



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE MECANISMOS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA

João Carlos Sedraz Silva – joao.sedraz@univasf.edu.br

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia Civil
Rod. Juazeiro/Sobradinho s/n, Bairro Malhada da Areia, Caixa Postal 309,
CEP 58-900, Juazeiro, BA

Marcos A. da S. Irmão – marcos.silva@univasf.edu.br

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia Civil
Rod. Juazeiro/Sobradinho s/n, Bairro Malhada da Areia, Caixa Postal 309,
CEP 58-900, Juazeiro, BA

Antonio Almeida Silva – almeida@dem.ufcg.edu.br

UFCG, Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó,
CEP 58.109-970, Campina Grande, PB.

Resumo: *Face à necessidade de preparar os alunos de Engenharia Mecânica para aplicação dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Mecanismos e Dinâmica de Máquinas, com relação à simulação e análise do funcionamento de vários tipos de mecanismos, este trabalho tem como objetivos descrever a utilização de recursos computacionais para visualização de trajetórias e movimentos resultantes. São feitas as simulações de alguns mecanismos no ambiente MATLAB, inclusive com visualização gráfica em modo contínuo do movimento, e análise de parâmetros como deslocamento, velocidade e aceleração.*

Palavras-chave: *Mecanismos, Modelo Computacional, Animação, Modo contínuo de movimento, Dinâmica das Máquinas.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo MABIE & OCVIRK (1980), com avanço alcançado no projeto de instrumentos, controles automáticos e equipamentos automatizados, o estudo de mecanismos tomou novo significado. Mecanismo pode ser definido como a parte do projeto de máquinas relacionadas com o projeto cinemático de sistemas articulados, cames, engrenagens, trens de engrenagens, etc. Já o projeto cinemático se baseia nos requisitos relativos ao movimento, diferindo do projeto baseado em requisitos de resistência. Para GROSJEAN (1991), os mecanismos desempenham uma função importante em praticamente todos os ramos da engenharia. Os mesmos encontram-se presentes em escavadoras, guindastes, locomotivas, máquinas de empacotamento, manipuladores, maquinário têxtil, dentre outros. Alguns mecanismos são

muito simples, como o mecanismo de locomotiva. Já outros são mais complexos, como por exemplo: máquinas de tear, que consiste de conexões, deslizadores, engrenagens, operando individualmente ou em combinação, modificando movimentos, transmitindo forças, trabalhando com alta ou baixa velocidade e operando em todas as espécies de ambientes. Muitos mecanismos são constituídos de simples conexões ou barras ligadas por meio de pinos ou deslizadores. Segundo SHIGLEY & UICKER (1995), tanto métodos gráficos como algébricos podem ser utilizados para calcular deslocamentos, velocidades e acelerações. Métodos gráficos são rápidos e permitem boa visualização para uma determinada posição do mecanismo, mas tornam-se tediosas se muitas posições são solicitadas para se obter um desenho da performance do mecanismo durante um ciclo de operação; sua precisão também é limitada. Métodos algébricos expressam deslocamento, velocidade e aceleração por meio de equações que permitem serem manuseadas por computadores com alto grau de precisão em todas as possíveis posições do mecanismo. Com o advento das calculadoras programáveis e computadores pessoais, estes métodos são facilmente implementados permitindo a visualização rápida destes parâmetros e otimização do processo de projeto.

2. PROBLEMÁTICA

Segundo SKARSKI (1980), de um modo geral, a análise cinemática trata através de verificações e determinações da resolução dos seguintes problemas:

Deslocamento - Para um mecanismo projetado torna-se indispensável o controle da extensão de movimento das peças para evitar sua colisão durante o ciclo completo de movimento e, ao mesmo tempo, para verificar a compatibilidade dimensional com o espaço disponível;

Velocidade - Cada mecanismo não é apenas um transformador de movimento, mas também, transformador de potência, definida como produto de força e velocidade, ou, para o movimento de rotação, como produto de momento das forças (externas) para velocidade angular. A partir da velocidade conhecida e da potência desenvolvida pode-se determinar as forças atuantes necessárias para o dimensionamento das peças de um mecanismo. A análise trata, pois, da verificação da exatidão de um desejado diagrama de velocidade. A solução deste problema cinemático exige, muitas vezes, uma situação repetitiva para, através da análise, comprovar a aproximação mais adequada do diagrama almejado;

Aceleração - O dimensionamento dos mecanismos depende, também, das forças de inércia, as quais, mediante a segunda Lei de Newton são expressas em termos de aceleração das partes móveis. É interessante ressaltar que as forças de inércia são freqüentemente maiores do que as forças de tração, ou forças de natureza estática. Elas determinam, em última análise, a máxima rotação e o rendimento de um mecanismo e, portanto, de uma máquina.

3. MECANISMOS BÁSICOS

Neste tópico a teoria de alguns mecanismos, aqui considerados como básicos são descritos.

3.1 Mecanismos de Quatro Barras

Um dos mecanismos mais simples e de aplicação variada em máquinas e equipamentos é o mecanismo de quatro barras ou quadrilátero articulado, conforme ilustrado na Figura 1, (MABIE & OCVIK, 1980). A peça 1 é o suporte ou chassi, geralmente estacionária. A manivela 2 é a peça acionadora que pode girar ou apenas oscilar. Em ambos os casos, a peça 4 (balancim) irá oscilar. Se a peça 2 gira, o mecanismo transforma movimento de rotação em oscilação. Se a manivela oscila, o mecanismo então multiplica o movimento de oscilação,

através da peça 3 (biela). Enquanto a manivela 2 gira, não há perigo de travamento do mecanismo. Entretanto, se esta oscila, deve-se tomar cuidado no dimensionamento dos comprimentos das peças para evitar pontos mortos de modo que o mecanismo não pare em suas posições extremas (travamento). Estes pontos mortos ocorrerão quando a linha de ação da força acionadora tiver a mesma direção da peça 4, MABIE & OCVIRK (1980).

- 1 – Suporte
- 2 – Manivela
- 3 – Biela
- 4 – Balancim

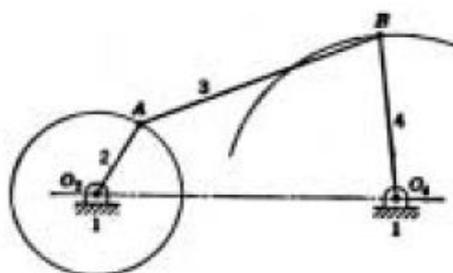


Figura 1. Mecanismo de Quatro Barras.

3.2 Mecanismo Cursor-Manivela

Este mecanismo é amplamente utilizado e encontra sua maior aplicação no motor de combustão interna. A Figura 2a, (MABIE & OCVIRK, 1980), mostra um esboço em que a peça 1 é o bloco do motor (considerado fixo), a peça 2 é a manivela, a peça 3 a biela e a peça 4 o êmbolo ou cursor. Sobre a peça 4 atua a pressão dos gases, no motor de combustão interna. A força é transmitida à manivela, através da biela.

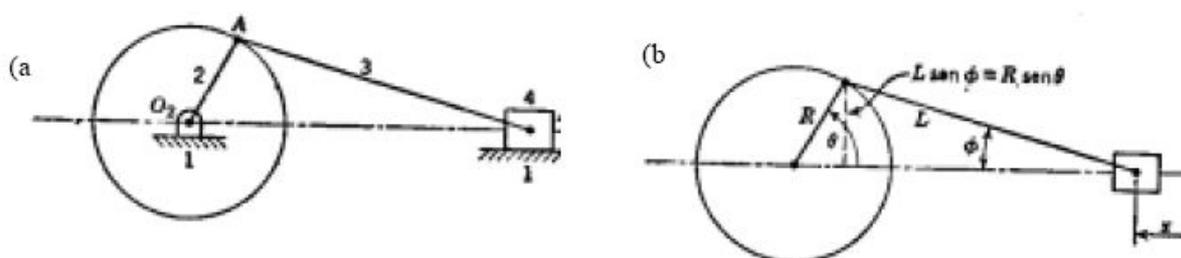


Figura 2. Mecanismo Cursor-Manivela.

Pode-se ver que haverá dois pontos mortos durante o ciclo, um em cada posição extrema do curso do êmbolo. Para evitar a parada do mecanismo nesses pontos mortos é necessário o emprego de um volante solidário à manivela. Este mecanismo também é usado em compressores de ar onde um motor elétrico aciona a manivela que por sua vez impulsiona o êmbolo que comprime o ar.

3.3 Mecanismo de Plaina Limadora

Este mecanismo é uma variação da segunda inversão do mecanismo cursor-manivela em que a biela é a peça fixa. A Figura 3 apresenta este mecanismo onde a peça 2 gira e a peça 4 oscila. Este mecanismo é usado em máquinas operatrizes para dar-lhes um curso de corte lento e um curso de retorno rápido para uma velocidade angular constante da manivela motriz. No projeto de mecanismo de retorno rápido, a razão entre os ângulos descritos pela manivela motriz durante o curso de corte e o curso de retorno é de suma importância e é conhecido como razão de tempos. Esta razão deve ser maior do que a unidade e seu valor deve ser o

maior possível para que haja um retorno rápido da ferramenta de corte, representada pelo cursor 6.

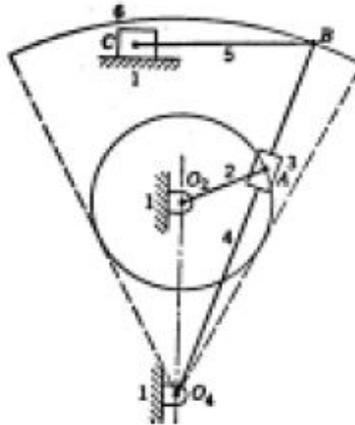


Figura 3. Mecanismo de plaina limadora.

Para a simulação e análise dos mecanismos, foram utilizadas algumas rotinas computacionais de simulação no ambiente MATLAB desenvolvidas por SILVA (2001), bem como novas rotinas com recursos de animação dos movimentos, desenvolvidas num trabalho de Estágio docência na disciplina de Mecanismos (IRMÃO, 2002).

3.4 Mecanismo de quatro barras

Este programa simula o comportamento cinemático de um mecanismo de quatro barras, conforme ilustrado na Figura 4. O mecanismo é formado por uma peça fixa, representando o suporte (barra 1), uma peça rotativa representando a manivela (barra 2), uma peça de interligação ou biela (barra 3) e uma quarta barra, articulada na extremidade direita do suporte (balancim). O programa permite, a partir de uma entrada conhecida (deslocamento angular da manivela θ_2), localizar a posição espacial dos outros membros restantes, pela seguinte equação:

$$\theta_4 = \frac{\theta_2 + a \cdot \cos(r_3^2 - r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cdot \cos(\theta_2) - r_4^2)}{2r_4 \sqrt{(r_1^2 + r_2^2 - 2r_1 r_2 \cdot \cos(\theta_2))}} \quad (1)$$

Os termos r_1 , r_2 , r_3 e r_4 , são os comprimentos das barras 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Como resultado do programa são plotados em modo contínuo o mecanismo em várias posições, dando idéia visual do deslocamento completo do mecanismo; E ainda curvas que relacionam o ângulo de entrada com deslocamento, velocidade e aceleração de qualquer uma das barras.

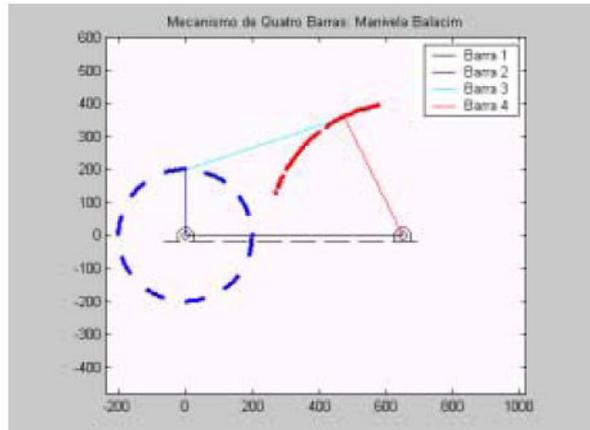


Figura 4. Simulação do mecanismo de quatro barras.

3.5 Mecanismo de plaina limadora

Este mecanismo é formado por cinco peças, conforme já ilustrado na Figura 4. O programa desenvolvido simula o comportamento cinemático, a partir de uma entrada θ_2 , que é a posição angular da manivela. Esta entrada se relaciona com a posição linear da ferramenta de corte (cursor 5) pela equação 2 obtida a partir das relações geométricas do mecanismo.

$$x = \frac{\sin(\theta_2) \cdot L \cdot R}{R \cdot \cos(\theta_2) + D} \quad (2)$$

Portanto, para cada posição angular da barra 2 é possível definir a posição do cursor, e também das outras peças do mecanismo, que plotados num modo contínuo pelo comando "movie" do Matlab, simula o movimento completo do mecanismo, conforme ilustrado na Figura 5. Além disso, o programa permite conhecer o comportamento dos parâmetros deslocamento, velocidade e aceleração de todas as peças em função do ângulo de entrada.

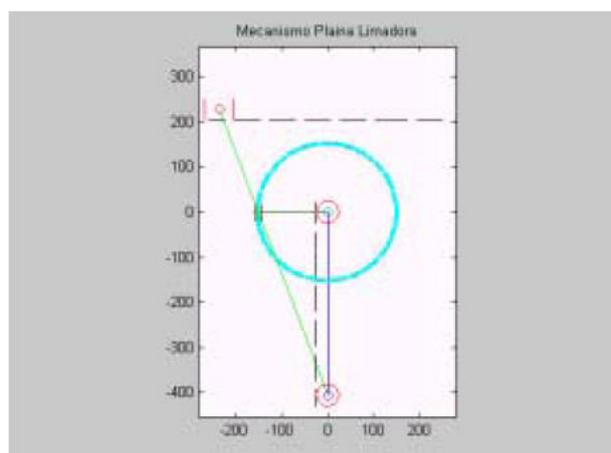


Figura 5. Simulação do mecanismo plaina limadora.

3.6 Mecanismo combinado cursor-manivela dupla

Este mecanismo é uma combinação de um mecanismo de quatro barras com um mecanismo cursor-manivela, conforme ilustrado na Figura 6. Num primeiro momento, se equacionou o mecanismo de quatro barras relacionando o seu ângulo de saída (θ_4) com o ângulo de entrada da manivela do segundo mecanismo, que difere de uma fase de aproximadamente 90° . Em seguida, se relacionou esta entrada com a saída deste segundo mecanismo, que é o deslocamento linear do cursor. A partir disto foi então calculada cada posição instantânea, e plotado a representação de todo o mecanismo, para cada uma destas posições no modo contínuo, da mesma forma que nas simulações anteriores.

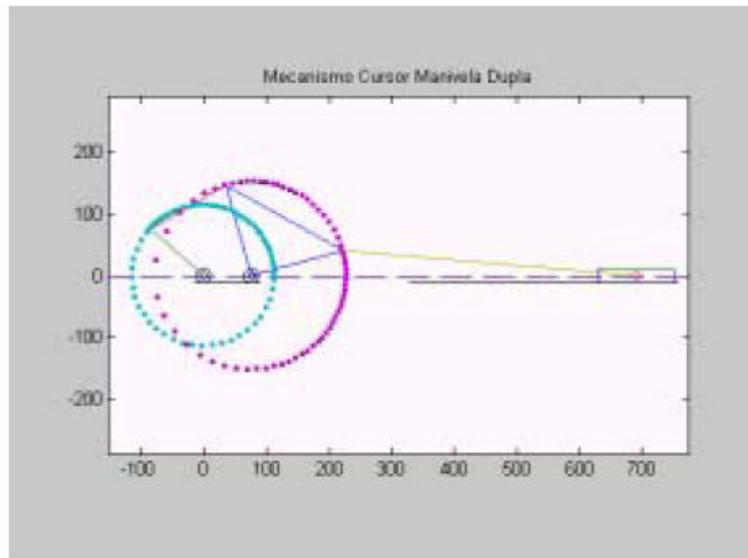


Figura 6. Simulação do mecanismo combinado cursor - manivela dupla.

3.7 Mecanismo came cilíndrica - seguidor plano

Este mecanismo é simples e bastante utilizado em aplicações onde se deseja transformar o movimento rotativo de um excêntrico em movimento angular oscilatório, sendo formado por uma barra fixa ou suporte, onde são acopladas na sua extremidade direita uma came cilíndrica e na outra extremidade uma barra deslizante, que se desloca tangencialmente à circunferência da came, conforme ilustrado na Figura 7. A partir da intersecção da barra deslizante (seguidor) com a circunferência da came (excêntrico) no ponto $P(x,y)$, obtém-se um conjunto de equações que descrevem a trajetória de movimento do sistema (equações 3 e 4).

$$(x - A)^2 + (y - B)^2 = R^2 \quad (3)$$

$$(x + L).(A - x) - (y - 0).(y - B) = 0 \quad (4)$$

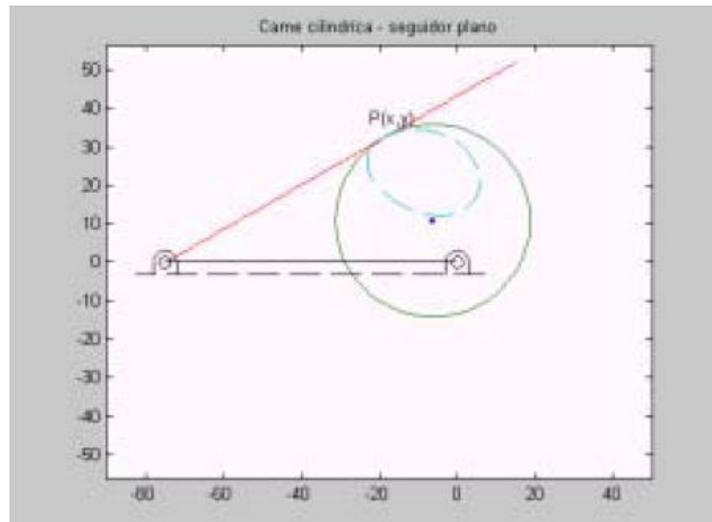


Figura 7. Simulação do mecanismo came cilíndrica - seguidor plano.

Definida esta solução, através do comando solve no Matlab, relaciona-se por trigonometria a posição angular do seguidor e suas respectivas velocidades angulares, que também é a saída do programa. Além da plotagem em modo contínuo do movimento completo do mecanismo, pode-se plotar os gráficos de deslocamento, velocidade e aceleração do seguidor em função do ângulo de entrada da came.

4. CONCLUSÕES

O trabalho permitiu a realização de um estudo teórico e aplicação de metodologias gráficas e algébricas para a modelagem como recurso complementar de ensino, visando a simulação e análise do comportamento dinâmico de diversos tipos de mecanismos, tendo em vista o conhecimento da variação de parâmetros como deslocamentos, velocidades e acelerações resultantes nos diversos componentes para cada posição de trabalho. Uma análise da funcionalidade e problemas normalmente encontrados nos sistemas articulados, como pontos de travamento, atritos nas articulações, etc. também poderão ser avaliados e sugeridas novas concepções de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GROSJEAN, J., 1991, **Kinematics and Dynamics of Mechanisms**, McGraw-Hill, London, 306 p.

IRMÃO, M. A. S., 2002, **Desenvolvimento de Software no Ambiente MATLAB para a Simulação de Mecanismos**, Relatório de Estágio Docência, UFPB/CCT/DEM.

MABIE, H. H. and Ocvirk, F. W., 1980, **Mecanismos**, 2a Edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 272 p.

NETO, M. P. N. , 2000, **Desenvolvimento e Construção de uma Bancada Didática para a Simulação de Mecanismos**, Trabalho de Conclusão de Curso, UFPB/CCT/DEM.

SHIGLEY, J. E. and Uicker, J. J., 1995, **Theory of Machines and Mechanisms**, Second Edition, McGraw-Hill, New York, 719 p.

SILVA, A. A., 2001, **Programas e Rotinas de Simulação de Mecanismos via MATLAB**, UFPB/CCT/DEM.

SKARSKI, B., 1980, **Análise Cinemática dos Mecanismos**, Editora da Unicamp. Apostila de Curso.

COMPUTATIONAL MODEL AND SIMULATION OF MECHANISMS FOR THE STUDY OF ENGINEERING

Abstract: *Face to the need of preparing the students of Mechanical Engineering for application of the acquired knowledge in the disciplines of Mechanisms and Dynamics of Machines, with relationship to the simulation and analysis of the operation of several types of mechanisms, this work has as objectives to describe the experiences obtained at laboratory in the development of a workbench didactic for simulation of mechanisms and use of computer resources for visualization of trajectory and resulting movements. Initially it is made the simulation of some mechanisms in the environment MATLAB, besides with graphic visualization in continuous way of the movement, and analysis of parameters as displacement, speed and acceleration.*

Key-words: *Mechanisms, Computational Model, Animation, Motion continuo mod, Dynamics of machines.*