

Aula 5 - Laboratório de Controle - 2021/1

Efeito dos ganhos do controlador PID

Nome: Arthur Lorencini Bergamaschi

```
G=init(1,2)
```

G =

```
      144  
-----  
s^2 + 21.6 s + 36
```

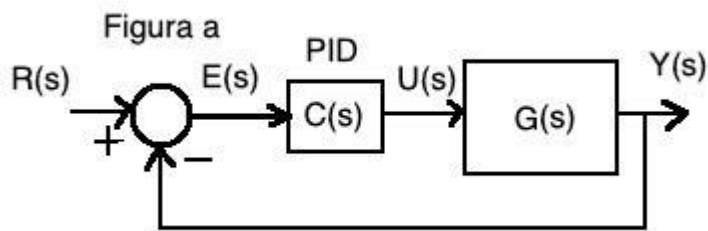
Continuous-time transfer function.

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%.

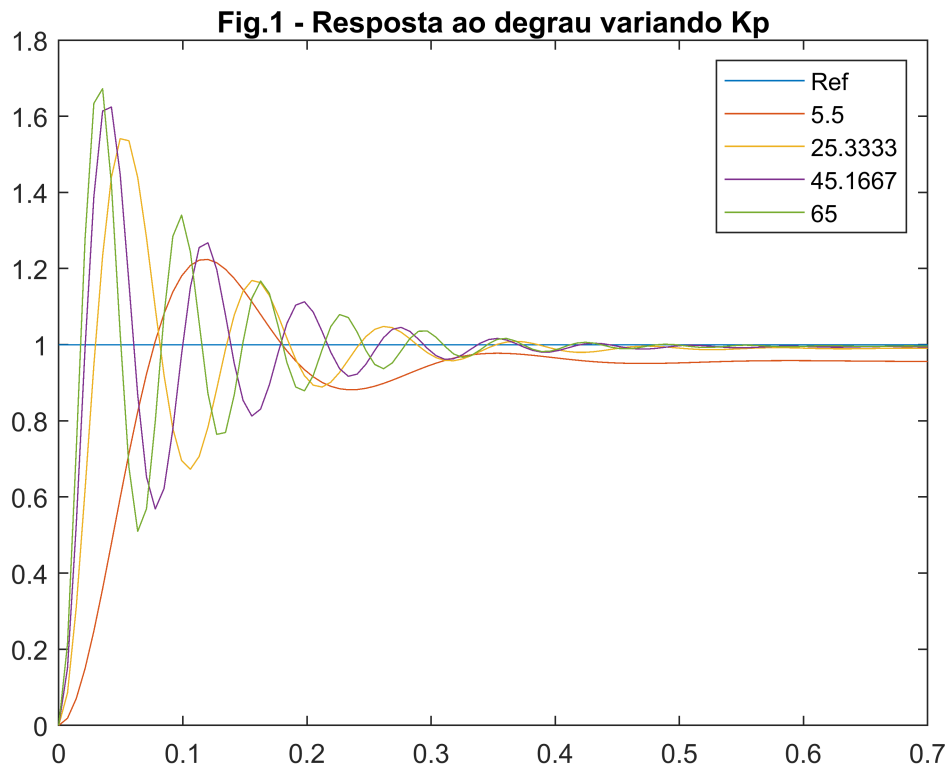
Escolher Tempo de modo que na figura 1 se tenha a resposta transitória e de regime.

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

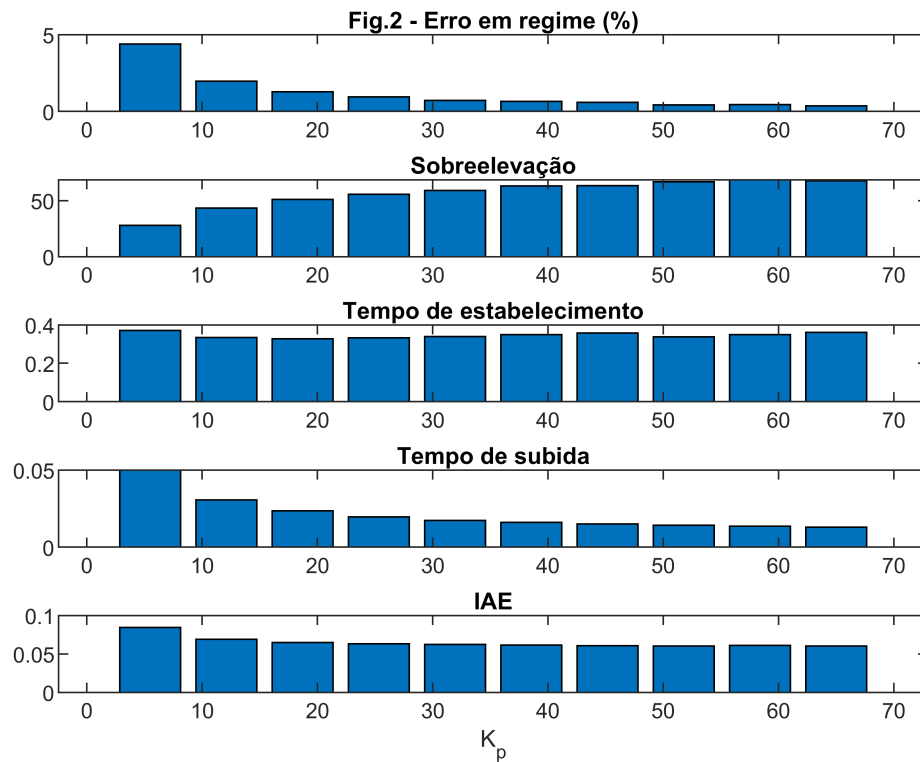


```
Tempo=0.7;  
k1=5.5;  
k2=65;  
K=linspace(k1,k2,10);  
Y=[];  
C=pid(1,0,0);  
t=linspace(0,Tempo,100)';  
for i=1:length(K)  
    C.Kp=K(i);  
    Gmf=feedback(C*G,1);  
    y=step(Gmf,t);  
    S=stepinfo(y,t);  
    Erro(i,1)=100*abs(1-y(end));  
    UP(i,1)=S.Overshoot;  
    tempo_est(i,1)=S.SettlingTime;  
    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 (%)');
subplot(5,1,2);bar(K,UP);title('Sobreelevação');
subplot(5,1,3);bar(K,tempo_est);title('Tempo de estabelecimento');
subplot(5,1,4);bar(K,tempo_sub);title('Tempo de subida');
subplot(5,1,5);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_p');
```



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

Ao analisar o gráfico com o menor ganho k_p , vemos que ele possui um erro em regime maior do que o gráfico com o ganho maior.

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

Ao analisar a figura 2, vemos que o ganho faz diminuir tempo de subida, ou seja, o gráfico vai subir mais rápido. Na figura 1 vemos também que a curva de maior ganho é a que corta o valor em regime mais rápido.

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

Segundo a fórmula do tempo de estabelecimento, o ganho k_p não gera nenhum efeito considerável no tempo de estabelecimento.

1.4 Qual o efeito do ganho K_p sobre a sobrelevação?

Analisando as figuras 1 e 2, vemos que a curva com o maior ganho k_p é a que tem um UP maior. Logo, quanto maior o ganho, maior o UP.

1.5 Relacione o IAE com a sobrelevação e os tempos de resposta

Sabemos, do laboratório anterior, que quanto maior o tempo de subida, maior é IAE. E além disso, que um UP maior implica em um IAE menor também.

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

Escolha Kp_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 Ki (rlocus(gaux)).

Use o command window para fazer o rlocus, que não precisa estar no relatório.

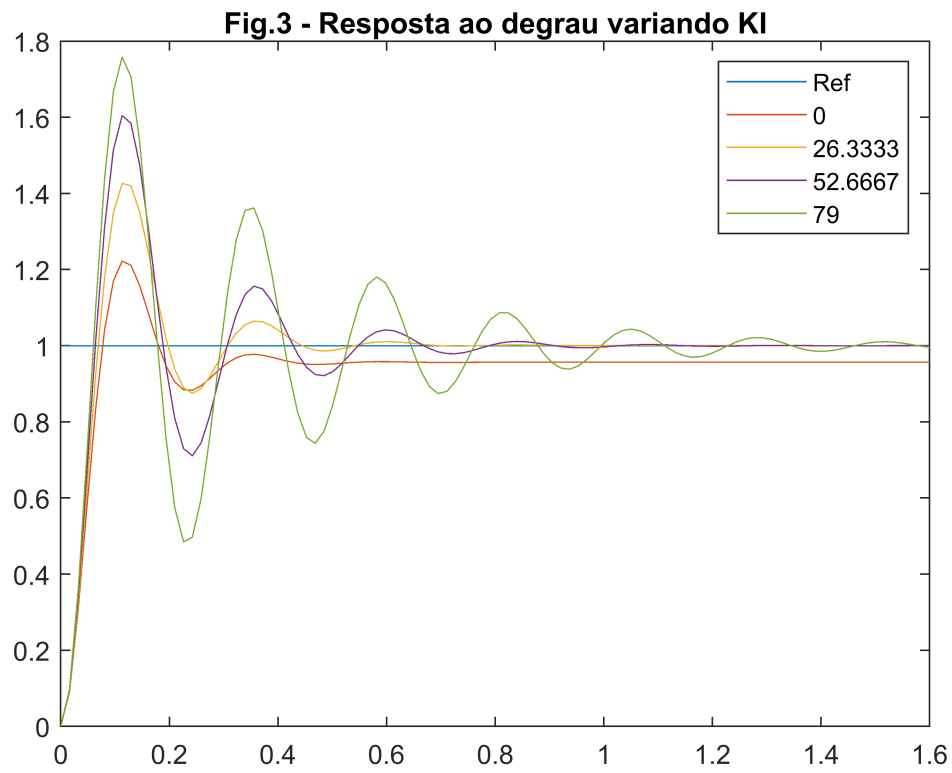
```
kp_s=5.5;
den=[G.Denominator{1} 0]+[kp_s*G.Numerator{1} 0];
num=G.Numerator{1};
gaux=tf(num,den);
```

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

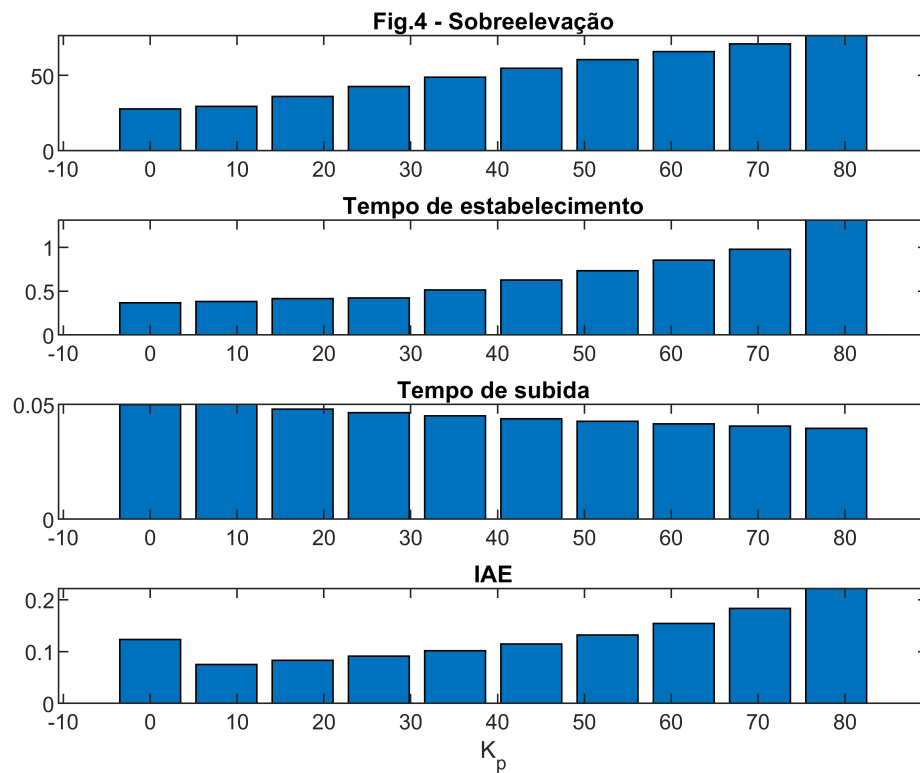
Execute a seção a seguir e responda as perguntas 2.1 a 2.4.

```
Tempo=1.6;
Y=[];
kimax=79;
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');
subplot(4,1,2);bar(K,tempo_est);title('Tempo de estabelecimento');
subplot(4,1,3);bar(K,tempo_sub);title('Tempo de subida');
subplot(4,1,4);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_p');
```



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

Ao analisar as figuras 3 e 4, vemos que quanto maior o K_i , temos um UP maior. Para o menor ganho, temos um UP de aprox. 20%. Para o maior ganho, temos um UP de aprox. 70%

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

Neste caso, vemos que o K_i influencia no tempo de estabelecimento. Para o menor ganho, temos um tempo de estabelecimento de 0.4s, e para o maior ganho, temos mais do que 1s.

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

Analisando a figura 4, vemos que quanto maior o K_i , maior o IAE. Para $K_i = 17.6$, temos um valor de IAE de 0.08 e para $K_i = 80$, temos um IAE de 0.21

2.4 Comente o erro em regime observado, justificando

Vemos que para os menores ganhos de K_i , temos um erro de regime maior. Basta olhar a figura 3 e analisar o fato de que o menor ganho tem um tempo de estabelecimento menor, mas o seu erro em regime é maior.

Atividade 3 - Avaliação do efeito do ganho derivativo K_d

Escolher K_{i_s} como sendo o valor tal que $UP \leq 60\%$. Escolher K_{dmax} como sendo 1 ou um pouco menor.

Execute o script abaixo e responda as perguntas 3.1 a 3.3

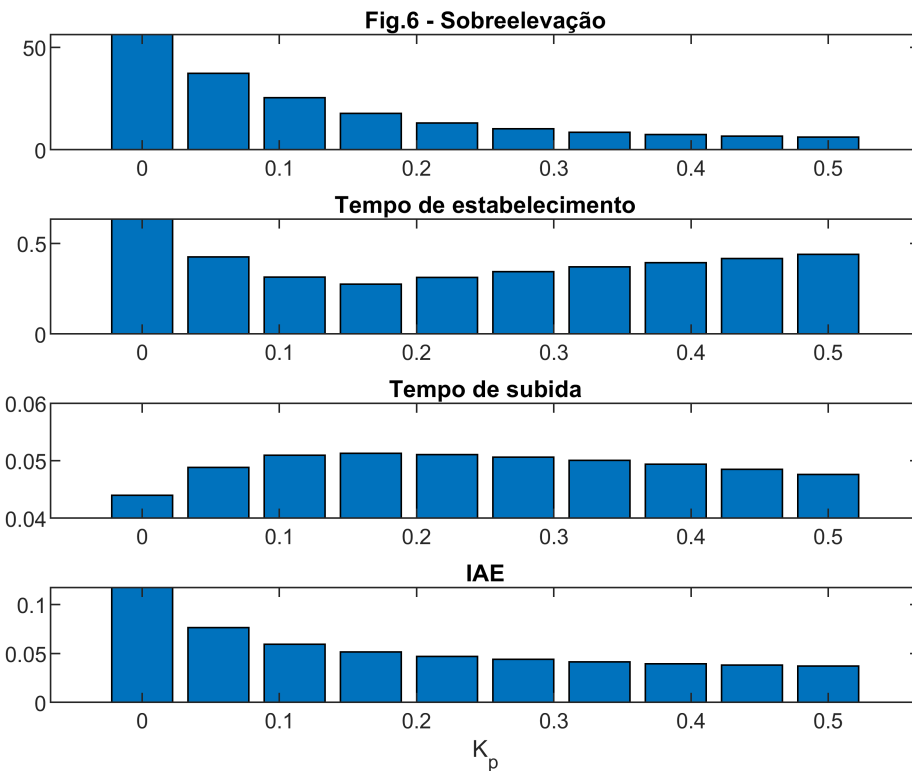
```
Tempo=1;
Y=[];
ki_s=45 ;
kdmax= 0.5 ;
C=pid(kp_s,ki_s,0);
K=linspace(0,kdmax,10);
t=linspace(0,Tempo,100)';

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');
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([0.04 0.06])
subplot(4,1,4);bar(K,IAE);title('IAE');xlabel('K_p');
```



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

Analisando as figuras 5 e 6, para $k_d = 0$, temos um UP de mais de 50%. E para o $k_d = 0.5$, o UP já beira valores menores que 10%. Portanto, concluímos que quanto maior o k_d , menor o UP.

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

Para o $k_d = 0$, vemos que o tempo de subida é de 0.043s e para o valor final de $k_d = 0.5$, vemos que ele vai para 0.047s. Não é uma variação grande, mas como o k_d 'freia/amortece' o sistema, é natural que ele faça aumentar um pouco o tempo de subida.

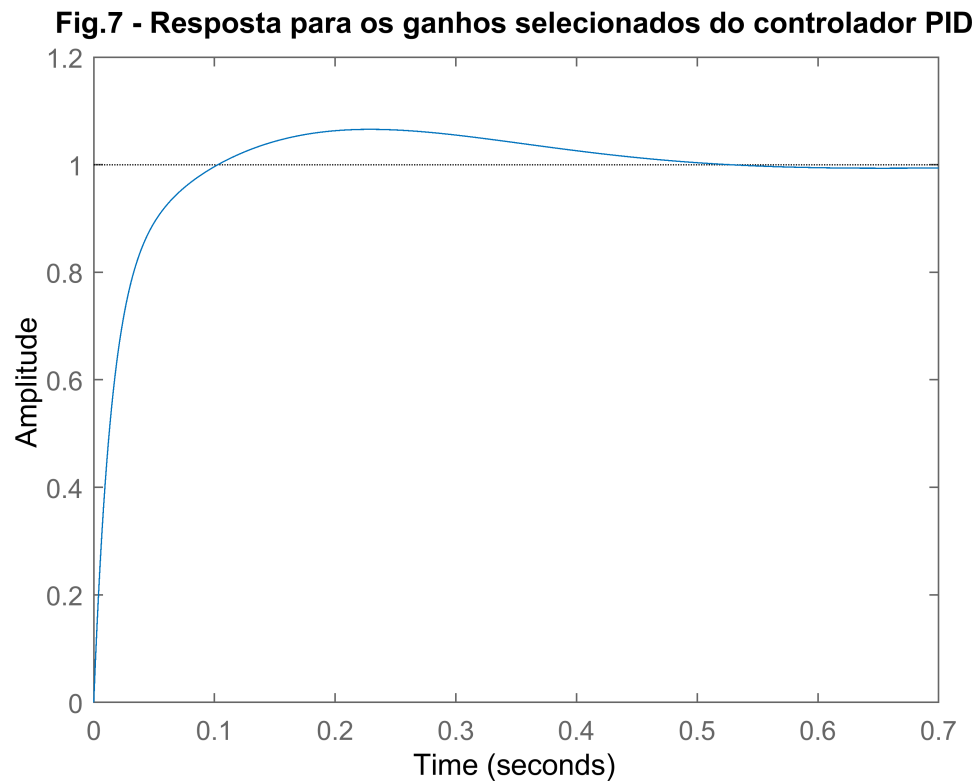
3.3 O K_d afeta o IAE? Como?

Sim. Ao aumentar os valores de k_d , vemos que o IAE tende a diminuir.

Atividade 4 - Seleção dos parametros 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.

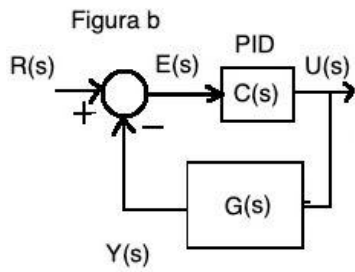
```
kp= 5.5;  
ki= 40;  
kd= 0.4;  
C=pid(kp,ki,kd);  
M=feedback(C*G,1);  
figure;step(M);  
title('Fig.7 - Resposta para os ganhos selecionados do controlador PID');
```



Justificando a escolha: Os valores de k_p , k_i e k_d foram escolhidos de modo que a saída do sistema fosse a mais próxima da saída desejada. Ou seja, com um tempo rápido de subida, baixo overshoot, tempo de estabelecimento pequeno e um erro em regime nulo. Baseado nos gráficos e nas figuras anteriores e nos seus indicativos, estes valores de k_p , k_i e k_d foram escolhidos para satisfazer as condições acima.

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.

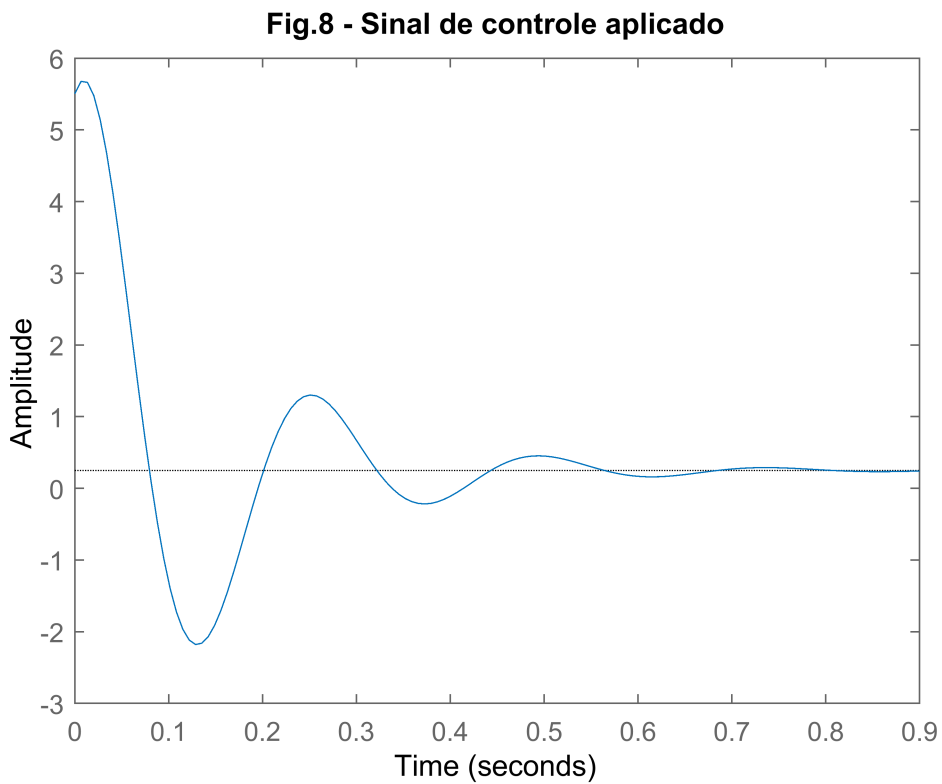
Resposta: O matlab não consegue simular se o sistema for impróprio (com mais zeros do que polos), então adicionamos um polo muito longe para que não tenha efeito no sistema, mas que deie a função do sistema própria.



```

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

```



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

```

ans = datetime
      15-Jul-2021 13:54:53

```

```
pwd
```

```

ans =
'C:\Users\malaquias\Desktop\UFES\UFES-LCA\Aula5'

```