



Aluno (a): Breno Mendes Moura

RA: 150311

Professor (a): Joel Rocha Pinto

Data: 27/09/2019

Disciplina: ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

Turma: ACETEN1

Projeto de Otimização do Motor CC - Módulo 1

1). Um motor de corrente contínua de 175HP, 1750RPM, 500V; tem os seguintes parâmetros:

- Resistência do circuito de armadura: $0,08652\Omega$
- Indutância do circuito de armadura: $0,002118H$
- Inércia do rotor do circuito de armadura: $0,8159kgm^2$
- Tensão de excitação: $300V$
- Indutância de excitação: $3,896H$
- Resistência do circuito de campo: $36,59\Omega$
- Velocidade em vazio: $193,83rad/s$

Limite de corrente máxima de 5 vezes a nominal.

Determinar:

- a) O diagrama completo em p.u. do motor (original), analisando o desempenho da velocidade e da corrente com uma carga nominal no tempo de 3 segundos.

Corrente da Armadura (Corrente Nominal – I_n)

$$k\Phi = \frac{V_a - R_a \times I_a}{\omega} \rightarrow 2,58 = \frac{500 - 0,08652 \times I_a}{183,26} \rightarrow I_a = 314,25 A$$

Corrente de Rotor Bloqueado (Corrente de Curto-Circuito - I_{cc})

$$I_{cc} = \frac{V_n}{R_a} = \frac{500}{0,08652} \rightarrow I_{cc} = 5779,01 A$$

Corrente Nominal em p.u.

$$i_{n(pu)} = \frac{I_n}{I_{cc}} = \frac{314,25}{5779,01} \rightarrow i_{n(pu)} = 0,0544 pu$$

Torque Nominal

$$T_n = T_{eletro} = k\phi n \times I_{an} = 2,58 \times 314,25 \rightarrow T_{eletro} = 810,76 Nm$$

Torque de Rotor Bloqueado (Torque de Curto-Circuito – T_{cc})

$$T_{cc} = k\Phi n \times I_{cc} = 2,58 \times 5779,01 \rightarrow T_{cc} = 14909,84 Nm$$

Torque Nominal em p.u.

$$t_{n(pu)} = \frac{T_n}{T_{cc}} = \frac{810,76}{14909,84} \rightarrow t_{n(pu)} = 0,0544 pu$$

Constante da Armadura

$$\tau_A = \frac{L_A}{R_A} = \frac{0,002118}{0,08652} = 0,0245s$$

Constante do Campo

$$\tau_C = \frac{L_C}{R_C} = \frac{3,896}{36,59} = 0,1065s$$

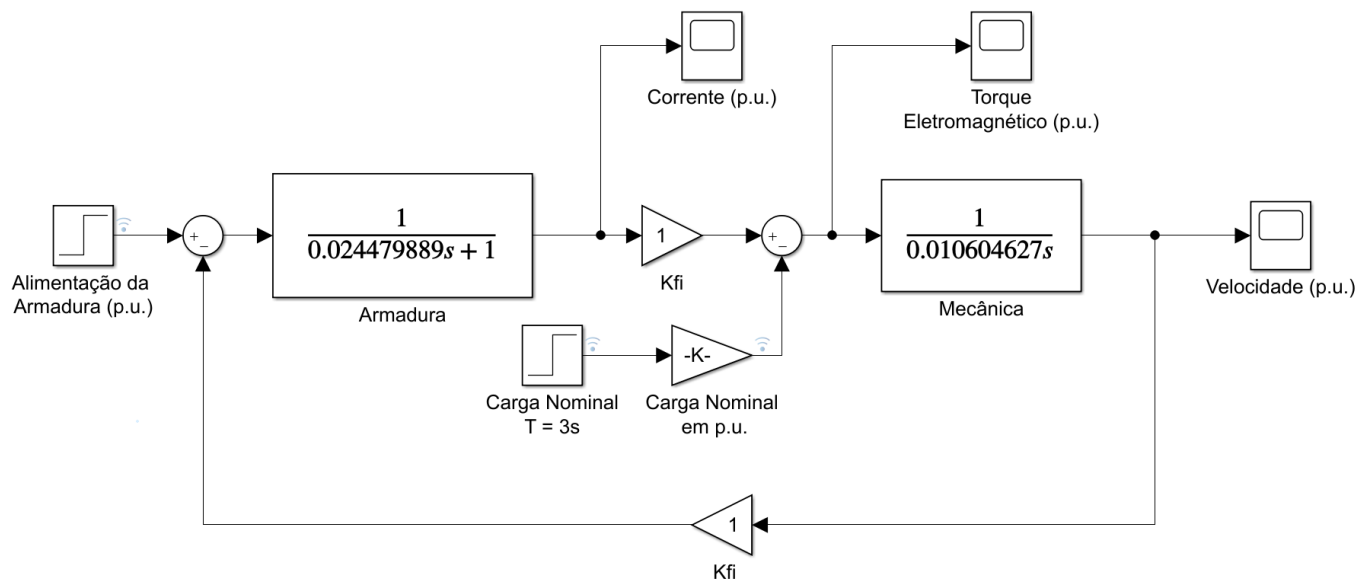
Constante Mecânica

$$\tau_{mec} = \frac{J \times R_A}{k\Phi^2} = \frac{0,8159 \times 0,08652}{2,58^2} = 0,01061s$$

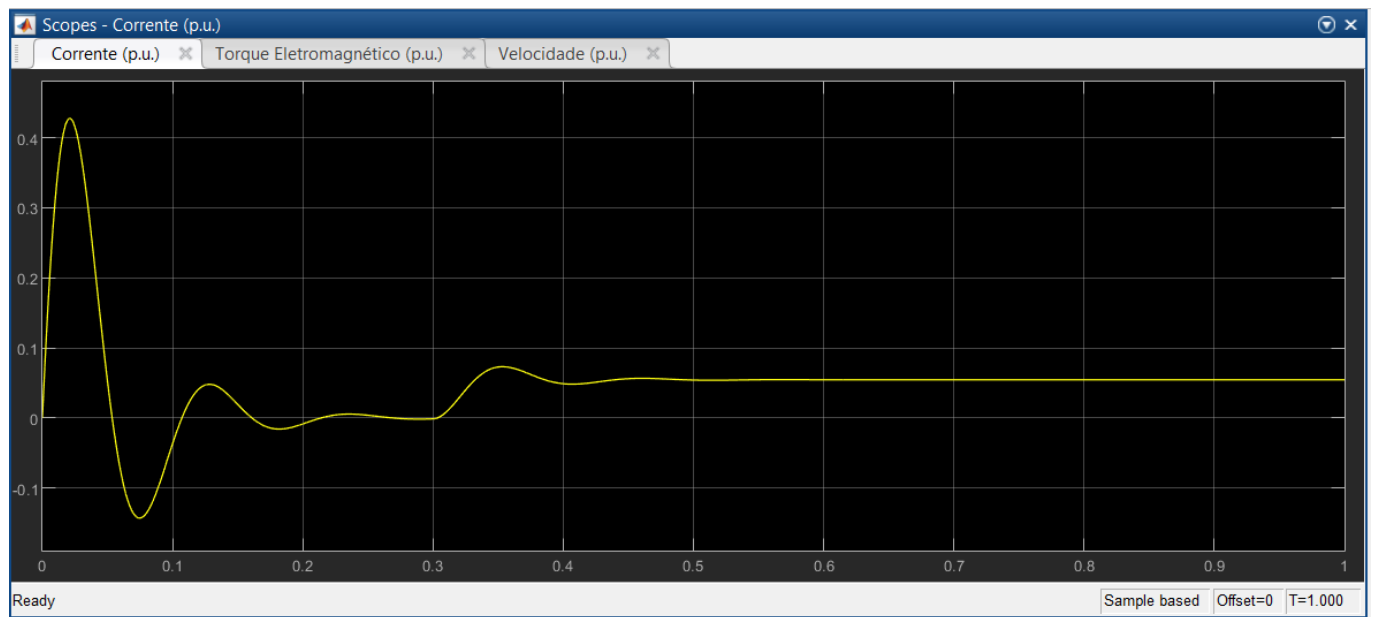
Limitador de Corrente

$$I_{pico} = \frac{5 \times I_n}{I_{cc}} = \frac{5 \times 314,15}{5779,011} = 0,2718 A$$

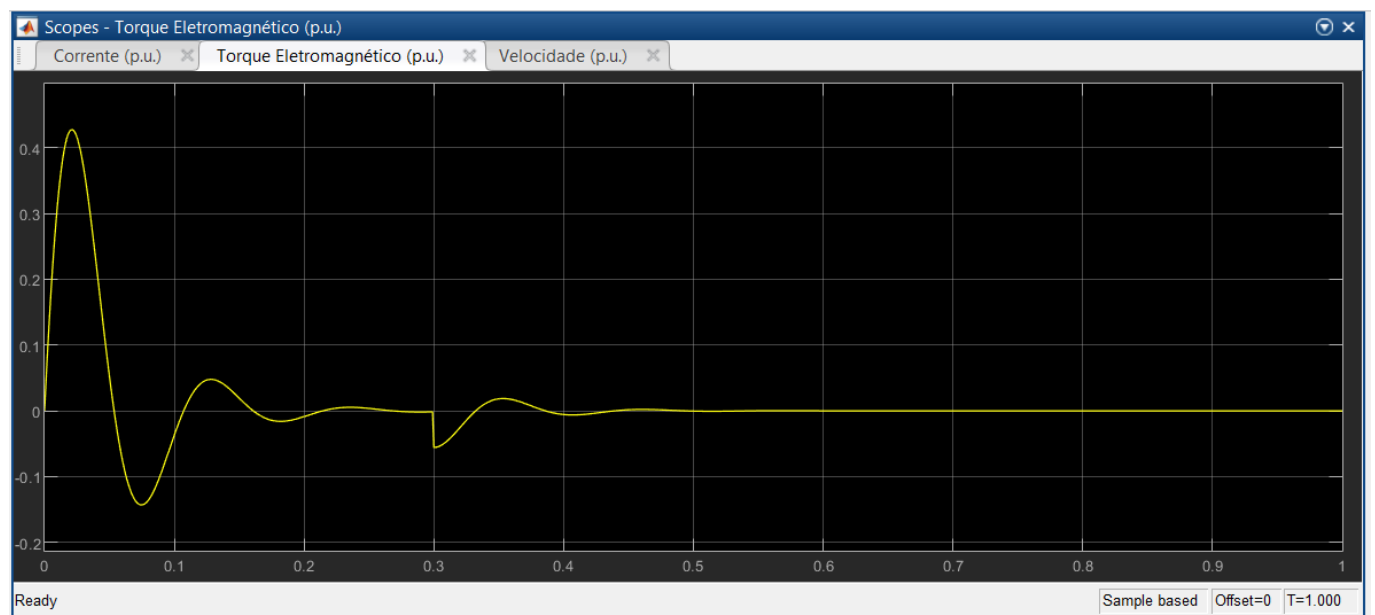
Diagrama de Blocos do MCC em p.u.



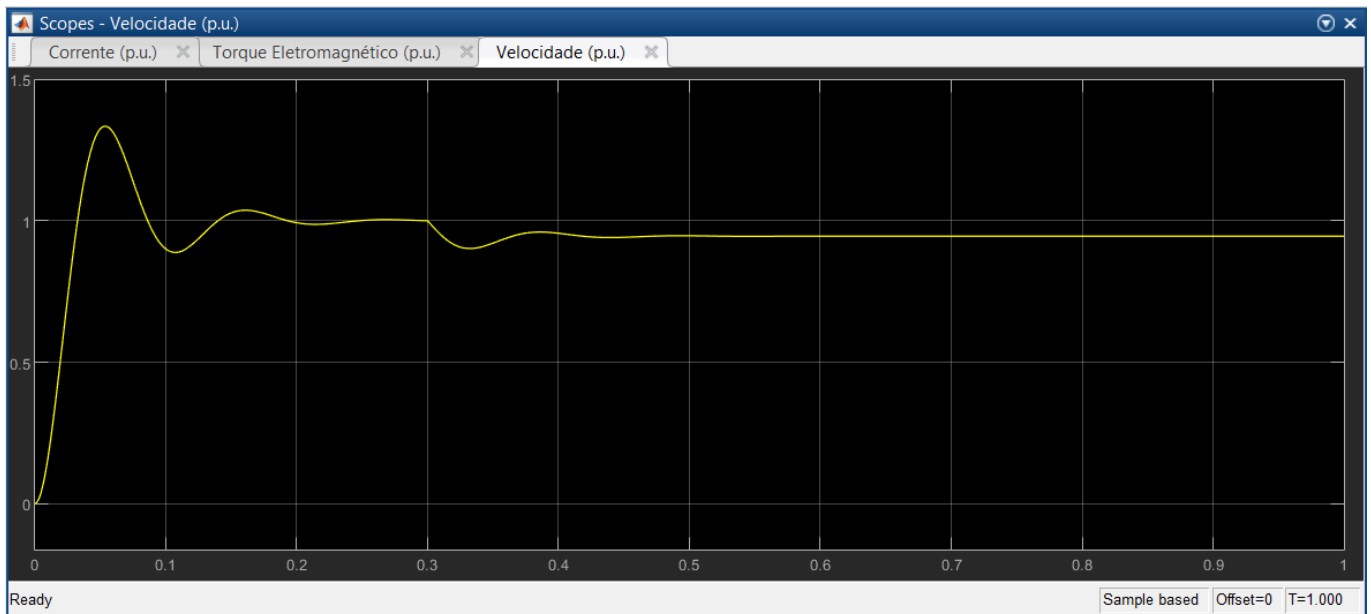
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético



Resposta em frequência da Velocidade



- b) Projetar um regulador de corrente e analisar o desempenho desta malha de controle (corrente, velocidade) com uma carga nominal no tempo de 3 segundos.

Considerar constante de filtro (τ_{filtro}) 5ms.

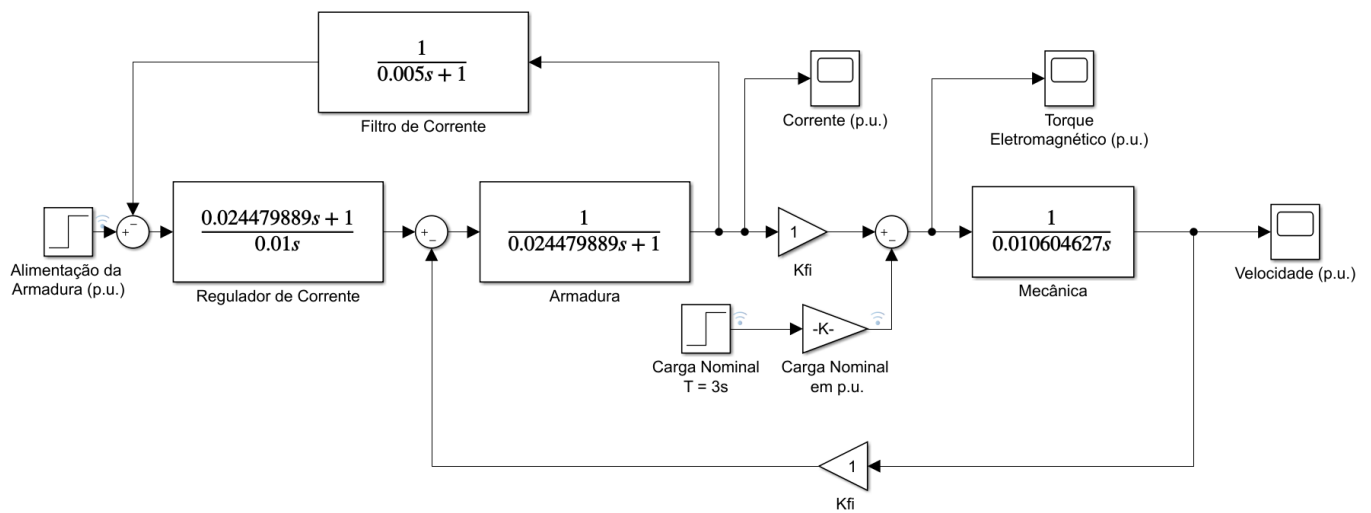
Regulador de Corrente utilizando controle P.I.

$$P.i.(i) = \frac{1 + s\tau_a}{2s\tau_{\text{filtro}}} = \frac{1 + 0,0245s}{2s0,005} = \frac{1 + 0,0245s}{0,01s}$$

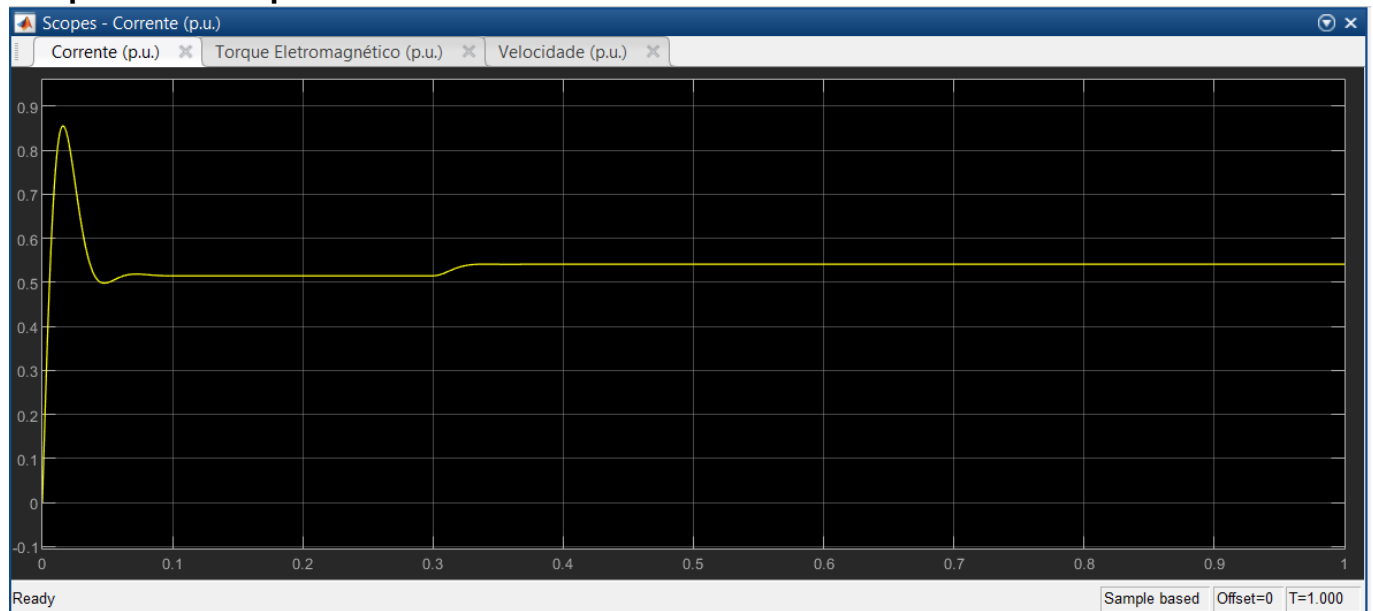
Filtro do Regulador de corrente

$$Fi = \frac{1}{1 + \tau_{\text{filtro}}} = \frac{1}{1 + 0,005s}$$

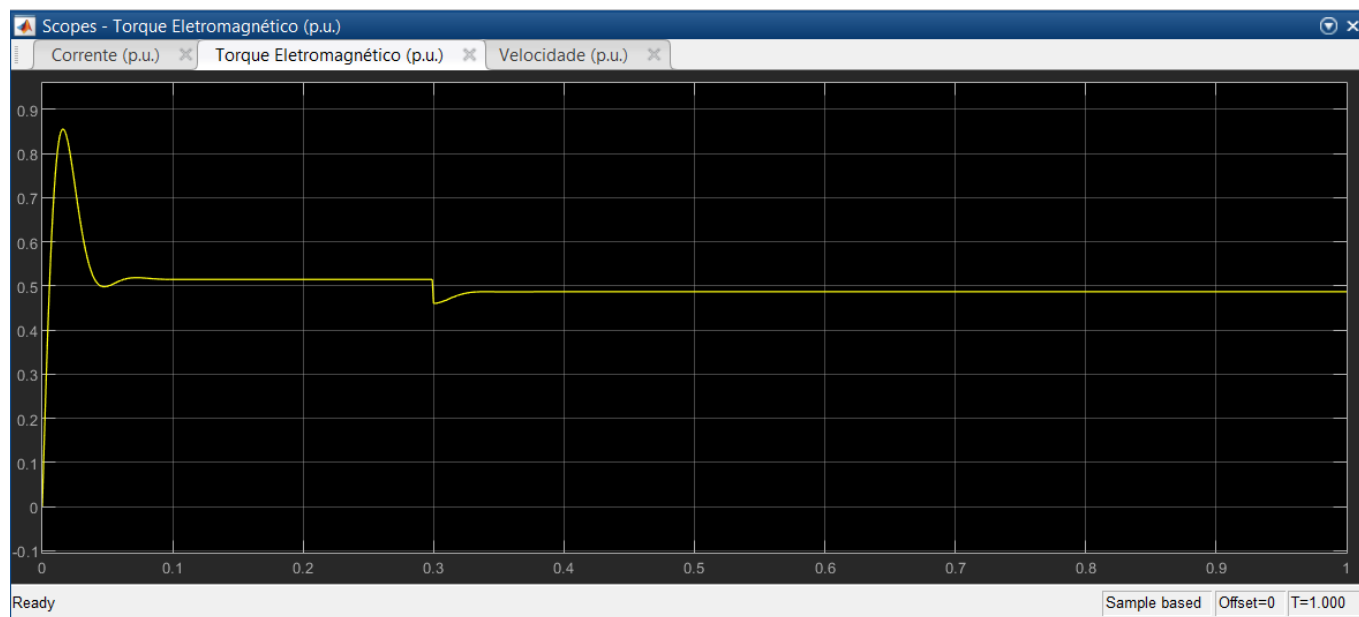
Diagrama de Blocos com Regulador de Corrente



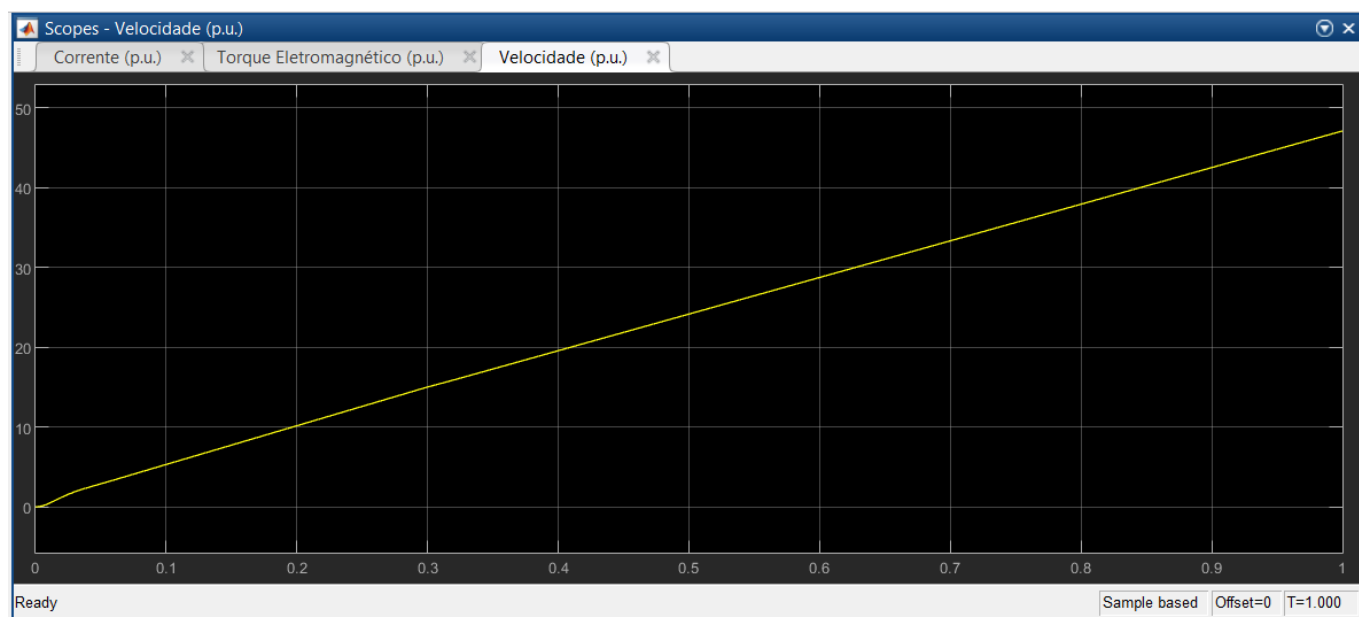
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético



Resposta em frequência da Velocidade



- c) Após incorporar o regulador de corrente, projetar o regulador de velocidade e analisar seu desempenho para a referência e perturbação nominal no tempo de 3 segundos.

Considerar constante de filtro (τ_{Filtro}) 5ms.

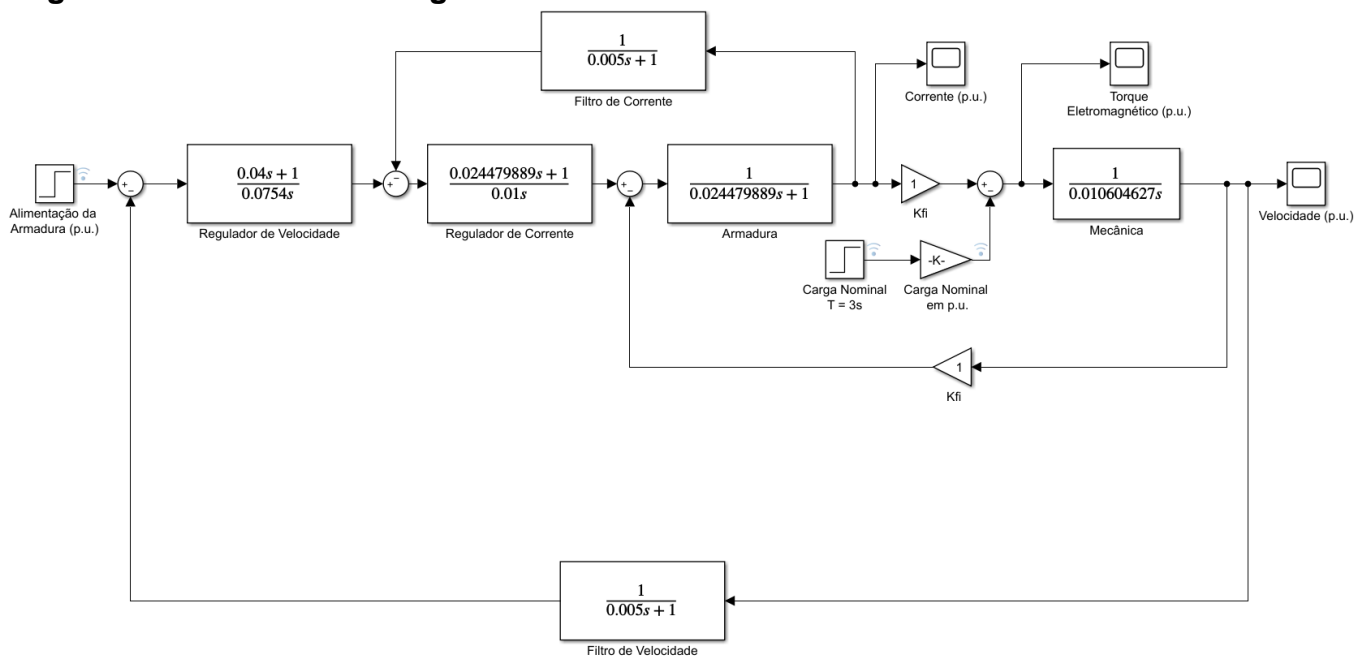
Regulador de Velocidade utilizando controle P.I.

$$P.I.(\omega) = \frac{1 + 8s\tau_{\text{filtro}}}{32s \times \tau_{\text{filtro}}^2} = \frac{1 + 8s \times 0,005}{32s \times 0,005^2} = \frac{1 + 0,04s}{0,0754s}$$

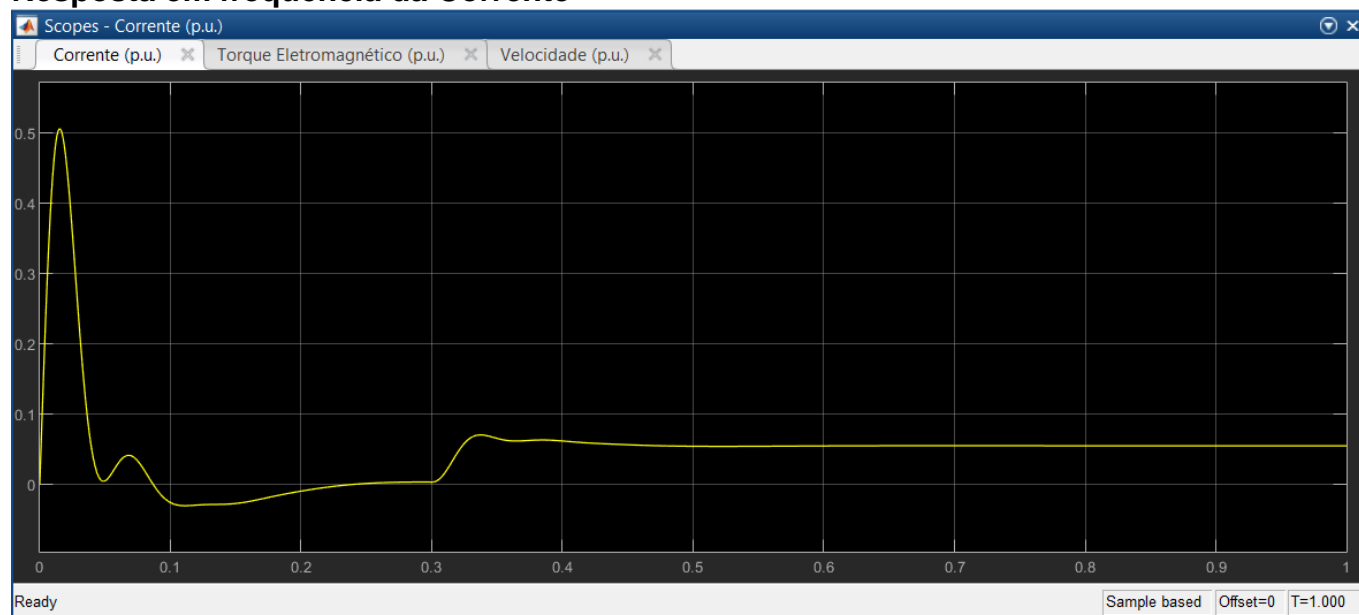
Filtro do Regulador de corrente

$$F\omega = \frac{1}{1 + s\tau_{\text{filtro}}} = \frac{1}{1 + 0,005s}$$

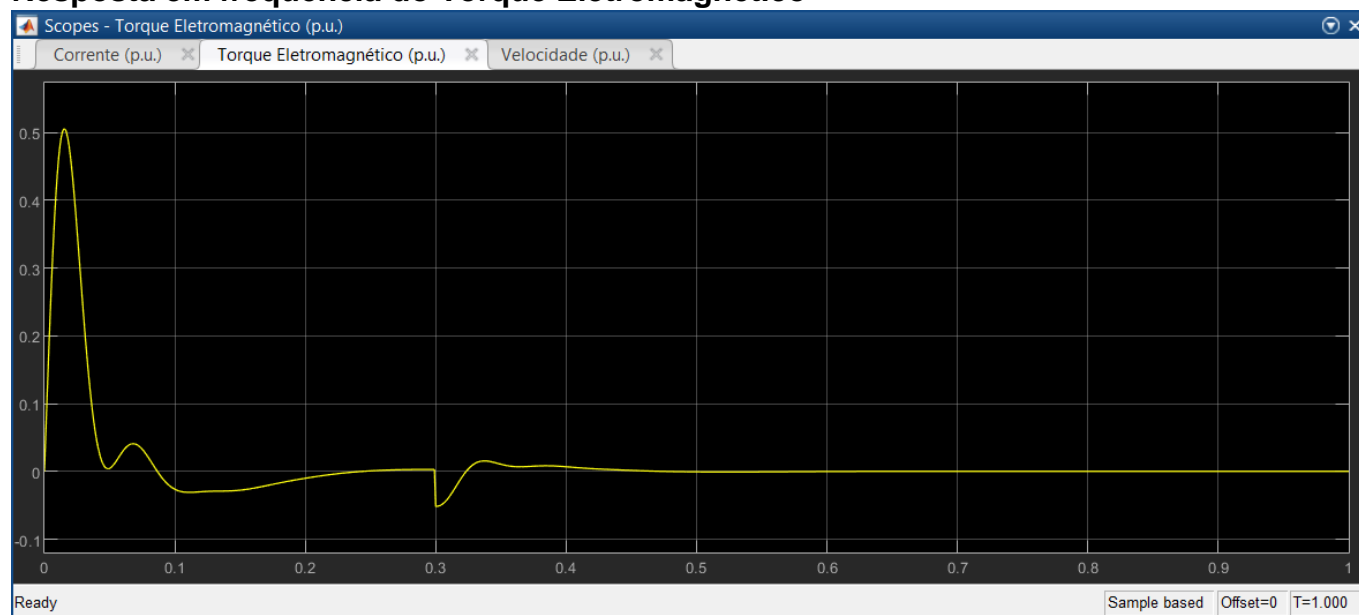
Diagrama de Blocos com Regulador de Velocidade



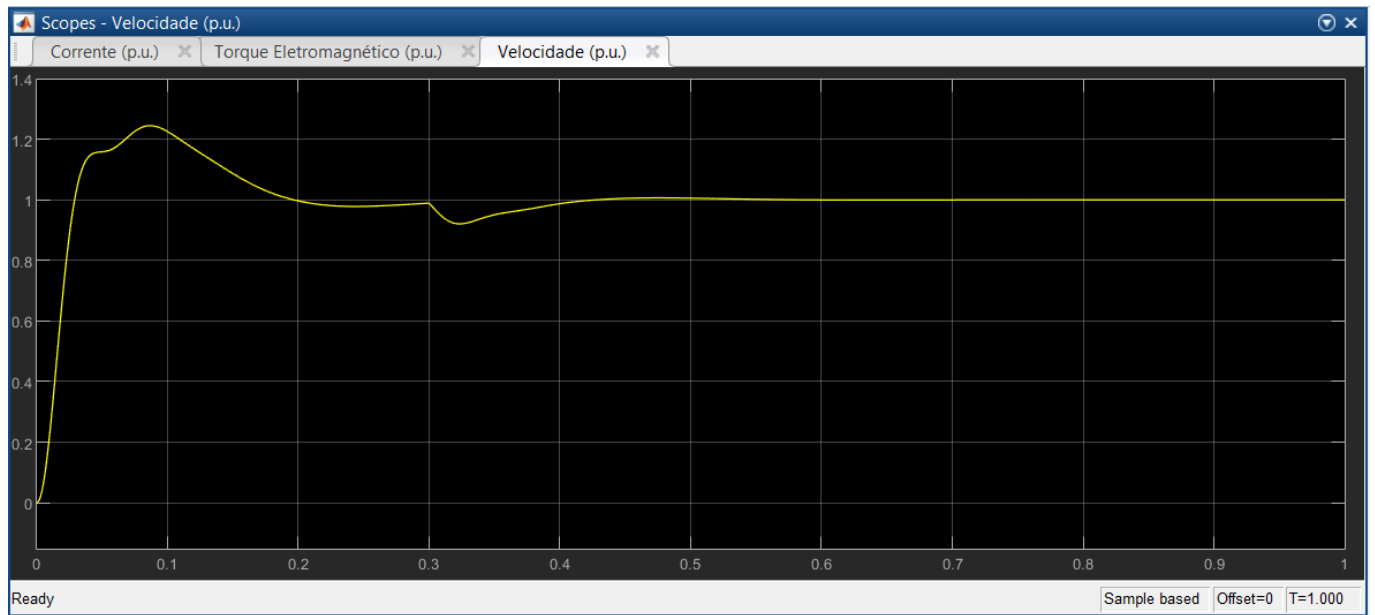
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético



Resposta em frequência da Velocidade

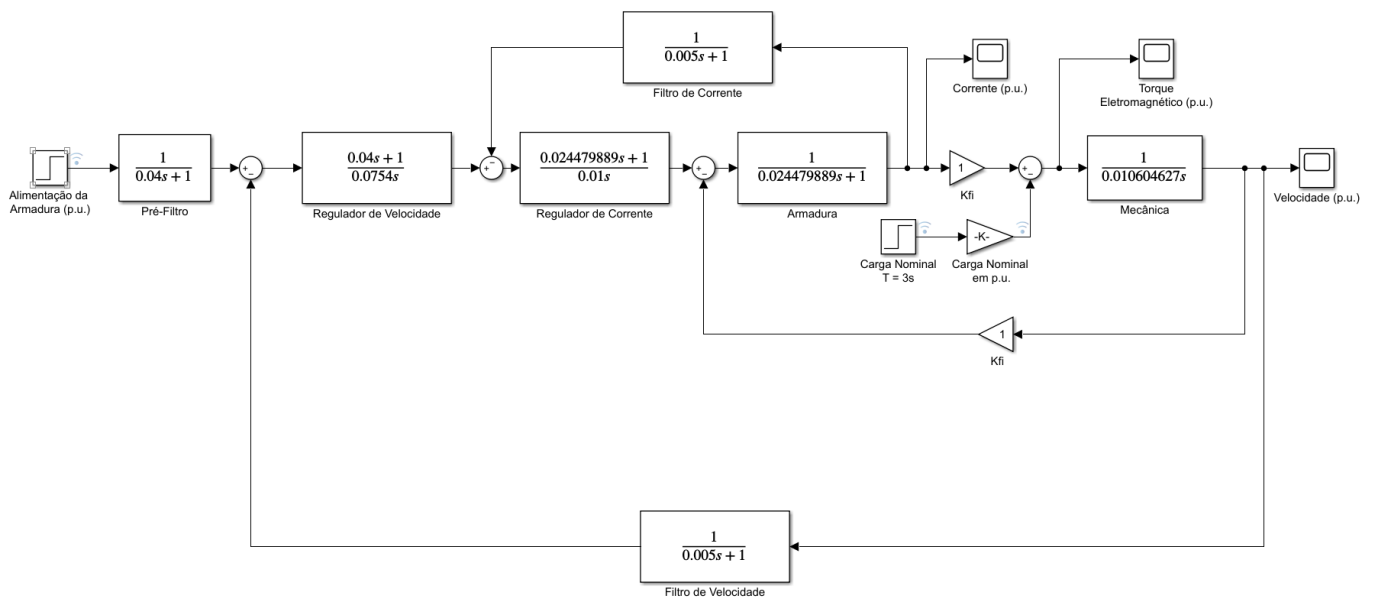


- d) Implementar o pré-filtro para atenuar o sobressinal com relação à referência de entrada e analisar o desempenho de velocidade e de corrente.

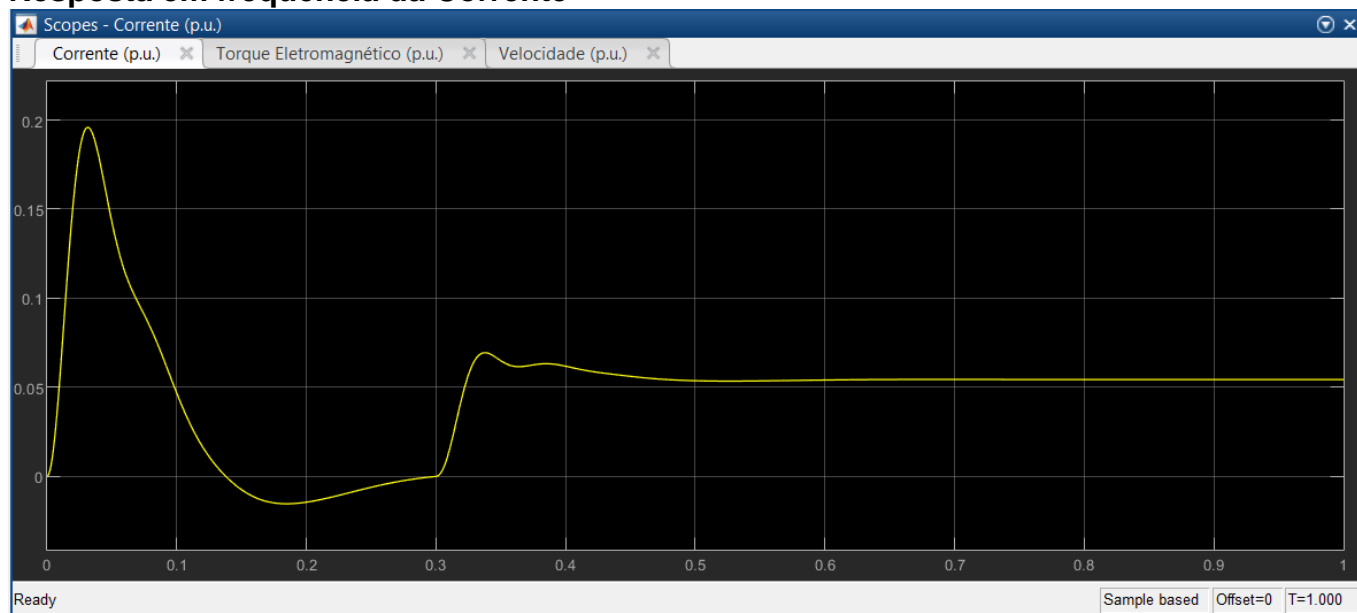
Pré-Filtro

$$PF = \frac{1}{1 + 8s\tau_{filtro}} = \frac{1}{1 + 8s * 0,005} = \frac{1}{1 + 0,04s}$$

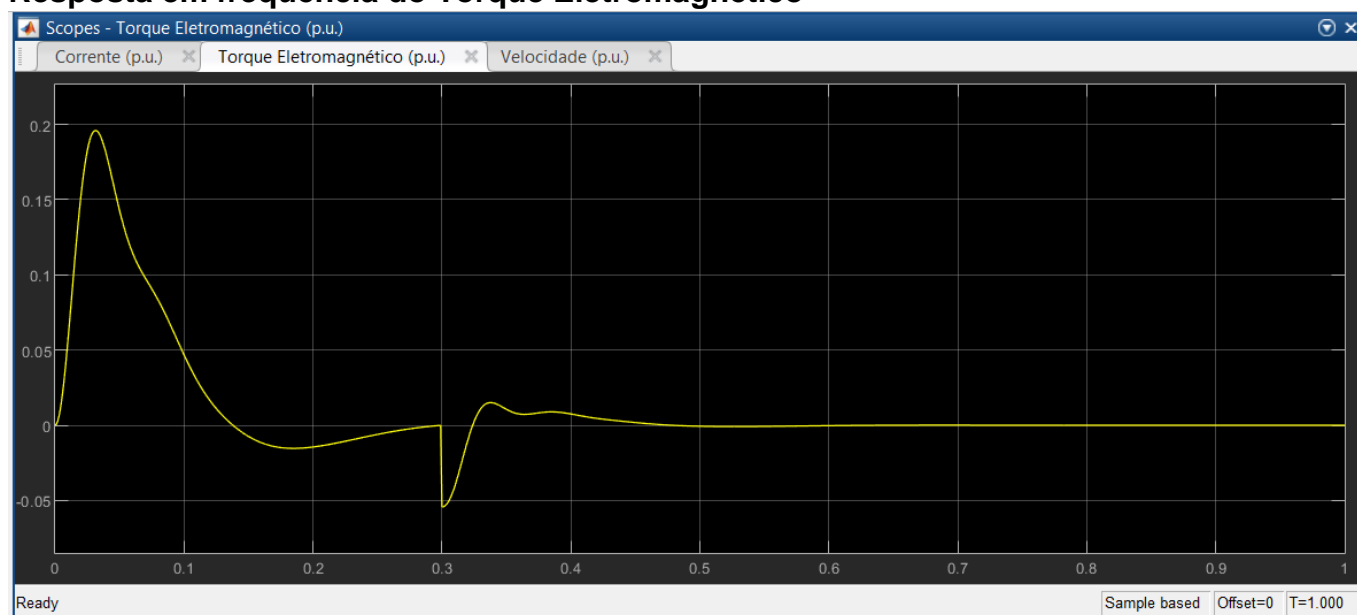
Diagrama de blocos com Pré-Filtro



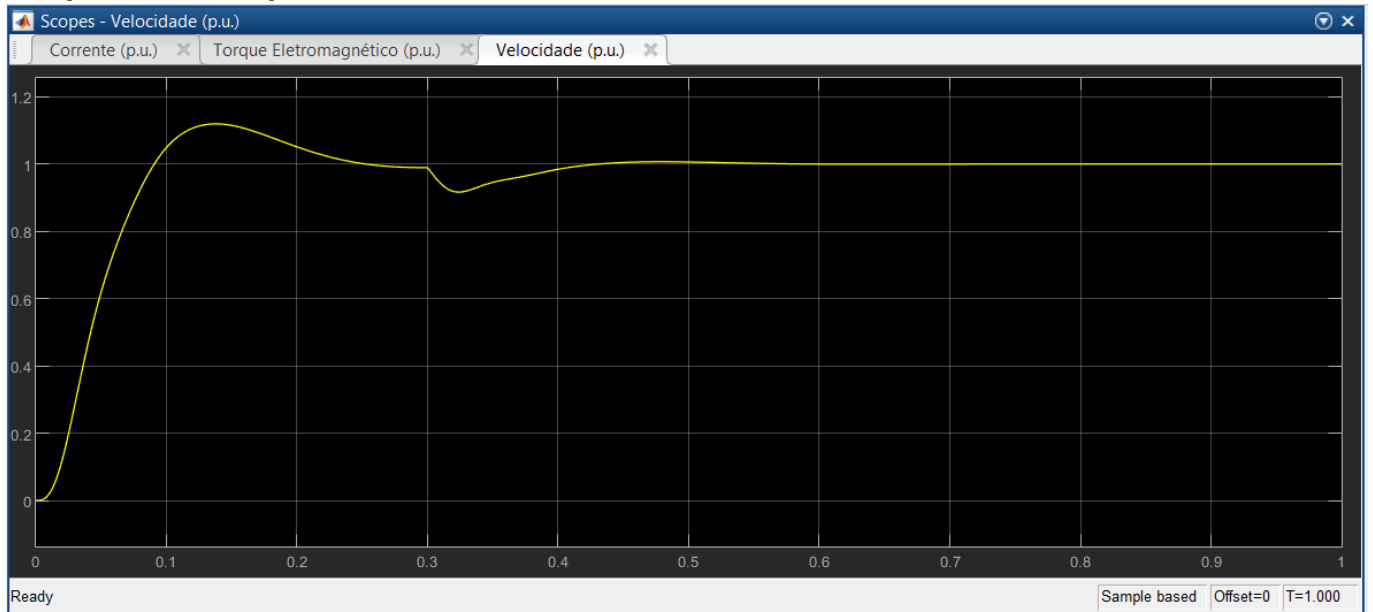
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético

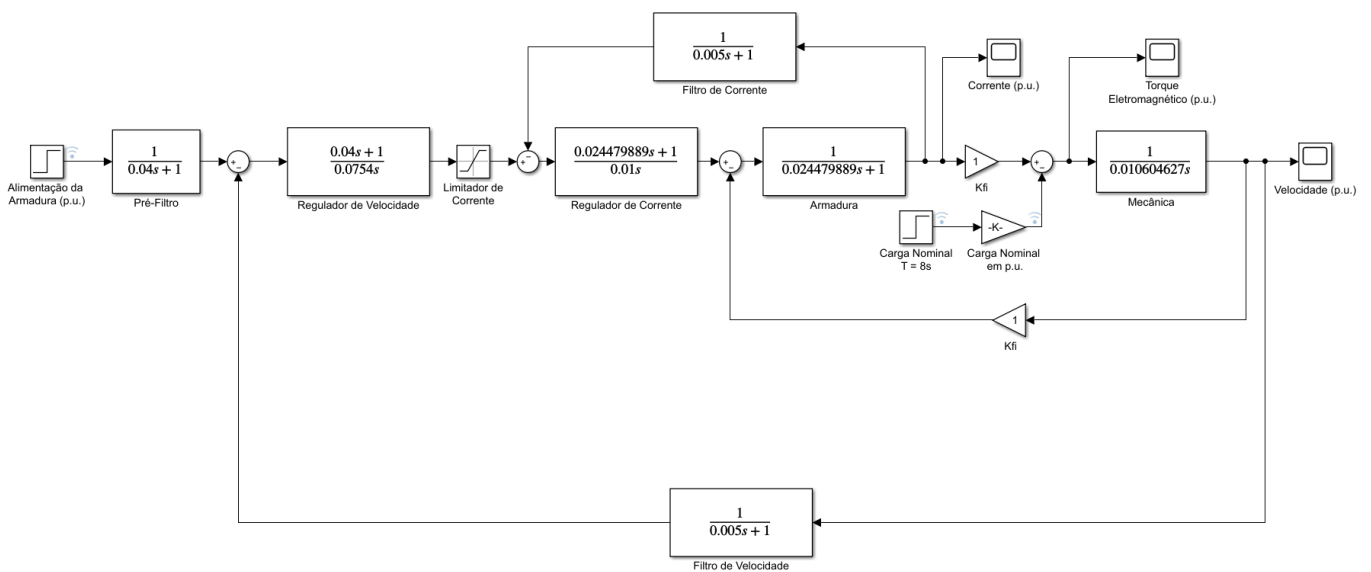


Resposta em frequência da Velocidade

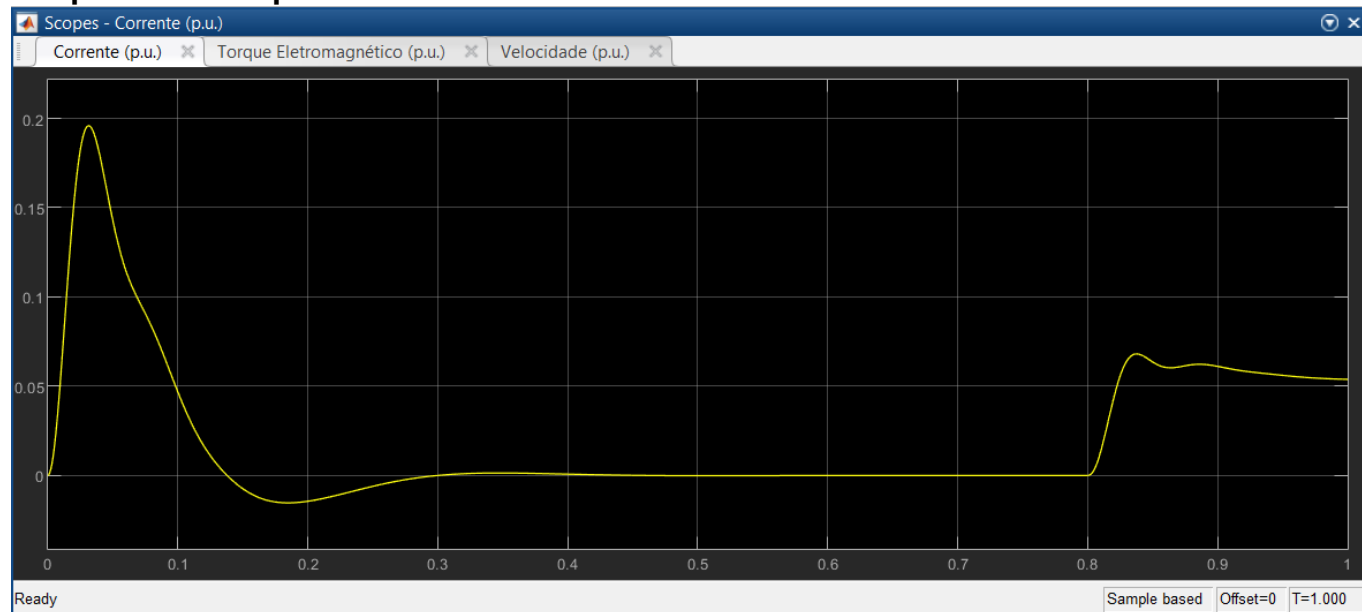


- e) Colocar um limitador de corrente conforme o valor máximo de corrente admissível e analisar seu desempenho de velocidade e corrente para a referência e perturbação nominal no tempo de 8 segundos.

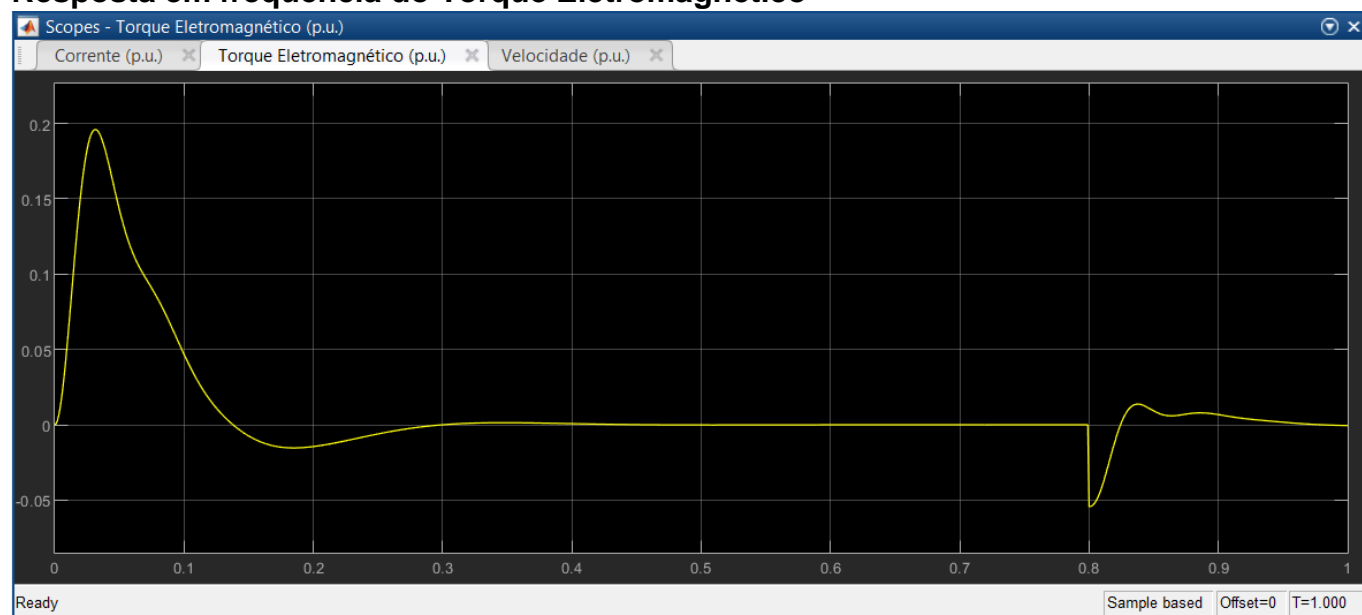
Diagrama de blocos com Limitador de Corrente



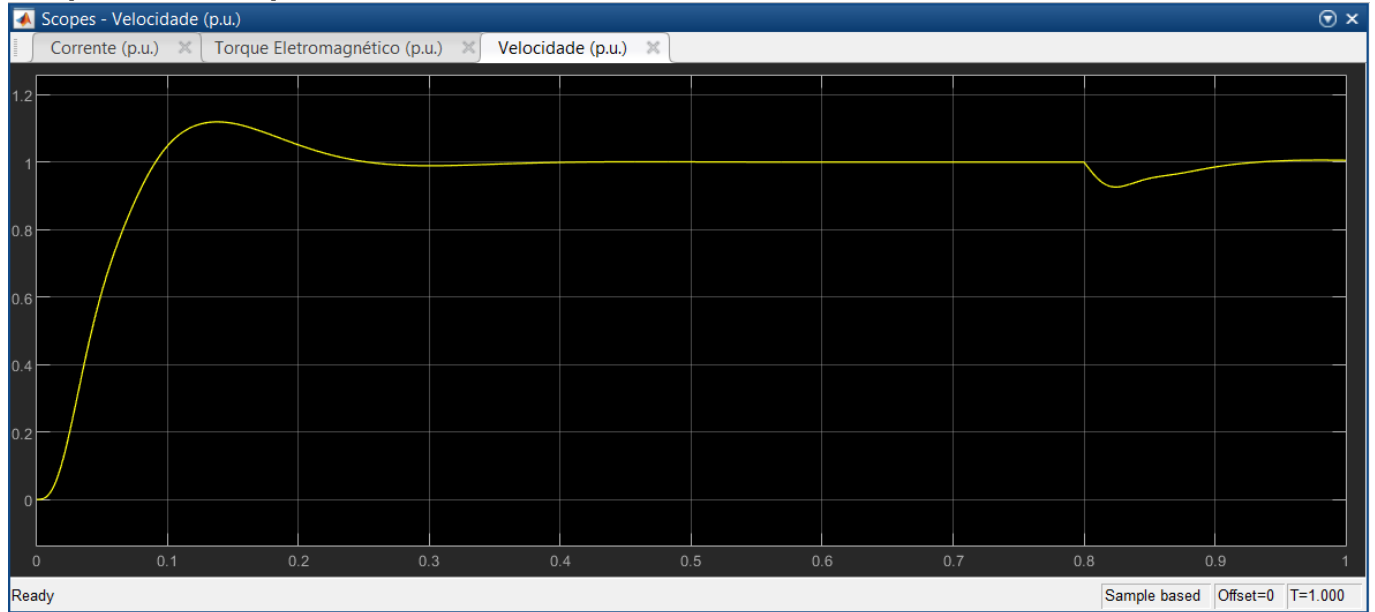
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético



Resposta em frequência da Velocidade



- f) Corrigir o regulador de velocidade para essa nova condição. Analisar o desempenho do acionamento considerando perturbação nominal no tempo de 8 segundos.
- g) Corrigir o pré-filtro para essa nova condição. Analisar o desempenho do acionamento.

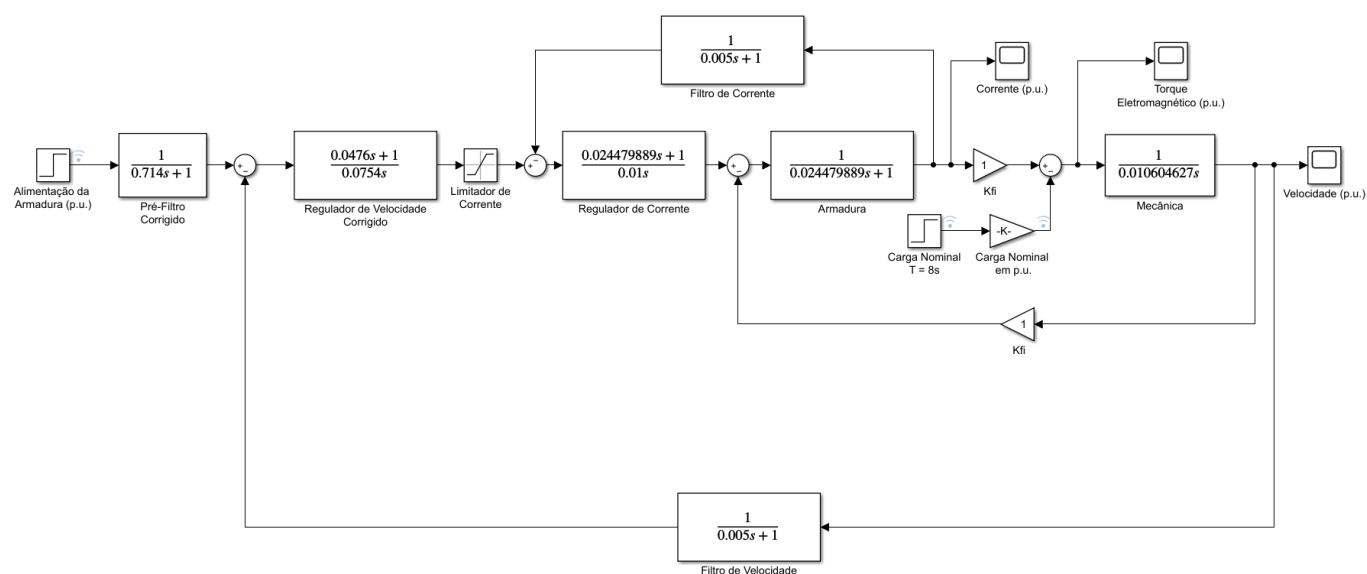
Correção do Pré-Filtro e do Regulador de Velocidade para nova condição

Verificar valor máximo da velocidade do item anterior, no qual foi 1,19.

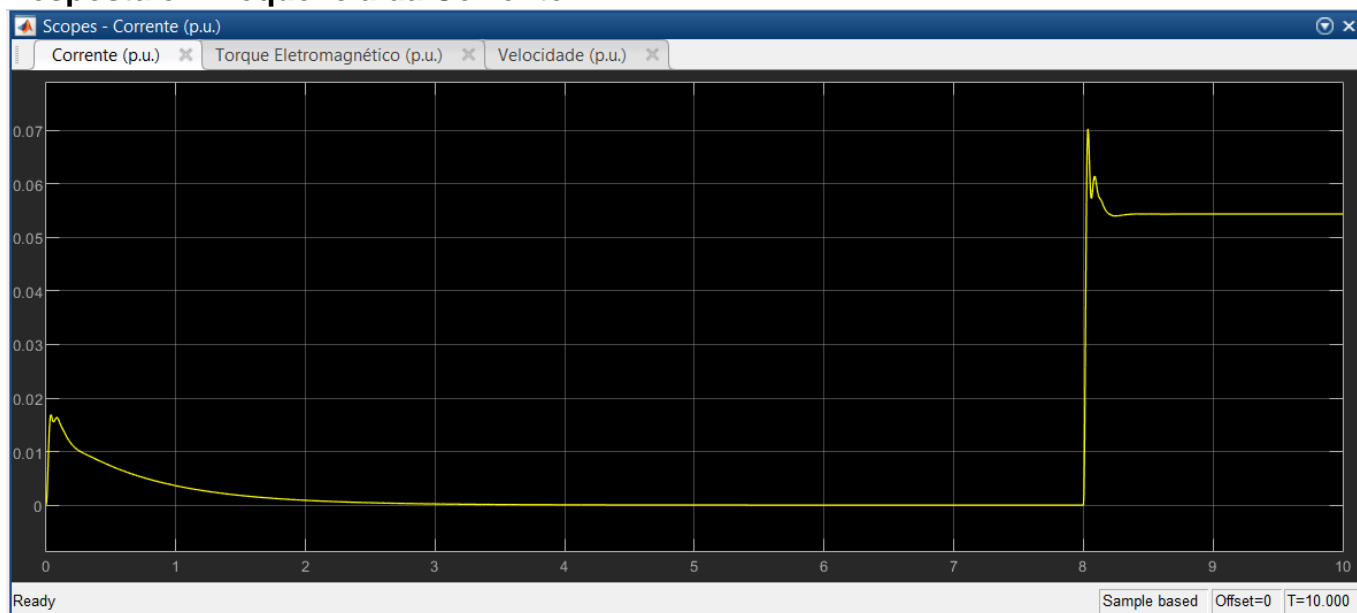
$$PF = \frac{1}{1 + (8s\tau_{filtro} \times \omega_{max} \times 15)} = \frac{1}{1 + (0,04s \times 1,19 \times 15)} = \frac{1}{1 + 0,714s}$$

$$P.I. (\omega) = \frac{1 + 8s\tau_{filtro} \times \omega_{max}}{\frac{32s \times \tau_{filtro}^2}{\tau_{mec}}} = \frac{1 + 8s \times 0,005 \times 1,19}{\frac{32s \times 0,005^2}{0,01061}} = \frac{1 + 0,0476s}{0,0754s}$$

Diagrama de Blocos com Pré-Filtro e Regulador de Velocidade corrigidos



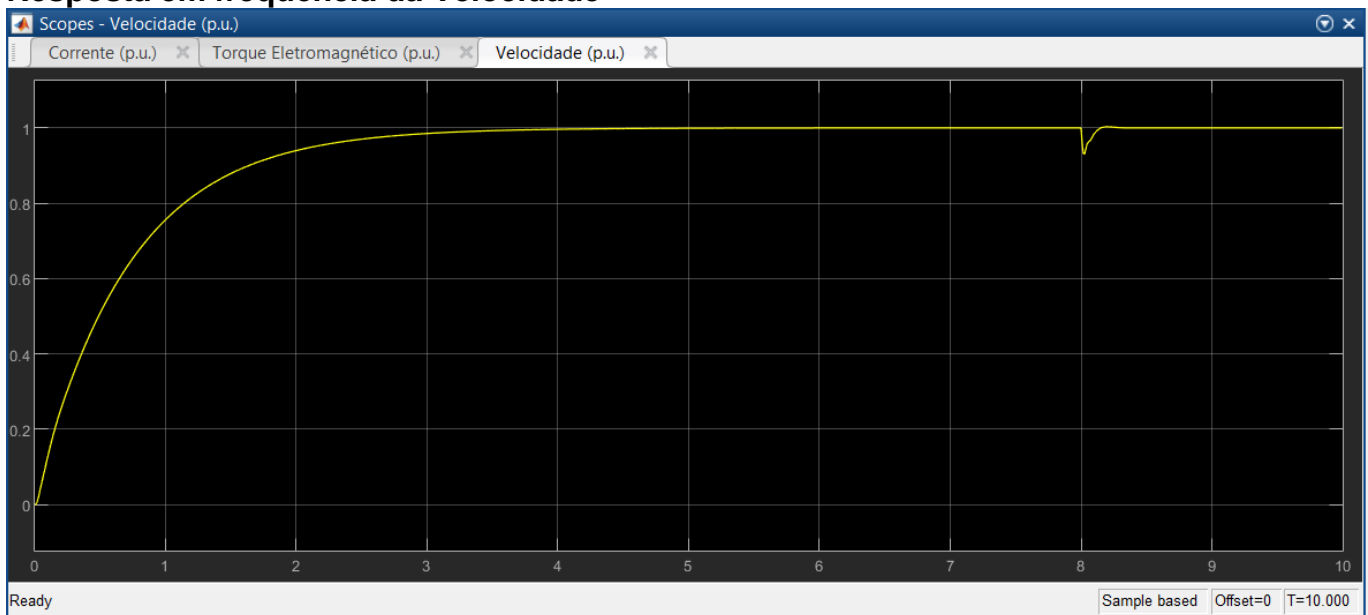
Resposta em frequência da Corrente



Resposta em frequência do Torque Eletromagnético



Resposta em frequência da Velocidade



i) Conclusões.

Desde do primeiro item até o último, onde houve a correção e inserções de diversos componentes, tais como reguladores, filtros e pré-filtros, percebe-se que foi obtida uma grande melhora nas amostragens dos *scopes* do *Simulink*, chegando a um ponto onde a velocidade atendesse ao critério de sistema criticamente amortecido, com ξ (zeta) correspondente a 1, além de melhorias evidentes na corrente e torque eletromagnético.

Com isso, o método apresenta-se como uma boa alternativa para a realização da otimização do motor CC, pela resposta a partir da aplicação de um degrau de tensão na armadura.