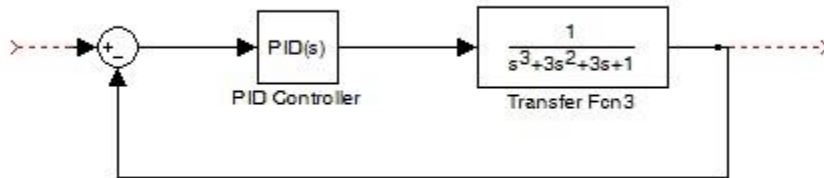


PROF. GUSTAVO H. COSTA OLIVEIRA

PRÁTICA 4: PROJETO DE CONTROLADORES PID USANDO MÉTODO DE ZIEGLER NICHOLS



O SISTEMA

$$H(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$$

Vamos assumir este sistema para o qual se deseja projetar um controlador PID usando Ziegler Nichols.

Para criar o sistema no matlab, faz-se:

```
>> clear all
>> close all
>> clc
```

O comando 'conv' pode ser utilizado para obter a multiplicação de 2 polinômios.

```
>> den=conv([1 1],[1 1]);
>> den=conv(den,[1 1]);
>> Hs=tf(1,den)
```

```
Hs =
      1
-----
s^3 + 3 s^2 + 3 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

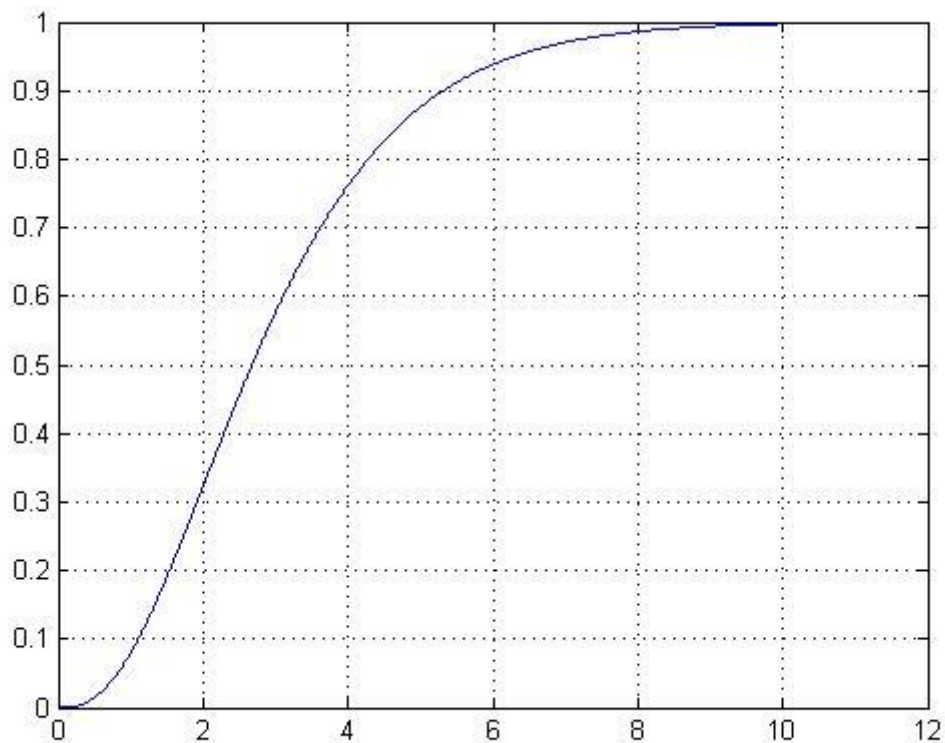
.

DETERMINAÇÃO DA RESPOSTA AO DEGRAU

O método de Ziegler Nichols está baseado na resposta ao degrau do sistema em malha aberta. Para obter a resposta ao degrau, de 0 a 12 segundos, faz-se:

```
>> t=0:0.01:12;
```

```
>> yt=step(Hs,t);  
>> plot(t,yt)  
>> grid
```

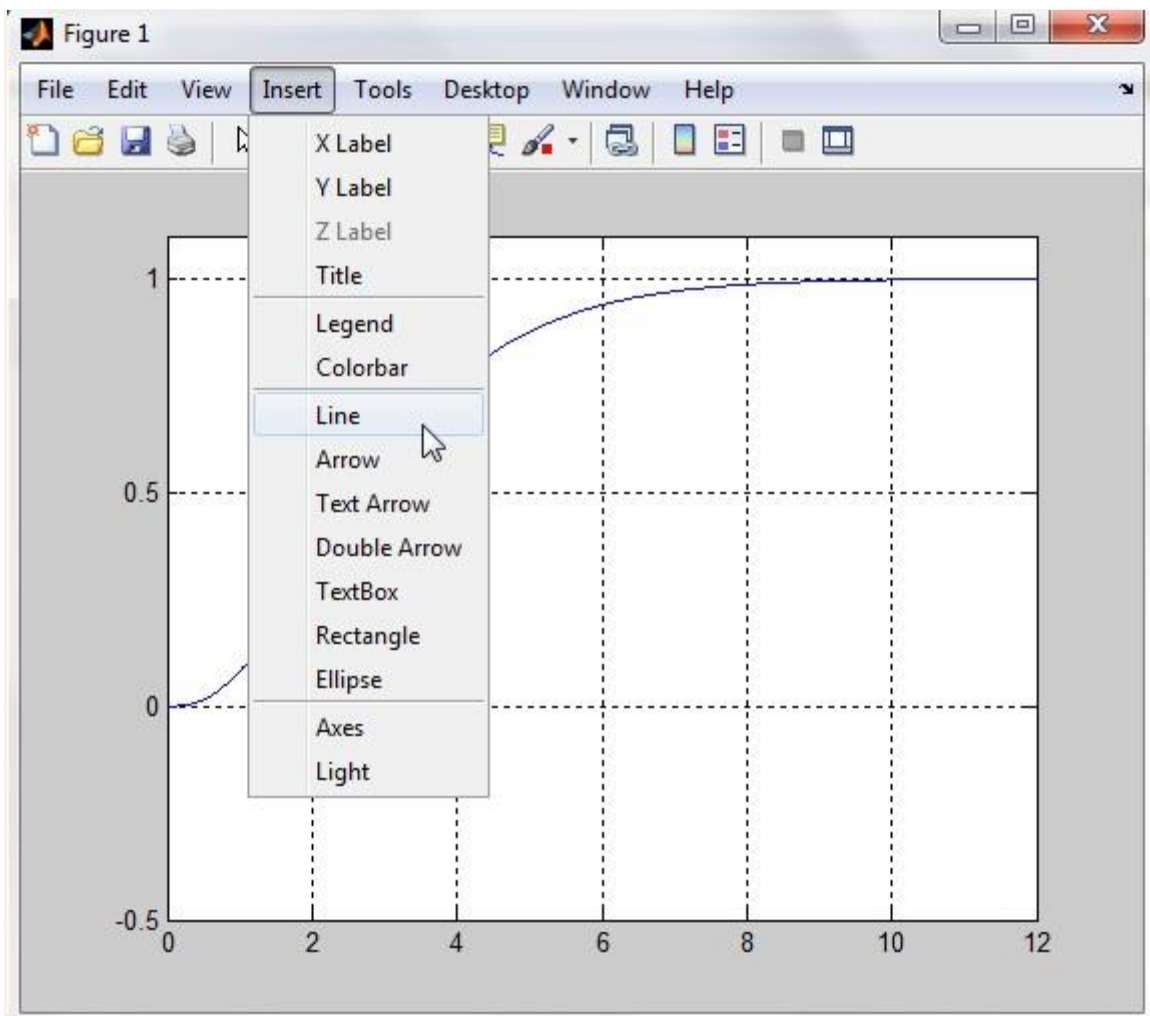


OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DA DINÂMICA DO SISTEMA USANDO RESPOSTA AO DEGRAU

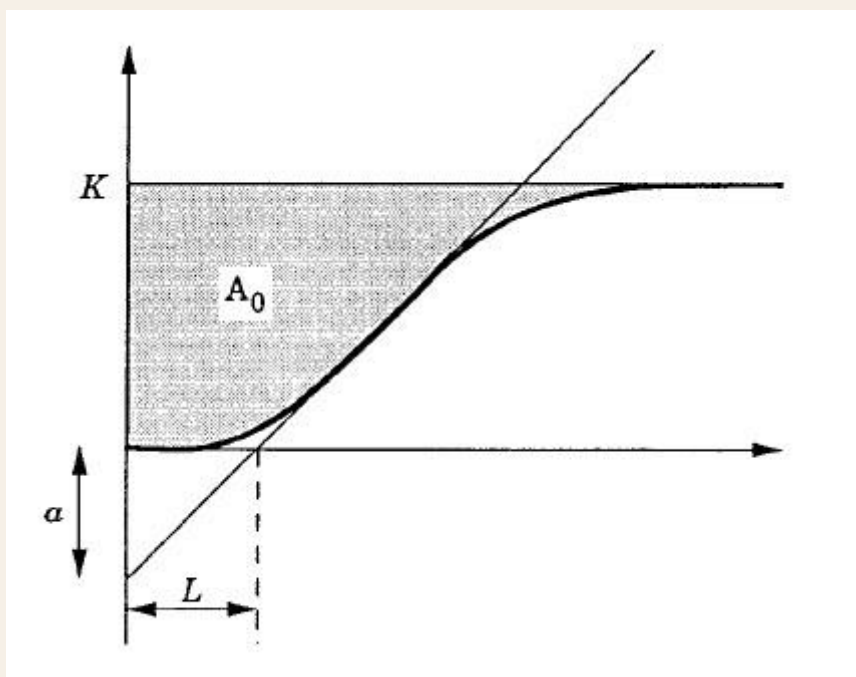
Alterando os eixos do gráfico, fica mais fácil aplicar o método.
Para modificar os limites do gráfico, faz-se:

```
>> axis([0 12 -0.5 1.1])
```

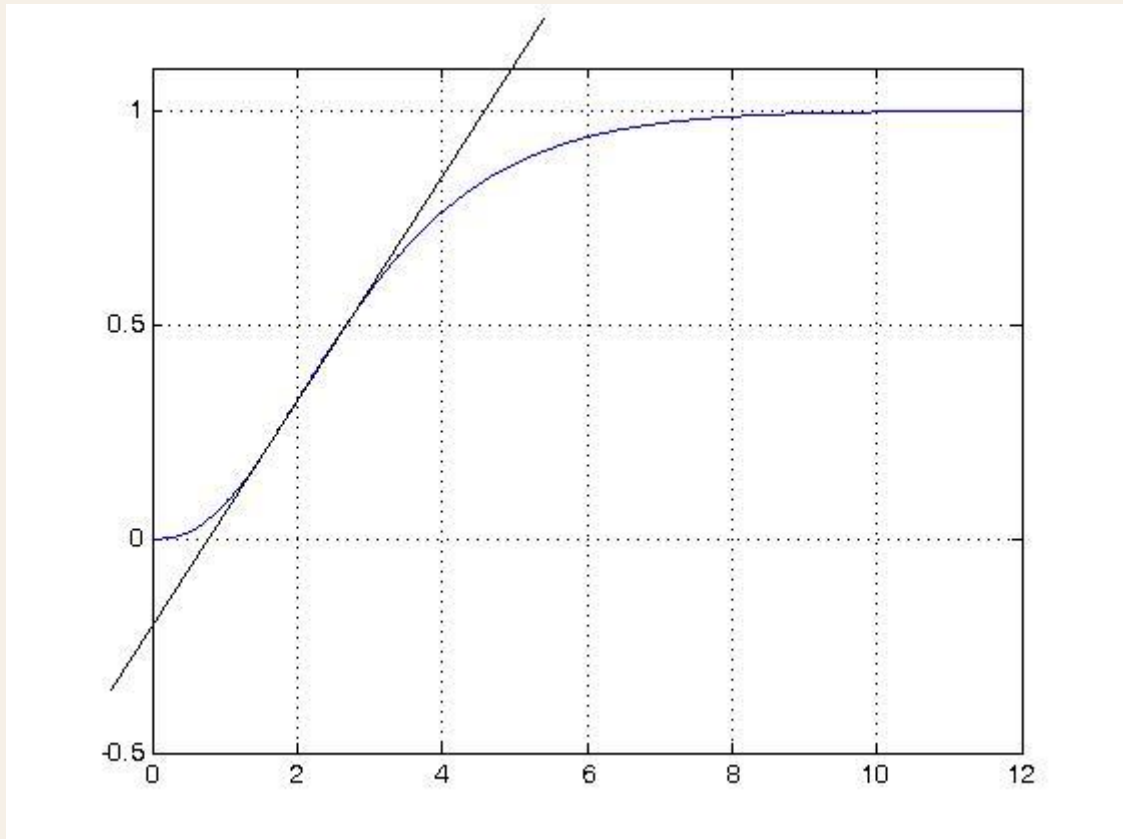
O método de Ziegler Nichols está baseado em desenhar uma reta tangente ao ponto de declividade da curva de resposta ao degrau, se esta apresentar a forma em S.
Para criar esta reta tangente, pode-se fazer:



Veja um exemplo:



Posicionando a reta, chega-se em um resultado como este:

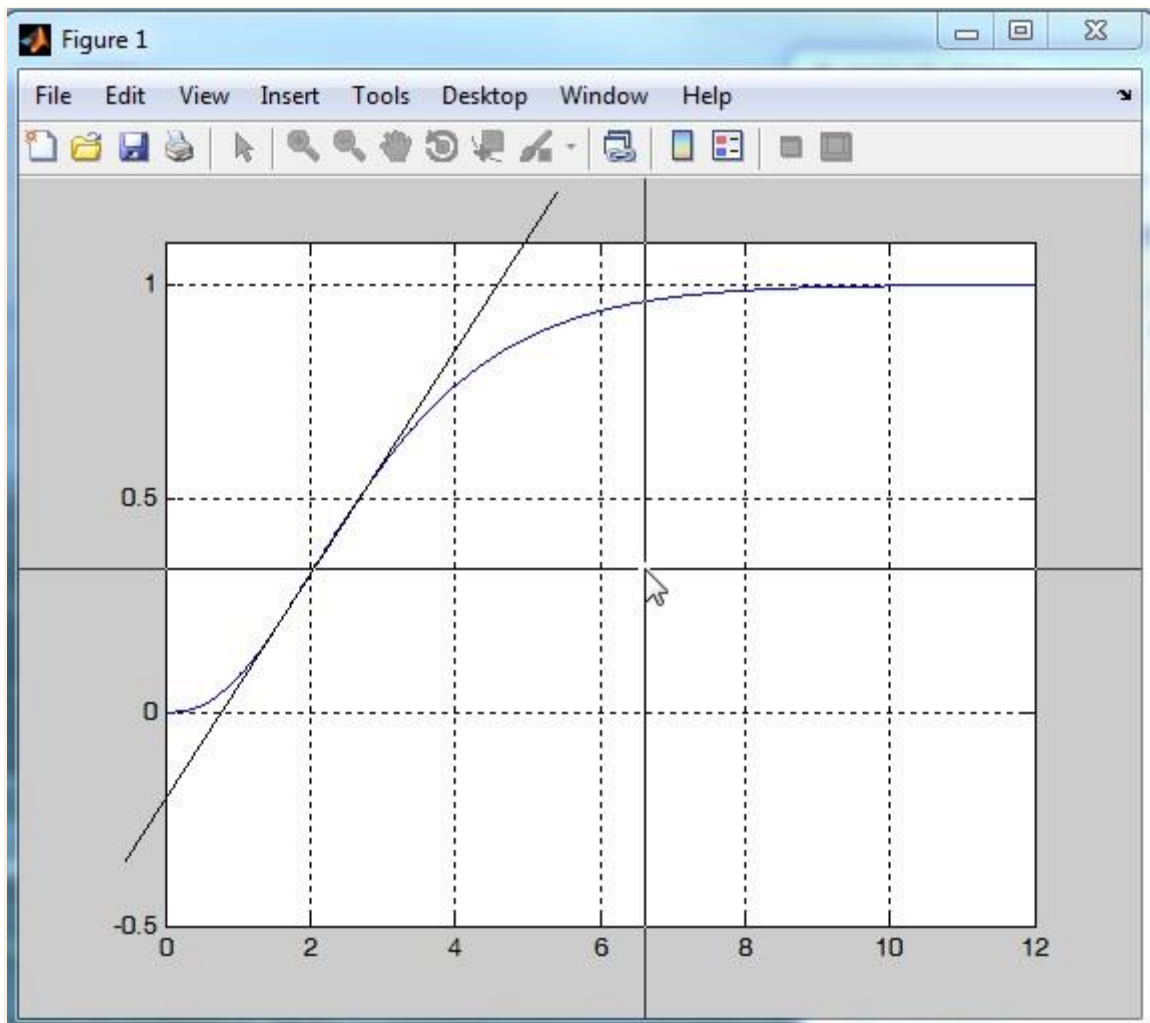


usando o comando

```
>> ginput(2)
```

(veja como funciona usando o help do matlab !)

um cursor no gráfico será criado e você poderá clicar em 2 pontos.



Ao clicar nos pontos correspondentes aos parâmetros "a" e "L", obtém-se (aproximadamente)

$a=0,1795$ e

$L=0,7051$

CÁLCULO DOS GANHOS DO PID USANDO ZIEGLER NICHOLS

usando a tabela proposta por Ziegler Nichols,

Controlador	K	T_i	T_d
P	$1/a$		
PI	$0,9/a$	$3L$	
PID	$1,2/a$	$2L$	$L/2$

os parâmetros do PID são:

$K = 1,2/a = 6,6852$

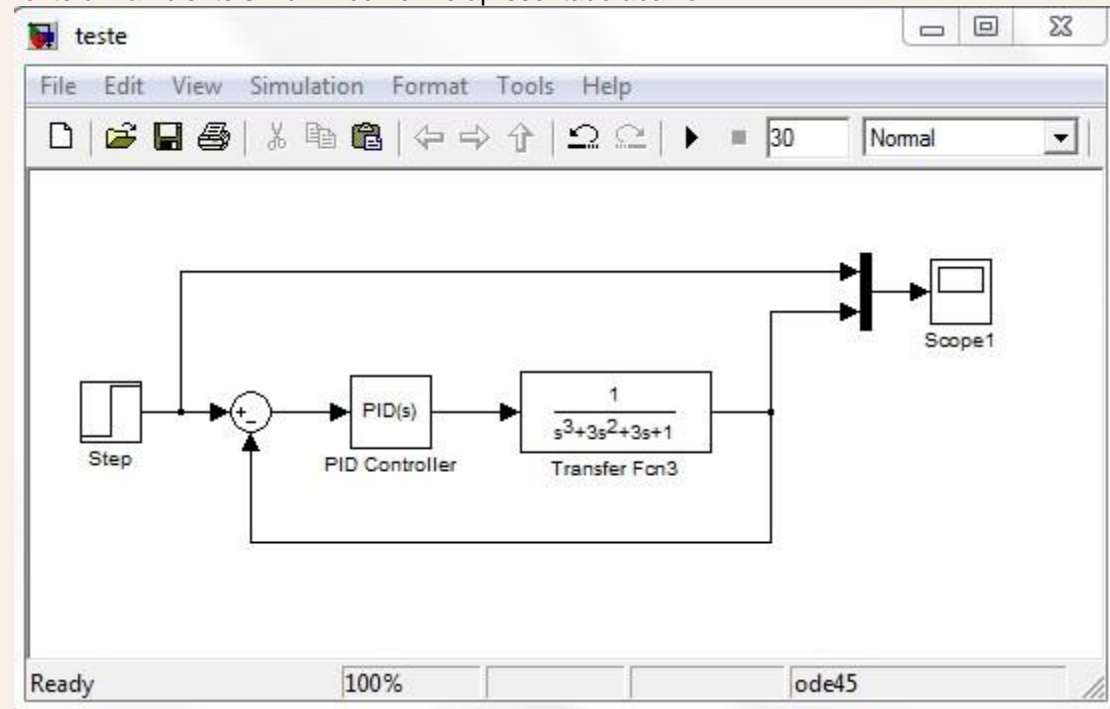
$T_i = 2L = 1,4102$

$T_d = L/2 = 0,3525$

SIMULAÇÃO DO SISTEMA EM MALHA FECHADA (O SIMULINK)

```
>> K=6.6852;  
>> Ti=1.4102;  
>> Td=0.3525;  
>> simulink
```

monte um ambiente simulink conforme apresentado abaixo:



O bloco PID é definido como segue:

Function Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Proportional (P): K

Integral (I): K/Ti

Derivative (D): K*Td

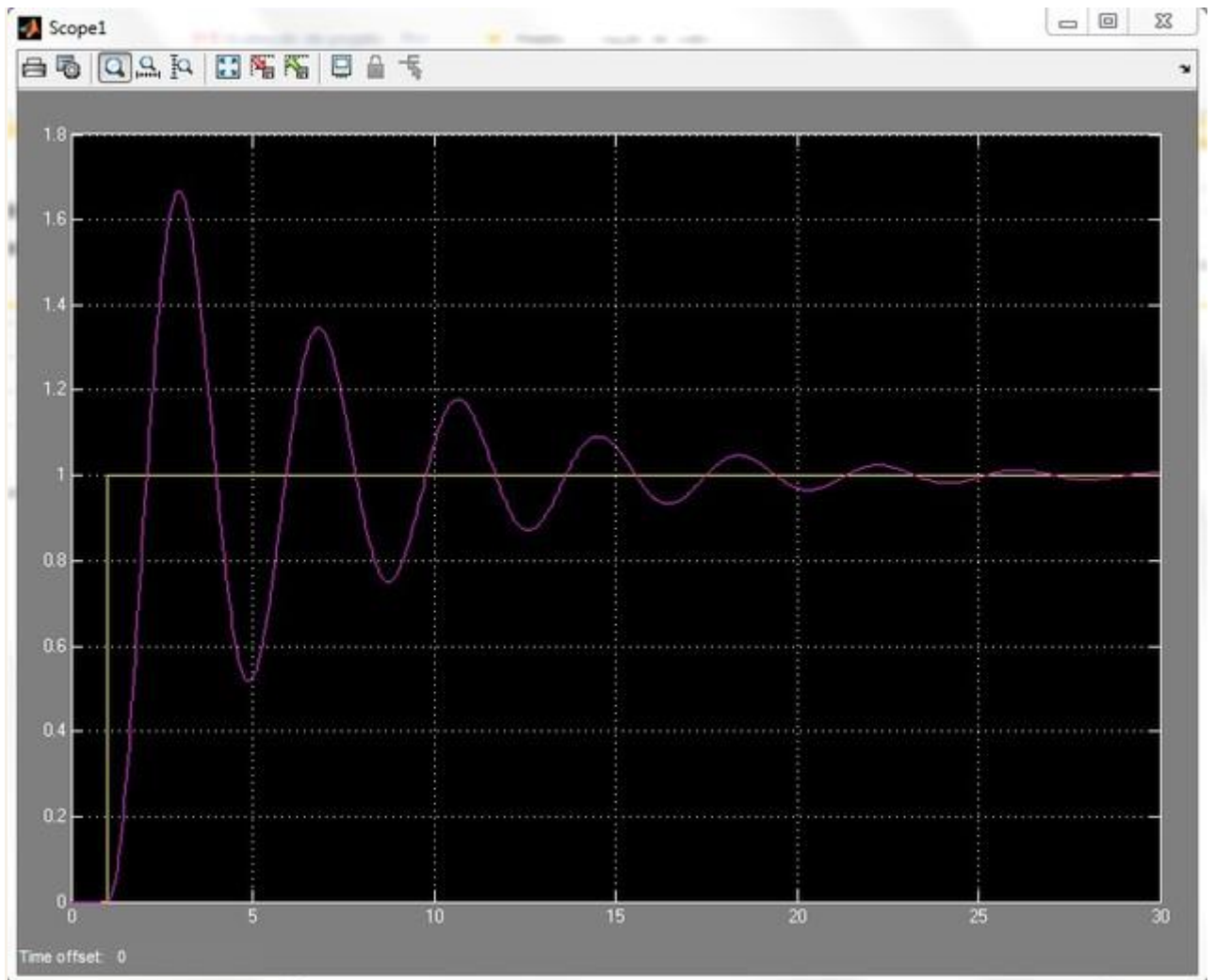
Filter coefficient (N): 100

Tune...

? OK Cancel

Ao apertar na tecla PLAY e depois clicar em Scope, obtém-se a resposta do sistema em malha fechada com o controlador PID ajustado com os parâmetros de Ziegler Nichols.

- quais são os tempos de subida e de sobre-elevação?
- qual é o valor da segunda sobre-elevação do sinal de saída?



CÁLCULO DO PID USANDO ZIEGLER NICHOLS (CONFORME DESCRITO NO LIVRO FRANKLIN)

Existem outras tabelas para este método de Ziegler-Nichols, veja como está descrito no livro do Franklin, 6a edição, página 165.

EXPERIMENTE USAR O PID COM OS SEGUINTE PARÂMETROS

```
.  
>> K=6.6852;  
>> Ki=1.1;  
>> Kd=2.36;  
>> N=136.3;  
.
```


Function Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control with anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the controller (requires Simulink Control Design).

Controller: PID

Time domain:

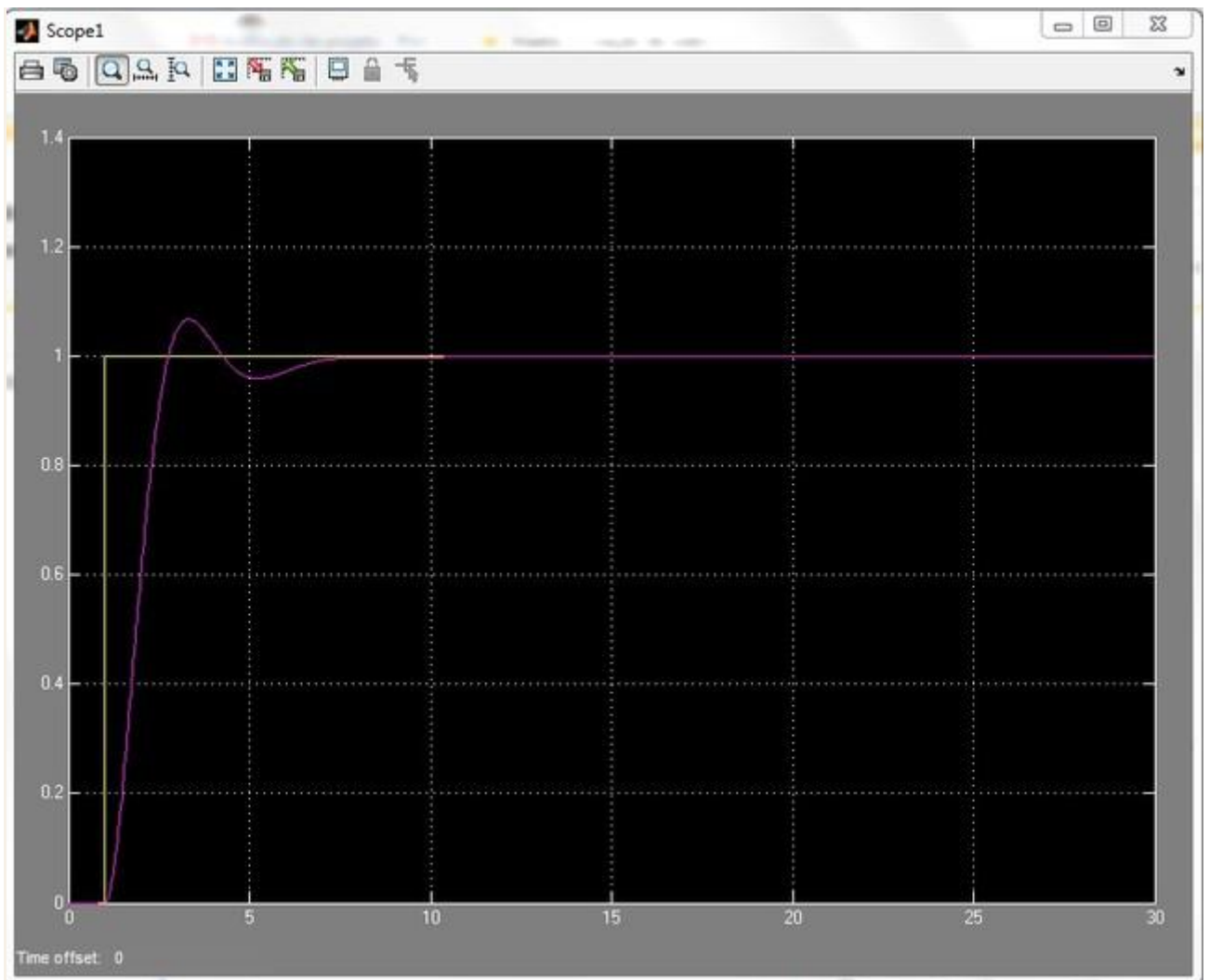
☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

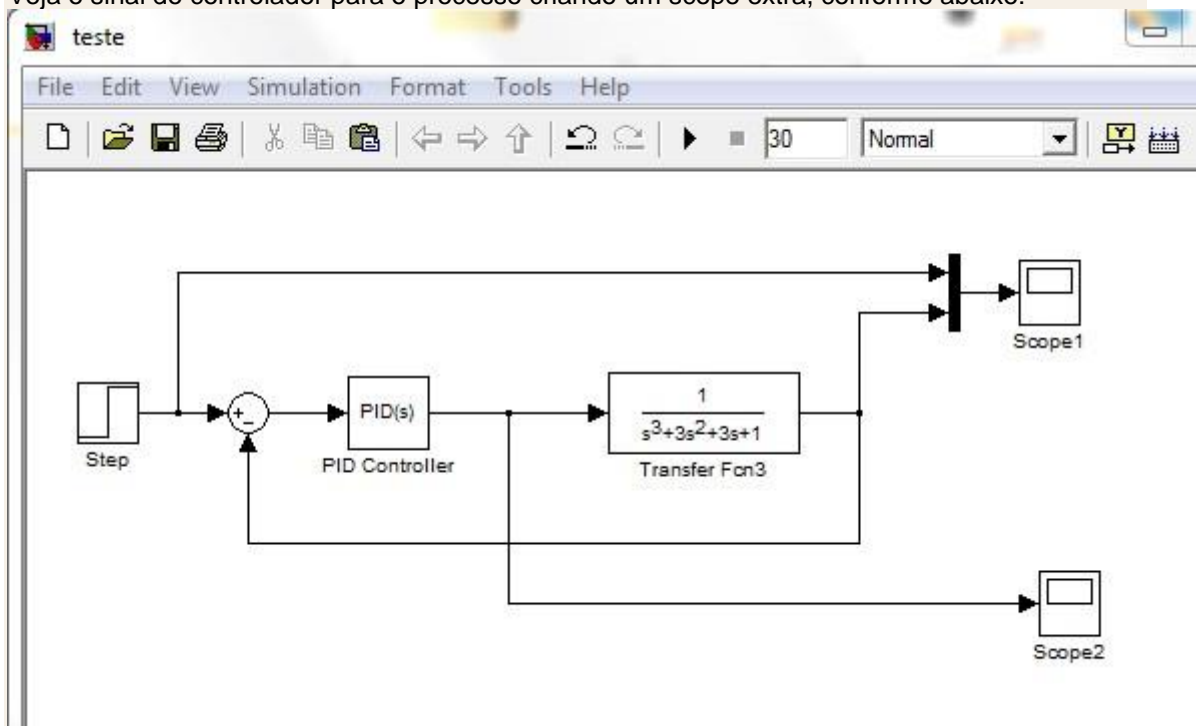
Controller parameters

Proportional (P):	K
Integral (I):	1.1
Derivative (D):	2.36
Filter coefficient (N):	136.3



Note como a resposta ficou mais rápida e com menor sobre-elevação.

Veja o sinal do controlador para o processo criando um scope extra, conforme abaixo:



PRÁTICA 6 - PROJETO DE PID USANDO ZIEGLER NICHOLS

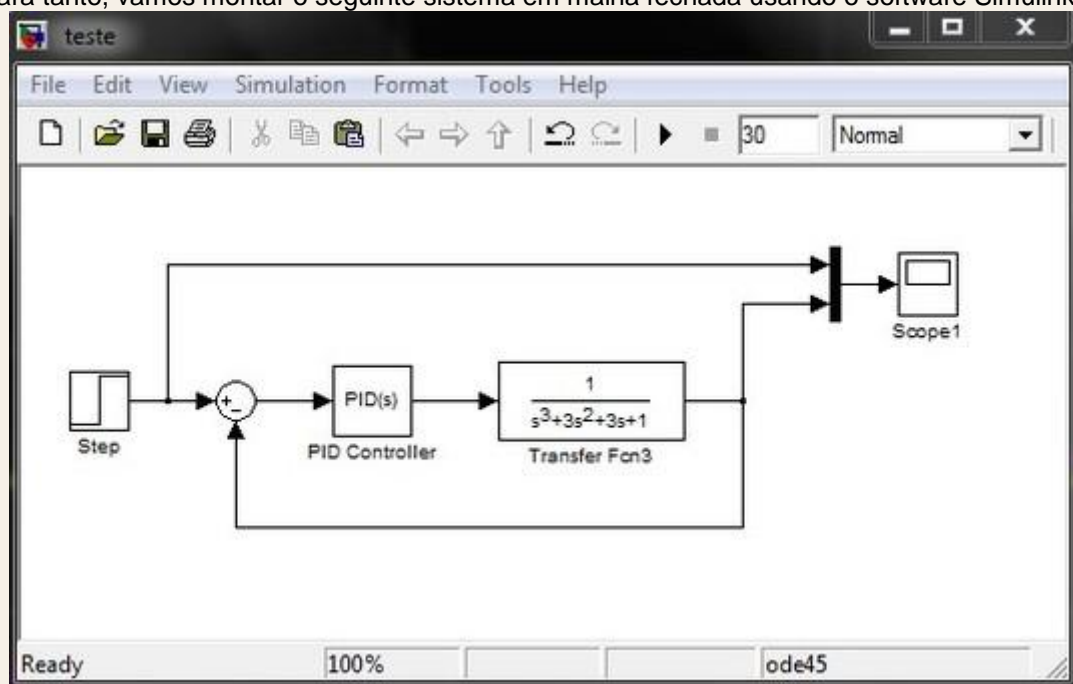
MÉTODO EM MALHA FECHADA.

DEFINIÇÃO DO SISTEMA.

Vamos projetar um controlador PID para o seguinte sistema.

$$H(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$$

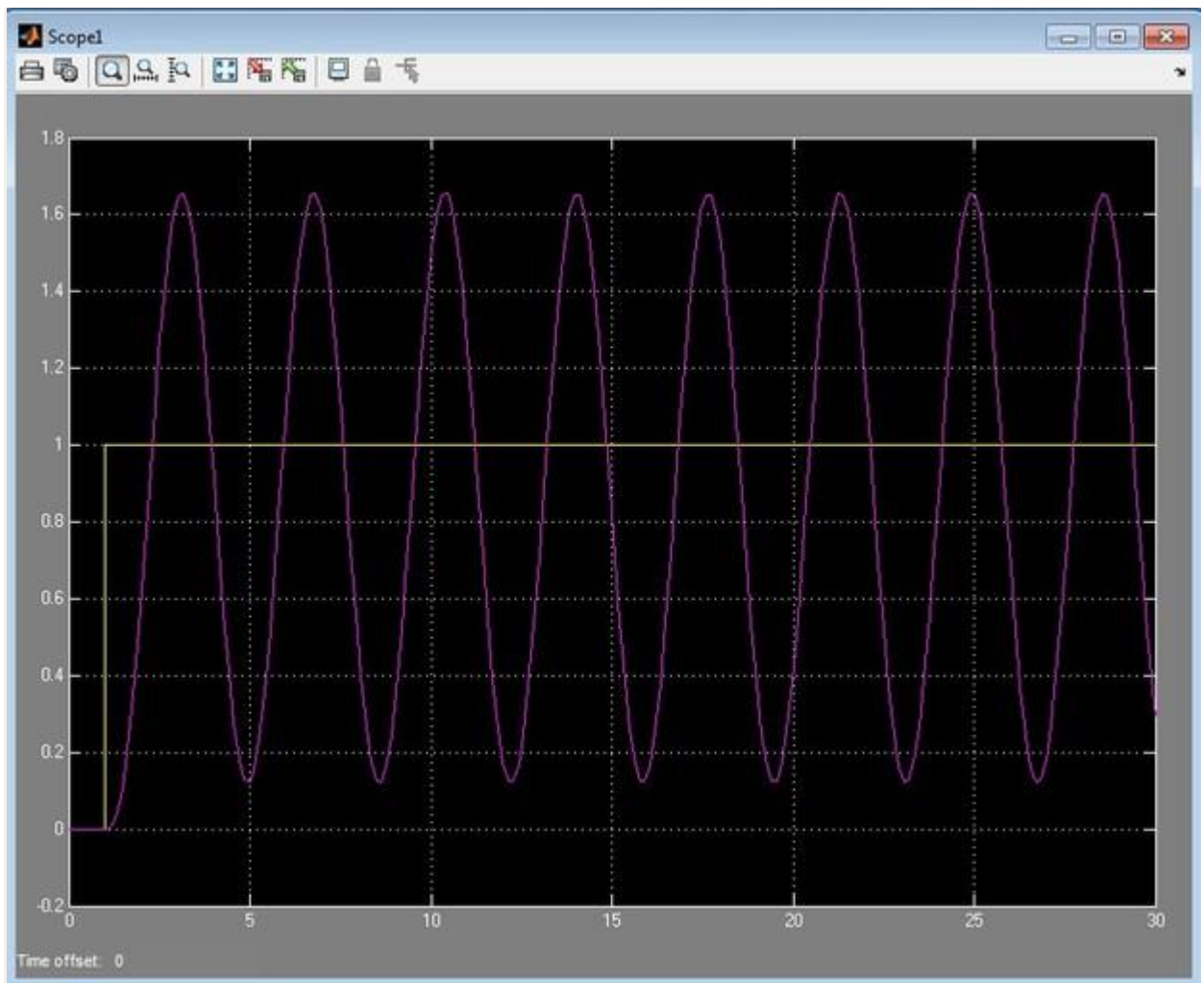
Para tanto, vamos montar o seguinte sistema em malha fechada usando o software Simulink.



MÉTODO DE ZIELGER NICHOLS PARA SINTONIA DE PID

Note que, usando somente o ganho proporcional do controlador PID, existe um valor de ganho K do controlador de tal forma que a saída do sistema em malha fechada é apresenta uma oscilação constante. Sem amplificação nem amortecimento.

No caso deste sistema, K=8.
Experimente também K=7 e K=9



Logo, o ganho crítico K_u é igual a 8.

O tempo crítico T_u é obtido através da figura acima, medindo o período de oscilação da saída em regime permanente.

Neste caso, o período é 3,6 segundos, logo $T_u=3,6$

Da tabela proposta por Ziegler Nichols para este caso, tem-se, para um PID,

$$K = 0,6 K_u = 4,8$$

$$T_i = 0,5 T_u = 1,8$$

$$T_d = 0,125 T_u = 0,45$$

Utilizando estes valores no controlador, isto é:

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Proportional (P): 4.8 ☐ [Compensator formula](#)

Integral (I): 2.667

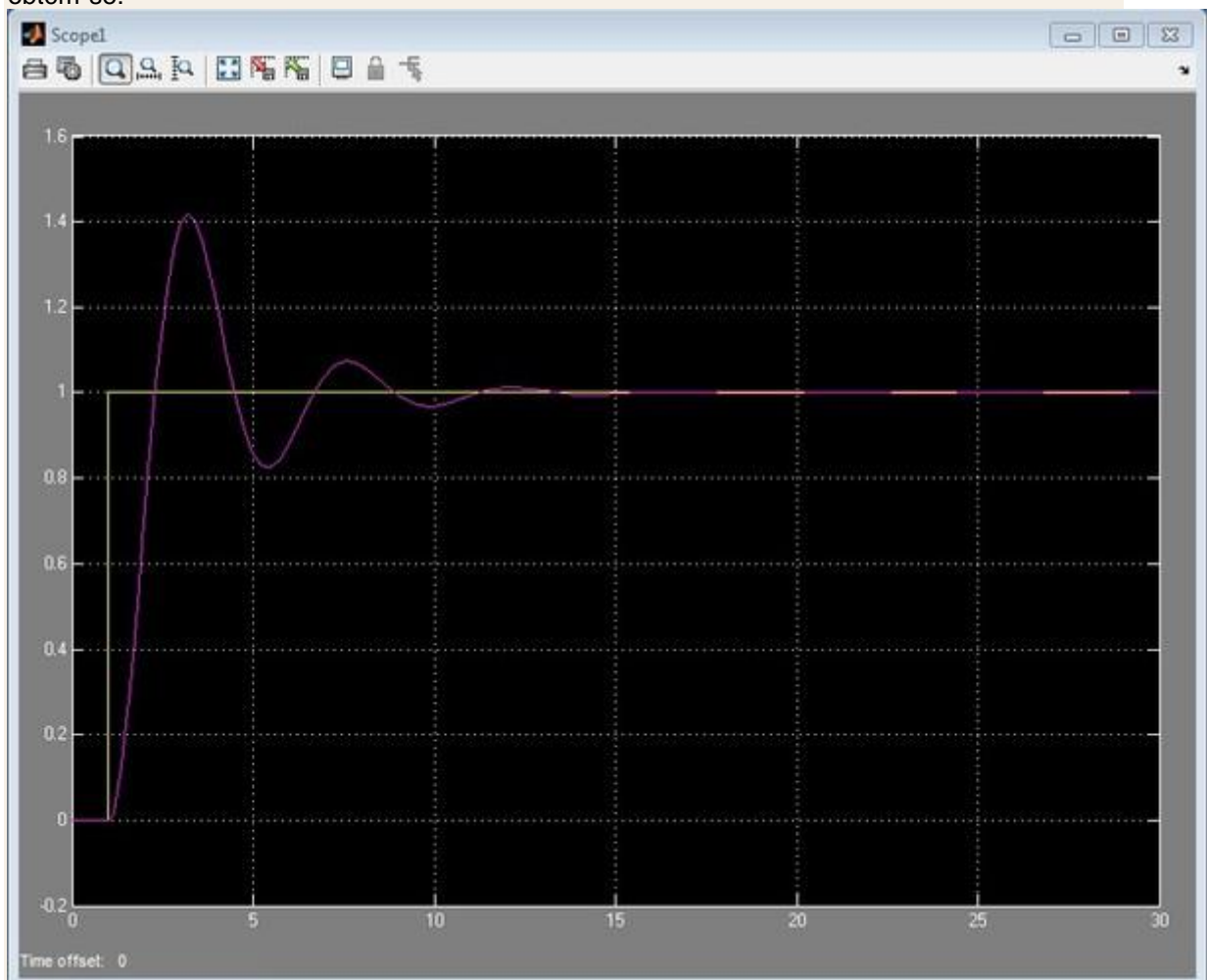
Derivative (D): 2.16

Filter coefficient (N): 100

Tune...

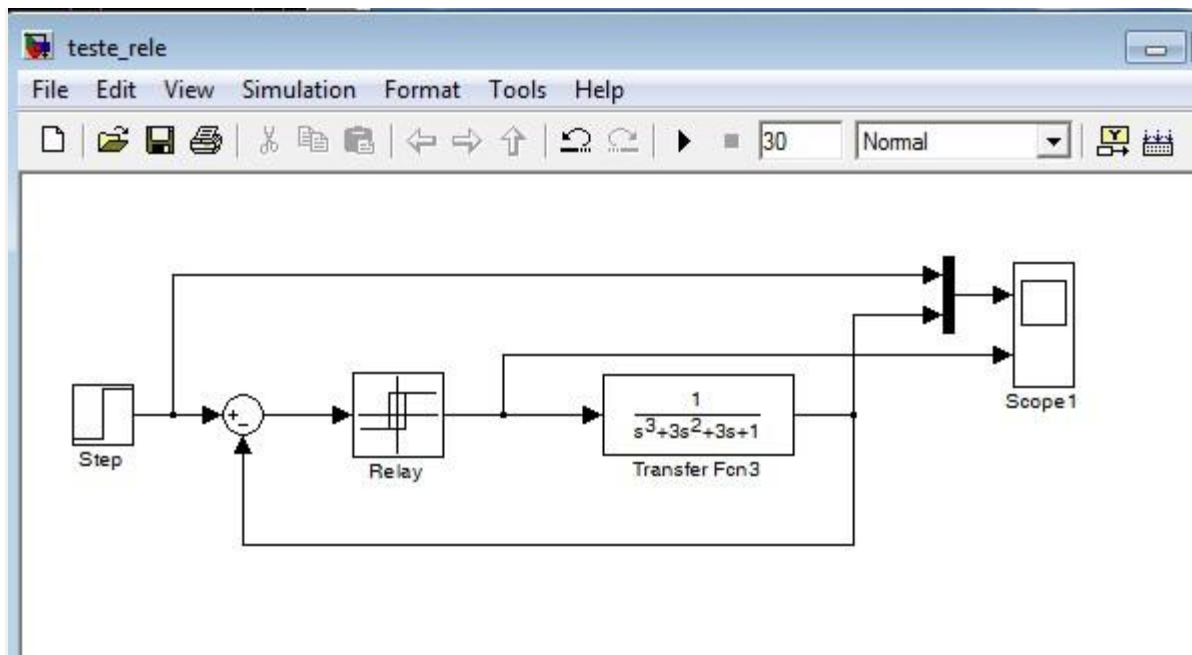
$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

obtem-se:



MÉTODO DO RELÉ PARA SINTONIA DE PID

Neste caso, vamos substituir o PID por um relé conforme abaixo



A amplitude de oscilação do relé aqui selecionada é 5 (neste caso d = 5)

Vamos usar um relé sem histerese.

O bloco do relé no simulink fica:

Function Block Parameters: Relay

Relay

Output the specified 'on' or 'off' value by comparing the input to the specified thresholds. The on/off state of the relay is not affected by input between the upper and lower limits.

Main | Signal Attributes

Switch on point:
0

Switch off point:
0

Output when on:
5

Output when off:
-5

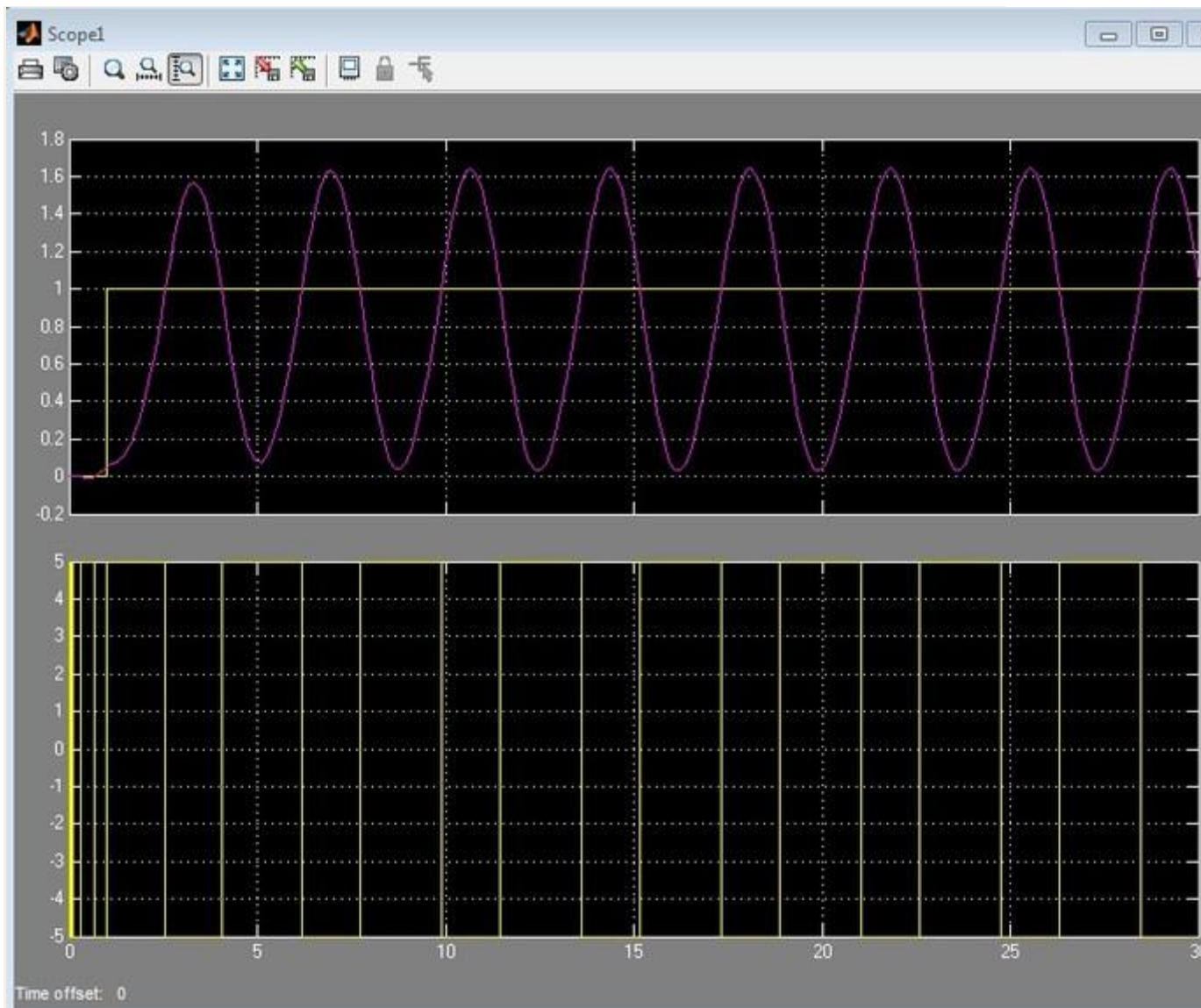
Input processing: Elements as channels (sample based)

☒ Enable zero-crossing detection

Sample time (-1 for inherited):
-1

OK Cancel Help Apply

O sinal de saída, da referência e do relé, resultado da simulação do sistema em malha fechada é:



Note, nesta figura, que a amplitude de oscilação do sinal de saída é 0,8 (logo, faz-se $a = 0,8$)
Através de 'a' e de 'd', tem-se K_u que, neste caso é igual a 7,96.
Muito próximo do calculado anteriormente.

O período de oscilação (T_u) é 3,8, também muito próximo do calculado anteriormente.

Com K_u e T_u , pode-se usar a tabela proposta por Ziegler Nichols e, conforme feito acima, e chegar nos parâmetros do PID.

Como os controladores PID, são equivalentes, o resultado da simulação em malha fechada será muito próximo do apresentado acima.

Note também, através da figura acima, a atuação do relé em função do erro entre referência e saída.

Exercício: tendo como ponto de partida os ganhos calculados neste exemplo, proponha modificações nos valores de K , K_i e K_d a fim de diminuir a sobre-elevação do sistema em malha fechada.