Aula 8 - Laboratório de Controle - 2022/1

Modelagem e controle usando microcontrolador

Nomes: Lázaro Villela Neto

Atividade 0

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

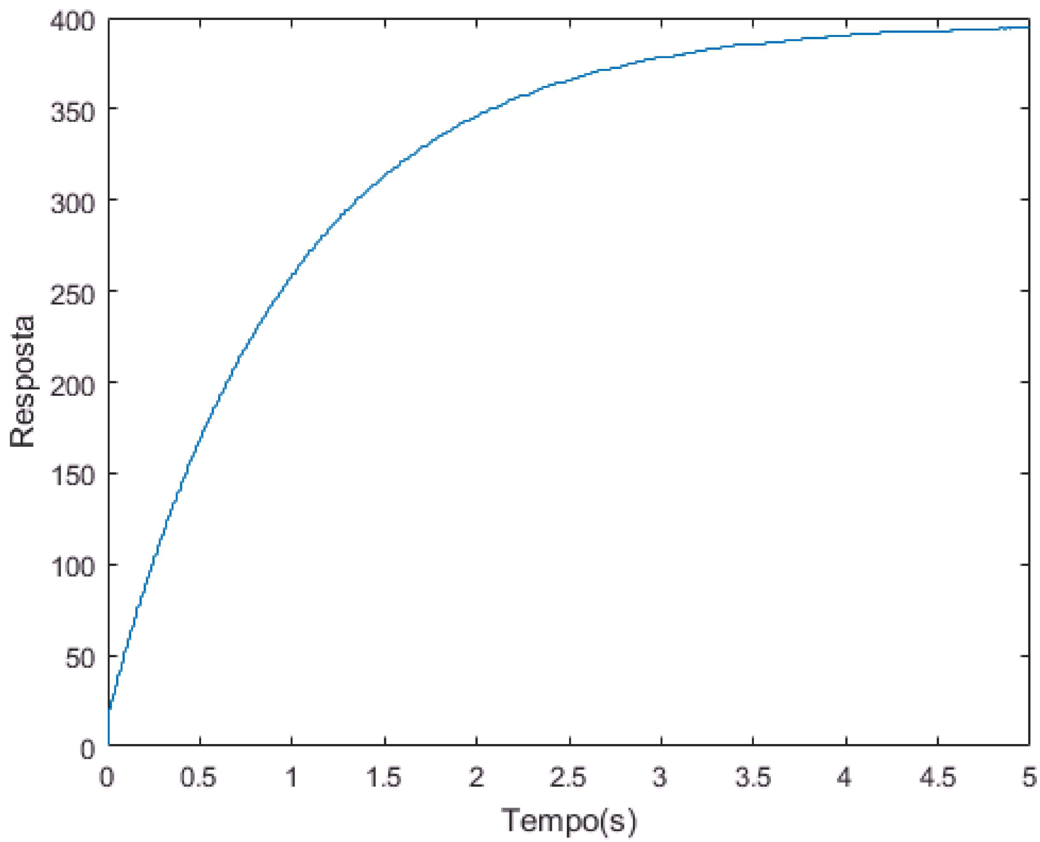
```
if ~exist('obj')
    z=seriallist;
    comPort=z{length(z)};
    obj=serial(comPort,'BaudRate',9600);
    obj.Terminator='CR';
    fopen(obj);
end
```

Atividade 1

Dar degraus e coletar a resposta usando o Arduino escolhendo U0, Tempo, Ts=20 (ms).

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

```
figure
zera_saida(obj);
U0=100;
Ts=7;
Tempo=5;
[y1,t1] = arduino_coleta(obj,U0,Ts,Tempo);
stairs(t1,y1);
xlabel('Tempo(s)');
ylabel('Resposta');
```



Qual a constante de tempo e ganho deste sistema?

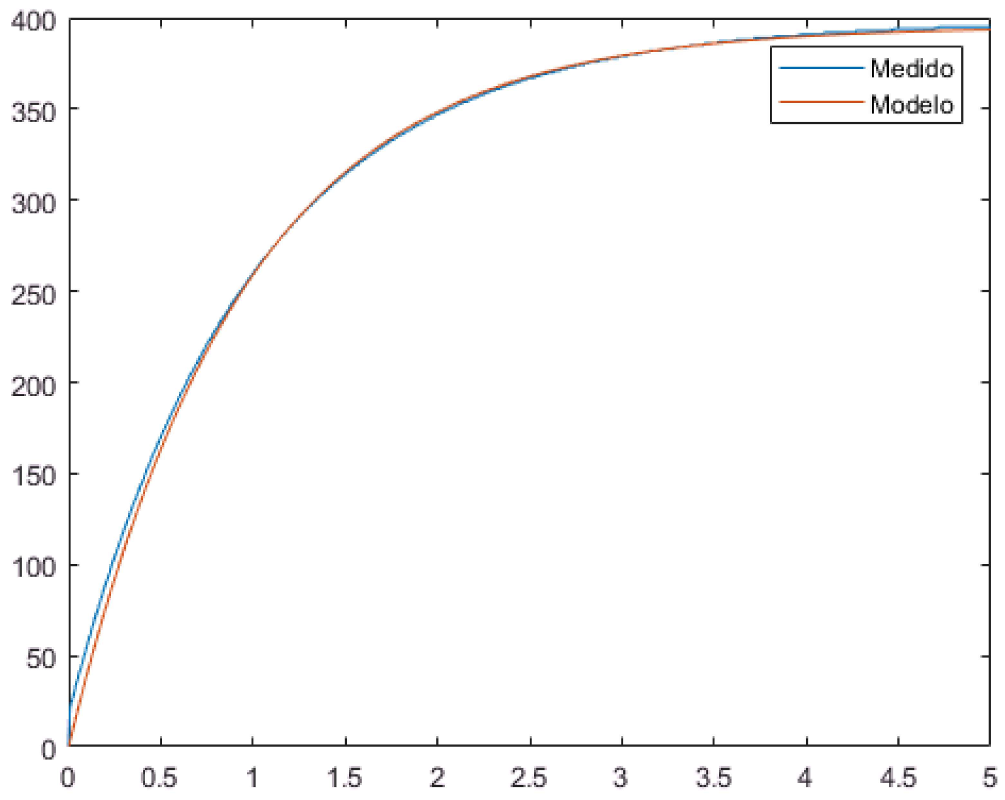
$\tau = 0.959$ [s]

K = 4

Atividade 2

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

```
K=3.955;
tau=0.94;
g1=tf(K,[tau 1]);
zera_saida(obj);
[y2,t2] = arduino_coleta(obj,U0,Ts,Tempo);
ys=step(U0*g1,t2);
figure
plot(t2,y2,t2,ys);legend('Medido','Modelo');
```



2.1 Comente a qualidade do modelo obtido, justificando.

O modelo obtido é uma aproximação de boa qualidade, com valores bem próximos dos medidos com o auxílio do Arduino. Tal resultado é esperado devido a resposta RC ser de primeira ordem, sendo uma resposta ao degrau de fácil predição.

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

Nota-se que o valor em regime simulado é bem próximo ao do valor em regime medido, tendo o modelo tendendo a mais ou menos 398 unidades, e o medido, a 400 unidades. A diferença no sinal em regime pode ser justificada no modelo pelo fato de o sinal medido ser um sinal discretizado, com "passos" minimos de 4.5mV devido à resolução do ADC de 10bits do Arduino, e considerando uma tensão de 5V, não sendo possível modelar o sinal discretizado exatamente.

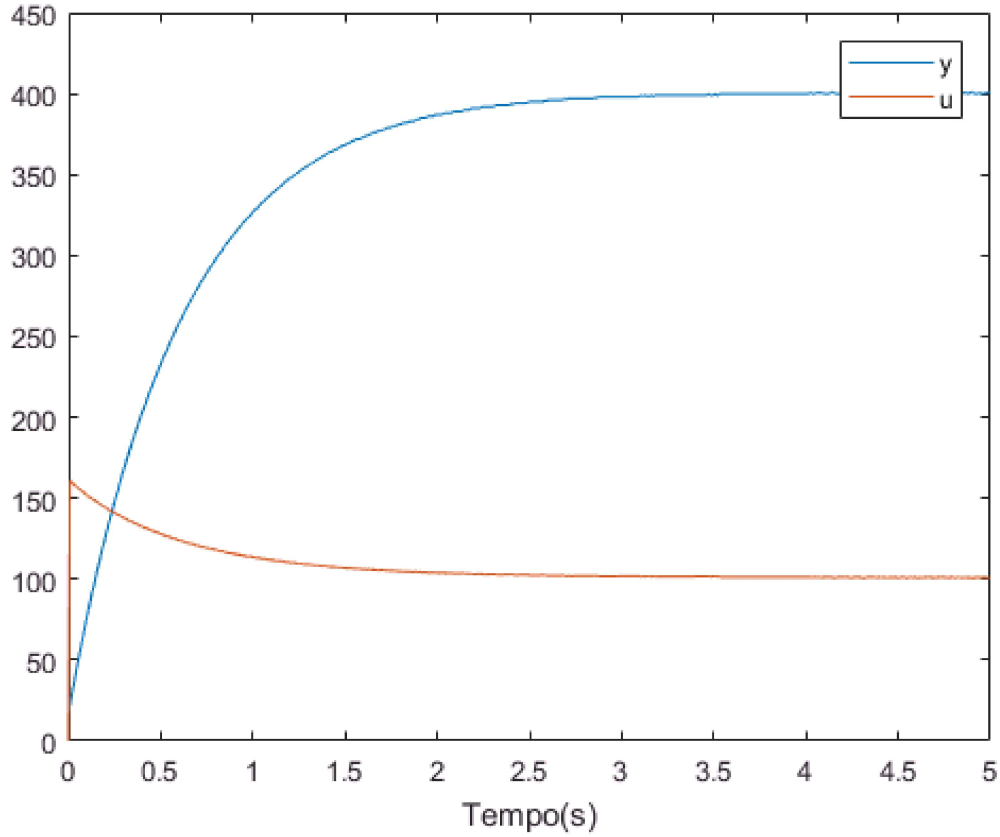
Atividade 3

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

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

```
Ref=400;
Tempo_mf=Tempo;
lambda=tau*0.6;
Kp=tau/(K*lambda);
Ki=1/tau;
```

```
zera_saida(obj);
[y3,u3,t3] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo_mf, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
figure
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

λ foi escolhido de modo que a constante de tempo de malha fechada fosse mais rápido do que de malha aberta. Para obter tal resposta, é necessiário que λ seja menor que τ, logo, foi escolhido o valor equivalente a 60% de τ. Mediu-se a constante de tempo de malha aberta de 0.959 [s] e a de malha fechada, 0.574 [s], observando grande aceleração da resposta em malha fechada.

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

O sinal de controle teve um sobressinal de cerca de 60% em relação a seu valor em regime, atingindo um valor de 160 unidades, não tendo a saturação do seu sinal em regime

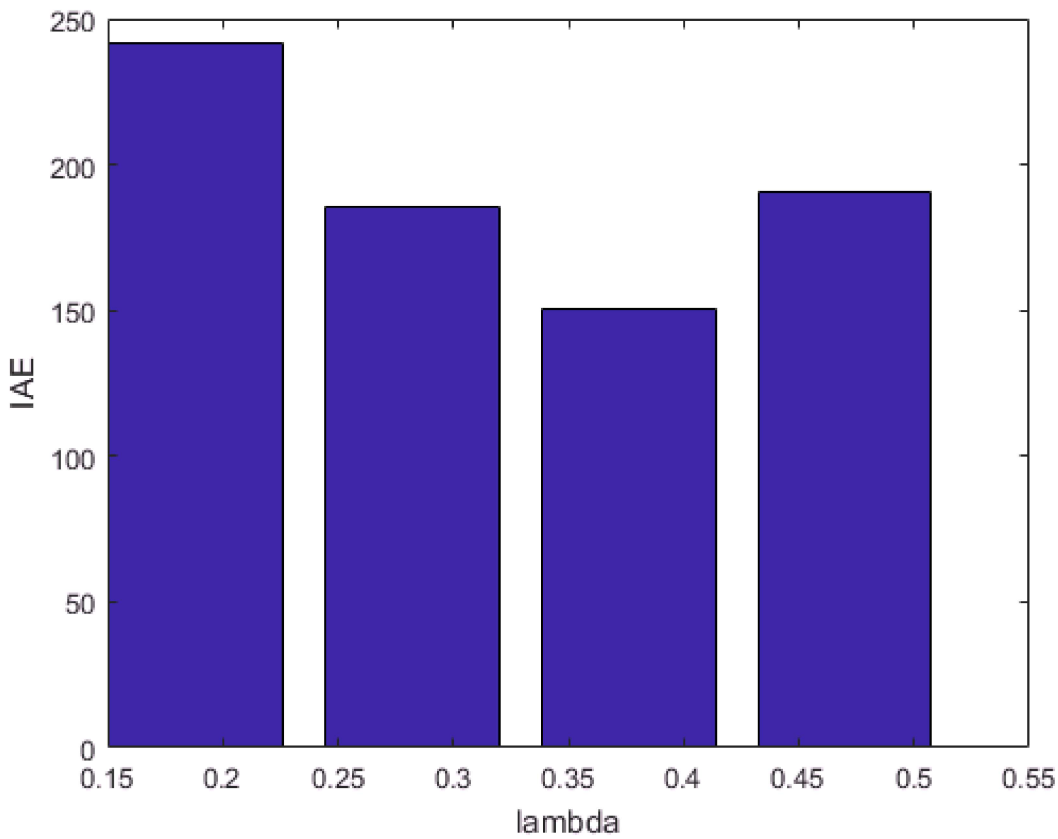
Atividade 4

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

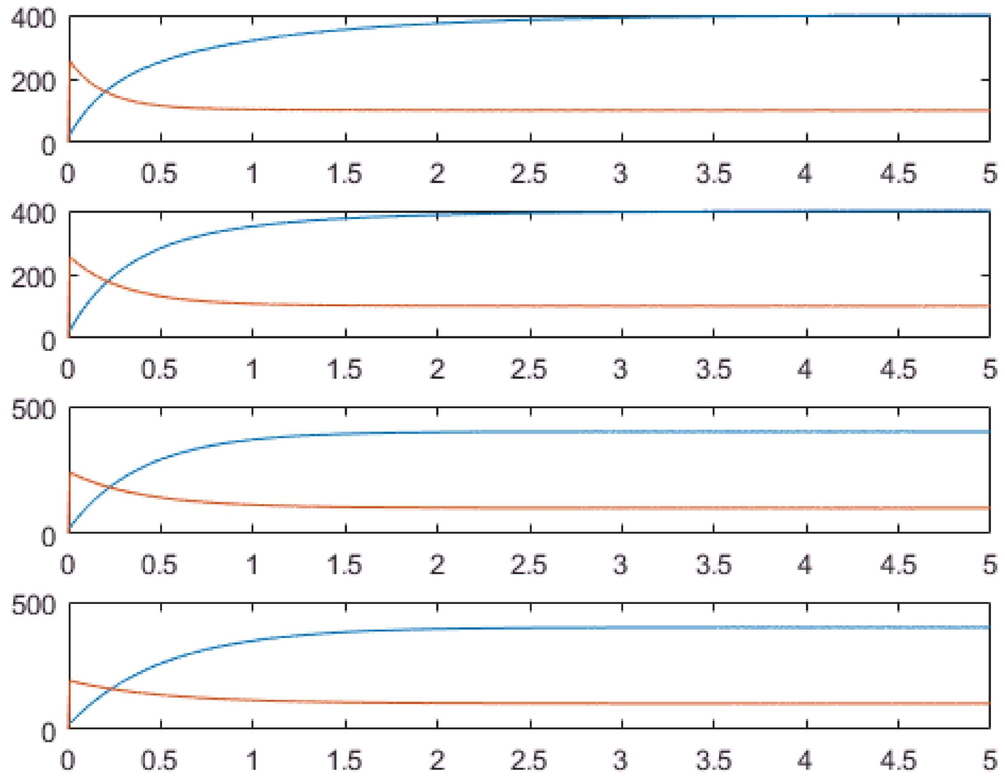
Mostrar a resposta para o IAE mínimo.

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

```
lambda=[0.2 0.3 0.4 0.5]*tau;
for i=1:4
    Kp=tau/(K*lambda(i));
    Ki=1/tau;
    zera_saida(obj);
    [y,u,t] = arduino_controle(obj,Ref,Ts,Tempo_mf, floor(Kp*100), floor(100*Kp*Ki));
    erro=Ref-y;
    iae(i,1)=trapz(t,abs(erro));
    Y(i).y=y;
    Y(i).u=u;
    Y(i).t=t;
end
figure;
bar(lambda,iae);
xlabel('lambda');ylabel('IAE');
```




```
figure;
for i=1:4
    subplot(4,1,i);
    plot(Y(i).t,Y(i).y,Y(i).t,Y(i).u);
end
```



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

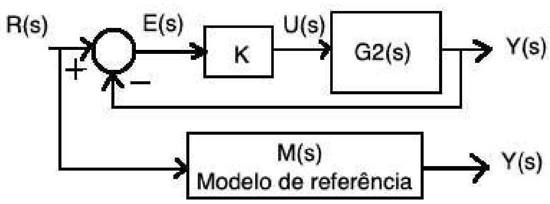
O valor minimo de λ para um menor IAE foi 0.4. O valor não ficou menor pois para um valor menor ou maior do que 0.4, o tempo de estabilização aumenta, e o IEA é muito influênciado pelo tempo de estabilização. Mesmo com valores baixos de λ, não foram observados sobre-elevações na saída.

4.2 Compare o sinal de controle para lamba mínimo e máximo

Para $\lambda_{\min} = 0.4$, o sinal de controle chega ao valor de 240 e seu sinal estabiliza em 100 em cerca de 2.18 [s], enquanto para $\lambda_{\max} = 0.2$, temos que p sinal de controle atinge 255, porém demora cerca de 2.25 [s] para se estabilizar.

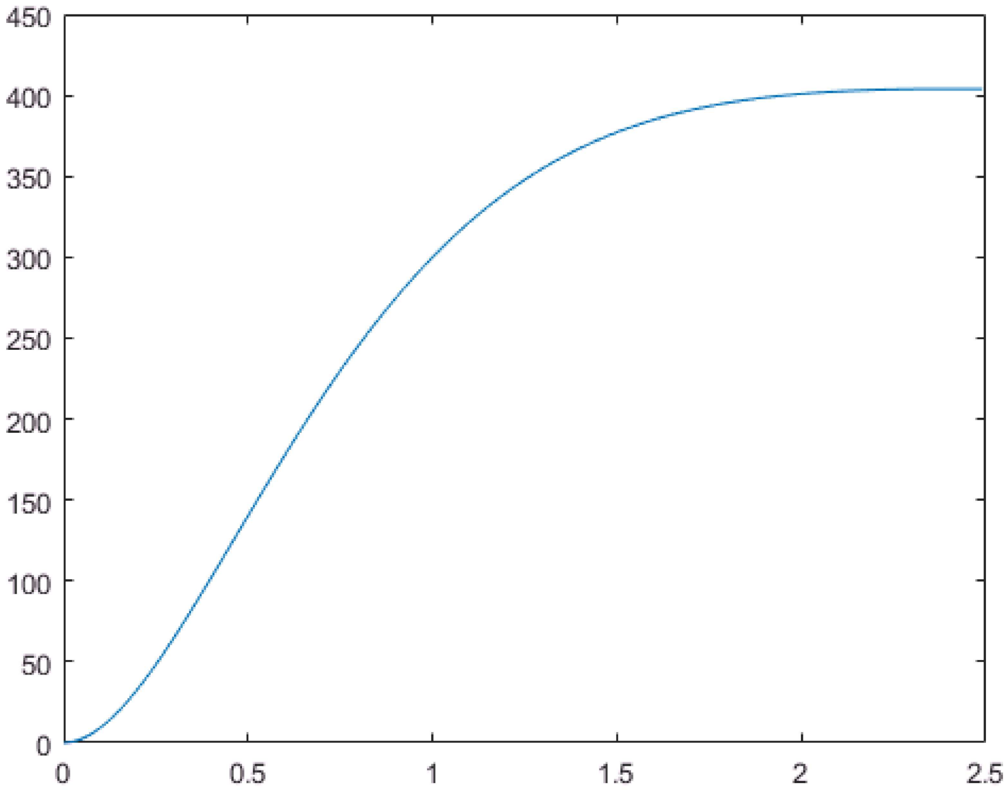
Atividade 5:

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;
```

```
ts=2.1;
a=log(UP/100);
zeta=sqrt(a^2/(pi^2+a^2));
wn=4/(ts*zeta);
m=tf(wn^2,[1 2*zeta*wn wn^2]);
figure
[ys,ts]=step(Ref*m);
plot(ts, ys)
```



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

A resposta de M(s) e a resposta obtida na atividade 4 com $\lambda = 0.4$ foi bem parecida, tendo o formato da resposta muito semelhantes, assim como valore do ts, e zero UP, portanto, o modelo de segunda ordem representa uma aproximação boa do modelo de primeira ordem.