velocidades iniciais têm de ser coerentes com a configuração geométrica e com a cinemática do sistema em causa, isto é, aquele conjunto de valores iniciais tem de verificar as correspondentes equações dos constrangimentos impostas ao sistema.

¹⁶⁷ O sistema de unidades utilizado para caraterizar as posições e velocidades tem de ser coerente.

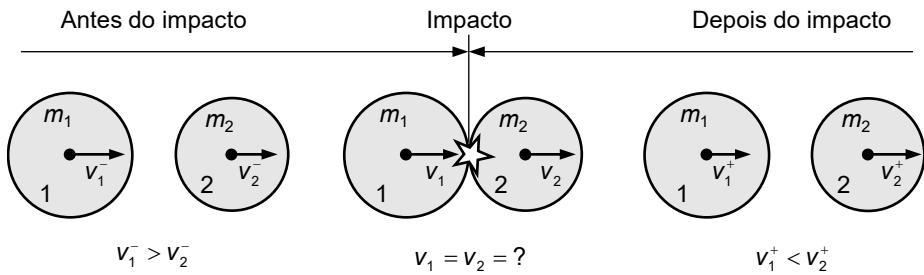


Figura 13.20. – Representação do impacto entre duas esferas.

Deve notar-se que, antes do impacto, a velocidade da esfera 1 é superior à da esfera 2, o que significa que ocorrerá a colisão entre ambas. Após o impacto, a velocidade da esfera 2 torna-se superior à da esfera 1, pois as esferas separam-se após a colisão.

Para se estudar e compreender o que acontece durante o impacto deve começar-se por representar a evolução da velocidade de cada uma das esferas, tal como se mostra da figura 13.21. Nesta representação considera-se que:

- t^- representa o instante em que se inicia o impacto,
- t^+ representa o instante em que o impacto termina,
- Δt denota a duração do impacto, que se admite ser finita por facilidade de representação.

Admite-se ainda que existe uma transição suave entre as velocidades de pré-impacto e de pós-impacto de cada uma das esferas, tal como se evidencia na figura 13.21.

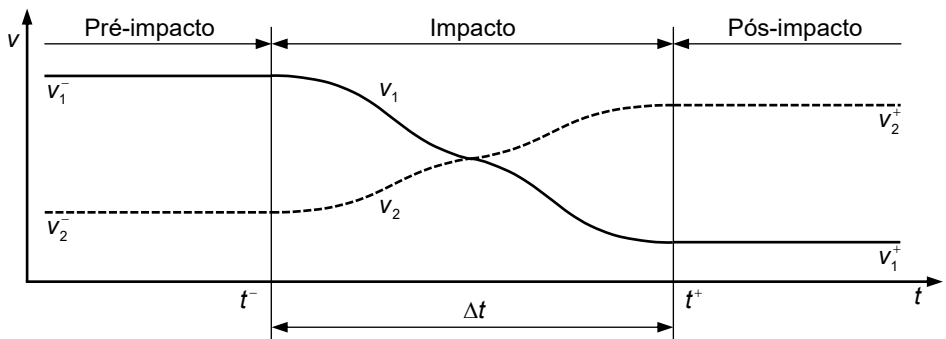


Figura 13.21. – Evolução das velocidades de cada uma das esferas antes, durante e após o impacto.

CIÊNCIA DE MÁQUINAS E MECANISMOS

PAULO FLORES

Sobre a obra

Esta obra foi escrita para estudantes de engenharia interessados em estudar, com profundidade, as principais temáticas associadas à vasta área que a ciência de máquinas e mecanismos encerra. Nesta peça, as matérias e conteúdos estão estruturadas para um aprofundamento de quadros teóricos e para o desenvolvimento de competências ao nível da análise cinemática e dinâmica de máquinas e mecanismos. Sempre que se julga oportuno, cada uma das temáticas é acompanhada de exemplos de aplicação, de modo a facilitar a assimilação de conceitos neles veiculados. Trata-se de um texto a apoio a estudantes e professores do ensino superior, que poderá ser também útil para aqueles que se interessam pela a ciência de máquinas e mecanismos.

Sobre o autor

Paulo Flores nasceu em Vieira do Minho a 19 de dezembro de 1972. Obteve a sua graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho em 1997, seguida de provas científico-pedagógicas (2000), doutoramento (2005) e agregação (2011) também em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho. O doutoramento, na especialidade de máquinas e mecanismos, foi realizado em colaboração com o Instituto Superior Técnico e a *Wichita State University*. Em 2009 concluiu um pós-doutoramento no *Swiss Federal Institute of Technology, ETH-Zurich*, e em 2012 foi *Visiting Professor* na *The University of Arizona*. Em 2024 recebeu o doutoramento *Honoris Causa* pela "*Gheorghe Asachi*" *Technical University of Iași*. Trabalha na Universidade do Minho há 30 anos, onde os seus tópicos de interesse no ensino e investigação científica estão ligados às áreas da Dinâmica de Sistemas Mecânicos, Projeto e Seleção de Componentes Mecânicos, Biomecânica e Desenho e Representação Gráfica. Professor Catedrático desde 2013, é autor de inúmeras publicações científicas e pedagógicas.

Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-930-504-5



www.quanticaeditora.pt