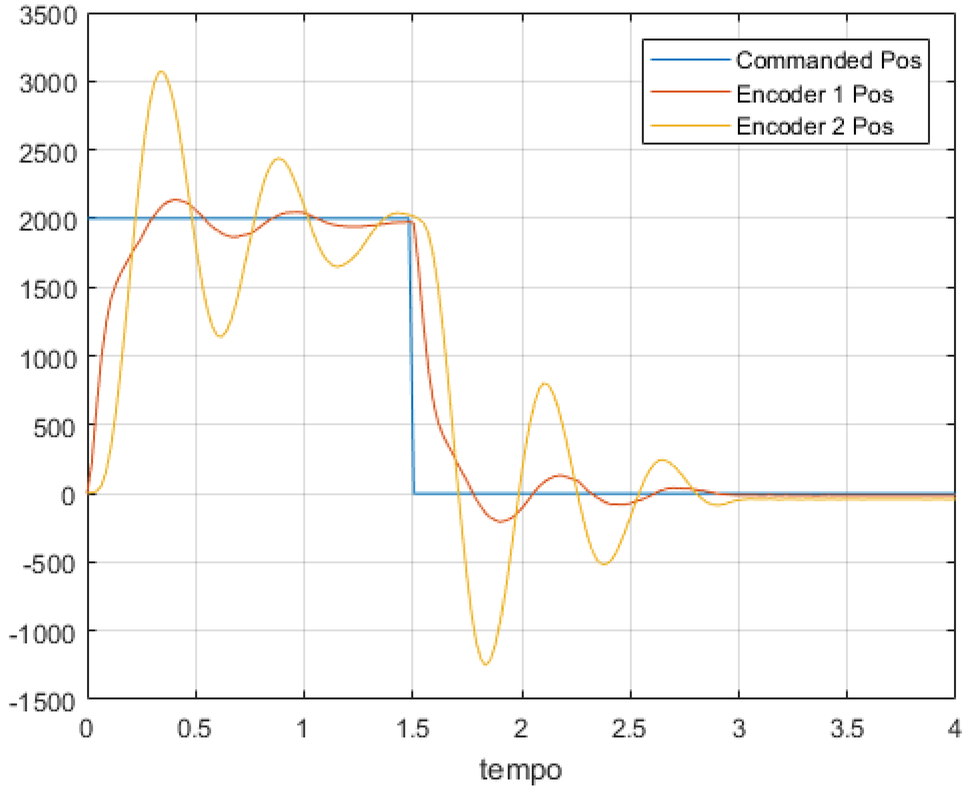
Experiência 5
Prof. Marconi Kolm Madrid
EA722 - 2017/2

Danilo Pereira Titato - RA 122541
Giovani Granzotto Oliani - RA 146253
Pedro Gabriel Calixto Mendonça - RA 118363

2.



3.

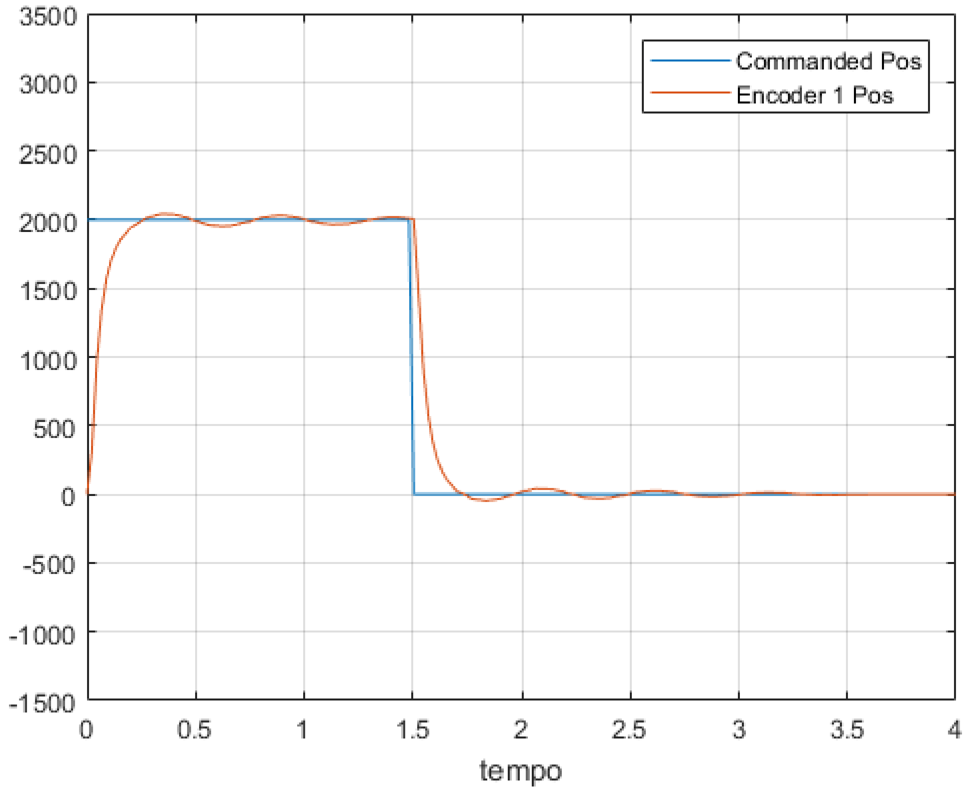
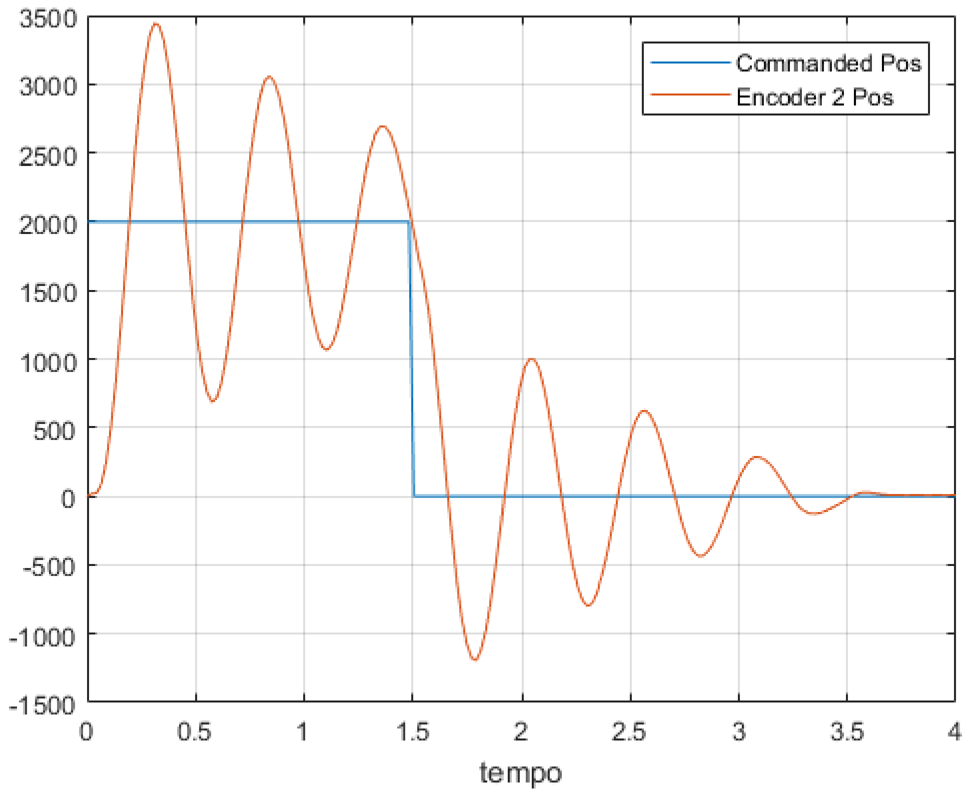


Figura 1: $k_p = 0.4$, $k_d = 0.02$

4.



A característica predominante do movimento do carro #2 é sua oscilação que se dá de forma significativa e consideravelmente maior que no carro #1. Na função de transferência de $X_1(s)$ e de $X_2(s)$, há a presença de dois pólos com parte imaginária, que fazem X_1 e X_2 oscilarem. Esses são os pólos dominantes, que decaem mais lentamente. Porém, na função de transferência de $X_1(s)$, existem dois zeros a mais, que estão muito próximos a esses dois pólos, atenunando a influência dos mesmos. Com a influência reduzida desses pólos dominantes, que estabilizam lentamente, o sistema, então, estabiliza mais rapidamente.

5.

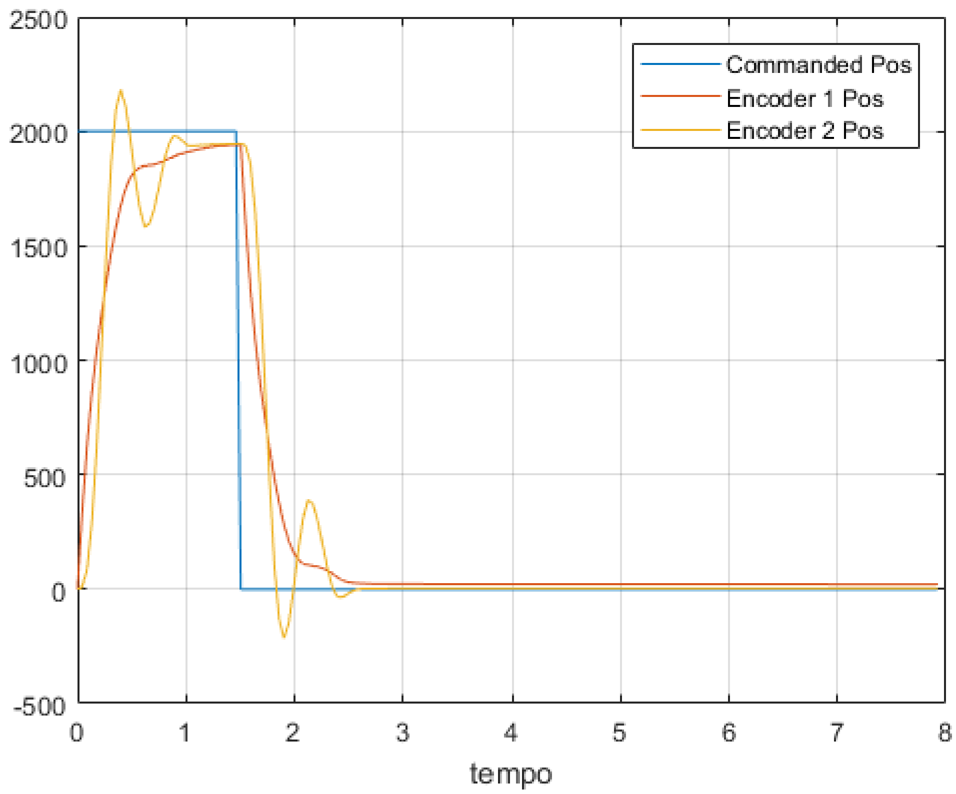


Figura 2: $k_p = 0.105$, $k_d = 0.0225$

De maneira geral, a rigidez da mola foi menor para ambos os carros. O erro de regime foi notavelmente maior em relação à configuração no item 3. Isso é esperado, pois no item 3 o objetivo era tentar melhorar o controle do carro #1, enquanto no item 5 era de tentar melhor o controle do carro #2. Desse modo, espera-se que no item 5 o controle do carro #1 seja pior, já que não é o objetivo do item 5 controlá-lo.

6.

$$X_1(s) = \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot \{F_d + k_{hw} \cdot [k_p \cdot (R(s) - X_1(s)) - k_d s X_1(s)]\}$$

$$X_1(s) = \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot [F_d - k_{hw} X_1(s) \cdot (k_p + k_d s)]$$

$$X_1(s) \cdot \left[1 + k_{hw} \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot (k_d s + k_p)\right] = \frac{N_1(s)}{D(s)} \cdot F_d$$

$$\frac{X_1(s)}{F_d} = \frac{\frac{N_1(s)}{D(s)}}{1 + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{D(s)}}$$

Servo-rigidez estática:

$$= \frac{F_d}{X_1(s)} = \frac{1 + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{D(s)}}{\frac{N_1(s)}{D(s)}} = \frac{D(s)}{N_1(s)} + k_{hw}(k_d s + k_p) \xrightarrow{\text{s = 0}}$$

$$= \frac{0}{k} + k_{hw}(k_d \cdot 0 + k_p) = k_{hw} k_p$$

Para o item 3, tem-se uma servo-rigidez estática de $5.89 \cdot 10^3$, enquanto no item 5 tem-se uma servo-rigidez estática de $1.55 \cdot 10^3$. Como esperado, a rigidez da carro #1 é menor no item 5.

7. Para o carro #2:

$$\frac{X_2(s)}{X_1(s)} = \frac{N_2(s)}{N_1(s)} \implies X_2(s) = \frac{N_2(s)}{N_1(s)} \cdot \frac{\frac{N_1(s)}{D(s)}}{1 + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{D(s)}} = \frac{\frac{N_2(s)}{D(s)}}{1 + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{D(s)}}$$

Servo-rigidez estática:

$$= \frac{F_d}{X_1(s)} = \frac{1 + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{D(s)}}{\frac{N_2(s)}{D(s)}} = \frac{D(s)}{N_2(s)} + k_{hw}(k_d s + k_p)\frac{N_1(s)}{N_2(s)} \xrightarrow{\text{s = 0}}$$

$$= \frac{0}{k} + k_{hw}(k_d \cdot 0 + k_p) \cdot \frac{k}{k} = k_{hw} k_p$$

Os valores de servo-rigidez estática no carro #2 são os mesmos para o carro #1. Isso se reflete na sensação de menor rigidez também no carro #2 para o item 5.