

**Modelagem e Controle de Processos 2024-1**  
**Professor: Joel Sanchez Dominguez**

**Projeto de Modelagem e Controle de Sistemas**

**Uso do Scilab como ferramenta na Modelagem e Controle de sistemas**

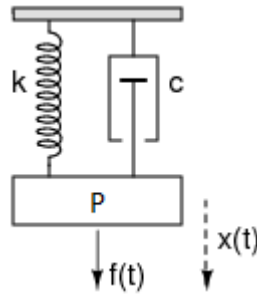
**Instruções Gerais:**

O relatório deve incluir os dados do aluno e a expressão matemática exata de cada função de transferência ou sistema usado nas atividades. As figuras e os diagramas em blocos devem ser claros e legíveis. Em todos os gráficos apresentados deve ser sinalização ao menos um ponto usando a ferramenta DataTip da janela gráfica do Scilab. Todos os comandos usados no desenvolvimento das atividades devem ser colocados no relatório. Não economize palavras explique e comente todas suas ações.

Em caso de verificar cola ou resultados incompatíveis com os comandos colocados em algum relatório ele será fortemente penalizado.

## Orientações das atividades

Um sistema massa-mola-amortecedor como o mostrado na figura é modelado pela equação 1. Os parâmetros massa ( $m$ ), coeficiente de fricção ( $C$ ) e constante elástica da mola ( $K$ ) são fornecidos na tabela 1 para cada estudante.



$$f(t) = m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + C \frac{dx(t)}{dt} + Kx(t) \quad (1)$$

Tabela 1: Tabela de parâmetros do sistema para cada aluno.

Nome	m	C	K
GABRIEL LUIZ BEZERRA	8	2	0,5
GABRIEL MORAES MANHAES	5	3	1
GUILHERME CAGIDE FIALHO	10	7	5
GUSTAVO DIAS DE OLIVEIRA	100	40	10
IBRAHIM AYMAN KARSOU	24	6	1,5
JULIANO JOSE DE SOUZA RAMOS	20	14	10
LAERTE LUIZ FERNANDES JUNIOR	5	3,5	2,5
LUCAS SA DE LIMA	16	4	2
LUÍSA DE ANDRADE LACAVE	32	5	1
MANOEL RODRIGUES DA SILVA	50	20	5
MARIA NINA KRAEMER	25	8	2,5
MATEUS LIMA PINHO	7	3	1
MATHEUS ALVES MATOS	90	30	8
MATHEUS DA SILVA SILVEIRA	42	19	12
MOISES RANGEL ALVES FILHO	28	6	1
PEDRO LONGUE CORREA	16	3	0,5
RAFAEL DE JESUS VIVIANI	21	7	2
SAMUEL BERNABE FARIAS	64	20	6
THIAGO BARBOSA DE MORAES	48	23	15
THIAGO BASTOS DA SILVA	36	16	5
TIAGO MATTOS DE OLIVEIRA	18	8	4

### Atividade 1

Crie um script do Scilab que modele o sistema para uma força de entrada nula. Execute a simulação para cada uma das condições iniciais indicadas na tabela 2, apresente os gráficos das simulações e comente os resultados.

Tabela 2: Condições iniciais para a simulação.

Caso	Velocidade ( $V_0$ )	Posição ( $X_0$ )
1	$m/2$	0
2	0	$m/4$
3	$m/3$	$m/5$

### Atividade 2

Crie no Xcos um diagrama de blocos que possibilite simular o sistema anterior para uma entrada  $f(t)=m/5$ . Execute a simulação para cada uma das condições iniciais indicadas na tabela 2, e para a condição inicial  $V_0=0$  e  $X_0=0$ . Apresente os gráficos das simulações e comente os resultados. No gráfico da resposta transitória para a condição inicial  $V_0=0$  e  $X_0=0$  identifique os pontos correspondentes ao tempo de subida, tempo de pico, tempo de estabelecimento e um ponto em que a resposta do sistema esteja em estado estacionário (usar a ferramenta Datatip Manager da janela de gráficos).

### Atividade 3

Construa a função de transferência que representa seu modelo. Encontre os polos da função de transferência e os parâmetros típicos do sistema de segunda ordem ( $k_p$ ,  $\omega_n$  e  $\zeta$ ).

### Atividade 4

O diagrama de blocos da figura representa um sistema de controle típico sendo:

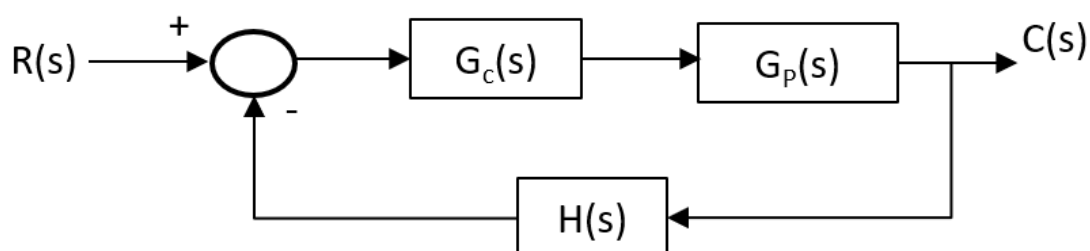
$R(s)$ : referência ou entrada do sistema

$G_c(s)$ : função de transferência do controlador

$G_p(s)$ : função de transferência da planta ou processo

$H(s)$ : função de transferência do sensor

$C(s)$ : variável controlada ou saída do sistema



O controlador usado é um controlador proporcional com ganho  $K=m/3$ , a FT da planta corresponde com a FT da atividade 3, o sensor é modelado por um sistema de primeira ordem com ganho  $K_s=1$  e constante de tempo  $T_s=m/6$ .

- a-) Construir o diagrama de blocos substituindo as expressões para todas as FTs.
- b-) Encontre a FT em malha fechada  $C(s)/R(s)$  do sistema de controle.
- c-) Analise com o critério de Routh-Hurwitz (RH) a estabilidade do sistema de controle. Use o Scilab para construir a matriz de RH. Coloque no relatório os comandos usados, a matriz de RH e seus comentários respeito a estabilidade.
- d-) Se substituirmos o ganho do controlador pelo parâmetro  $K$ , obtenha a matriz de RH e especifique para quais valores de  $K$  o sistema é estável.

### Atividade 5

Use o Xcos do Scilab para simular o sistema de controle do inciso (a) da atividade 4.

- a-) Inserir no relatório uma figura que mostre o diagrama construído no Xcos.
- b-) Simule o comportamento do sistema usando como entrada um sinal degrau de amplitude  $A= m/4$ . Aumente o tempo da simulação até a saída do sistema ficar estável. Nos casos que o sistema não se estabilize use como tempo limite 10 vezes a constante de tempo da planta. Mostre um gráfico com a saída do processo, marque no gráfico usando a ferramenta DataTip o primeiro ponto de pico e um ponto em estado estacionário. Inclua no relatório todos os parâmetros da simulação.
- c-) Repita o inciso anterior duplicando o valor do ganho do controlador.
- d-) Compare e comente as respostas do sistema dos incisos b e c.

### Atividade 6

Ajuste de controladores PID. No diagrama de controle da atividade 4 vamos substituir o controlador proporcional por um controlador PID.

- a-) Use o Scilab e as regras de Ziegler e Nichols para ajustar o controlador PID. Apresente no relatório todos os passos do processo, coloque todos os diagramas usados.
- b-) Repita a simulação do inciso (b) da atividade 4 usando o controlador PID ajustado.
- c-) Ajuste manualmente o controlador até melhorar os índices de desempenho do sistema da simulação anterior. Coloquei no relatório os valores dos parâmetros ajustados e a resposta do sistema.
- c-) Compare as simulações usando o controlador proporcional (Atividade 4a) e os controladores PID dos incisos b e c.

### **Atividade 7**

Lugar geométrico das raízes (LGR).

Use o Scilab para desenhar o LGR da planta representada pela FT da atividade 3. Quais informações podem ser extraídas do gráfico mostrado.

### **Atividade 8**

Gráficos logarítmicos ou diagramas de Bode.

Use o Scilab para desenhar o diagrama de Bode da planta representada pela FT da atividade 3. Quais informações podem ser extraídas do gráfico mostrado. Determine as margens de ganho e fase do sistema.

### **Atividade 9**

Diagrama de Nyquist.

Use o Scilab para desenhar o diagrama de Nyquist da planta representada pela FT da atividade 3. Quais informações podem ser extraídas do gráfico mostrado.

### **Atividade 10**

Identificação de Sistemas

Encontre a resposta ao degrau unitário da FT da atividade 3. Use o gráfico anterior e execute os métodos de Harriot e Smith para identificação de sistemas de 2da ordem. Explique qual dos dois métodos usados identifica melhor o sistema representado pela FT.