



DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA MULTIMÍDIA PARA O ENSINO DE DINÂMICA DE MÚLTIPLOS CORPOS

Ilmar Ferreira Santos

Rodrigo Fernandes de Carvalho

UNICAMP - Faculdade de Engenharia Mecânica

Departamento de Projeto Mecânico

Caixa Postal 6122

13083-970 – Campinas, SP – Brasil

Abstract: *Este trabalho se resume no desenvolvimento de um programa multimídia para facilitar o ensino de tópicos da área de Dinâmica. O programa é dividido em cinco tópicos: Cinemática e Dinâmica de Partículas, Cinemática e Dinâmica de Sistemas de Partículas, Cinemática e Dinâmica de Corpos Rígidos, Sistemas de Múltiplos Corpos no Plano e Sistemas de Múltiplos Corpos no Espaço. Em cada tópico, apresentado como um exercício, o aluno é instruído a realizar vários passos para que ele consiga chegar a resolução do mesmo, ou seja, as equações de movimento do sistema mecânico relacionado ao tópico. O programa utiliza animações gráficas e imagens para facilitar a compreensão dos sistemas de referência e atuação das forças e acelerações sobre o sistema. Ao final de cada tópico o aluno pode observar o comportamento ideal do sistema mecânico, a partir de determinadas condições iniciais, através de animações gráficas e compará-las com vídeos de protótipos reais operando com as mesmas condições iniciais. Este programa vem sendo desenvolvido e utilizado na Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas durante as aulas das disciplinas de dinâmica e Modelagem de Máquinas e Estruturas. Resultados extremamente satisfatórios são observados do ponto de vista da compreensão (com maior facilidade) dos diferentes tópicos das disciplinas. Esta metodologia está sendo ampliada, no momento, para tópicos relacionados a Vibrações Mecânicas e Estruturas Mecatrônicas.*

Keywords: *Ensino, Dinâmica, Multimídia.*

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade os futuros engenheiros precisam assimilar uma grande quantidade de informação e a melhor maneira de ajudá-los é a utilização da computação gráfica, de maneira direcionada, o que pode facilitar consideravelmente o ensinamento de engenharia para os alunos universitários através do computador. Uma das maiores dificuldades encontradas por alunos cursando Dinâmica de Sistemas Mecânicos é visualizar certos movimentos e orbitas descritas por corpos e sistemas móveis de referência. A introdução de um programa

multimídia que ajudasse a compreensão de determinados fenômenos relacionados com esses movimentos seria uma ferramenta de grande importância para os alunos.

Com esta motivação e tomando como linha de desenvolvimento os exercícios da disciplina de Dinâmica, cada tópico foi representado por um sistema mecânico e estruturado em várias etapas, que são basicamente:

1. Determinação dos sistemas de referência;
2. Determinação das velocidades e acelerações lineares e angulares;
3. Obtenção das equações de movimento via diagrama de corpos livres e o método Newton-Euler.

Obtidas as equações de movimento é possível determinar a trajetória dos sistemas e animá-los, assim resolvido o exercício o aluno poderá ver como se comporta o sistema em que ele trabalhou.

Com estes exercícios, partindo-se de um sistema mais simples até um mais complexo, o aluno pode fixar melhor os conceitos e tópicos relacionados com a disciplina de Dinâmica de Sistemas Mecânicos.

2. DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado o Toolbook II, da Asymetrix, que é uma ferramenta de programação multimídia de programação de alto nível, orientada a objetos. Ela oferece ao programador objetos já prontos que poderão ser utilizados no programa sem ser necessário a inserção de código para poder criar botões, tabelas, figuras, etc. Esta ferramenta permite que o usuário utilize scripts para criar funções que a mesma não ofereça.

Vários conceitos da ferramenta tiveram que ser aprendidos para que o produto final fosse mais amigável possível com o usuário, neste caso o aluno, entre eles:

1. Janela;
2. Página;
3. Background;
4. Objetos;
5. Clipes;
6. Banco de Imagens;
7. Scripts.

A janela é a entidade básica desta ferramenta que conterà as páginas do programa multimídia, que poderá ter várias janelas, como a principal, menus pop-up, janelas para visualização de animações e outros. Em cada página é criada a interface do programa com o usuário, é nela que estarão os botões e tabelas (objetos), figuras e animações utilizados para a navegação do programa e compreensão do exercício.

Cada página pode ter um background atribuído e imagens para ilustrar algo desejado. Tanto o background quanto imagens são “guardadas” no banco de imagens (funciona como um banco de dados).

A ferramenta permite que clipes sejam mostrados aos usuários, através deles serão mostradas as animações dos sistemas mecânicos. Algumas funções, como manipulação dos clipes, ajuste de resolução do vídeo e outros, não são funções automáticas da ferramenta. Para que o programador tenha mais liberdade para interagir seu programa com usuário, ele pode

criar scripts que desempenhe funções específicas. Um exemplo é um script utilizado para mostrar um clipe quando o usuário apertar um determinado botão.

2.1 Programa Dinâmica

Aprendidas as técnicas de programação da ferramenta foram definidos seis exercícios contendo cinco tópicos de Dinâmica:

1. Dinâmica de Partícula - movimento espacial com três rotações consecutivas de um pêndulo simples acoplado a um disco e a um braço;
2. Dinâmica de Sistemas de Partículas – pêndulo duplo;
3. Dinâmica de Corpo Rígido – pião e ângulos de Euler;
4. Sistema de Múltiplos Corpos no Plano – Pêndulo invertido acoplado a um sistema biela-manivela;
5. Sistema de Múltiplos Corpos no Espaço – giroscópio e satélite.

Cada exercício possui uma página de introdução explicando os passos do exercício.

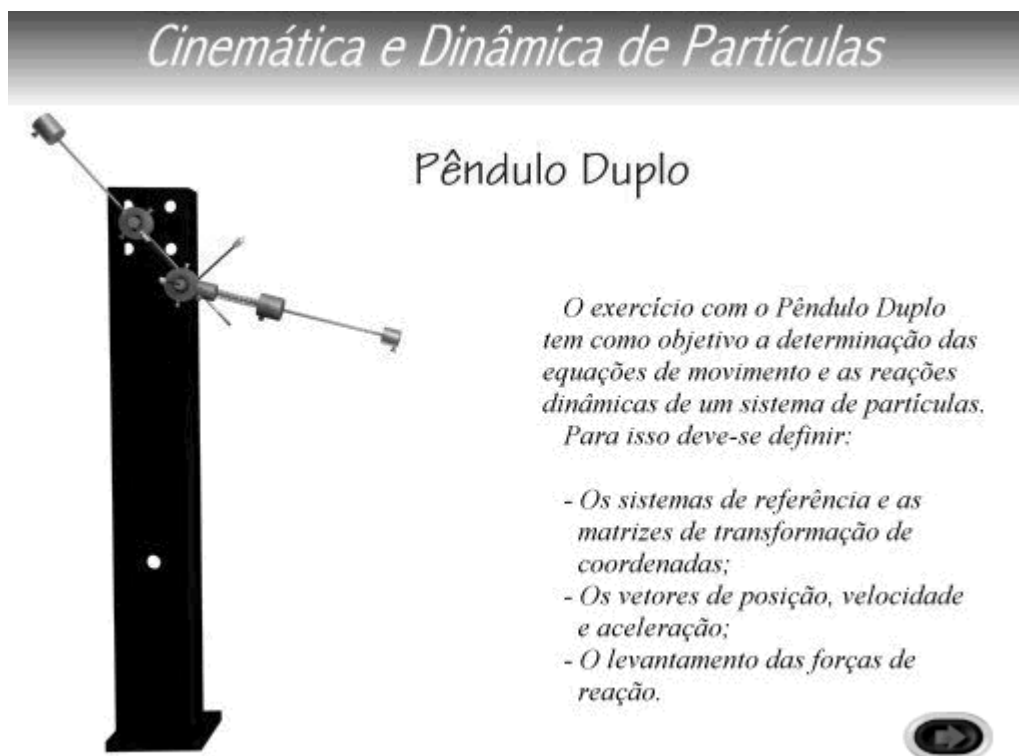


Figura 1 – Introdução do exercício.

Todas as páginas com exceção da introdução, possuem uma barra de navegação do programa.



Figura 2 – Barra de navegação do programa.

O primeiro passo é determinar os sistema de referência que podem ser visualizados em animações ao apertar os botões referentes as rotações do sistema.

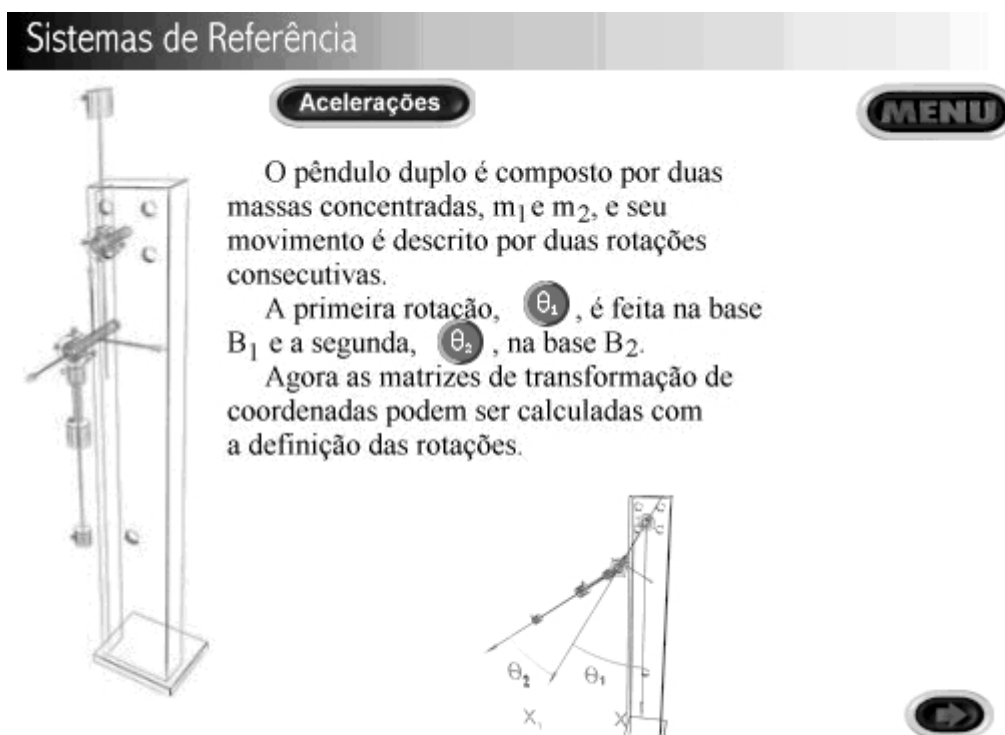



Figura 3 – Ilustração das bases do sistema mecânico.

O aluno deve calcular as matrizes de transformação de coordenadas e conferir seguindo para a próxima página.

Obtidos os sistemas de referência e as matrizes de transformação de coordenadas, deve-se calcular as velocidades e acelerações de cada corpo que compõem o sistema mecânico. Na próxima página é mostrada as acelerações de cada corpo.

Sistemas de Referência

Acelerações



MENU

Matriz de transformação de coordenadas da base inercial para base B_1

$${}_{B1}S = T_{\theta_1} \cdot I^S \Rightarrow T_{\theta_1} = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & \text{sen } \theta_1 & 0 \\ -\text{sen } \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de transformação de coordenadas da base B_1 para base B_2

$${}_{B2}S = T_{\theta_2} \cdot {}_{B1}S \Rightarrow T_{\theta_2} = \begin{bmatrix} \cos \theta_2 & \text{sen } \theta_2 & 0 \\ -\text{sen } \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 4 – Matrizes de transformação de coordenadas.

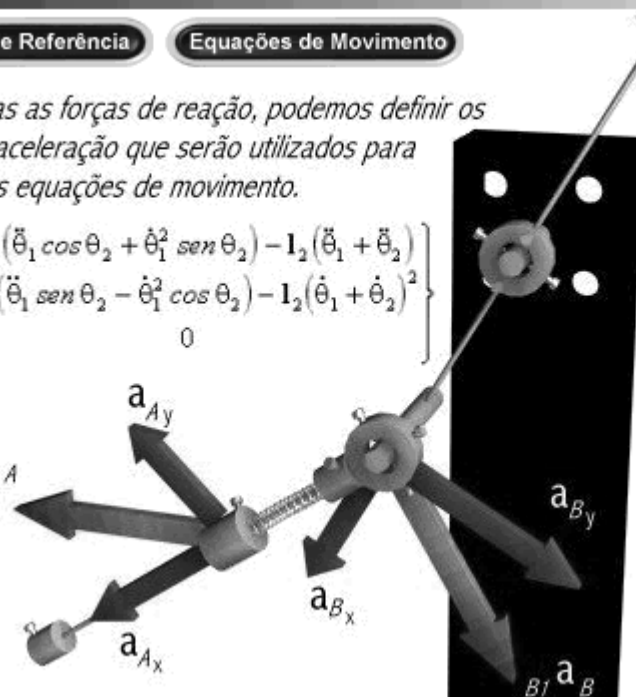
Acelerações

Sistemas de Referência

Equações de Movimento

MENU

Calculadas as forças de reação, podemos definir os vetores de aceleração que serão utilizados para obtermos as equações de movimento.

$${}_{B2}a_A = \begin{Bmatrix} -l_1(\ddot{\theta}_1 \cos \theta_2 + \dot{\theta}_1^2 \text{sen } \theta_2) - l_2(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) \\ -l_1(\ddot{\theta}_1 \text{sen } \theta_2 - \dot{\theta}_1^2 \cos \theta_2) - l_2(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2)^2 \\ 0 \end{Bmatrix}$$


$${}_{B1}a_B = \begin{Bmatrix} -l_1 \ddot{\theta}_1 \\ -l_1 \dot{\theta}_1^2 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Figura 5 – Ilustração dos vetores de aceleração.

Terminada estas etapas, o aluno pode chegar as equações de movimento, verificar se sua resposta estava correta e visualizar os movimentos que o sistema, que ele descreveu matematicamente, pode fazer a partir de certas condições iniciais através de animações gráficas.

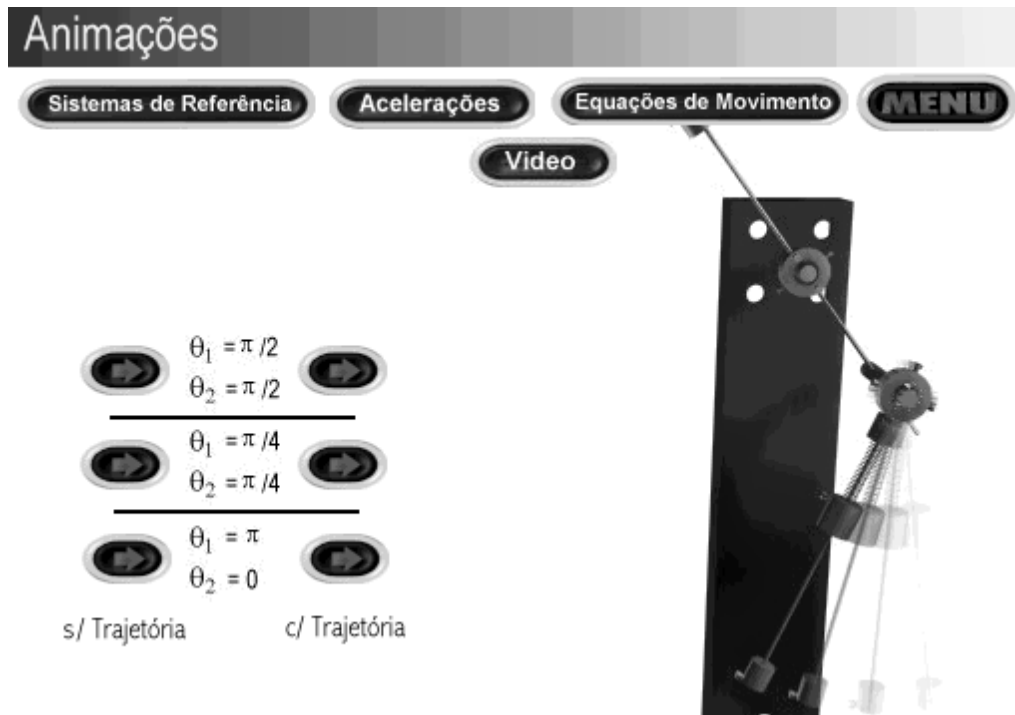


Figura 6 – Página de apresentação das animações de alguns movimentos a partir de condições iniciais pré-determinadas.

E para que o aluno compreenda como funciona um sistema ideal em relação ao real foram também colocados cliques com filmagens de protótipos dos sistemas em questão.

3. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Concluído o programa multimídia foi possível observar que o uso de recursos multimídia e de animações gráficas pode ajudar na compreensão de um sistema mecânico e na resolução de suas equações diferenciais não lineares de movimento, e ajudando também a resolver erros que possam aparecer durante a solução de um sistema.

Este programa auxiliará a visualização e a sedimentação dos tópicos relacionados com a disciplina, como por exemplo, as etapas para a representação do movimento de um sistema mecânico e de como este sistema reage com outros componentes. Com as animações dos sistemas de referência o aluno poderá ver como o sistema se movimenta ao fazer a rotação de suas bases, que ilustra um dos potenciais do programa.

Como perspectivas futuras pretendesse adicionar animações on-line, onde o aluno poderá escolher condições iniciais aleatórias e observar os movimentos do sistemas, que podem mostrar comportamentos não-lineares curiosos, e migrar estas técnicas para outros sistemas mecânicos.

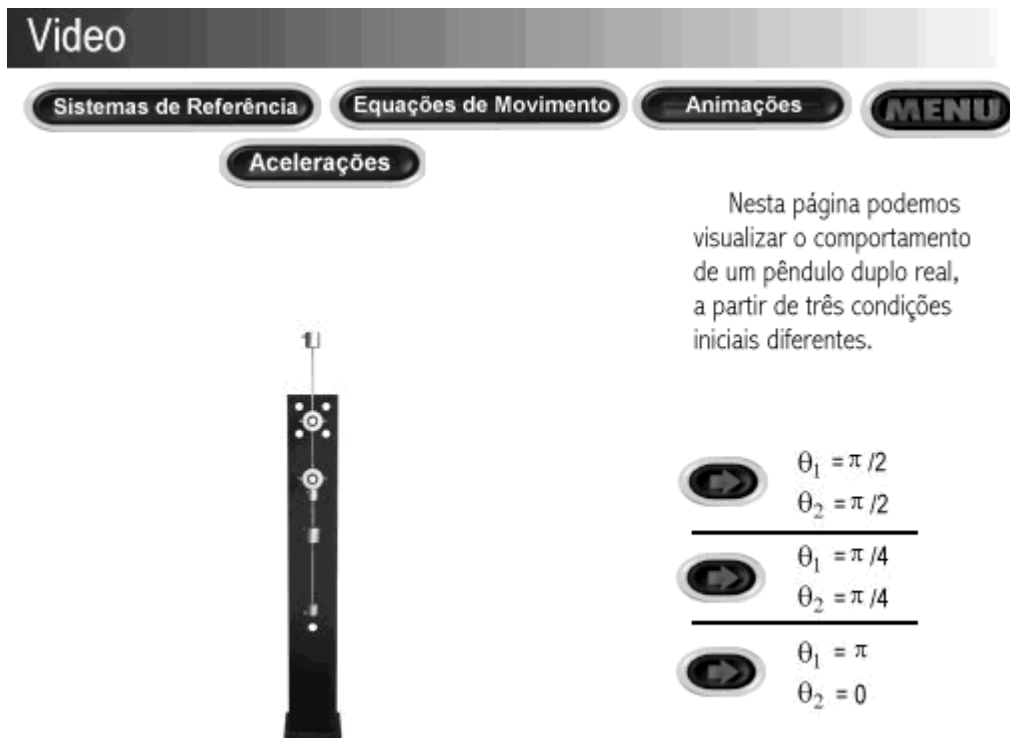


Figura 7 – Página com filmagem dos movimentos do protótipo.

REFERÊNCIAS

- Santos, I.F., 1998, Cinemática e Dinâmica de Sistemas Mecânicos, Modelagem, Simulação, Visualização e Verificação.
- Asymetrix, 1996, Guia do Usuário on-line - TOOLBOOK II.
- Autodesk, 1994, 3D Studio User's Guide