# Aula 8 - Laboratório de Controle - 2022/1

## Modelagem e controle usando microcontrolador

**Nomes: Rasley Forde e Victoria Nippes**

**Atividade 0**

Identificar porta serial do Arduino e testar resposta ao degrau com função arduino_coleta().

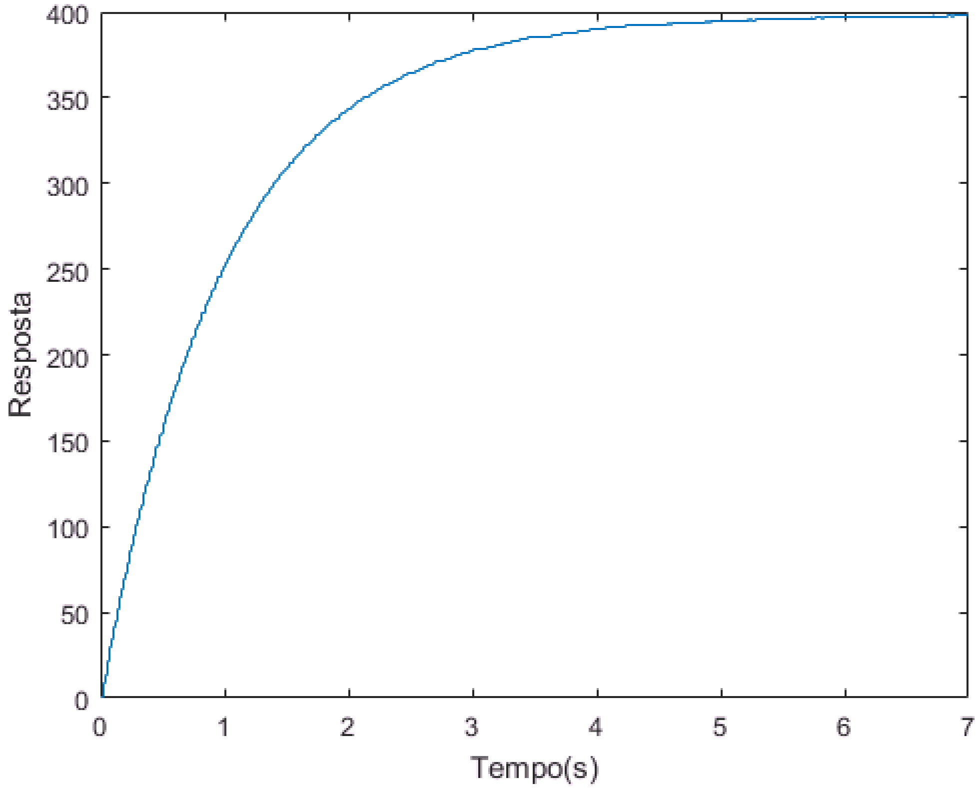
```
z=seriallist;
comPort=z{3};
obj=serial(comPort,'BaudRate',9600);
obj.Terminator='CR';
fopen(obj);
```

**Atividade 1**

Dar degraus e coletar a resposta usando o Arduino escolhendo Ref, Tempo, Ts=10 (ms).

Dar degrau e obter ganho e constante de tempo, informando aqui.

```
zera_saida(obj);
Ref=100;
Ts=10;
Tempo=7;
[y,t] = arduino_coleta(obj,Ref,Ts,Tempo);
stairs(t,y);
xlabel('Tempo(s)');
ylabel('Resposta');
```




Qual a constante de tempo e ganho deste sistema?

A constante de tempo é T = 0.94s e o ganho é aproximadamente k = 3.98.

```
i = sum(y < 0.63 * y(end));
T = t(i)
```

```
T = 0.9800
```

```
k = y(end)/Ref
```

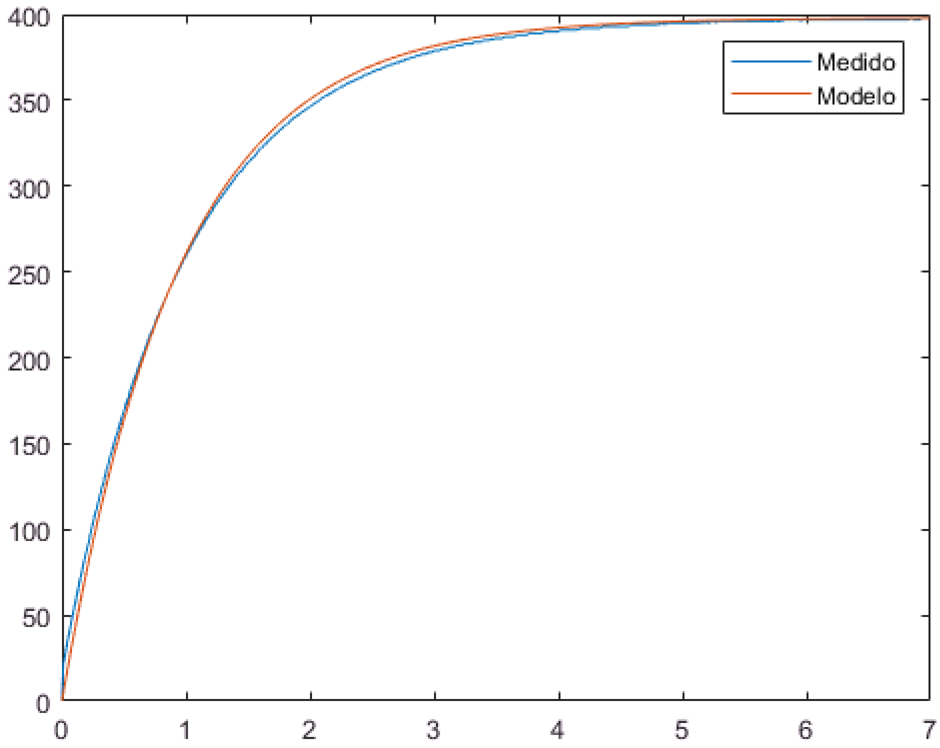
```
k = 3.9700
```

**Atividade 2**

Usar este ambiente para validar o modelo $G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$ com pelo menos 3 novos degraus

```
K=3.98;
tau=0.94;
g1=tf(K,[tau 1]);
zera_saida(obj);
[y,t] = arduino_coleta(obj,Ref,Ts,Tempo);
ys=step(Ref*g1,t);
```

```
figure;
plot(t,y,t,ys);legend('Medido','Modelo');
```




2.1 Comente a qualidade do modelo obtido, justificando.

```
i = sum(ys < 0.63 * ys(end));
Tsim = t(i)
```

```
Tsim = 0.9300
```

```
ksim = ys(end)/Ref
```

```
ksim = 3.9777
```

```
e_Tsim = 100*((Tsim- T)/T)
```

```
e_Tsim = -5.1020
```

```
e_ksim = 100*((ksim- k)/k)
```

```
e_ksim = 0.1928
```

Para um sinal de primeira ordem, utilizamos um modelo baseado na constante de tempo e no ganho. Obtendo estes respectivos valores para o modelo e o sinal gerado, obtemos erros de 0% e -0.059% o que indica uma ótima qualidade.

2.2 Compare e justifique a diferença do sinal de saída medido e simulada em regime, justificando.

```
e_regime = 100*((ys(end)- y(end))/ys(end))
```

```
e_regime = -0.0590
```

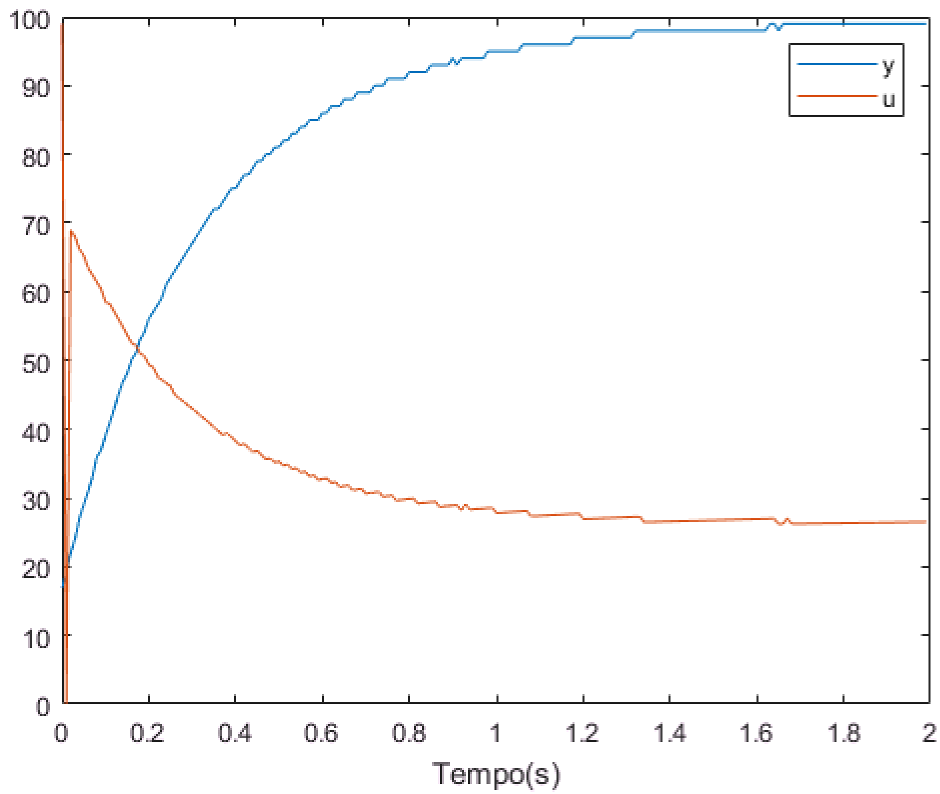
Comparando o sinal de saída medido e o simulado notamos um erro muito pequeno (-0.059%) indicando que o modelo é muito preciso para o regime permanente.

**Atividade 3**

Projetar um controlador PI via método lambda de modo a ter constante de tampo de malha fechada igual à de malha aberta. Analisar a saída e o sinal de controle.

$$G_p = \frac{K}{\tau s + 1} K_p = \frac{\tau}{K\lambda} T_i = \frac{1}{K_i} = \tau \, C(s) = K_p + \frac{K_p K_i}{s}$$

```
lambda=0.3*tau;
Kp=tau/(K*lambda);
Ki=1/tau;
zera_saida(obj);
[y3,u3,t3] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,2, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
plot(t3,y3,t3,u3);legend('y','u');
xlabel('Tempo(s)');
```



3.1 Justifiquer a escolha de lambda e compare a constante de tempo de malha aberta e malha fechada

```
i = sum(y < 0.63 * y(end));
Tmf = t(i)
```

```
Tmf = 0.9300
```

```
kmf = y(end)/Ref
```

```
kmf = 3.9800
```

```
(Tmf/T)*100
```

```
ans = 94.8980
```

O lambda representa a constante de tempo de malha fechada do novo modelo. Deseja-se que esta constante de tempo seja menor que a constante de tempo de malha aberta, por isso, foi feito a escolha de utilizar um modelo com uma nova constante de tempo igual a 30% da constante de tempo de malha aberta. Com isto, resultou-se em uma nova constante de tempo igual a 34% da constante de tempo de malha aberta.

3.2 Descreva o comportamento do sinal de controle e sua proximidade aos limites de sua saturação.

O sinal de controle atinge um valor máximo próximo de 70, seu limite de saturação é de 255, logo, não alcançando a saturação.

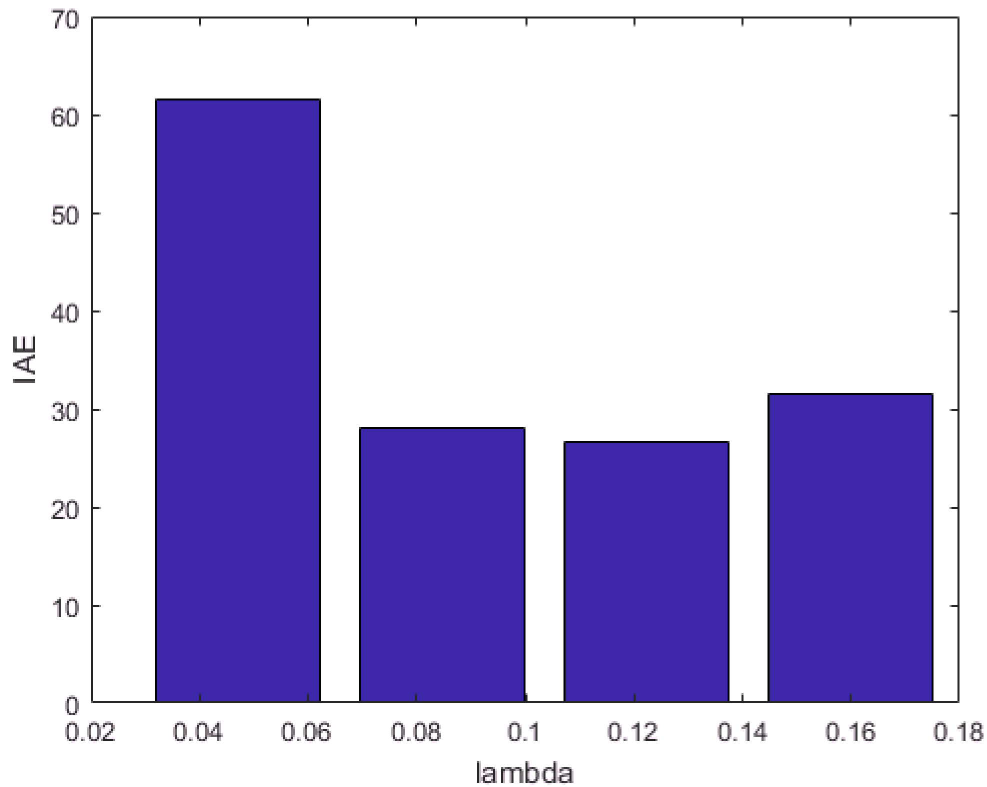
**Atividade 4**

Reduzir lambda para obter o IAE mínimo. Fazer um gráfico mostrando a relação de lambda com IAE mínimo.

Mostrar a resposta para o IAE mínimo.

Comparar o sinal de controle desta atividade com o da atividade 3.

```
lambda=[0.05 0.09 0.13 0.17]*tau;
for i=1:4
    Kp=tau/(K*lambda(i));
    Ki=1/tau;
    zera_saida(obj);
    [y4,u4,t4] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
    erro=Ref-y4;
    iae(i,1)=trapz(t4,abs(erro));
end
bar(lambda,iae);
xlabel('lambda');ylabel('IAE');
```

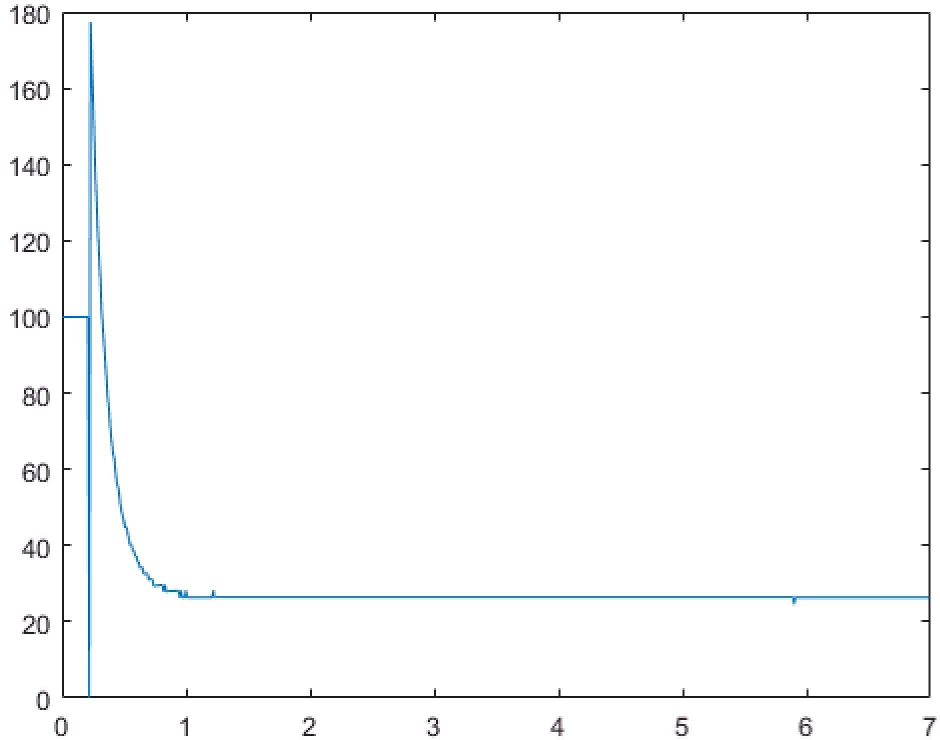



4.1 Qual foi o valor mínimo de lambda? Por que não ficou menor?

O menor valor de lambda para o menor IAE possivel foi de 0.13*tau = 0.1222s. Para valores menores de lambda, ocorre um crescimeto muito elevado do pico do sinal de controle, entrando na região de saturação e desta forma não ocorre diminuição do IAE.

4.2 Compare o sinal de controle para lambda mínimo e máximo

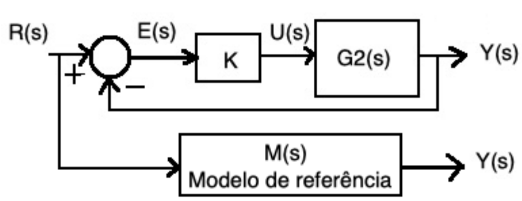
```
Kp=tau/(K*0.13);
Ki=1/tau;
zera_saida(obj);
[y4,u4,t4] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
figure;
plot(t4,u4)
```




Comparando um sinal de controle para um menor lambda, observamos que seu pico inicial é mais elevado. Valores menores de constante de tempo exigem maior valor do pico inicial do sinal de controle.

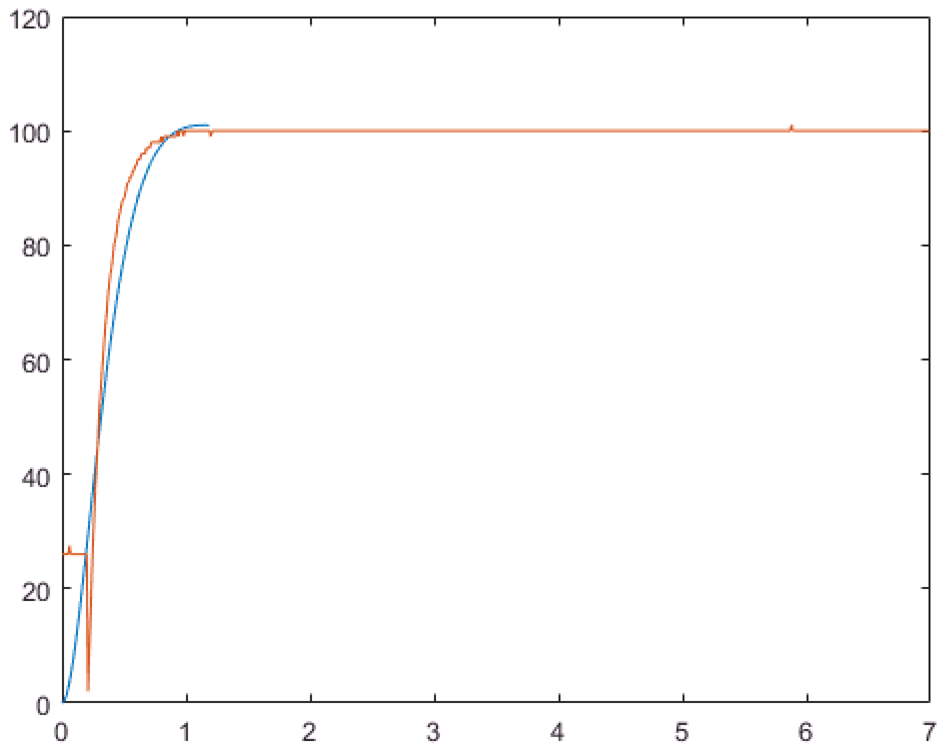
**Atividade 5:**

A partir da melhor resposta da atividade 4, proponha um modelo de referência de segunda ordem M(s) tal que sua resposta seja semelhante à obtida na atividade 4. Para isto, meça a sobreelevação UP e o tempo de estabelecimento ts.




```
UP=1;
ts5=1;
a=log(UP/100);
zeta=sqrt(a^2/(pi^2+a^2));
wn=4/(ts5*zeta);
m=tf(wn^2,[1 2*zeta*wn wn^2]);
figure;
[ys5,ts5]=step(Ref*m);
```

```
plot(ts5,ys5,t4,y4)
```




5.1 Compare a resposta de M(s) com a obtida na atividade 4 que gerou UP e ts utilizados.

Comparando os dois gráficos um sobre o outro, a aproximação possui um tempo de subida, sobreelevação e tempo de estabelecimento bem aproximados.