

Aula 5 - Laboratório de Controle - 2021/1

Efeito dos ganhos do controlador PID

Nome: Yuri Rissi Negri

```
G=init(8,5)
```

G =

$$\frac{121}{s^2 + 19.4 s + 32.46}$$

Continuous-time transfer function.

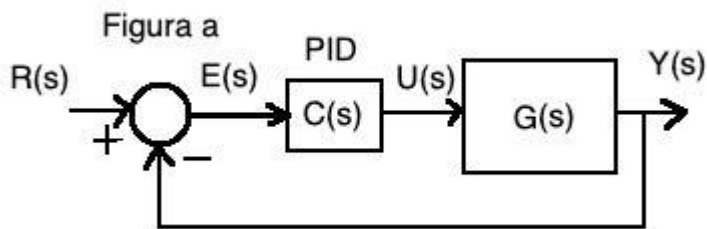
Veja aqui o [Link para turmas](#).

Atividade 1 - Avaliação do efeito do ganho proporcional Kp em regime e no transitório

Use o comando `rlocus(G)` ou `rlocus(G,K)` para obter k1 para UP=5% e k2 para UP=70%. São mostrados no LR as raízes de $1 + KG(s) = 0$.

Escolher Tempo de modo que na figura 1 se tenha a resposta transitória e de regime.

Execute a seção a seguir e **mostre as figuras 1 e 2 ao professor**. Depois, responda as perguntas 1.1 a 1.5.



```
Tempo=0.7;
k1=5;
k2=61;
K=linspace(k1,k2,10);
Y=[];
C=pid(1,0,0);
t=linspace(0,Tempo,100)';
for i=1:length(K)
    C.Kp=K(i);
    Gmf=feedback(C*G,1);
    y=step(Gmf,t);
    S=stepinfo(y,t);
    Erro(i,1)=100*abs(1-y(end));
    UP(i,1)=S.Overshoot;
```

```

tempo_est(i,1)=S.SettlingTime;
tempo_sub(i,1)=S.RiseTime;
IAE(i)=trapz(t,abs(1-y));
Y=[Y y];

```

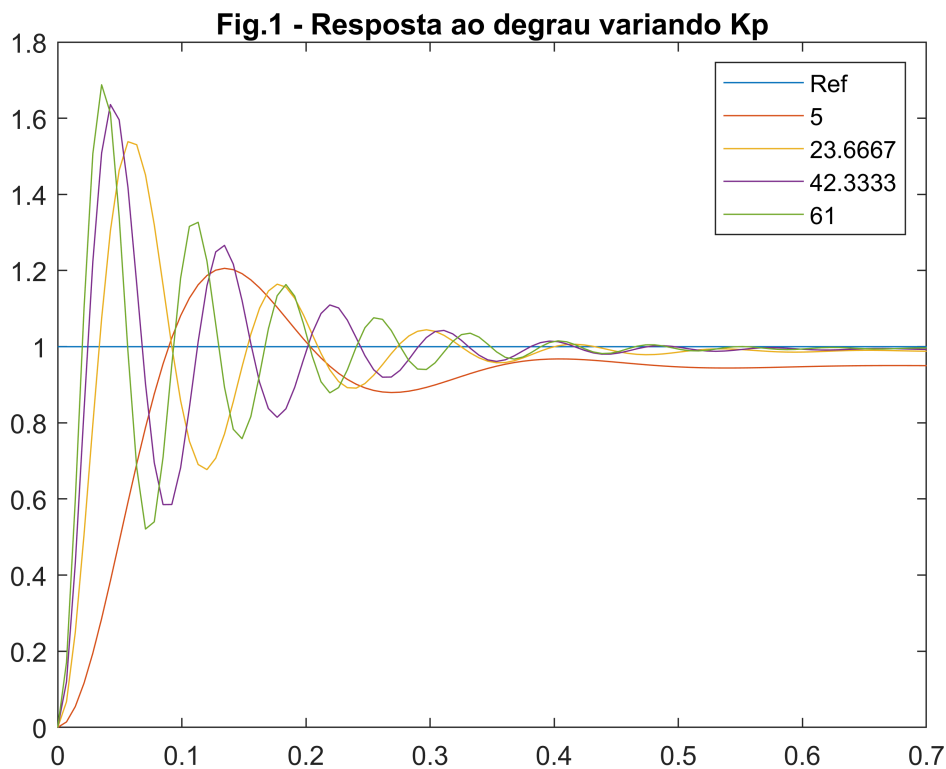
end

figure

```

plot(t,[ones(size(t)) Y(:,[1,4,7,10])]);title('Fig.1 - Resposta ao degrau variando Kp');
legend('Ref',num2str(K(1)),num2str(K(4)),num2str(K(7)),num2str(K(10)));

```

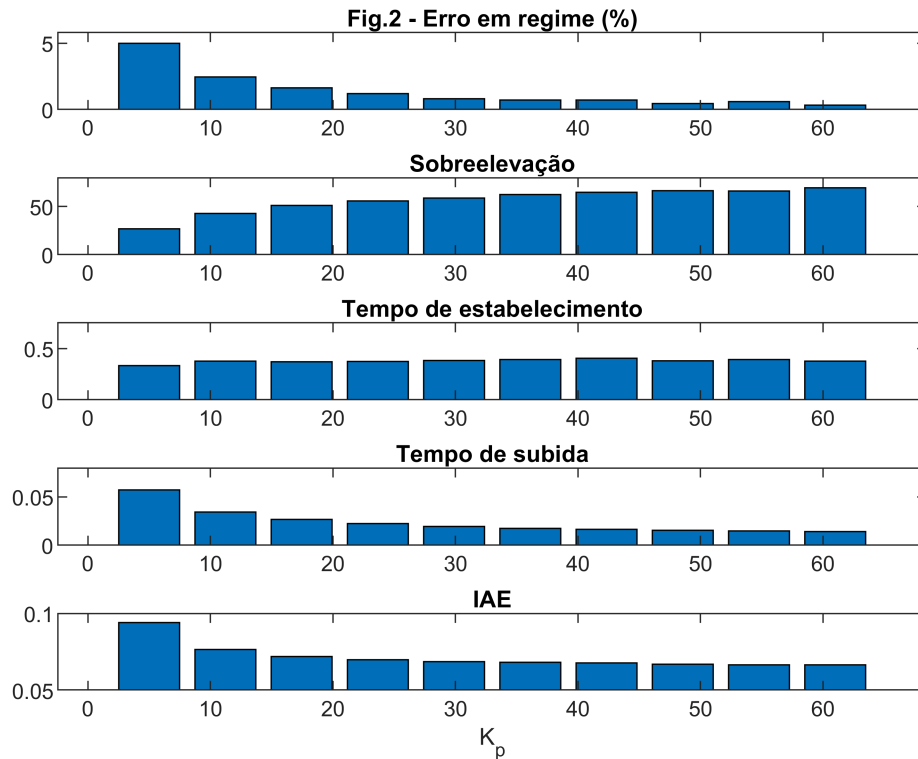


figure

```

subplot(5,1,1);bar(K,Erro);title('Fig.2 - Erro em regime (%)'); ylim([0 5.8])
subplot(5,1,2);bar(K,UP);title('Sobreelevação'); ylim([0 80])
subplot(5,1,3);bar(K,tempo_est);title('Tempo de estabelecimento');ylim([0 0.75])
subplot(5,1,4);bar(K,tempo_sub);title('Tempo de subida'); ylim([0 0.08])
subplot(5,1,5);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_p');ylim([0.05 0.1])

```



1.1 Qual o efeito do ganho K_p sobre o erro em regime?

Conforme aumentamos o valor de K_p , nossa resposta irá apresentar um menor erro em regime permanente.

1.2 Qual o efeito do ganho K_p sobre o tempo de subida?

Para maiores valores de K_p , nosso sistema irá atingir 90% do seu valor de regime mais rapidamente. Podemos perceber que nosso tempo de subida será menor analisando os gráficos da figura 1.

1.3 Explique o efeito do ganho K_p sobre o tempo de estabelecimento

Como no último laboratório, podemos perceber que o ganho K_p apresenta efeito desprezível no tempo de estabelecimento do sistema, repare na figura 1 que todas as ondas apresentam um tempo de estabelecimento muito próximo.

1.4 Qual o efeito do ganho K_p sobre a sobre elevação?

Também observando a figura 1, fica visível que para maiores valores de K_p vamos também obter uma maior sobre elevação, que em geral, na maioria das aplicações não é um resultado desejável.

1.5 Relacione o IAE com a sobre elevação e os tempos de resposta

Analogamente ao laboratório anterior, o tempo de subida em geral, tem um impacto maior no cálculo do IAE em relação a sobre elevação. Isso se da como explicado anteriormente pelo tempo que a onda difere do seu sinal de entrada. Por esse motivo, para maiores valores de K_p , temos um menor IAE. Contudo, como pode se observar no gráfico de barras, a diferença entre uma barra e outra se torna menor conforme

aumentamos o K_p , isso se dá pelo fato de que tanto o a sobrelevação quanto o tempo de subida também estão sofrendo variações pequenas.

Atividade 2 - Avaliação do efeito do ganho integral K_i na resposta transitória e de regime

Escolha K_{p_s} da figura 2, de modo a ter $UP=30\%$, aproximadamente. Execute o script abaixo para definir $gaux$, e obtenha o lugar das raízes em função de K_i ($rlocus(gaux)$). Use o command window para fazer o $rlocus$, que não precisa estar no relatório.

O LR em função de K_i plota as raízes de $1 + K_i Gaux(s) = 0$

```
kp_s=5;
den=[G.Denominator{1} 0]+[kp_s*G.Numerator{1} 0];
num=G.Numerator{1};
gaux=tf(num,den);
```

Obter do LR em função de K_i o valor de k_{max} tal $UP \leq 70\%$ (aproximadamente). Verifique se a variável Tempo precisa ser ajustada para mostrar a resposta transitória e de regime.

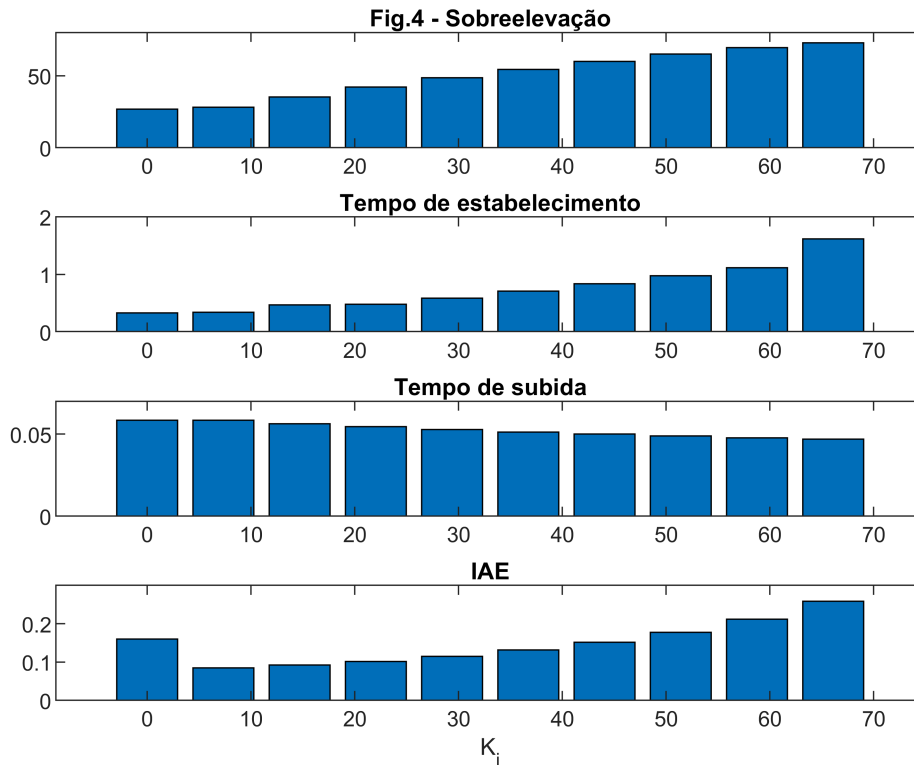
Execute a seção a seguir e responda as perguntas 2.1 a 2.4.

```
Tempo=2;
Y=[];
kimax= 66.1;
C=pid(kp_s,0,0);
K=linspace(0,kimax,10);
t=linspace(0,Tempo,100)';
for i=1:length(K)
    C.Ki=K(i);
    Gmf=feedback(C*G,1);
    y=step(Gmf,t);
    S=stepinfo(y,t);
    Erro(i,1)=100*abs(1-y(end));
    UP(i,1)=S.Overshoot;
    tempo_est(i,1)=S.SettlingTime;
    tempo_sub(i,1)=S.RiseTime;
    IAE(i)=trapz(t,abs(1-y));
    Y=[Y y];
end

figure;
plot(t,[ones(size(t)) Y(:,[1,4,7,10])]);title('Fig.3 - Resposta ao degrau variando KI');
legend('Ref',num2str(K(1)),num2str(K(4)),num2str(K(7)),num2str(K(10)));
```



```
subplot(4,1,1);bar(K,UP);title('Fig.4 - Sobrelevação');ylim([0 80])
subplot(4,1,2);bar(K,tempo_est);title('Tempo de estabelecimento');ylim([0 2])
subplot(4,1,3);bar(K,tempo_sub);title('Tempo de subida');ylim([0 0.07])
subplot(4,1,4);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_i');ylim([0 0.3])
```



2.1 Qual o efeito do ganho K_i sobre a sobrelevação? Explique.

Assim como K_p , o aumento de K_i vai gerar uma maior sobrelevação no nosso sistema. Fica fácil de se reparar ao olharmos para a fig 3, já que todas as curvas apresentam aproximadamente o mesmo tempo de subida, ficando bem evidente o aumento da sobrelevação com o aumento de K_i .

2.2 Qual o efeito do ganho K_i sobre a tempo de estabelecimento? Justifique

Diferente de K_p , quando aumentamos o valor de K_i , também aumentamos o tempo de estabelecimento. Além do gráfico de barras, podemos observar a curva com maior K_i na figura 3 e o tempo que a mesma leva para que seu valor se estabilize em regime permanente.

2.3 Qual o efeito do ganho K_i sobre o IAE? Justifique

Como aumentando K_i , também aumentamos da sobrelevação e do tempo de estabelecimento, que são dois parâmetros que aumentam a diferença entre a nossa curva de entrada e saída, enquanto não temos variação significativa no tempo de subida, é lógico pensar que o IAE também irá aumentar com maiores valores de K_i .

2.4 Comente o erro em regime observado, justificando

Observando a figura 3, podemos perceber que para um valor de K_i nulo, temos que nossa curva se afasta da nossa referência. A partir do momento que temos um valor de K_i , diminuimos consideravelmente essa diferença o portanto o erro estacionário. Levando em consideração ainda que para todas as curvas temos um K_p fixo, podemos concluir que a inserção de K_i no nosso sistema diminui consideradamente nosso erro em regime permanente.

Atividade 3 - Avaliação do efeito do ganho derivativo Kd

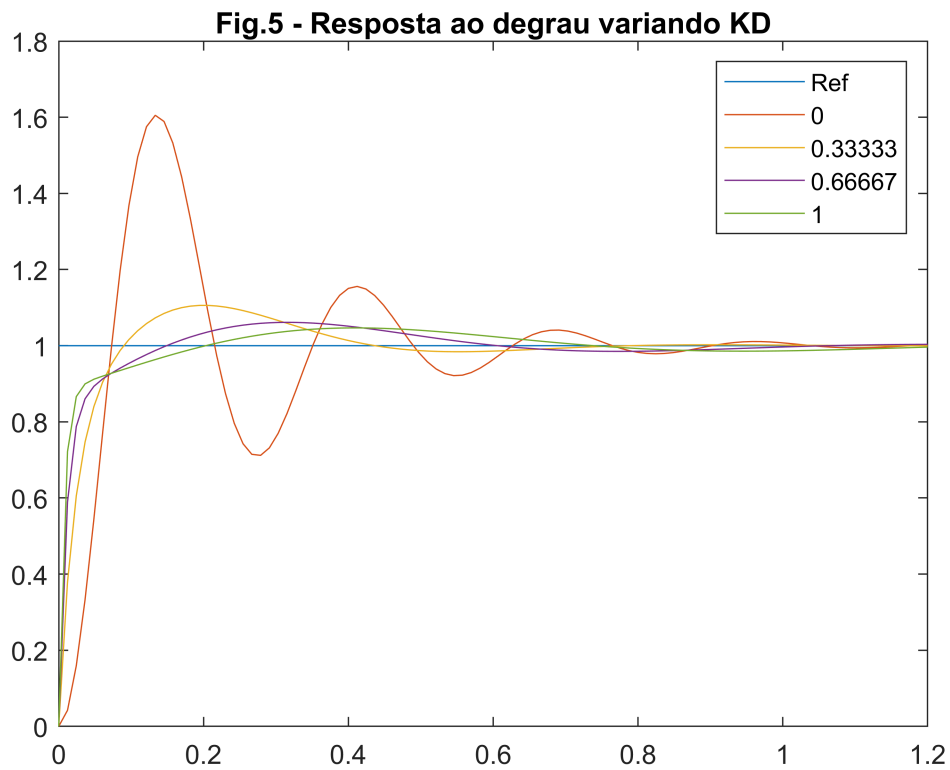
Escolher k_i sendo o valor tal que $UP \leq 60\%$. Escolher k_d sendo 1 ou um pouco menor.

Execute o script abaixo e responda as perguntas 3.1 a 3.3

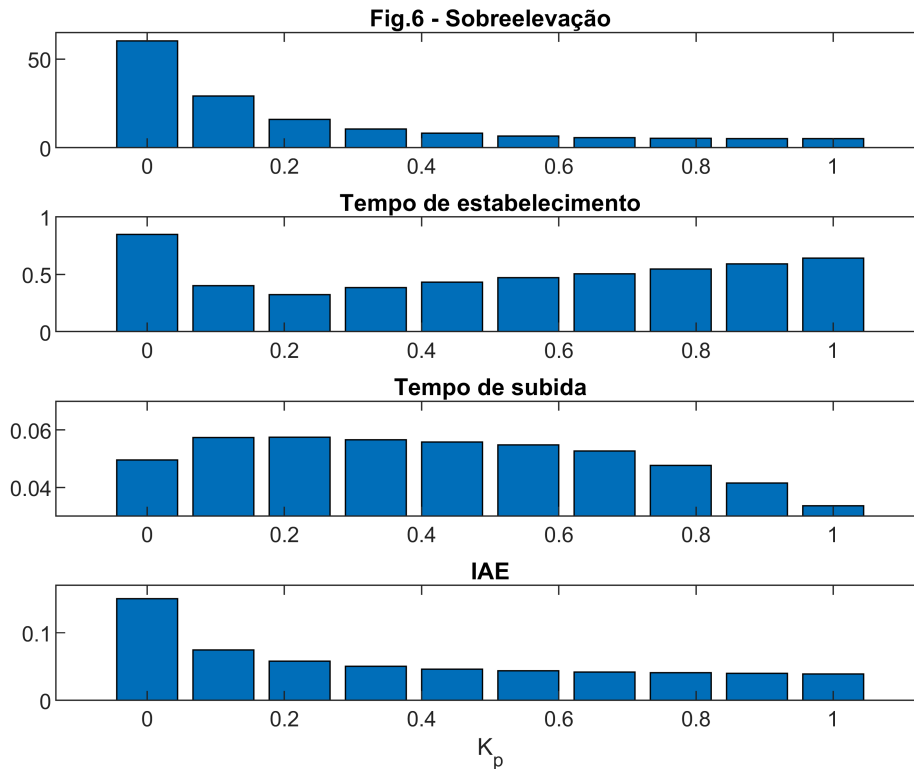
```
Tempo=1.2;
Y=[];
ki_s=44.07 ;
kdmax= 1 ;
C=pid(kp_s,ki_s,0);
K=linspace(0,kdmax,10);
t=linspace(0,Tempo,100)';

for i=1:length(K)
    C.Kd=K(i);
    Gmf=feedback(C*G,1);
    y=step(Gmf,t);
    S=stepinfo(y,t);
    Erro(i,1)=100*abs(1-y(end));
    UP(i,1)=S.Overshoot;
    tempo_est(i,1)=S.SettlingTime;
    tempo_sub(i,1)=S.RiseTime;
    IAE(i)=trapz(t,abs(1-y));
    Y=[Y y];
end

figure;
plot(t,[ones(size(t)) Y(:,[1,4,7,10])]);title('Fig.5 - Resposta ao degrau variando KD');
legend('Ref',num2str(K(1)),num2str(K(4)),num2str(K(7)),num2str(K(10)));
```



```
subplot(4,1,1);bar(K,UP);title('Fig.6 - Sobreelevação'); ylim([0 65])
subplot(4,1,2);bar(K,tempo_est);title('Tempo de estabelecimento');
subplot(4,1,3);bar(K,tempo_sub);title('Tempo de subida'); ylim([0.03 0.07])
subplot(4,1,4);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_p'); ylim([0 0.17])
```

3.1 Qual o efeito do ganho K_d sobre a sobrelevação? Explique.

Podemos observar que assim como a inserção de um K_i no sistema diminui o erro estacionário, somente a inserção de um valor K_d no sistema já diminui consideravelmente a nossa sobrelevação, e conforme vamos aumentando esse ganho, diminuimos ainda mais a sobrelevação.

3.2 Qual o efeito do ganho K_d sobre o tempo de subida? Justifique

Ao observar a figura 5, podemos perceber que com o aumento de K_d temos um tempo de subida ligeiramente menor. Contudo o aumento de K_d também gera um maior tempo de estabelecimento fazendo com que o nosso sistema se torne mais "lento". Vale a pena destacar também que com a diminuição do tempo de subida, nossa curva deixa de ser suave.

3.3 O K_d afeta o IAE? Como?

O K_d diminui a sobrelevação e a oscilação do sistema, o que fica evidente ao analisarmos a figura 5. Como ambos são parâmetros que aumentam o IAE, ao inserirmos um K_d no nosso sistema, também teremos uma redução no IAE, e para maiores valores de K_d esses parâmetros são ainda mais atenuados. O ganho K_d também altera o tempo de subida e estabelecimento, mas em comparação com os parâmetros citados, sofrem uma variação muito menor e consequentemente tem um efeito menor no valor do IAE.

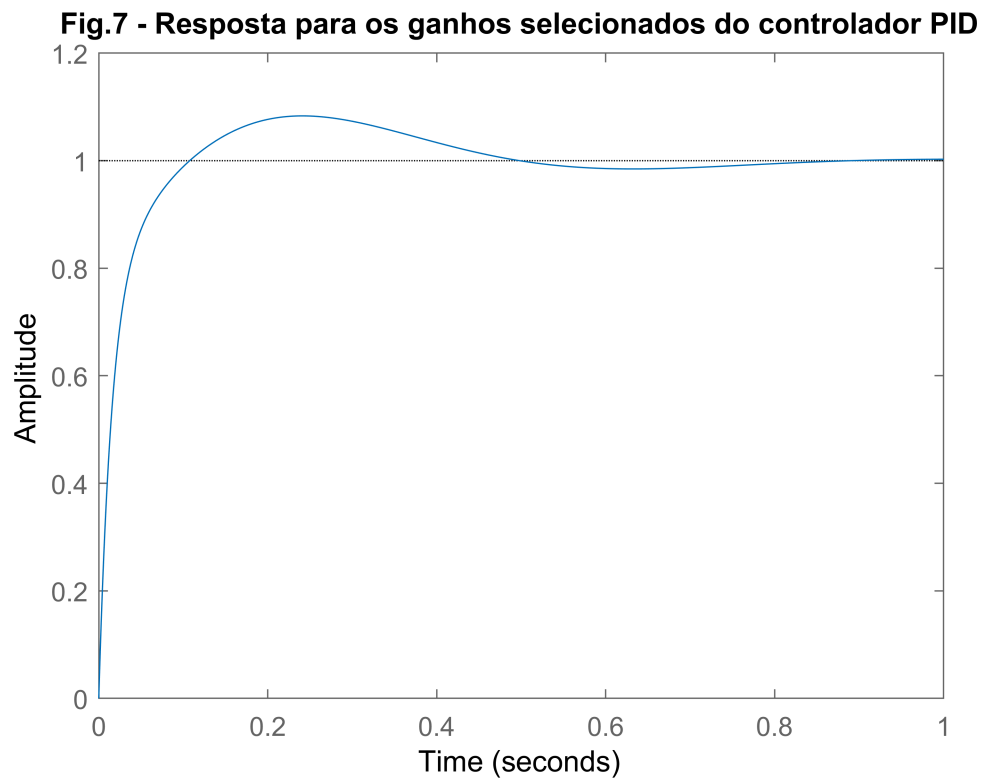
Atividade 4 - Seleção dos parâmetros do controlador PID

4.1 Baseado nas atividades e figuras mostradas, escolha os ganhos do controlador PID que dêem uma boa resposta, mostrando os ganhos e a resposta ao degrau correspondente. Justifique a escolha.

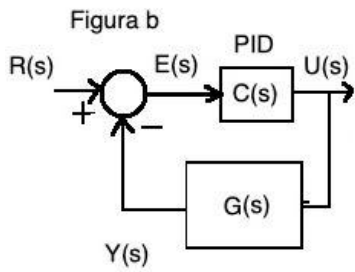
```
C=pid(5,44,0.44);
```

Os valores de K_p e K_i foram definidos ao longo do programa, são os mesmos valores selecionados para k_{p_s} e k_{i_s} . Os valores de K_d gerados na parte 3 do laboratório, são para esses valores de K_p e K_i fixados. Assim, o primeiro valor de K_p foi selecionado pensando em atingir uma resposta com um baixo tempo de subida, K_i selecionado para obter um pequeno erro estacionário, e por fim analisando os possíveis valores de K_d , o valor selecionado foi pensando em se obter uma redução considerável na sobrelevação, mas sem deixar o sistema muito lento (aumento do tempo de estabelecimento).

```
M=feedback(C*G,1);  
figure;step(M);  
title('Fig.7 - Resposta para os ganhos selecionados do controlador PID');
```



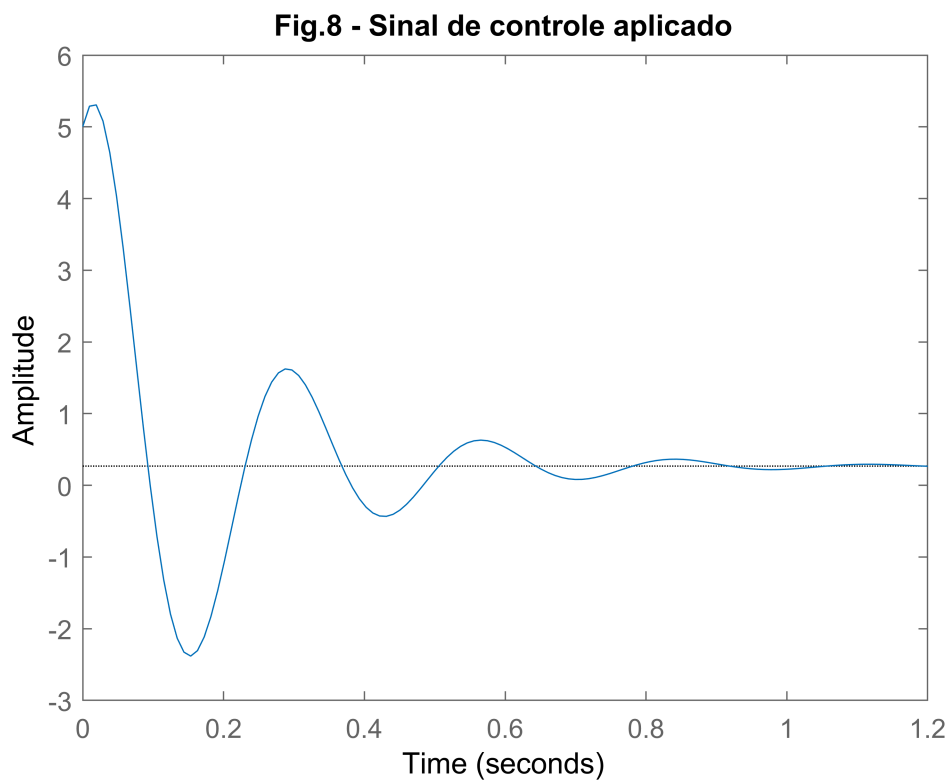
4.2 O script abaixo mostra o sinal de controle aplicado na atividade 4.1. Comente a necessidade de definir $C.T_f$ e o valor máximo assumido pelo sinal de controle.



```

C.Tf=100;
Mru=feedback(C,G);
figure;step(Mru);title('Fig.8 - Sinal de controle aplicado')

```



```
datetime('now')
```

```

ans = datetime
      16-Jul-2021 23:48:26

```

```
pwd
```

```
ans =
```

'C:\Users\asus1\Desktop\Aula 5'