

# MODELAGEM E CONTROLE DE SISTEMAS

## VEICULARES DE SUSPENSÃO ATIVA

LUÍS FELIPE BOEFF<sup>1</sup> e JOÃO MANOEL GOMES DA SILVA JR<sup>2</sup>

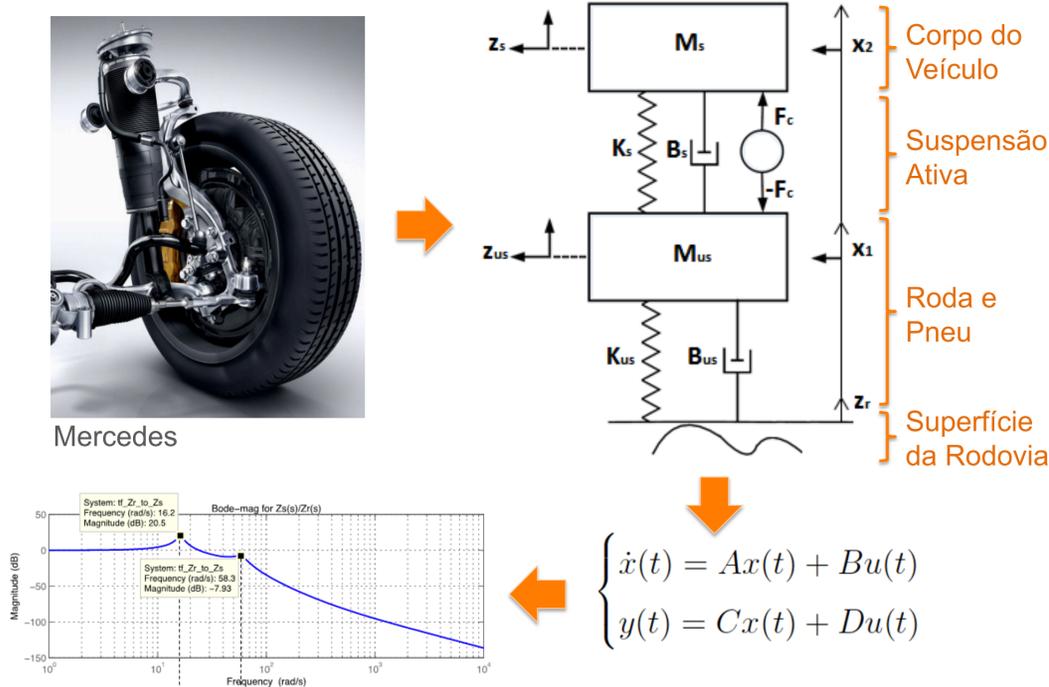
<sup>1</sup> Bolsista – Engenharia Elétrica – UFRGS (luis.boeff@ufrgs.br), <sup>2</sup> Orientador – UFRGS (jmgomes@ufrgs.br)

### INTRODUÇÃO

Suspensões controladas podem ser utilizadas em sistemas automotivos para tornar mais suave o movimento vertical dos veículos com relação às perturbações encontradas sobre a superfície de rodovias. Atualmente, o tipo de suspensão veicular mais encontrado ainda é o de suspensão passiva, as quais atuam como simples dissipadores de energia mecânica, sem nenhum tipo de controle. Por outro lado, **suspensões ativas** permitem controlar o sistema de amortecimento, podendo-se, assim, reduzir o tempo de resposta ao atenuar consideravelmente a amplitude das vibrações absorvidas, alcançando-se melhores performances do ponto de vista do conforto e da segurança dos passageiros. O objetivo desta pesquisa, portanto, envolve a modelagem e o projeto de controladores por realimentação de estados para um sistema veicular de suspensão ativa.

### MODELAGEM DO SISTEMA

Utilização do modelo de um quarto de carro para a obtenção de um sistema de equações diferenciais lineares que descrevam as dinâmicas do conjunto, seguido de sua representação em espaço de estados e análise de estabilidade e de funções de transferência.



### PROJETO DOS CONTROLADORES

As seguintes técnicas de controle foram aplicadas ao sistema veicular de suspensão ativa, de modo a torná-lo mais rápido e menos oscilante que o sistema passivo (suspensão mecânica não-controlada):

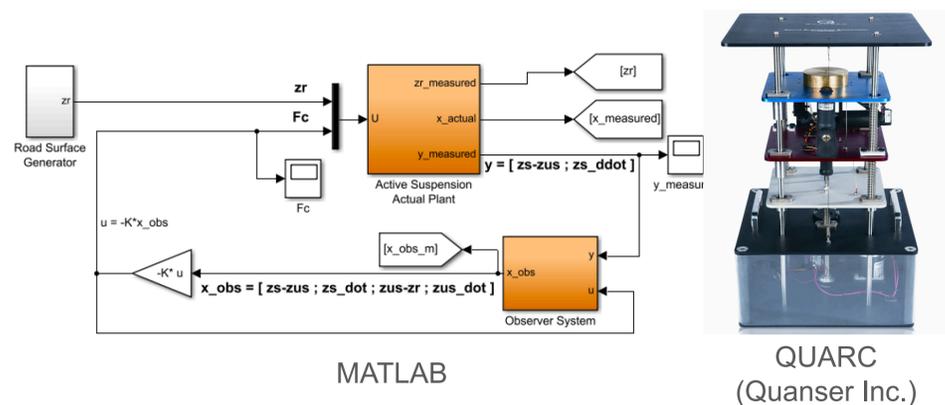
- ✓ Controle por Alocação de Pólos – Método de Moore
- ✓ Regulador Linear Quadrático (LQR)
- ✓ **PLUS**: Observador de Estados de Ordem Completa utilizando o Regulador Linear Quadrático Gaussiano (LQG)

### REFERÊNCIAS

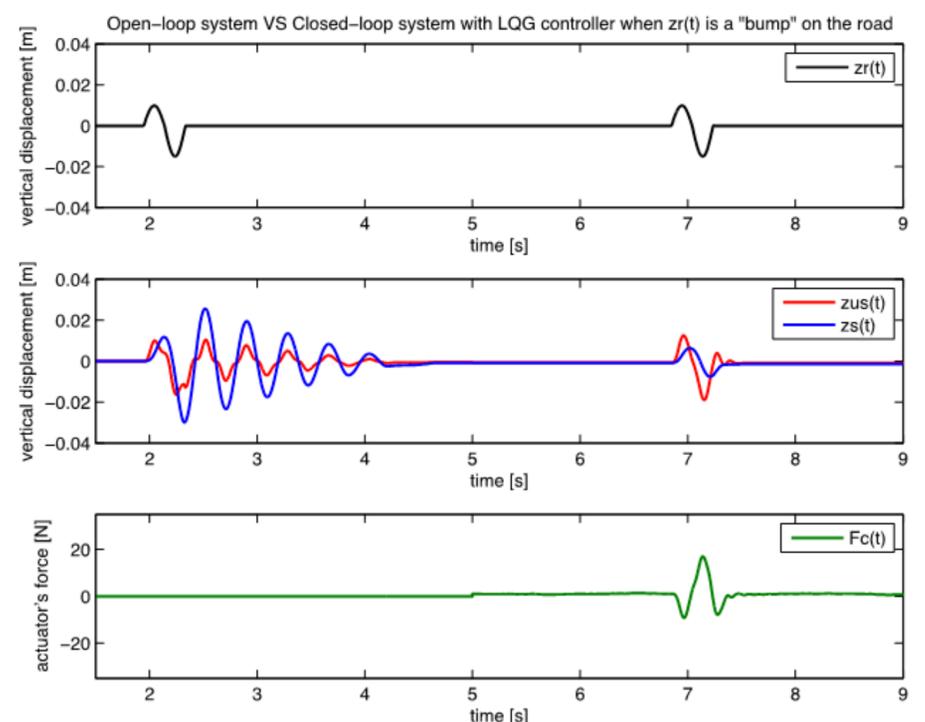
1. MOORE, B. *On the Flexibility Offered by State Feedback in Multivariable Systems Beyond Closed Loop Eigenvalue Assignment*. IEEE, 1976.
2. OGATA, K. *Modern Control Engineering*. 5. ed. Prentice Hall, 2010.
3. ESMAILZADEH, E.; BATENI, H. *Optimal Active Vehicle Suspensions with Full State Feedback Control*. Society of Automotive Engineers, v. 101, 1992.
4. RAJAMANI, R.; HEDRICK, J. K. *Adaptive Observer for Active Automotive Suspensions*. IEEE, 1993.

### RESULTADOS OBTIDOS

Simulações realizadas com o software MATLAB e resultados experimentais obtidos com a planta de suspensão ativa QUARC, que emula o modelo físico-matemático considerado.



**Principais Resultados Experimentais:** Comparação entre a performance do sistema passivo (0 a 5 s) e a do sistema controlado – Controle LQR com Observador de Estados LQG (5 a 10 s) para uma perturbação *bump* sobre a superfície  $z_r(t)$ :



As vibrações sobre o corpo do veículo ( $z_s(t)$ ) e a roda ( $z_us(t)$ ), causadas pela perturbação ( $z_r(t)$ ), são fortemente amortecidas com o sistema de controle projetado, sem que ocorra saturação no atuador da suspensão ativa ( $F_c(t)$ ). O tempo de acomodação é reduzido em cerca de quatro vezes frente à resposta do sistema passivo, obtendo-se, ainda, oscilações de menor amplitude.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à PROPESQ, por terem possibilitado e financiado esta pesquisa.

O autor foi bolsista PIBIC entre agosto de 2016 e fevereiro de 2017 no projeto ANÁLISE E PROJETO DE CONTROLADORES PARA SISTEMAS NÃO-LINEARES SOBRE REDES DE COMUNICAÇÃO.