

## Análise Quantitativa da Energia disponível para reutilização em uma suspensão de bicicleta

Miguel Andrade Blanc Amorim, Dejahyr Lopes Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul – Campo Grande – MS

[miguel.amorim@estudante.ifms.edu.br](mailto:miguel.amorim@estudante.ifms.edu.br), [dejahyr.lopes@ifms.edu.br](mailto:dejahyr.lopes@ifms.edu.br)

Área/Subárea: CAE – Engenharia Mecânica

Tipo de Pesquisa: Tecnológica

**Palavras-chave:** Bicicleta, Suspensão, Regenerativa, simulação

### Introdução

Assim como os automóveis, as bicicletas também têm evoluído tecnologicamente nos seus vários sistemas, como, por exemplo, a implementação de propulsor elétrico que substitui parcialmente o esforço do ciclista, mas que, durante a frenagem, recupera parte da energia cinética da bicicleta.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é o de avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de suspensão regenerativa na bicicleta, que seja capaz de recuperar, na forma de energia elétrica, parte da energia de vibração gerada pelas irregularidades existentes no calçamento das ruas.

### Metodologia

A primeira etapa do trabalho será a de quantificar a energia disponível nas vibrações da suspensão. Assim, o método utilizado será o de simular através de um programa de simulação dinâmica (ADAMS) o funcionamento de um modelo simplificado de uma suspensão.

Tendo como base a teoria da vibração forçada amortecida viscosa, o modelo dinâmico de uma suspensão típica está representado na figura 1 abaixo.

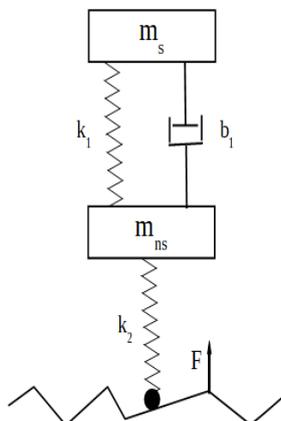


Figura 1. Modelo dinâmico da suspensão dianteira da bicicleta.

Fonte: Autor, 2019.

$m_s$  = massa suspensa (massa do ciclista + massa da bicicleta acima da suspensão);

$k_1$  = constante elástica da mola da suspensão;

$c_1$  = constante de amortecimento da suspensão;

$m_{ns}$  = massa não suspensa (massa da roda + massa do garfo da suspensão);

$k_2$  = constante elástica do pneu;

$F$  = força propulsora devido às irregularidades do calçamento das ruas;

Para a simulação, foram consideradas as seguintes condições:

1 – A força propulsora  $F$  será dada por uma pista, buscando representar a realidade do asfalto da cidade de Campo Grande, MS;

2 – A suspensão analisada é a dianteira. Logo, a massa suspensa  $m_s$  refere-se somente a parcela da massa da bicicleta + ciclista que está sobre a suspensão dianteira;

A tabela 1 a seguir contém os valores dos parâmetros inseridos no programa de simulação dinâmica.

Info.	Valor	Unidades
$m_s$	30,0	Kg
$m_{ns}$	4,25	Kg
$k_1$	32,0	N/mm
$c_1$	1,2	Ns/mm
$k_2$	320	N/mm

Tabela 1. Parâmetros da simulação. Fonte: Autor, 2019

A energia transmitida para a mola da suspensão, devido aos impactos provocados pela irregularidade do solo, é absorvida pelo amortecedor e dissipada em forma de calor para o ambiente. Um sistema regenerativo converteria a energia que seria dissipada no amortecedor em energia elétrica. A potência mecânica disponível no amortecimento pode ser avaliada pelo produto da velocidade da deformação

da mola pela força de amortecimento. Conhecer o valor médio desta potência nos fornece uma prévia da potência elétrica disponibilizada em uma suspensão regenerativa.

## Resultados e Análise

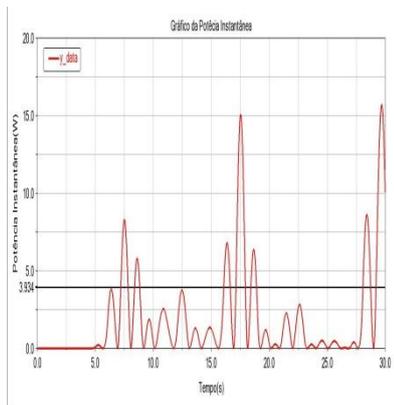


Gráfico 1. Gráfico da Potência instantânea obtido na simulação.  
Fonte: ADAMS, 2019.

Conforme pode ser observado no gráfico ao lado, obteve-se uma potência RMS de 3,93 W para potência de vibração que é convertida em calor no amortecedor dissipativo. Este valor estaria disponível para ser convertido em potência elétrica por um sistema de amortecimento regenerativo eletromagnético. Contudo, a potência elétrica final dependeria do rendimento do amortecedor regenerativo. Salienta-se que o valor da potência de vibração depende do perfil da pista, ou seja, do grau das irregularidades no calçamento das ruas. Por outro lado, é importante frisar que de todos os parâmetros utilizados na simulação o único parâmetro que estimado, devido à dificuldade de se ter um valor preciso, foi a constante de amortecimento. Cabe lembrar que este valor interfere diretamente no resultado de forma predominante.

## Considerações Finais

Este trabalho teve o objetivo de prever, através da simulação dinâmica do funcionamento da suspensão dianteira de uma bicicleta, a potência de vibração mecânica dissipada no amortecimento, a fim de avaliar a viabilidade de uma implantação de sistema de amortecimento regenerativo. O valor obtido foi relativamente baixo, o que leva a concluir, em um primeiro momento, não ser muito viável a implantação do sistema de suspensão regenerativo. Porém, como avaliou-se apenas a suspensão dianteira, pode ser interessante uma simulação com a suspensão traseira. Talvez, neste caso, seja alcançado um valor mais promissor de potência disponível.

## Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a Deus e a minha família por todo suporte e cuidado, estando sempre ao meu lado.

Agradeço ao Professor Ma. Daniel José Laporte por todo auxílio prestado, aprendizado e atenção dados.

Agradeço ao Professor Dr. Dejahyr Lopes Junior pela oportunidade de realizar o trabalho, pelo apoio e aprendizado.

Agradeço ao Professor Ma. Geraldo Majella Blanc Amorim pelo apoio, aprendizado e atenção.

Agradeço a Universidade Católica Dom Bosco pelo espaço oferecido, profissionais comprometidos com a educação e estrutura de qualidade.

Agradeço a Santana Bike Shop (Júlio de Castilho, 2435) pelo material cedido para o trabalho, atenção e proatividade.

Agradeço ao Instituto Federal do Mato Grosso do Sul pelo espaço de aprendizado oferecido, oportunidade de realizar o trabalho, profissionais comprometidos com a educação e estrutura.

Agradeço ao Professor Dr. Matheus Piazzalunga Neivock pelo suporte e atenção prestados.

## Referências

ONAYA, Atila Felipe. **Modelagem dinâmica de bicicleta**. 2011. 4 f. Artigo.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A. Física II: **Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

HIBBELER, R.C. **Dinâmica: Mecânica para Engenharia**. 12ª Edição. São Paulo: Pearson Education, 2011.

SULTONI, A. et.al. Vibration Energy Harvesting on Vehicle Suspension Using Rotary and Linear Electromagnetic Generator.

IPTEK, The Journal for Technology and Science, Vol. 24, No. 1, Pgs. 1-6, April 2013