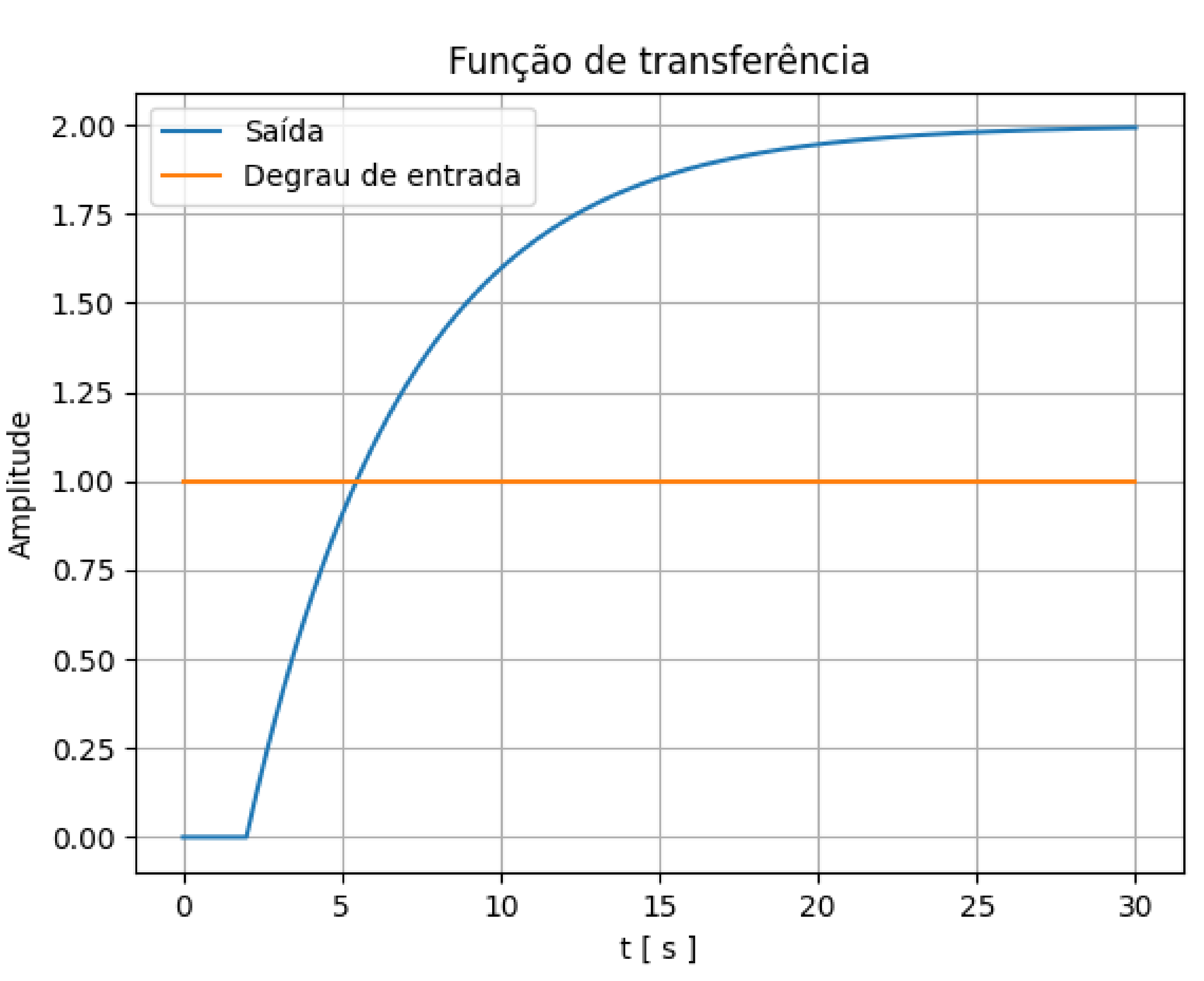
Trabalho 1
Sistemas Embarcados

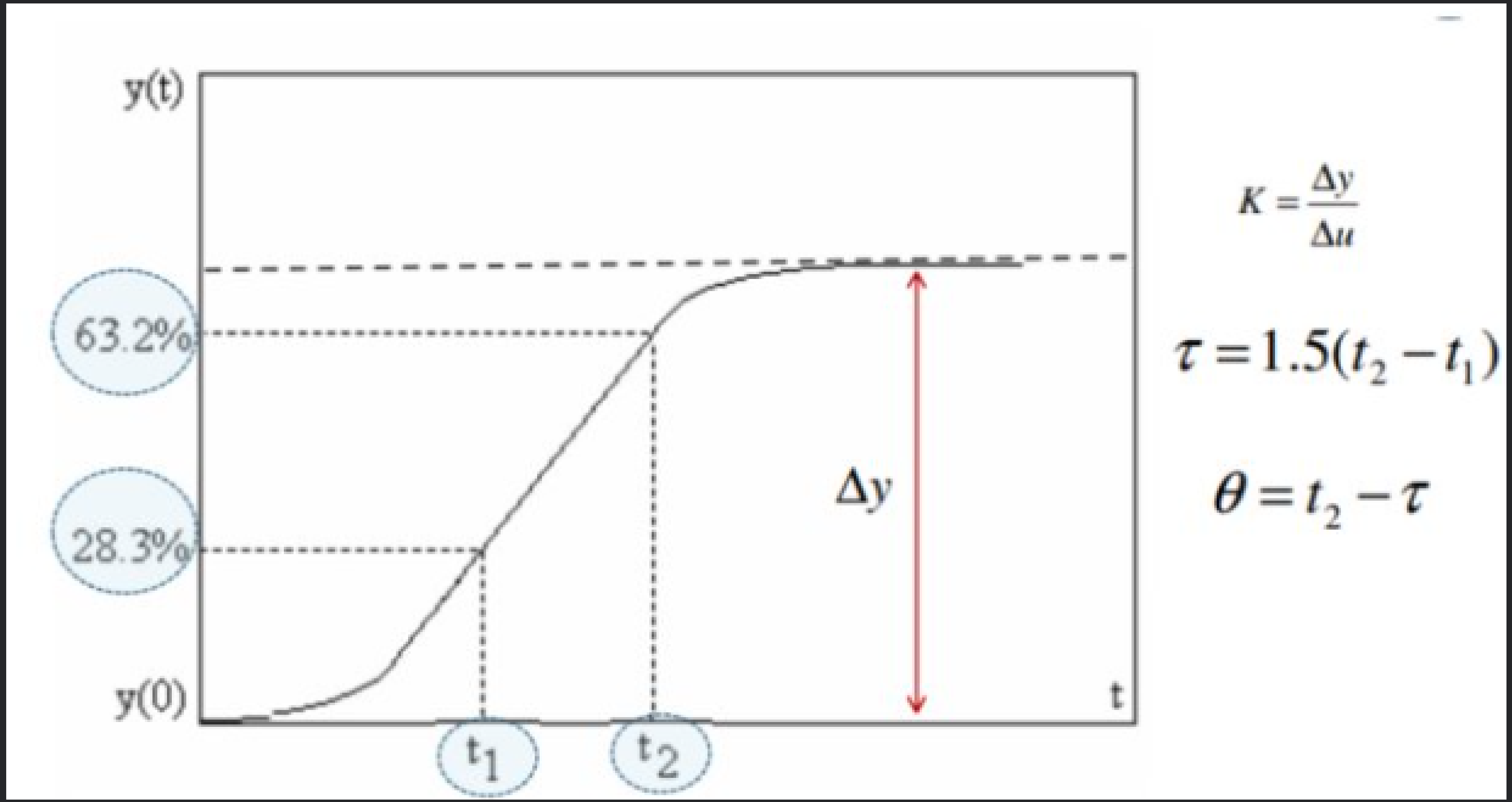
AMANDA SILVA GUIMARÃES
MANUELA GRIPP SILVA
MARIA LUIZA SILVA RAIMUNDO

Função de Transferência - Grupo 1



Valor degrau = 1   Valor saída = 2 Tempo atraso = 2s

Encontrando os valores de k, θ e τ



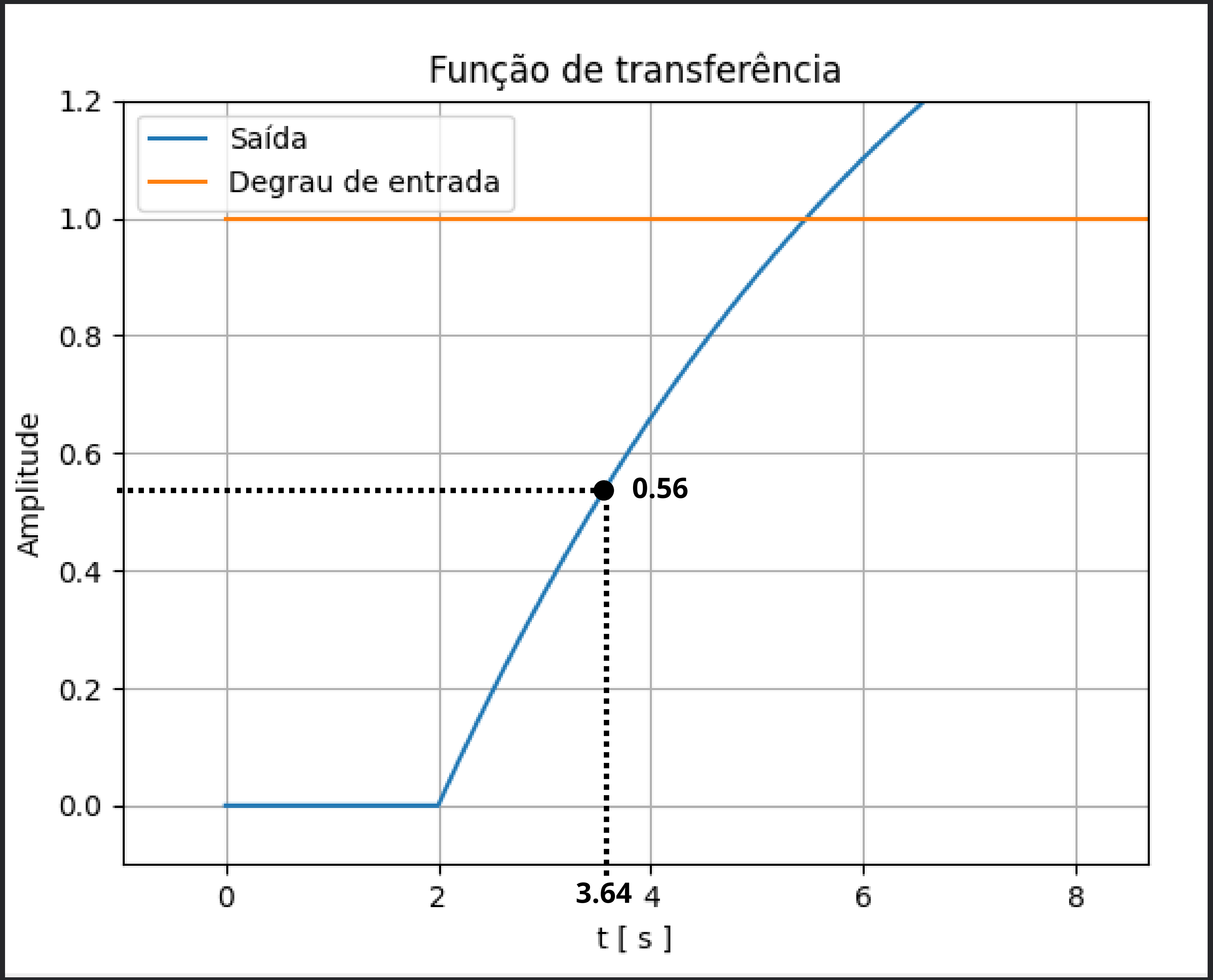
Através do Método Smith, encontramos os seguintes valores:

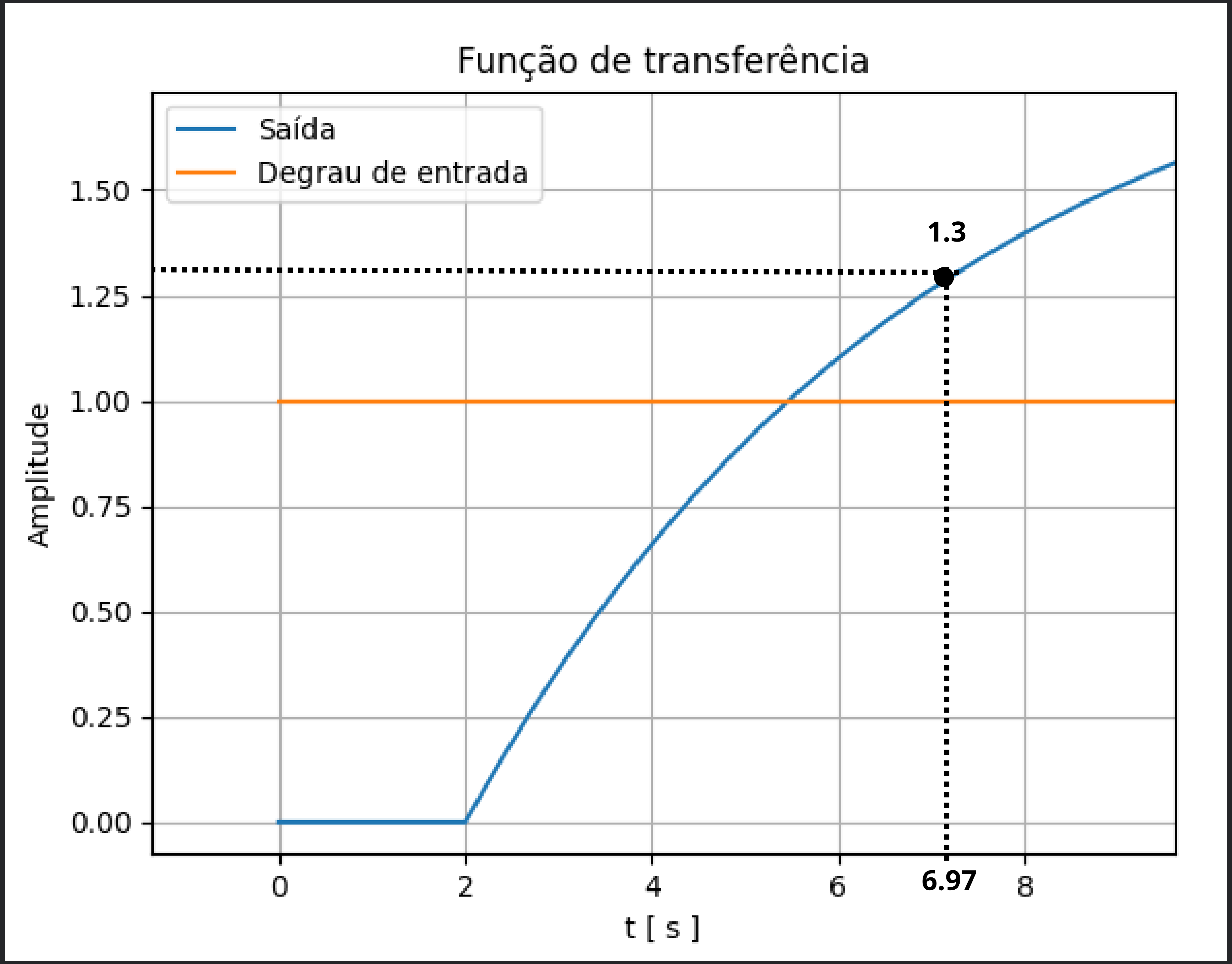
k=2 θ=1.975 τ=4.995

Encontrando os valores de k, ϴ e τ

```python
# valores obtidos pelo método de smith
y_max = max(saida) # valor máximo do sinal
d_Y = y_max - min(saida) # delta do sinal
d_u = 1 # valor do degrau unitário

# valor do sinal em 28,3% para determinar t1 pelo gráfico
y_t1 = y_max * 0.283
t1 = 3.64

# valor do sinal em 63,2% para determinar t2 pelo gráfico
y_t2 = y_max * 0.632
t2 = 6.97

# encontrando os valores de k, ϴ e τ
k = d_Y/d_u # k = 2
tau = 1.5 * (t2 - t1) # τ = 4.995
theta = t2 - tau # ϴ = 1.975

print( k, tau, theta)
```

Encontrando os valores de k, ϴ e τ

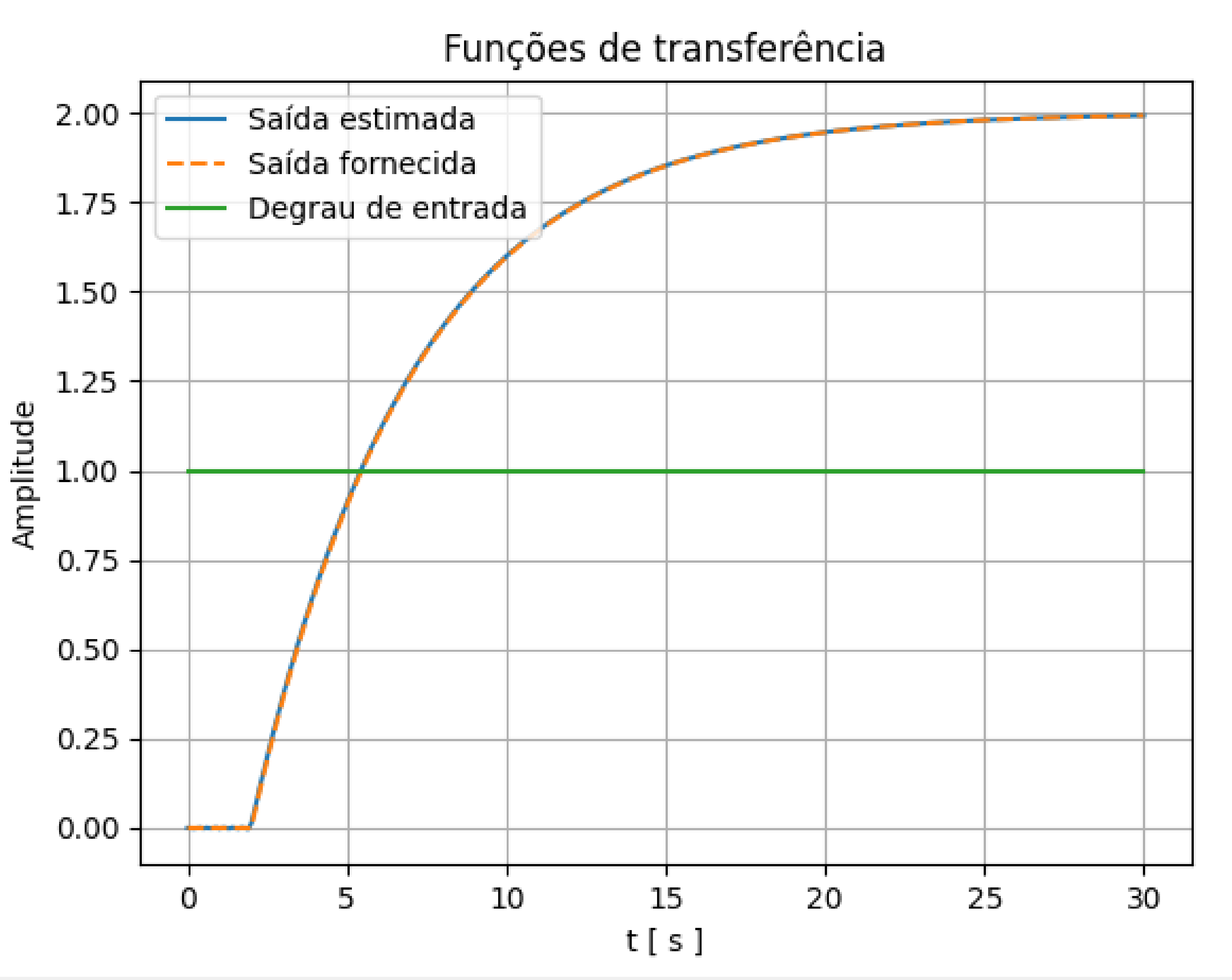




Plotando a estimativa

```
# importando os dados
mat = loadmat('TransferFunction1.mat')

# simulação da função de transferência
degrau = mat.get('degrau')
saida = mat.get('saida')
t1 = mat.get('t')

# definindo as variáveis da função de transferência
k = 2
tau = 4.995
theta = 1.975

# construindo a função de transferência
num = np.array([k])
den = np.array([tau, 1])
H = cnt.tf(num, den)
n_pade = 20
(num_pade, den_pade) = cnt.pade(theta, n_pade)
H_pade = cnt.tf(num_pade, den_pade)
Hs = cnt.series(H, H_pade)

# simulação da função de transferência estimada
time, y = cnt.step_response(1*Hs, T=t1)
```

Plotando estimada e fornecida

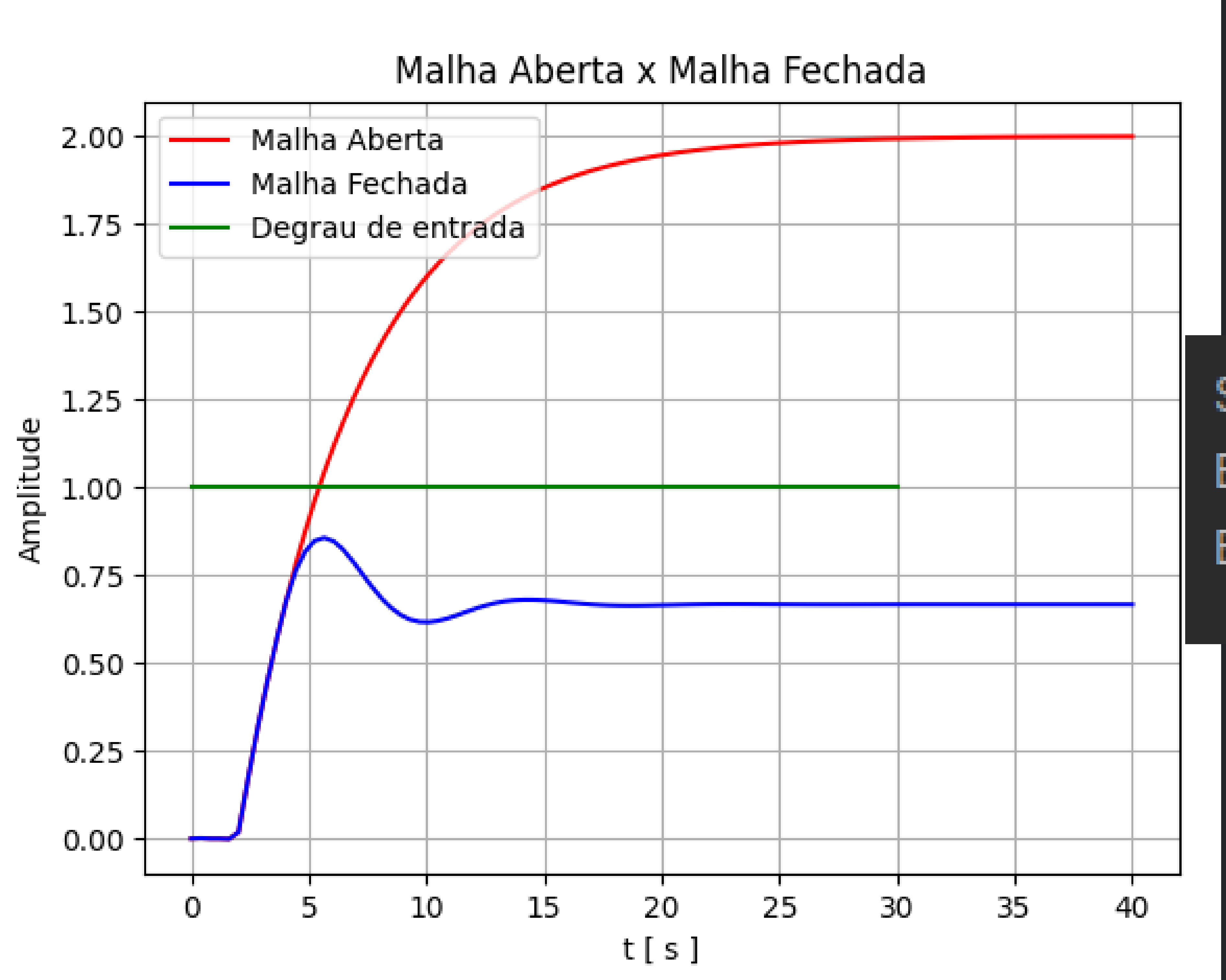


Cálculo erro das malhas

```python
# importando os dados
mat = loadmat('TransferFunction1.mat')
saida = mat.get('saida')
degrau = mat.get('degrau')
t1 = mat.get('t')

# definindo as variáveis da função de transferência
k = 2
tau = 4.995
theta = 1.975

# construindo a função de transferência da planta
num = np.array([k])
den = np.array([tau, 1])
H = cnt.tf(num, den)
n_pade = 20
(num_pade, den_pade) = cnt.pade(theta, n_pade)
H_pade = cnt.tf(num_pade, den_pade)
Hs = cnt.series(H, H_pade)
```

```python
# plotando o gráfico de comparação da malha aberta e fechada
t = np.linspace(0, 40, 100)
(t, y) = cnt.step_response(Hs, t)
plt.plot(t, y, label='Malha Aberta')
Hmf = cnt.feedback(Hs, 1)
(t, y1) = cnt.step_response(Hmf, t)
plt.plot(t, y1, label='Malha Fechada')
plot2 = plt.plot(t1.T, degrau, label='Degrau de entrada')
plt.xlabel(' t [ s ] ')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend(loc='upper left')
plt.title('Malha Aberta x Malha Fechada')

# exibindo o gráfico
plt.grid()
plt.show()

# calculando o erro em malha aberta e fechada
print('')
print('SetPoint = ', degrau[1])
print('Erro da Malha Aberta = ', abs(degrau[1] - max(saida)))
print('Erro da Malha Fechada = ', degrau[1] - 0.66)
```

Erro - Malha Aberta e Malha Fechada



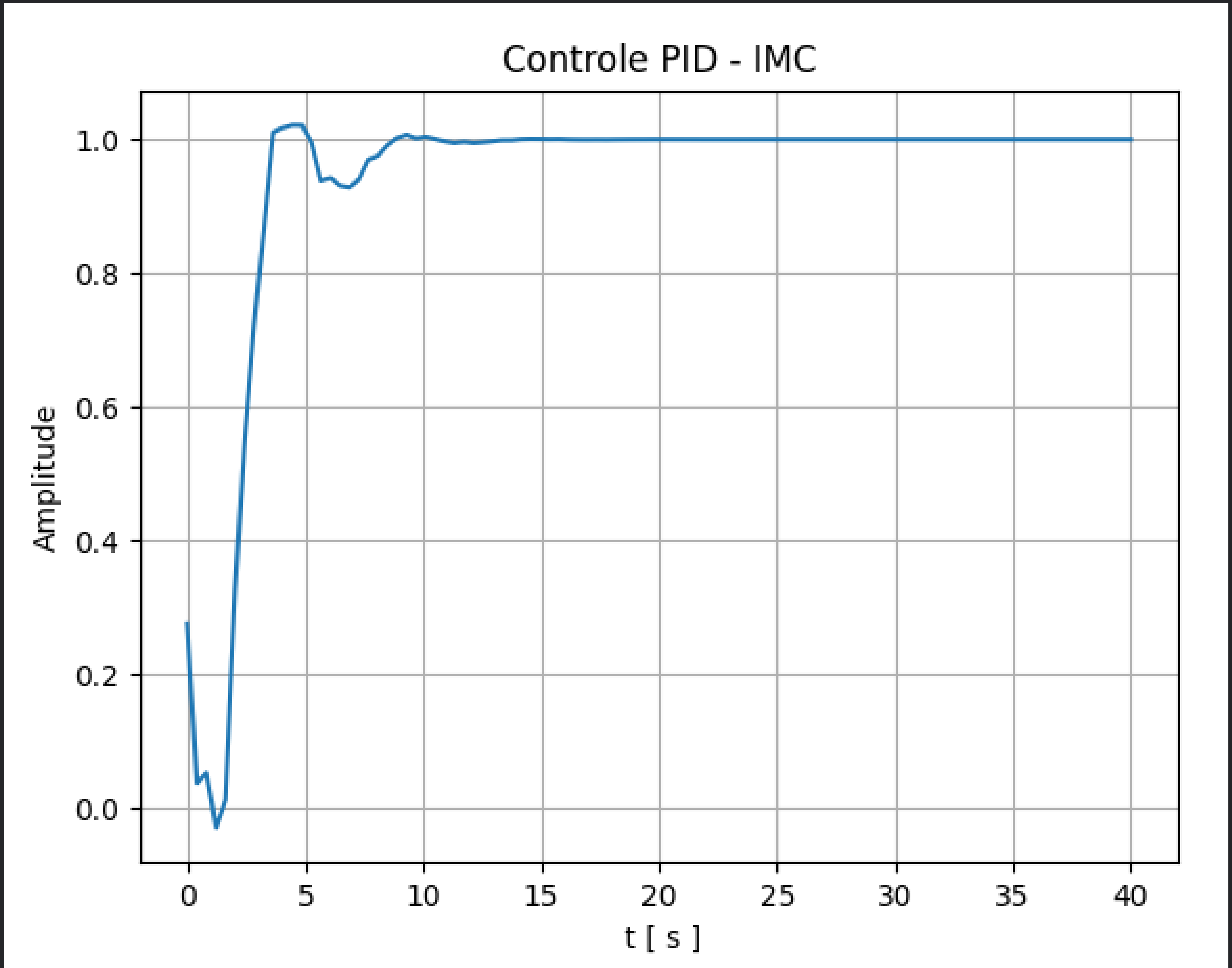

```
SetPoint =  [1]
Erro da Malha Aberta =  [0.99260427]
Erro da Malha Fechada =  [0.34]
```

Método Modelo Interno - IMC

- Foi proposto por Rivera et al (1986).
- Utiliza um modelo interno do processo, que utiliza a função de transferência da planta para determinar os ajustes dos parâmetros PID.
- Seu uso presume-se um processo de baixa ordem sem atraso de resposta.
- A velocidade de resposta depende de um parâmetro λ. Kp, Ti e Td tornam-se funções deste parâmetro.
- Quanto menor o valor de λ, mais rápida é a resposta e melhor é o desempenho. Porém, quanto mais baixo for λ, mais sensível o processo será às perturbações.
- Para um controlador PID, sugere-se que $\lambda / \theta > 0.8$.

```python
# definindo as variáveis da função de transferência
k = 2
tau = 4.995
theta = 1.975

# controlador PID - IMC
lambida = 1.6 # lambda > 1.58
kp = ((2 * tau + theta) / (k * (2 * lambida + theta)))
ti = tau + (theta / 2)
td = (tau * theta) / (2 * tau + theta)

# construindo a função de transferência da planta
num = np.array([k])
den = np.array([tau , 1])
H = cnt.tf(num , den)
n_pade = 20
( num_pade , den_pade ) = cnt.pade ( theta , n_pade )
H_pade = cnt.tf( num_pade , den_pade )
Hs = cnt.series (H , H_pade)

# controlador proporcional
numkp = np.array([kp])
denkp = np.array([1])
```

```python
# controlador integrativo
numki = np.array([kp])
denki = np.array([ti,0])

# controlador derivativo
numkd = np.array([kp*td,0])
denkd = np.array([1])

# construindo o controlador PID
Hkp = cnt.tf(numkp , denkp)
Hki = cnt.tf(numki , denki)
Hkd = cnt.tf(numkd , denkd)
Hctrl1 = cnt.parallel (Hkp , Hki)
Hctrl = cnt.parallel (Hctrl1 , Hkd)
Hdel = cnt.series (Hs , Hctrl)

# fazendo a realimentação
Hcl = cnt.feedback(Hdel, 1)

# plotando o gráfico
t = np.linspace(0 , 40 , 100)
( t , y ) = cnt.step_response (1 * Hcl, t )
plt.plot (t , y)
plt.xlabel (' t [ s ]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.title('Controle PID - IMC')
```


Controle PID - IMC
Amplitude
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
t [s]

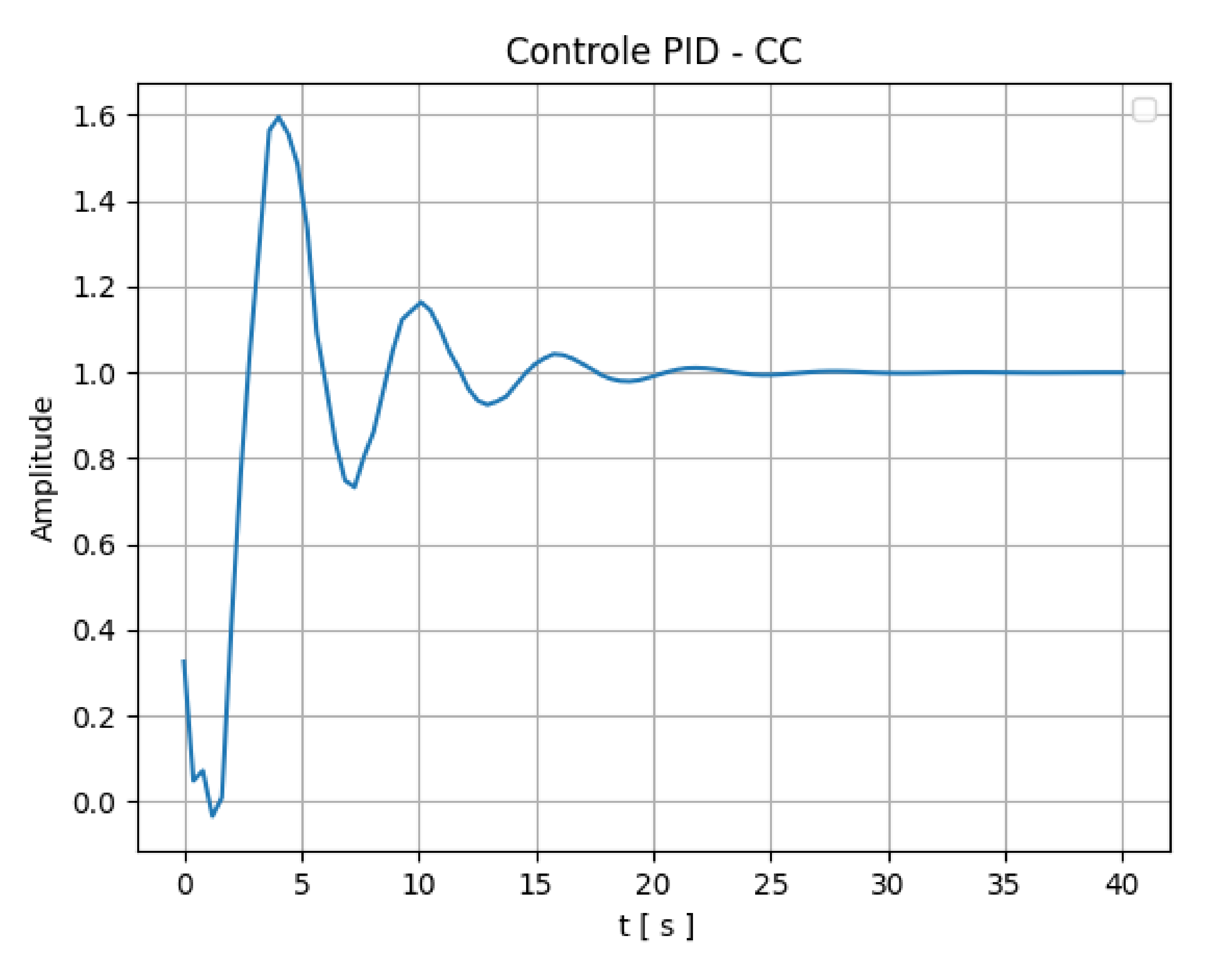
Método Cohen e Coon - CC

- Desenvolvido por George Z. Cohen e John M. Coon em 1953.
- É especialmente mais útil quando se lida com sistemas de processos industriais que possuem uma resposta mais lenta.
- É um método que não requer a indução de oscilações no sistema. Em vez disso, ele se baseia na análise da resposta do sistema a uma perturbação degrau e usa essa resposta para calcular os parâmetros do PID.
- Mais adequado para sistemas nos quais a estabilidade é uma preocupação crítica e sistemas de primeira ordem com tempo morto.
- Pode não ser a melhor escolha para sistemas de alta ordem ou que possuam características muito complexas.

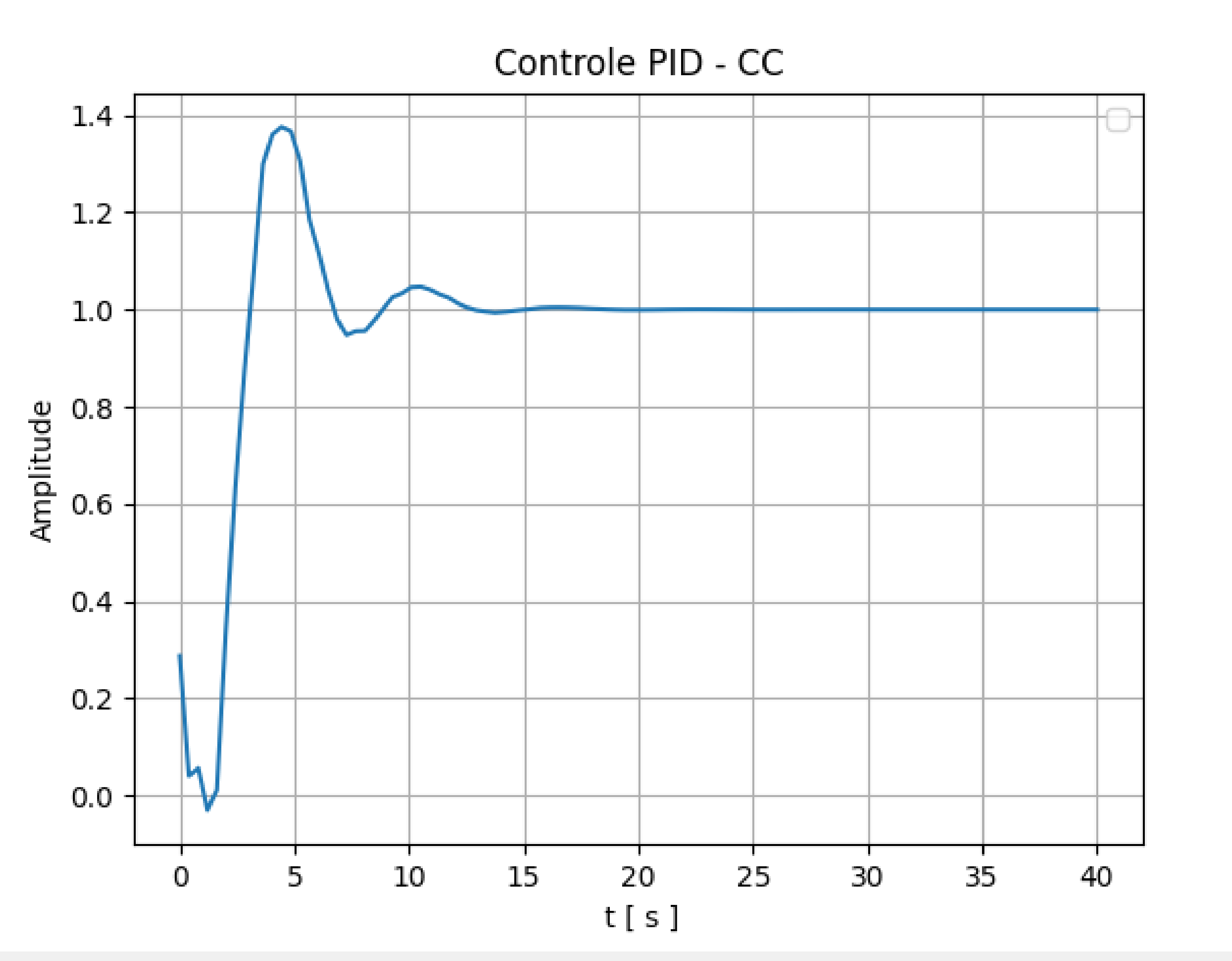
```python
# definindo as variáveis da função de transferência
k = 2
tau = 4.995
theta = 1.975

# controlador PID - CC
ke = (1/k)*(tau/theta)*((4/3+(1/4*(theta/tau))))
ti = theta*((32+6*(theta/tau))/(13+(8*(theta/tau))))
td = theta*((4/(11+(2*(theta/tau)))))

# construindo a função de transferência da planta
num = np.array([k])
den = np.array([tau, 1])
H_cc = cnt.tf(num, den)
n_pade = 20
(num_pade, den_pade) = cnt.pade( theta, n_pade)
H_pade = cnt.tf(num_pade, den_pade)
Hs = cnt.series(H_cc, H_pade)

# controlador proporcional
numke = np.array([ke])
denke = np.array([1])

# controlador integrativo
numki = np.array([ke])
denki = np.array([ti, 0])
```

```python
# controlador derivativo
numkd = np.array([ke*td, 0])
denkd = np.array([1])

# construindo o controlador PID
Hke = cnt.tf(numke, denke)
Hki = cnt.tf(numki, denki)
Hkd = cnt.tf(numkd, denkd)
Hctrl1 = cnt.parallel(Hke, Hki)
Hctrl = cnt.parallel(Hctrl1, Hkd)
Hdel = cnt.series(Hs, Hctrl)

# fazendo a realimentação
Hcl = cnt.feedback(Hdel, 1)

# plotando o gráfico
t = np.linspace(0, 40, 100)
(t, y) = cnt.step_response(1*Hcl, t)
plt.plot(t, y)
plt.xlabel(' t [ s ]')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.legend(loc='upper right')
plt.title('Controle PID - CC')

plt.grid()
plt.show()
```

Ajuste Kp - CC



ke = 1.81



ke = 1.5

IMC vs CC

IMC Malha Aberta:

- Usa modelo interno no controlador.
- Simplifica dinâmica do sistema.
- Indicado com modelo preciso e perturbações conhecidas.

Cohen e Coon Malha Aberta:

- Sintonia PID clássica.
- Ajustes iterativos nos parâmetros.
- Aplicável com conhecimento limitado do sistema.

IMC Malha Fechada:

- Usa modelo interno para melhorar desempenho com realimentação.
- Rápida resposta e robustez a perturbações.
- Ideal quando feedback é crucial.

Cohen e Coon Malha Fechada:

- Sintonia PID considerando realimentação.
- Enfoca estabilidade e resposta transitória.
- Útil para otimizar desempenho sob feedback.

Interface - IMC

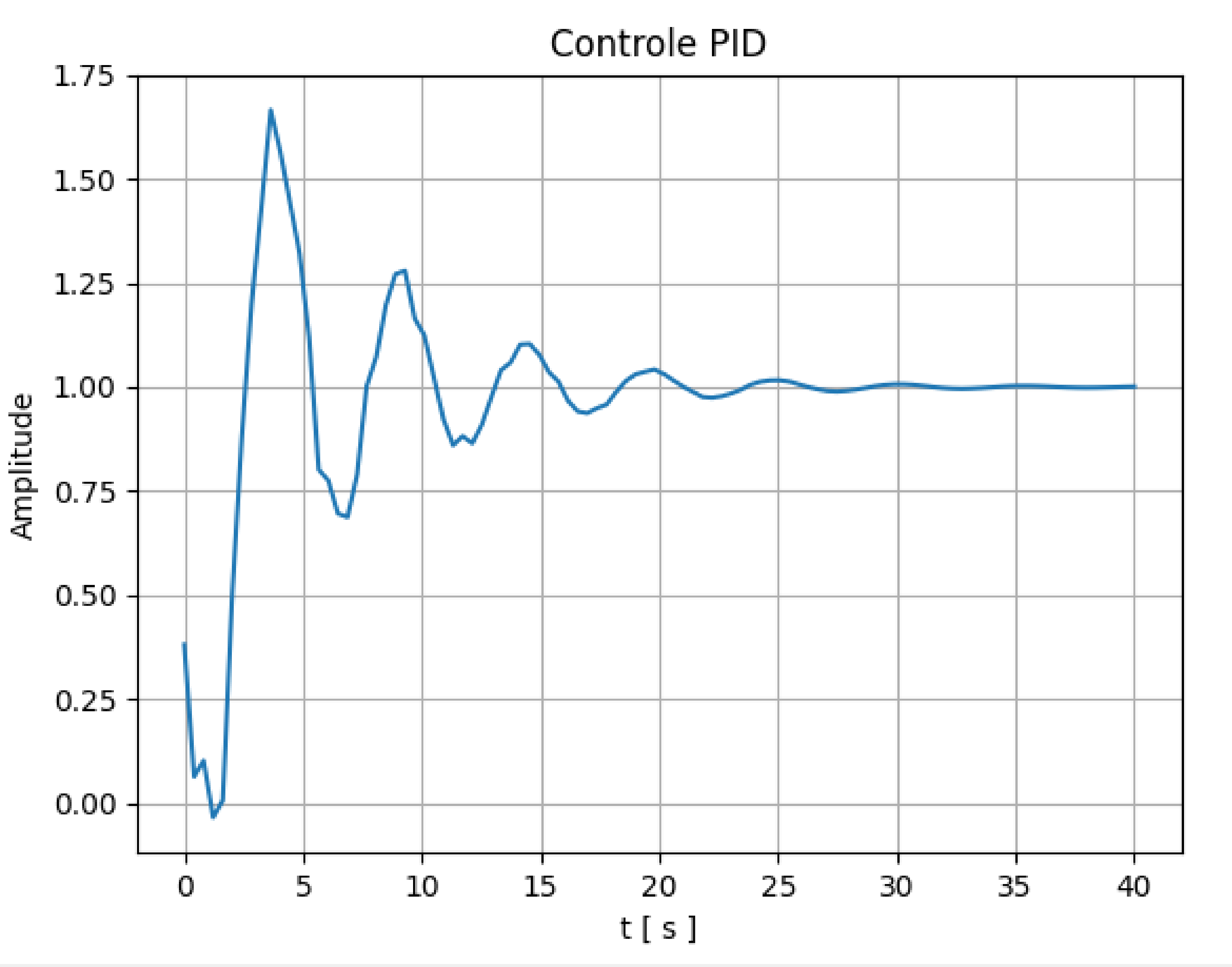
```
Escolha um método do controlador PID:
[1] - Método IMC
[2] - Método CC
[3] - Entre com os parâmetros do PID
[3] - Sair
Escolha uma opção: 1


Kp calculado por IMC =  1.1650438169425512
Ti calculado por IMC =  5.9825
Td calculado por IMC =  0.8244985374007523
```

Interface - CC

```
Escolha um método do controlador PID:
[1] - Método IMC
[2] - Método CC
[3] - Entre com os parâmetros do PID
[3] - Sair
Escolha uma opção: 2


Ke calculado por CC =  1.8110759493670885
Ti calculado por CC =  4.200009289651329
Td calculado por CC =  0.6700144324645556
```

Interface - Parâmetros

```
Escolha um método do controlador PID:
[1] - Método IMC
[2] - Método CC
[3] - Entre com os parâmetros do PID
[3] - Sair
Escolha uma opção: 3

Entre com os dados dos parâmetros
k = 2
tau = 4.995
theta = 1.975

Entre com os dados dos parâmetros PID
Kp = 1.85
Ti = 4.24
Td = 0.83
SetPoint = 1
```



Escolha entre IMC e Cohen e Coon:

- IMC com modelo conhecido e perturbações compreendidas.
- Cohen e Coon quando modelo é incerto ou complexo.

Conclusão:

- Escolha depende da natureza do sistema, modelo conhecido, e requisitos de desempenho em malha aberta ou fechada.
- Ambos métodos oferecem abordagens distintas, proporcionando flexibilidade no projeto de controle.

Obrigada!