

# Avaliação dinâmica de um modelo de veículo completo sujeito a perfis de pista normalizados pela ISO 8608

**Guilherme Missio Parizotto**

guilherme.parizotto@ufrgs.br

**Walter Jesus Paucar Casas (orientador)**

walter.paucar.casas@ufrgs.br

**Grupo de Mecânica Aplicada – DEMEC – EE - UFRGS**



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## Objetivos

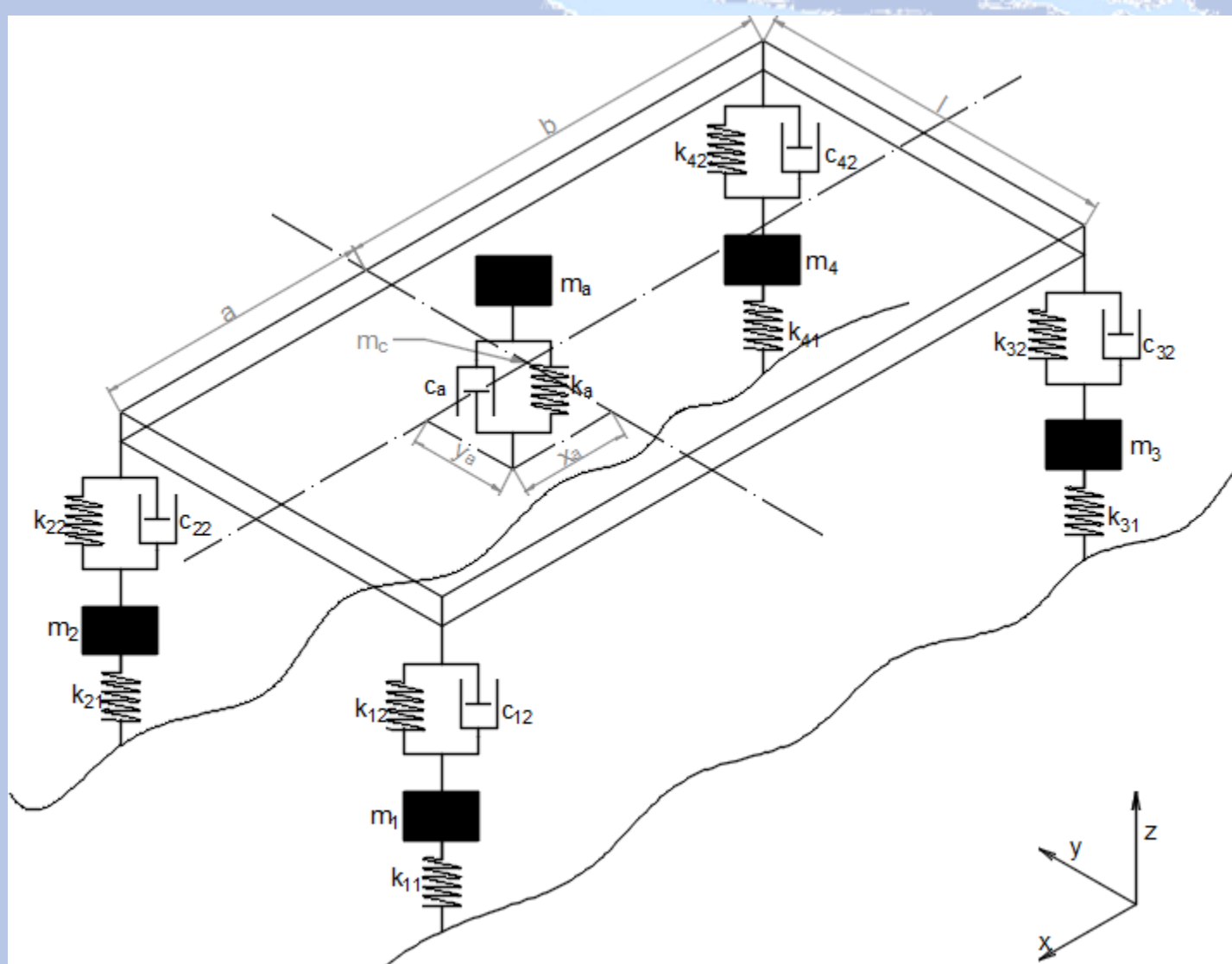
-Desenvolvimento de uma rotina de simulação computacional com vistas a determinar as respostas dinâmicas de um modelo veicular completo, criado a partir do método dos sistemas multicorpos, trafegando em pista retilínea randômica normalizada pela ISO 8608. As análises são restritas às excitações verticais geradas por irregularidades na pista.

## Metodologia

-Para o desenvolvimento das rotinas computacionais necessárias no trabalho, foi utilizado o Software MATLAB;

-Foi realizada uma simplificação de um modelo veicular com 8 graus de liberdade

-Utilizou-se da norma ISO 8608 para geração das excitações verticais do modelo;



## Geração do Sinal de Excitação

-A norma ISO 8608 (1995) trata da representação de diferentes perfis de pista por meio de Densidades Espectrais de Potência (PSD);

A relação entre a PSD de deslocamentos e a frequência espacial é dada pela seguinte expressão:

$$G_d(n) = G_d(n_0) \left( \frac{n}{n_0} \right)^{-W}$$

-Perfis com diferentes graus de rugosidade podem ser definidos modificando-se o valor da PSD de referência,  $G_d(n_0)$ , para valores tabelados pela norma para cada tipo de pista. Estes perfis são classificados de acordo com o grau de rugosidade;

-Para a obtenção dos valores de deslocamento da pista no tempo, é utilizado o método de Shinozuka:

$$\tilde{y}(t) = \sum_{k=1}^N \sqrt{2G_d(f_k)\Delta f_k} \cos(2\pi f_k t + \psi_k)$$

## Equacionamento

-O modelo proposto é equacionado da seguinte forma:

**Carroceria e assento:**

$$m_c \ddot{z}_c = A_a - A_{12} - A_{22} - A_{32} - A_{42}$$

$$A_a = K_a(z_a - z_c - x_a\theta - y_a\phi) + C_a(\dot{z}_a - \dot{z}_c - x_a\dot{\theta} - y_a\dot{\phi})$$

$$A_{12} = K_{12}\left(z_{12} - z_{11} - a\theta + \frac{l}{2}\phi\right) + C_{12}\left(\dot{z}_{12} - \dot{z}_{11} - a\dot{\theta} + \frac{l}{2}\dot{\phi}\right)$$

$$A_{22} = K_{22}\left(z_{22} - z_{11} - a\theta - \frac{l}{2}\phi\right) + C_{22}\left(\dot{z}_{22} - \dot{z}_{21} - a\dot{\theta} - \frac{l}{2}\dot{\phi}\right)$$

$$A_{32} = K_{32}\left(z_{32} - z_{31} + b\theta + \frac{l}{2}\phi\right) + C_{32}\left(\dot{z}_{32} - \dot{z}_{31} + b\dot{\theta} + \frac{l}{2}\dot{\phi}\right)$$

$$A_{42} = K_{42}\left(z_{42} - z_{41} + b\theta - \frac{l}{2}\phi\right) + C_{42}\left(\dot{z}_{42} - \dot{z}_{41} + b\dot{\theta} - \frac{l}{2}\dot{\phi}\right)$$

**Conjuntos roda-pneu:**

$$m_1 \ddot{z}_1 = A_{12} - K_{11}(z_{11} - q_1)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 = A_{22} - K_{21}(z_{21} - q_2)$$

$$m_3 \ddot{z}_3 = A_{32} - K_{31}(z_{31} - q_3)$$

$$m_4 \ddot{z}_4 = A_{42} - K_{41}(z_{41} - q_4)$$

**Arfagem:**

$$I_y \ddot{\theta} = a(A_{12} + A_{22}) - b(A_{32} - A_{42}) - x_a A_a$$

**Rolagem:**

$$I_x \ddot{\phi} = A_{1sx} + B_{1sx} - C_{1sx} + D_{1sx} - y_a A_a$$

$$A_{1sx} = \frac{l}{2} K_{12} \left( z_{12} - z_{11} - a\theta + \frac{l}{2}\phi \right) - \frac{l}{2} C_{12} \left( \dot{z}_{12} - \dot{z}_{11} - a\dot{\theta} + \frac{l}{2}\dot{\phi} \right)$$

$$B_{1sx} = \frac{l}{2} K_{22} \left( z_{22} - z_{21} - a\theta - \frac{l}{2}\phi \right) - \frac{l}{2} C_{22} \left( \dot{z}_{22} - \dot{z}_{21} - a\dot{\theta} - \frac{l}{2}\dot{\phi} \right)$$

$$C_{1sx} = \frac{l}{2} K_{32} \left( z_{32} - z_{31} + b\theta + \frac{l}{2}\phi \right) + \frac{l}{2} C_{32} \left( \dot{z}_{32} - \dot{z}_{31} + b\dot{\theta} + \frac{l}{2}\dot{\phi} \right)$$

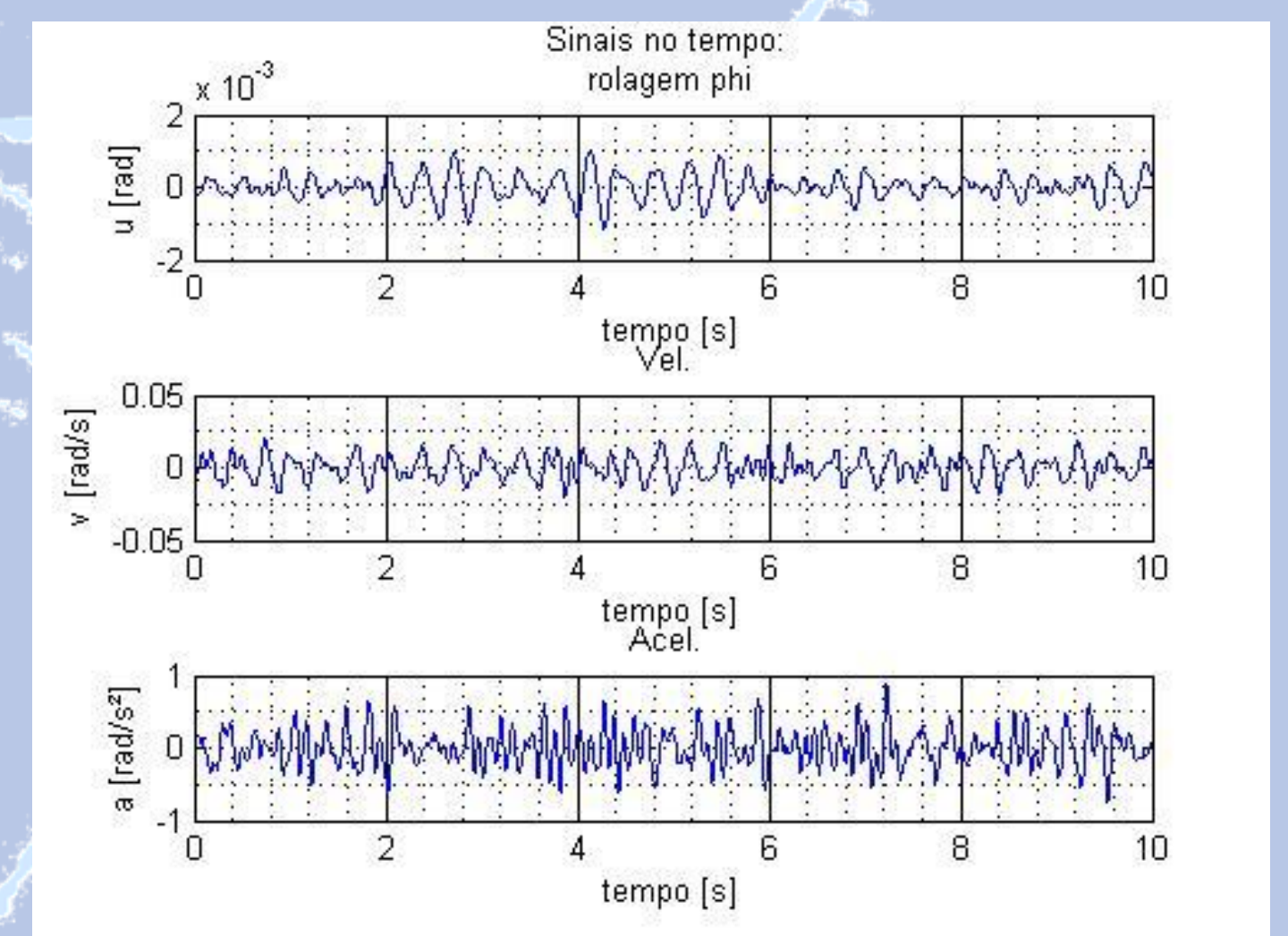
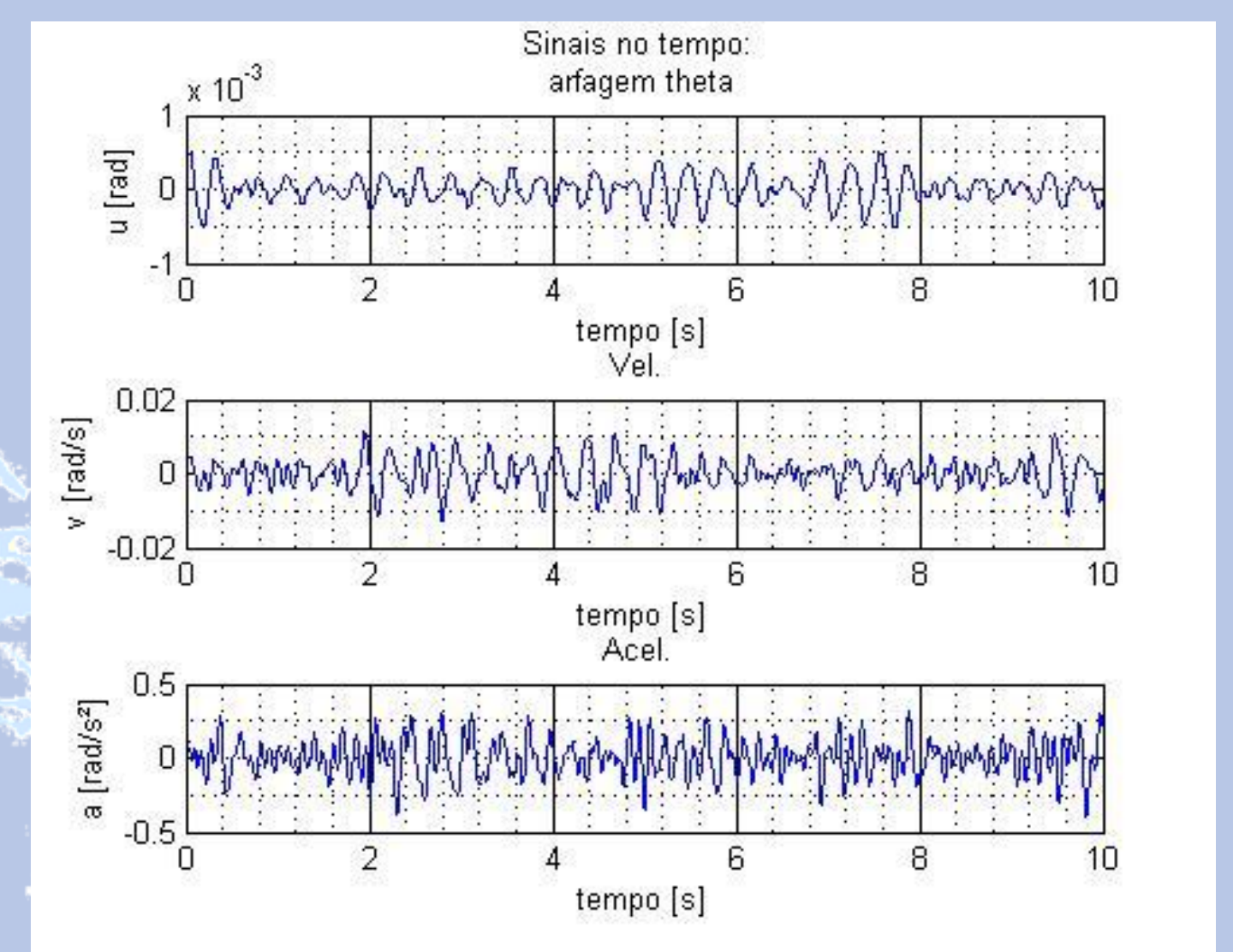
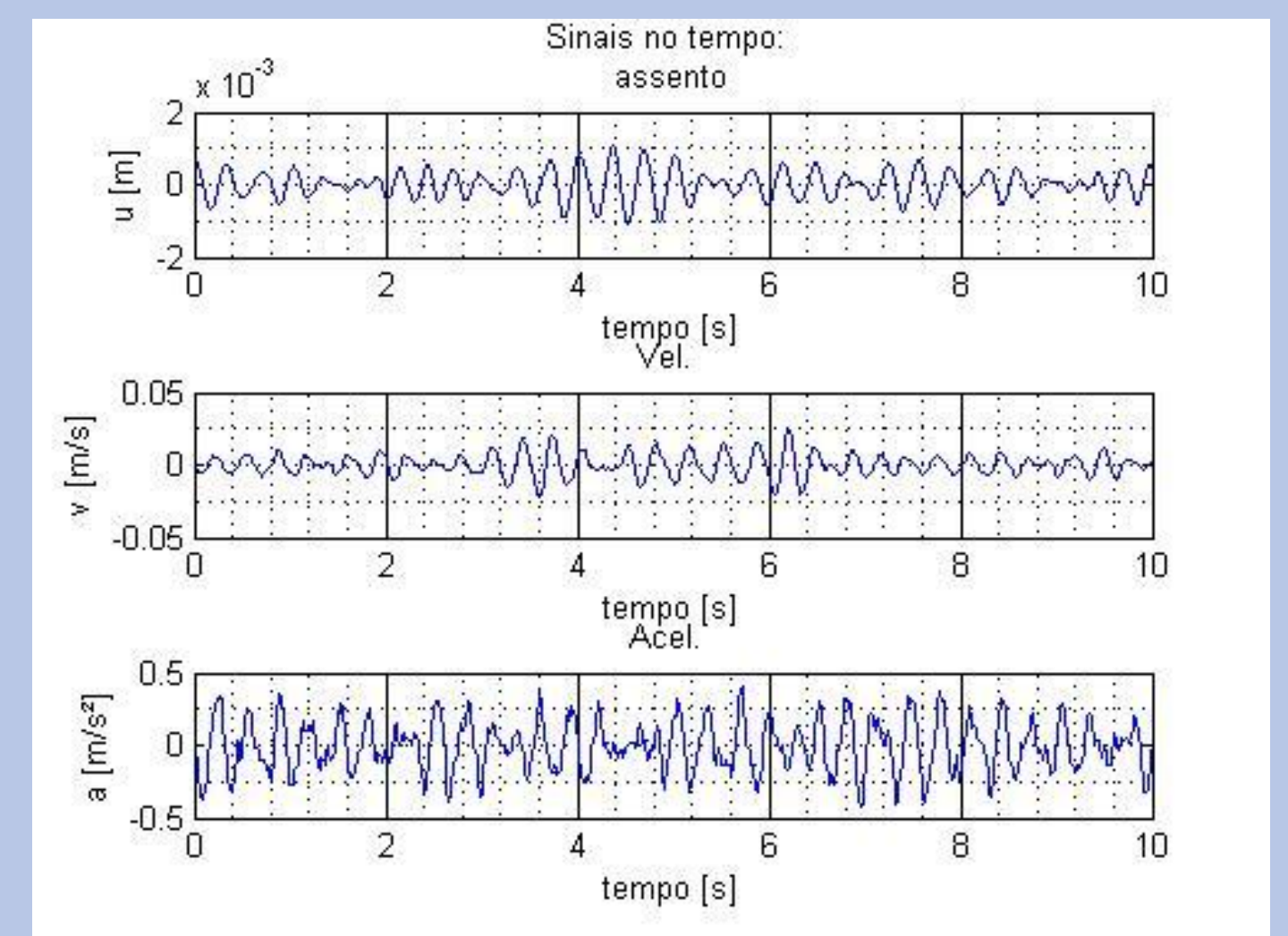
$$D_{1sx} = \frac{l}{2} K_{42} \left( z_{42} - z_{41} + b\theta - \frac{l}{2}\phi \right) - \frac{l}{2} C_{42} \left( \dot{z}_{42} - \dot{z}_{41} + b\dot{\theta} - \frac{l}{2}\dot{\phi} \right)$$

**Forma matricial simplificada:**

$$M\ddot{z} + Cz + Kz = f(t)$$

## Resultados

-Os resultados da rotina computacional desenvolvida, para pista classe C, com velocidade de 100km/h, estão plotados a seguir, bem como os valores RMS tabelados em seguida.



	Assento RMS	Arfagem RMS	Rolagem RMS
u	0.00052967 m	0.0002515 rad	0.00049649 rad
v	0.010724 m/s	0.0057504 rad/s	0.011426 rad/s
a	0.23287 m/s²	0.17255 rad/s²	0.35536 rad/s²

## Conclusões

-A simulação computacional é uma ferramenta de necessidade constante para muitos setores da engenharia, como na pesquisa e no setor industrial. O conhecimento dos parâmetros resolvidos pelo programa são decisivos para realização de estudos de conforto e segurança.

## Referências

- FOSSATI, G. Determinação das respostas dinâmicas de veículos à excitação causada por diferentes perfis de pista através de análise espectral. 2014. TCC (Engenheiro Mecânico), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Mecânica.
- DREHMER, Luis R. Otimização de Parâmetros Concentrados de suspensão para conforto e segurança veicular. 2012. Tese (Mestre em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Mecânica.
- ISO: International Organization for Standardization. ISO 8608 – Mechanical Vibration – Road surface profiles – Reporting of measured data. Switzerland, 1995.