

INTRODUÇÃO AO SIMULINK

C.1 – INTRODUÇÃO

Este apêndice apresenta aspectos básicos do Simulink. Entendemos que a leitura do Capítulo 8, em especial da seção 8.4 e do Apêndice B, deva preceder o estudo deste apêndice.

Conforme vimos no Apêndice B, o MATLAB é um programa para resolução de problemas matemáticos através de computação numérica, permitindo a visualização dos dados. Apresenta várias caixas (“boxes”) que oferecem extraordinária versatilidade e capacidade para resolver problemas de aplicações de engenharia, matemática, física, financeira, química, etc. As caixas de ferramentas (“toolboxes”) são linguagens do programa MATLAB específicas para resolver problemas de classes particulares.

Dentro do MATLAB está o Simulink (Software para Simulação de Sistemas Dinâmicos), que é utilizado para modelar e analisar sistemas dinâmicos.

A simulação gráfica pode ser feita tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência. Este apêndice tem por objetivo observar os fundamentos das simulações no domínio do tempo, no ambiente Windows.

O estudo deste apêndice deve ser feito operando o computador.

Para acessar o Simulink, digite *simulink* na linha de comando do MATLAB ou dê um clique no ícone do Simulink, Figura C.1.

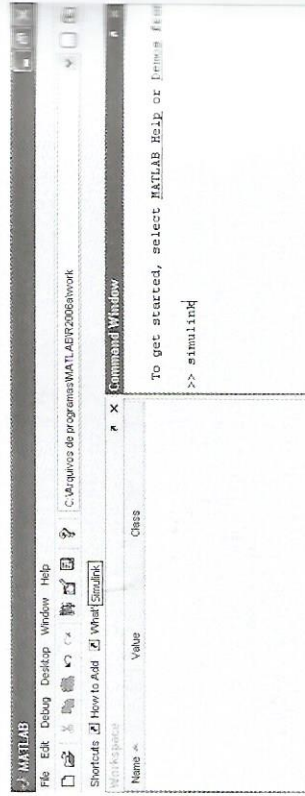


Figura C.1 Tela do MATLAB ilustrando duas maneiras de acessar o Simulink.

Após este comando, a janela do Simulink aparece na tela. Para abrir a área onde o diagrama será construído, clique em *File*, em *New* e, em seguida, em *Model*. Desta forma obtemos a área correspondente ao arquivo *untitled*, Figura C.2. Será nesta área de trabalho que o diagrama de blocos será construído.

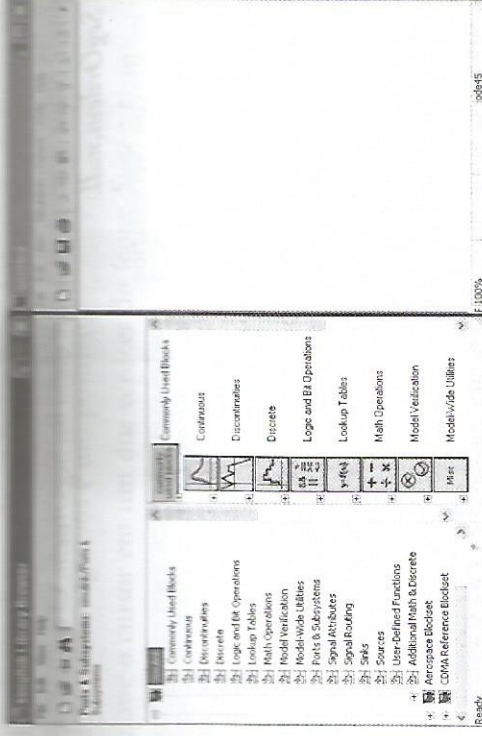


Figura C.2 Janela do *Simulink Library Browser* e da área do arquivo *untitled* em que o diagrama será construído.

É interessante adaptar os tamanhos das duas janelas para que ambas fiquem visíveis, facilitando a introdução das ferramentas e blocos no arquivo recém-criado. Com esta providência, a tela está preparada para introdução dos blocos.

C.2 – CONSTRUINDO UM DIAGRAMA

C.2.1 – PROPOSIÇÃO

Nesta seção serão ilustrados os principais procedimentos para a elaboração de um diagrama. Como exemplo, vamos elaborar um diagrama para um sistema de segunda ordem massa–mola–amortecedor e observar o comportamento do deslocamento da massa (resposta) quando a entrada é uma força degrau dada por: $10u(t - 0,4)N$. A função de transferência deste sistema foi desenvolvida na seção 3.4.1 e é dada pela equação 3.95.

Para a simulação adotaremos os valores: *massa* = 0,8 kg; *coeficiente do amortecedor* = 8 N.seg/m; e *coeficiente da mola* = 500 N/m, que resultam em: $K = 0,002$ m/N (ganho da função de transferência); $\omega_n = 25$ rad/seg ou $f_n = 3,979$ Hz (frequência natural não-amortecida); e $\zeta = 0,2$.

C.2.2 – CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA

O diagrama pode ser elaborado seguindo estas etapas:

a) Nomear o Trabalho

- (1) Clique em *File* da barra de ferramentas do *untitled* e clique em *Save as*.

(2) Aparecerá o menu para gravação. Procure a pasta desejada e entre com o nome do arquivo. Neste exemplo o nome dado foi *SegOrdem*. O arquivo será gravado como *SegOrdem.mml*.

b) Carregar os Blocos Necessários

- (1) Dentre os itens listados da janela *Simulink Library Browser*, clique no item *Sources*.
- (2) Aparecerão os blocos relativos à biblioteca de *Sources*. Procure o bloco *Step*. Clique no ícone e, mantendo o botão esquerdo do mouse pressionado, arraste o ícone para a área de trabalho, Figura C.3.
- SUGESTÃO: Leve os blocos apenas uma vez. Cópias de blocos podem ser feitas dentro da própria janela do projeto.
- Ainda dentro do item *Sources*, procure o bloco *Constant* e arraste-o para a área de trabalho.
- Entre no item *Sinks* e arraste o ícone *Scope* para a área de trabalho.
- Entre no item *Math Operations* e arraste os ícones *Product* e *Sum* para a área de trabalho.
- Entre no item *Continuous* e arraste o ícone *Integrator* para a área de trabalho.

NOTA: Uma vez colocados todos os tipos de blocos que serão utilizados para efetuar o diagrama do sistema, maximize a tela do arquivo *SegOrdem*.

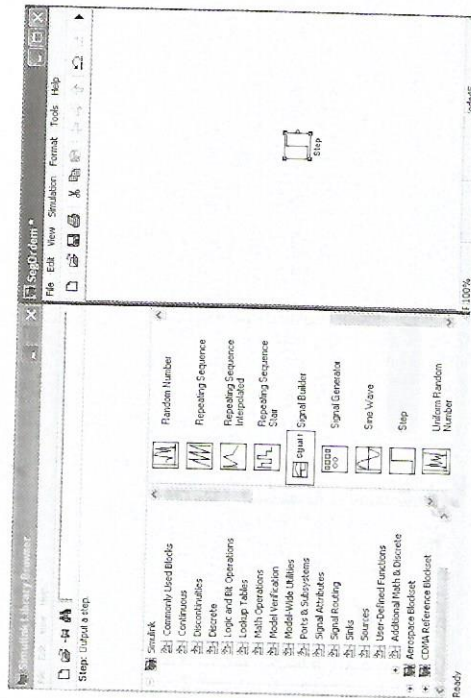


Figura C.3 Visualização da tela após arrastar o bloco *Step*.

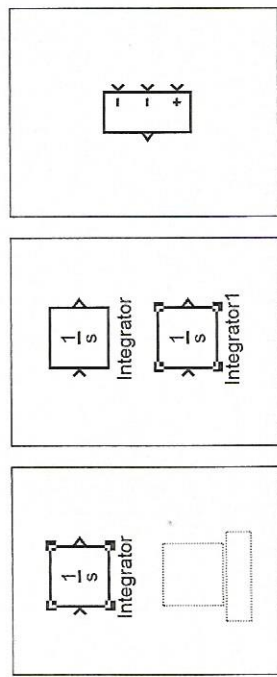
c) Preparação dos Blocos

- (1) Para duplicar o *Integrator*, com o botão direito do mouse clique e arraste o ícone para outro local da área de trabalho, Figura C.4a. Soltando o botão, o ícone do novo *Integrator* aparece, Figura C.4b.
- (2) Repita duas vezes o processo de duplicação para o ícone *Product*, resultando em três *Products*. Idem para o ícone *Constant*, resultando também em três *Constants*.

(3) Dê um duplo clique sobre o ícone *Sum*. Aparecerá um menu. No *Icon shape* mude *round* para *rectangular* e no *List of sign* apague o que existe e entre " - " (dois sinais negativos e um positivo).

(4) Posicione o cursor em um dos vértices do ícone *Sum* e arraste vertical e horizontalmente para mudar o tamanho do ícone.

(5) Clique com o botão direito do mouse sobre o ícone *Sum*. Aparecerá um menu. Clique no *Format* e um novo menu aparecerá. Clique no *Flip block* para inverter o bloco, Figura C.4c.

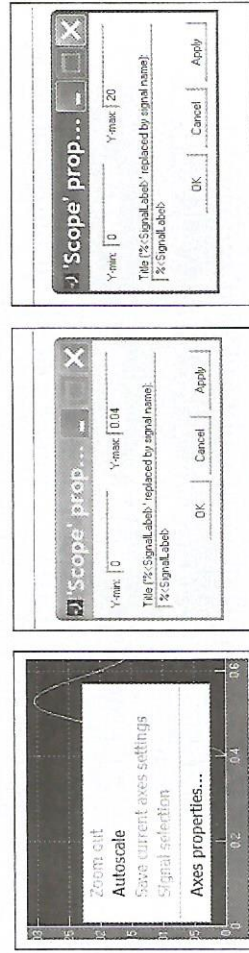


a) Duplicação b) Duplicado c) Somador preparado

Figura C.4 Ilustração do processo de duplicação e visualização do somador com três entradas e sentido invertido.

(6) Dê um duplo clique sobre o ícone *Scope*. Aparecerá uma janela semelhante à tela de um osciloscópio. Clique no ícone *Parameters* da barra de ferramentas da janela *Scope*. Aparecerá um menu. Apague o que está no *Number of axes* e entre o número 2.

(7) Ainda com a janela dupla do *Scope* na tela, clique com o botão direito do mouse sobre a região preta do primeiro gráfico do *Scope*. Aparecerá um menu, Figura C.5a. Clique em *Axes properties* e então aparecerá o menu para definição dos valores máximo e mínimo do eixo *y*. Para este primeiro gráfico, entre *Ymin* = 0 e *Ymax* = 0.04, Figura C.5b. Repita o procedimento para o eixo *y* do segundo gráfico e entre *Ymin* = 0 e *Ymax* = 20, Figura C.5c.



a) Menu do *Axes Properties* b) Valores do *Ymin* e *Ymax* para o gráfico 1 c) Valores do *Ymin* e *Ymax* para o gráfico 2

Figura C.5 Menus para as propriedades dos eixos.

(8) Clique no nome do ícone *Step*. Digite *Step = 10N*.

(9) Clique nos nomes dos ícones dos *Constant's* e digite nos respectivos locais: *massa*, *Coef. Amort.*, e *Coef. Mola*.

(10) Clique com o botão direito do mouse sobre o ícone *Step*. Aparecerá um menu. Clique no *Step parameters* e um novo menu aparecerá. Entre o valor *0.4* no *Step time* e o valor *10* no *Final value*.

(11) Clique com o botão direito do mouse sobre o ícone *Constant* de nome *massa*. Aparecerá um menu. Clique no *Constant parameters* e um novo menu aparecerá. Entre o valor *0.8* no *Constant value*. Repita o procedimento para os outros blocos *Constant's* colocando o valor *8* para o *Coef. Amort.* e o valor *500* para o *Coef. Mola*.

(12) Arraste os blocos para posições que facilitarão as suas interligações. Procure colocar todos os blocos de entrada (neste caso o *Step*) e também os blocos que definem os parâmetros do sistema (os *Constant's*) alinhados na parte inferior. Quanto aos blocos de saída, posicione-os no lado direito do diagrama, Figura C.6. Estas disposições facilitam as localizações dos blocos quando queremos efetuar modificações das entradas e dos parâmetros para novas simulações.

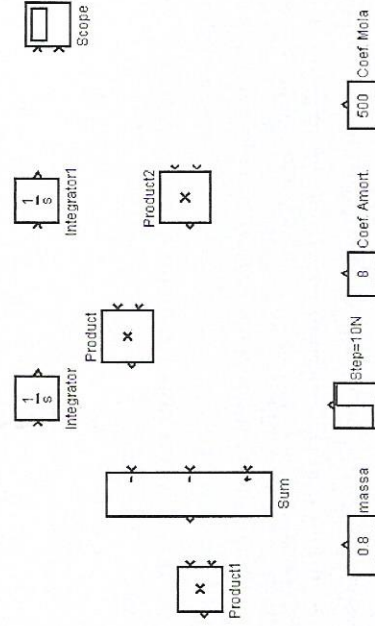


Figura C.6 Blocos preparados para realizar as interconexões.

(13) Note que alguns blocos da Figura C.6 sofreram rotação. Para efetuar uma rotação de *90 graus*, clique no bloco e depois aperte *CTRL + R*. Se apertar novamente o *CTRL + R*, um novo giro de *90 graus* ocorrerá.

(14) Dê um duplo clique no bloco *Product1*. Aparecerá um menu para entrada de parâmetros. No *Number of inputs* entre “*/” (asterisco e barra de divisivo). Com estas informações a primeira entrada irá multiplicar e a segunda dividirá.

d) Interligando os Blocos

(1) Para conectar dois blocos, clique na saída do bloco de origem e, mantendo o botão pressionado, leve a linha que apareceu para a entrada do bloco de destino.

Há outra maneira de efetuar a conexão. Clique no bloco de origem. Em seguida aperte a tecla *CTRL* e clique no bloco de destino. Por exemplo, clique no primeiro *Integrator* (*Integrator da esquerda*). Depois, aperte a tecla *CTRL* e clique no *Integrator1*. A conexão é realizada e fica conforme Figura C.7a.

(2) Para criar um novo ramo de uma linha já existente, por exemplo, do *Integrator* para o *Product*, clique em um ponto da linha com o botão direito do mouse e arraste até um ponto, Figura C.7b. Para completar a conexão, clique no ponto onde parou e, mantendo o botão pressionado, leve a linha até a entrada do bloco de destino, Figura C.7c.

(3) Repetindo os procedimentos de interconexão, faça todas as ligações até obter um diagrama conforme a Figura C.8.

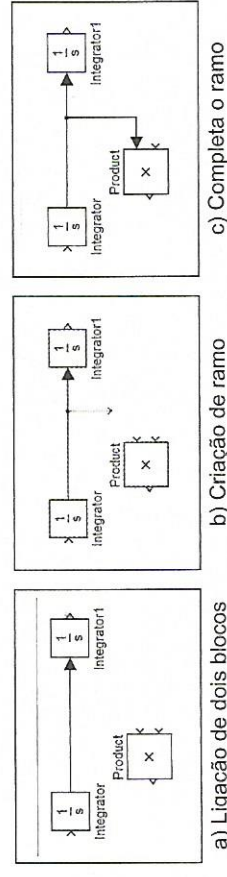


Figura C.7 Visualização da conexão entre dois blocos, criação de um ramo de uma linha existente e complementação do ramo.

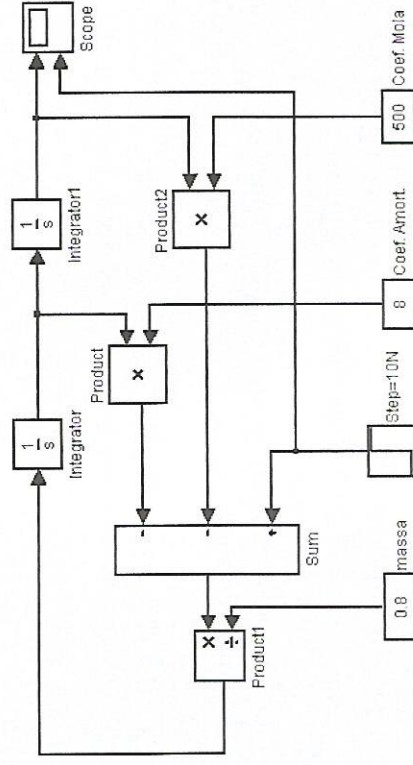


Figura C.8 Diagrama em Simulink para simulação do sistema de segunda ordem conforme parâmetros e condições propostas.

a) Parâmetros da Simulação

- (1) Na barra principal da janela da área de trabalho do *SegOrderm*, clique sobre o ícone *Simulation*. Aparecerá um menu. Clique em *Configuration Parameters* e aparecerá uma janela conforme Figura C.9.
- (2) Entre o valor *zero* no *Start time* e o valor *2.0* no *Stop time*. No *Solver options*, entre *Variable-step* no *Type* e *ode45* no outro. Entre o valor *1e-5* no *Relative tolerance* e *1e-6* no *Absolute tolerance*.

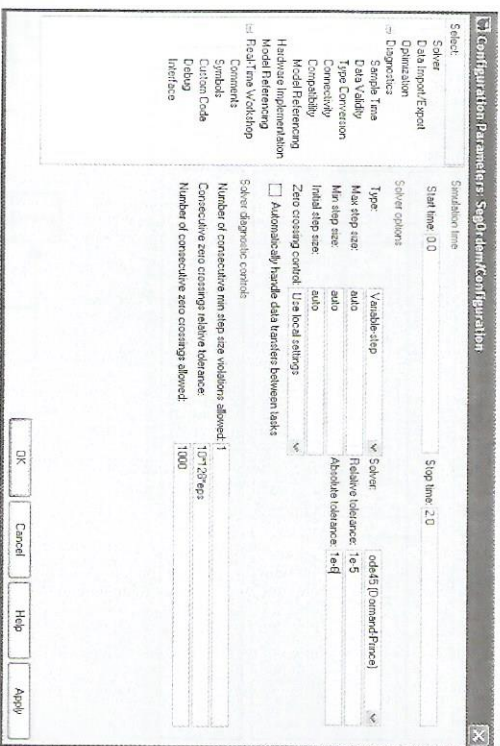


Figura C.9 Janela para entrada dos parâmetros da simulação.

b) Simulação e Resultado

- (1) Na barra de ferramenta da janela da área de trabalho aparece um triângulo escuro que é ícone do comando direto do *Start simulation*. Clique sobre esse comando para o Simulink efetuar a simulação.
- (2) Para ver as curvas de saída da simulação, dê um duplo clique no *Scope*. Aparecerá na tela o comportamento do deslocamento e no segundo gráfico a entrada degrau, Figura C.10.

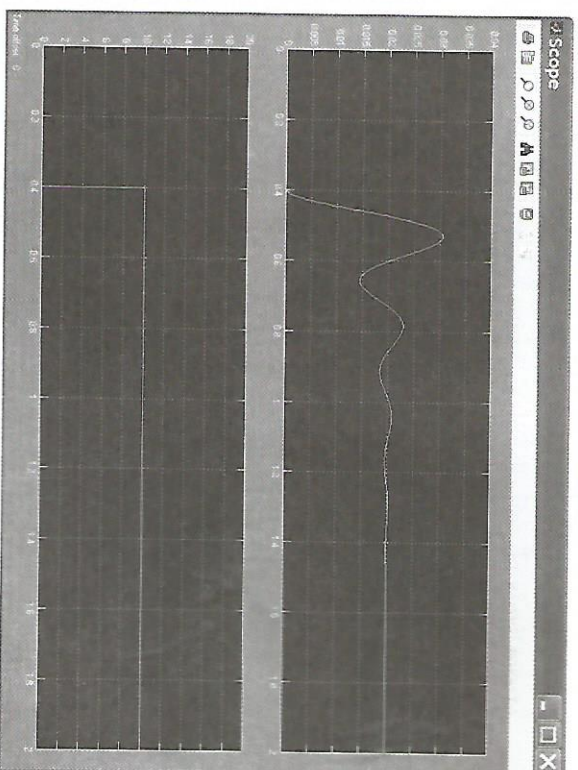


Figura C.10 Resultado gráfico da simulação do sistema de segunda ordem conforme parâmetros e condições propostas.

C.2.4 – SALVAR O SISTEMA

Na barra de ferramenta da janela do *SegOrderm* procure o ícone do desenho de um disquete e clique neste ícone. Uma outra maneira seria através das teclas *CTRL + S*.

C.3 – DESCRIÇÃO DE BLOCOS USUAIS

Os blocos do Simulink estão agrupados em classes cuja lista pode ser observada na janela do *Simulink Library Browser*, Figura C.2.

Nesta seção serão discutidos alguns blocos usuais dos grupos:

- *Continuous;*
- *Discontinuities;*
- *Math Operations;*
- *Signal Routing;*
- *Sinks;* e
- *Sources.*

As descrições dos blocos selecionados estão apresentadas abaixo. Para quase todos os blocos se faz necessária a entrada de parâmetros. Como regra geral, um duplo clique sobre o ícone do bloco abre o menu que permite efetuar a entrada dos seus respectivos parâmetros.