

Relatório do Laboratório 2 - Projeto de Sistema de Controle para Robô Seguidor de Linha

Eric Guerra Ribeiro

2 de abril de 2022

1 Projeto do Controlador Frontal

O controlador frontal é do tipo P e objetiva parar o carro na posição x desejada. A equação já simplificada do sistema é dada por Eq.1, cuja solução com condições iniciais nula é dada por Eq.2.

$$\dot{x} = K_x(x_r - x) \quad (1)$$

$$x(t) = x_r (1 - e^{-K_x t}) \quad (2)$$

O gráfico da Figura 1 mostra a comparação entre o resultado da simulação e o esperado pela Eq.2. Perceba que o resultado foi muito próximo, indistinguível visualmente, com ambos chegando a posição de referência desejada.

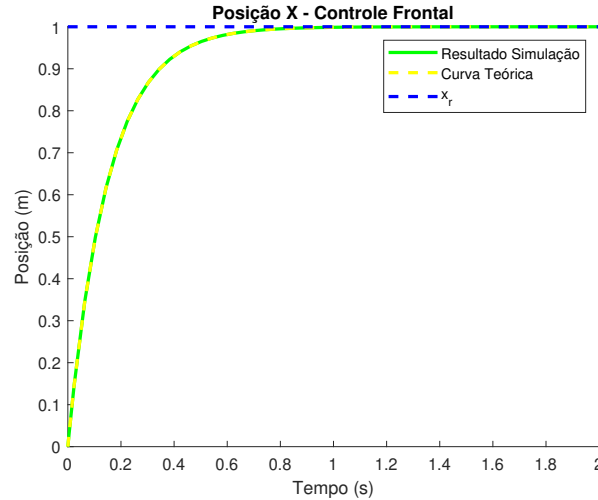


Figura 1: Posição pelo tempo no experimento (em verde) e na curva teórica (em amarelo) com a posição de referência (em azul).

2 Projeto do Controlador Lateral

Há também o controlador lateral que fica encarregado de fazer o carro seguir a linha, sendo P + V. Inicialmente, é descrito por Eq.3, mas que pode ser aproximada para a solução linear Eq.4.

$$\begin{cases} \dot{y} = v \sin(\psi) \\ \dot{\psi} = K_{\psi} (\text{sign}(\psi_r) \cdot \min(|\psi_r|, \psi_{r, \max}) - \psi) \\ \dot{\psi}_r = K_y (y_r - y) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{y} = v\psi \\ \dot{\psi} = K_{\psi} (K_y (y_r - y)) \end{cases} \quad (4)$$

As Figuras 2 e 3 mostram as soluções obtidas com ambos modelos para diferentes y_0 . Observa-se que mesmo com as aproximações e heurísticas adotadas, a solução linearizada conseguiu atingir o estado desejado. Perceba que quando y_0 é pequeno, como em Fig.2a e 3a, ambas soluções são bem próximas, porque as aproximações adotadas são boas nesse intervalo de valores.

Todavia, quando y_0 é maior, como em Fig.2c e 3c, a diferença é bem grande. Por exemplo, em Fig.2c, no começo $\psi \approx -\frac{5\pi}{3}$, mas se faz a aproximação $\sin(\psi) \approx \psi$ durante a linearização do modelo.

Mesmo assim, a solução linear funcionou muito bem. De fato, a solução linear chegou ao valor de referência mais rapidamente que a não linear, porque atinge \dot{y} maiores já que $|\psi| \geq |\sin(\psi)|$.

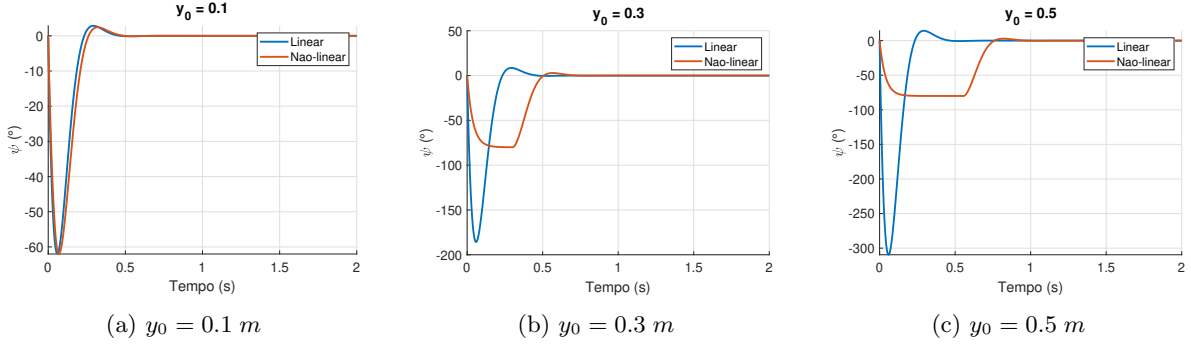


Figura 2: Comparação do ângulo ψ das solução linear e não linear do problema para diferentes y_0 .

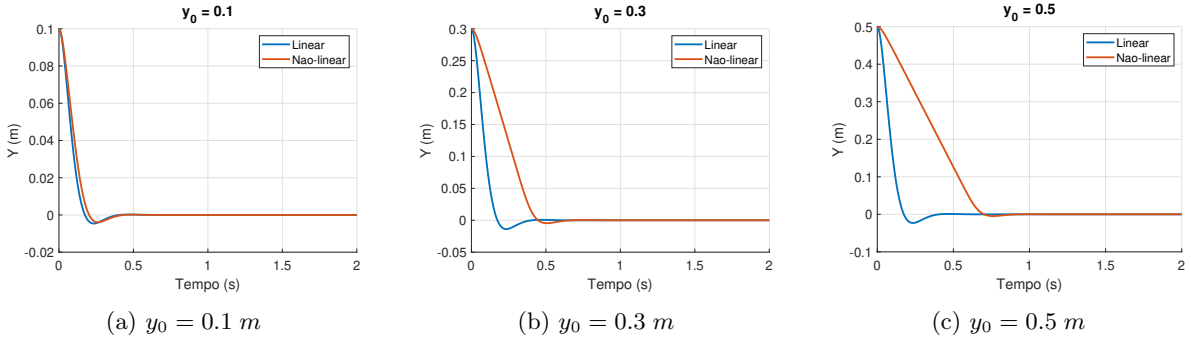


Figura 3: Comparação de y das solução linear e não linear do problema para diferentes y_0 .

3 Projeto do Controlador Completo

Para fazer um robô seguidor de linha que para na posição desejada, se uniu ambos modelos de controlador frontal e lateral de forma paralela, com heurísticas de saturação, criando o modelo representado por Eq.5.

$$\begin{cases} v = \min(v_{max}, \max(-v_{max}, K_x(x_r - x))) \\ \omega = K_\psi(\psi_{r, sat} - \psi) \\ \psi_{r, sat} = \text{sign}(\psi_r) \cdot \min(\psi_{r, max}, \text{abs}(\psi_r)) \\ \psi_r = K_y(y_r - y) \\ K_y = \frac{K'_y}{\text{sign}(v) \cdot \max(v_{min}, \text{abs}(v))} \\ K'_y = \frac{\omega_n}{2\xi} \end{cases} \quad (5)$$

Os gráficos da Fig.4 mostra os testes do modelo para diferentes posições y_0 e x_r . Perceba que o controlador, apesar das simplificações funcionou muito bem, em parte por causa das heurísticas. Além disso, funciona quando o robô está antes ou depois da posição desejada.

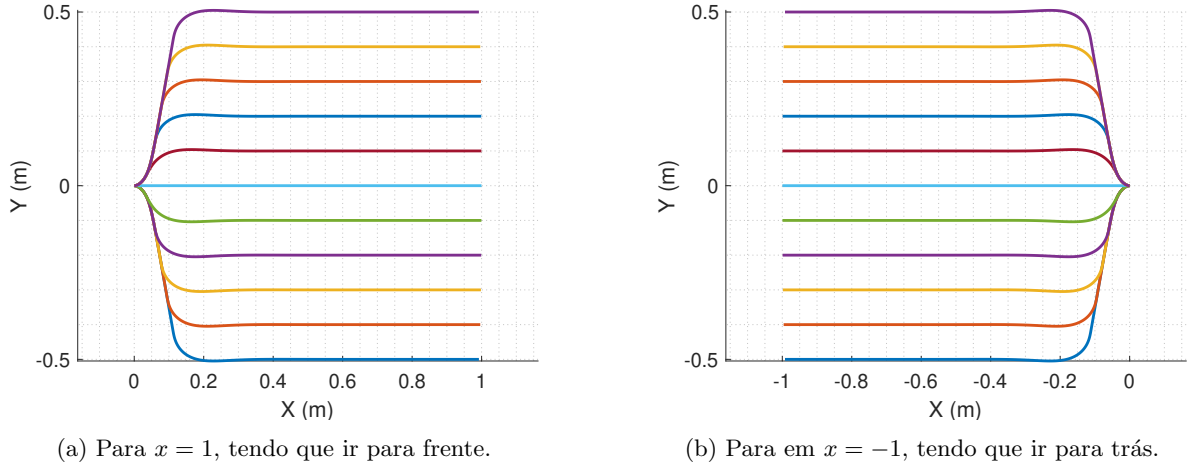


Figura 4: Posições das simulações do robô seguidor de linha que para em uma determinada abscissa x .