

## Utilização da energia de vibração como fonte de energia alternativa

Rodrigo Rafael Pinheiro Pereira, ra.fa.pp@hotmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, Cidade universitária Paulo VI, S/N- Tirirical, CEP 65055-310, São Luís, Maranhão, Brasil

Antonio Vinicius Garcia Campos, antviniuscampos@gmail.com

Universidade Estadual do Maranhão, Cidade universitária Paulo VI, S/N- Tirirical, CEP 65055-310, São Luís, Maranhão, Brasil

**RESUMO:** O crescimento do consumo de energia elétrica no mundo torna necessária a utilização de novas fontes de energia. Esse trabalho tem como objetivo utilizar a energia mecânica de vibração como fonte alternativa de energia elétrica. A análise desse experimento se dá através da variação do campo magnético provocado pelo movimento de vibração em um protótipo de frequência controlada. Nesse trabalho foi encontrado através do uso da energia de vibração uma força eletromotriz de 414.5986 volts. A utilização da energia de vibração é uma fonte de energia limpa assim tornando-se muito interessante sua utilização em larga escala.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia, vibração, energia limpa

**ABSTRACT:** The growth in energy consumption in the world makes it necessary to use of new sources of energy. This work has as objective to use the mechanical energy of vibration as an alternative source of electrical power. The analysis of this experiment is given by the variation of the magnetic field caused by vibration movement in a prototype of controlled frequency. In this work it was found through the use of vibration energy an electromotive force of 414.5986 volts.

**Keywords:** energy, vibration, clean energy

### 1 INTRODUÇÃO

A fonte que move as grandes indústrias e por consequência a economia mundial se chama energia.

Várias fontes de energia são utilizadas em grande escala para que o mundo produza mais bens de consumos e que possa satisfazer o conforto da população em suas residências.

Um fato extraordinário é o crescimento de energia elétrica. O Ministério de Minas e Energia (MME) publicou no seu plano decenal de expansão de energia 2022 a seguinte tabela:

**Tabela 1: Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica**

Ano	Consumo <sup>(1)</sup> (TWh)	(R\$ bilhõ
2013	520,0	
2017	625,8	
2022	785,1	
Período	Varição (% a.a.)	Variaçã
2013-2017	4,7	
2018-2022	4,6	
2013-2022	4,7	

Fonte: EPE

Analisando a tabela 1 podemos perceber que é 2013 houve um consumo de 520(TWh) e a projeção feita para 2022 é de 785,1(TWh), assim nota-se um aumento considerável no consumo de energia elétrica para os próximos anos. O que será feito para melhorar essa situação? Atualmente a opção para isso é saciar esse consumo através de hidroelétricas.

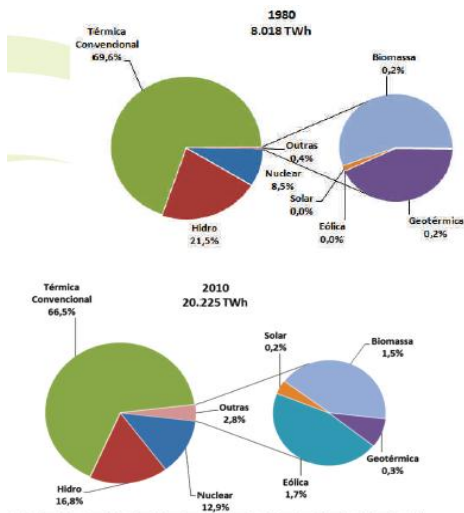
**Tabela 2: Consumo de eletricidade na rede por classe**

Ano	Residencial	Industrial	Comercial
	GWh		
2013	121.890	190.914	83.230
2017	145.528	219.556	104.387
2022	178.659	257.397	138.979
Período	Varição (% a.a.)		
2013-2017	4,5	3,6	5,8
2018-2022	4,2	3,2	5,9
2013-2022	4,3	3,4	5,8

Fonte: EPE

Um outro é que segundo o MME mostrou no seu anuário estatístico de energia elétrica de 2013 que fontes renováveis de energia tem crescido. Isso estimula a busca por mais fontes de energia limpa, ou seja que sejam menos nocivas ao meio ambiente.

**Gráfico 1: Geração de energia elétrica por fonte no mundo (%)**



Fonte: US. Energy Information Administration (EIA); Elaboração EPE

O Brasil tem vastos recursos naturais, além de um grande potencial energético e tecnológico comprovado para aumentar as fontes de energia renováveis. Já está mais do que na hora de utilizar toda essa abundância de recursos para que todos possamos usufruir. (*Ministério de Minas e Energia*)

Portanto, com todo esse enfoque porque não acrescentar mais estudos sobre fontes de energia alternativas? Uma fonte que tem entrado na curiosidade dos pesquisadores é a energia de vibração mecânica. Isso acontece devido a agressão ao meio ambiente ser pequena.

O uso dessa energia já está tomando conta das novidades do mundo. Na Universidade de Michigan, nos Estados Unidos alguns cientistas desenvolveram mini geradores capazes de produzir energia elétrica para alimentar marcapassos, relógios de pulso e outros aparelhos de baixo consumo de energia elétrica.

## 2 EVIDÊNCIAS DO USO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA POR VIBRAÇÃO MECÂNICA

Rome et al. (2011) mostra que é possível a produção de energia elétrica capturando a energia de vibração do andar do corpo humano. Para tanto, utilizou um dispositivo em formato de bolsa para coletar a energia vibracional mecânica.

Nesse projeto é utilizado um estudo de vibração chamado excitação pela base. Esse processo tem o intuito de transferir a energia de vibração de uma base para uma massa específica.

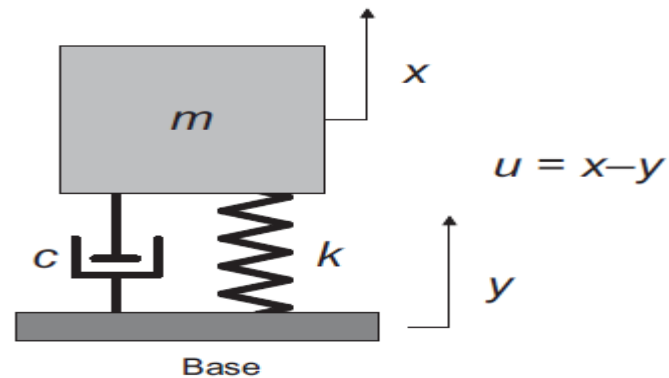


Figura 1: Excitação pela base

Esse processo tem por objetivo atenuar a amplitude de vibração e assim um movimento que é insignificante se torna maior e possível de ser utilizado para a produção de energia elétrica.

O peso dessa mochila é entre 20 a 38 quilogramas. Durante uma caminhada normal produz em torno de 7,4 watts de potência. Ocorre um pequeno desconforto pois uma pessoa precisa levar esse peso nas costas para a produção de energia elétrica através desse processo.

Assim, percebe-se claramente que o uso de energia de vibração está sendo utilizada e além disso, tem dado bons resultados. Nos baseando nas propostas já realizadas, percebemos que ainda há muito a se pesquisar e a se melhora como o desconforto da pessoa para carregar de 20 a 38 quilogramas. Logo torna-se necessário a busca por outros meios de produção de energia através da vibração.

### JUSTIFICATIVA:

A demanda de energia elétrica cresce a passos largos no mundial, graças ao desenvolvimento econômico do país e, conseqüentemente, o aumento nos consumos residencial, comercial e industrial. No ano de 2010, por exemplo, o consumo com energia elétrica cresceu significativamente em relação aos anos anteriores como mostrado na tabela abaixo:

Tabela 3: Consumo de energia elétrica por região (TWh)

	2006	2007	2008
<b>Mundo</b>	<b>16.391,5</b>	<b>17.151,4</b>	<b>17.445,0</b>
<b>Ásia &amp; Oceania</b>	<b>5.490,6</b>	<b>6.000,2</b>	<b>6.198,5</b>
<b>América do Norte</b>	<b>4.543,9</b>	<b>4.630,5</b>	<b>4.601,9</b>
<b>Europa</b>	<b>3.306,4</b>	<b>3.345,1</b>	<b>3.378,2</b>
<b>Eurásia</b>	<b>1.194,2</b>	<b>1.226,8</b>	<b>1.243,6</b>
<b>América do Sul e Central</b>	<b>806,1</b>	<b>844,6</b>	<b>874,3</b>
<b>Oriente Médio</b>	<b>557,2</b>	<b>582,9</b>	<b>622,6</b>
<b>África</b>	<b>493,2</b>	<b>521,4</b>	<b>525,8</b>

Fonte: U.S. Energy Information Administration (EIA); Elaboração:

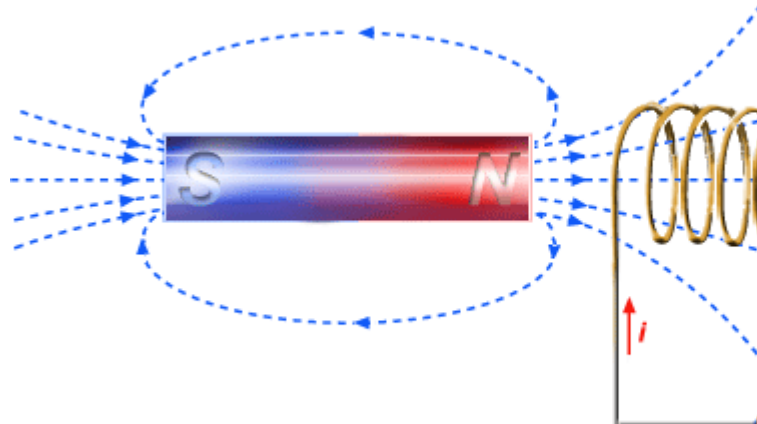
Tendo em vista esse crescimento de demanda por energia elétrica, e o aumento da produção de energias alternativas (Anuário estatístico de energia, 2013), o incentivo a busca de fontes alternativas de energia torna-se de grande valia para abastecer a população mundial.

Diante de tais necessidades a energia de vibração mecânica torna-se uma viável possibilidade. Em todos os tipos de mecanismos a energia vibracional tem sido deixada de lado ao invés de ser utilizadas. No âmbito residencial temos por exemplo, máquinas de lavar roupa, geladeiras; no âmbito industrial temos o uso de motores de combustão interna, furadeiras; no dia a dia temos por exemplo meios de transporte em geral. Com essa disponibilidade de energia, temos um vasto recurso limpo a ser utilizado.

### 3.REFERENCIAL TEÓRICO:

#### 3.1 Fluxo magnético:

A variação do fluxo magnético é utilizada para a transformação de energia mecânica originada da vibração para a produção de energia elétrica.



**Figura 2: Variação do fluxo magnético**

Fonte: efisica.if.usp.br

Com a aproximação do ímã em direção a bobina, uma força eletromotriz (Fem) é produzida gerando assim energia elétrica.

O fluxo magnético pode variar através da variação do campo magnético, através do ângulo com que as linhas do campo magnético atravessa a bobina ou com a variação da área.

O fluxo através de uma bobina é representado pela fórmula elaborada por Tipler (2009):

$$\Phi = N B A \cos \Theta \quad (1)$$

Sendo:

B= campo magnético

A= área

N= número de voltas da bobina

Foi utilizado para esse projeto um ímã de neodímio esférico de 10 mm de diâmetro pela facilidade de fazer esse ímã percorrer dentro da bobina.

A representação matemática da variação do fluxo magnético é (Tipler, 2009):

$$\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (2)$$

Sendo:

$\varepsilon$  = Força eletromotriz (fem)

$\Delta \Phi$  = variação do fluxo magnético

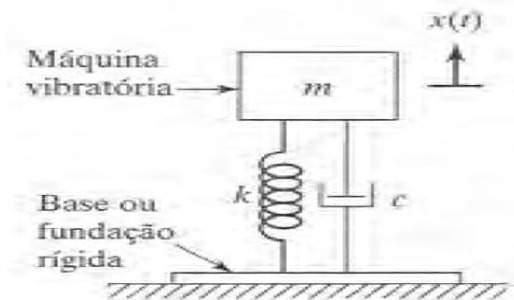
$\Delta t$  = variação do tempo

Podemos observar que de acordo com a variação do fluxo magnético a uma variação da fem.

Esse é o princípio magnético é utilizado para a produção de energia elétrica desse projeto, ou seja em um determinado espaço de tempo se as variáveis B,A e ou N forem modificadas ocorrerá também a variação do fluxo magnético.

### 3.2 Absorvedor de vibração:

Com a técnica do absorvedor de vibração podemos utilizar um conjunto massa mola, onde a massa utilizada receberá a energia de vibração de uma base de acordo com a figura mostrada:



**Figura 3: Excitação pela base**  
Fonte: RAO, Vibrações Mecânicas (2009).

Essa transferência de vibração gera uma amplitude de vibração bem maior na massa m do que na utilizada na base. Sendo assim, podendo gerar uma quantidade significativa de movimento para utilizarmos para a coleta da energia de vibração.

### 4. Desenvolvimento de equação da força eletromotriz:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2)$$

Porém sabemos que:

$$\Delta V = \frac{\Delta X}{\Delta t}, \Delta t = \frac{\Delta V}{\Delta X}$$

Onde:

$\Delta t$  = variação de tempo;

$\Delta V$  = variação de velocidade;

$\Delta X$  = variação de espaço.

A nova equação da fem fica:

$$fem = \frac{N \cdot B \cdot A \cdot \cos\theta \cdot \Delta V}{\Delta X}$$

Adotemos  $\Delta X = 2 \cdot A'$ , onde  $A'$  é a amplitude de vibração. Assim a nova força eletromotriz será:

$$fem = \frac{N \cdot B \cdot A \cdot \cos\theta \cdot \Delta V}{2 \cdot A'} \quad (3)$$

Sabemos que a velocidade de vibração e a variação do espaço são dados pelas seguintes equações:

$$X(t) = A' \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (4)$$

$$V(t) = A' \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

(5)

Onde:

$\omega$  = frequência angular

$t$  = tempo

Substituindo a expressão de velocidade de vibração (Eq.5) na equação da força eletromotriz (Eq.3) encontramos a seguinte expressão:

$$fem = \frac{N \cdot B \cdot A \cdot \cos\theta \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)}{2} \quad (6)$$

### 5 APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA DE FORMA TEÓRICA

Com a expressão encontrada anteriormente estipulamos valores teóricos para calcular a força eletromotriz. Os valores foram arbitrados seguindo uma base de dados onde geralmente são próximos do real em que as máquinas funcionam ou pediriam funcionar.

Assim, temos:

$N = 10000$ ;

$Area = 0.0025 m^2$ ;

$Teta = 0^\circ$ ;

$\omega = 16.66 Hz$ ;

$t = 0:1:100 s$ ;

Amplitude = 0.01 m;

$B = 2 T$ ;

Entende-se que:

$N$  = número de voltas de uma espira.

$Teta$  = ângulo que as linhas do campo magnético possuem

$\omega$  = frequência angular

$t$  = tempo em segundos

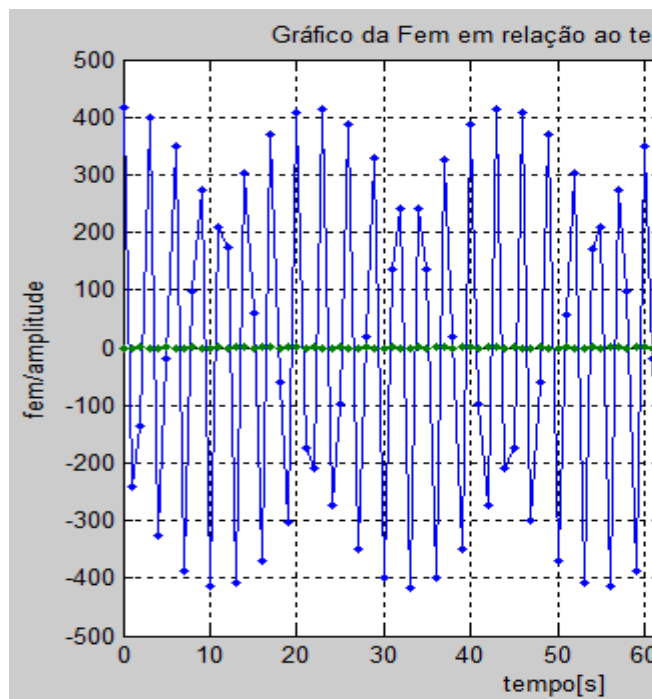
$B$  = força do campo magnético

Através desses dados uma plotagem no programa MATLAB 2013 foi feita da seguinte forma:

```
clc,clearall, close all
n= 10000;
area=0.0025;
teta= 0;
w= 16.66;
t= 0:1:100;
amplitude= 0.01;
b= 2;
fem=n*b*area*cos(teta)*w*cos(w*t)/2;
x=amplitude*sin(w*t);
plot(t,fem,'-
',t,x,':'),xlabel('tempo[s]'),ylabel('fem/amplitude'),grid
on
```

O gráfico gerado foi o seguinte:

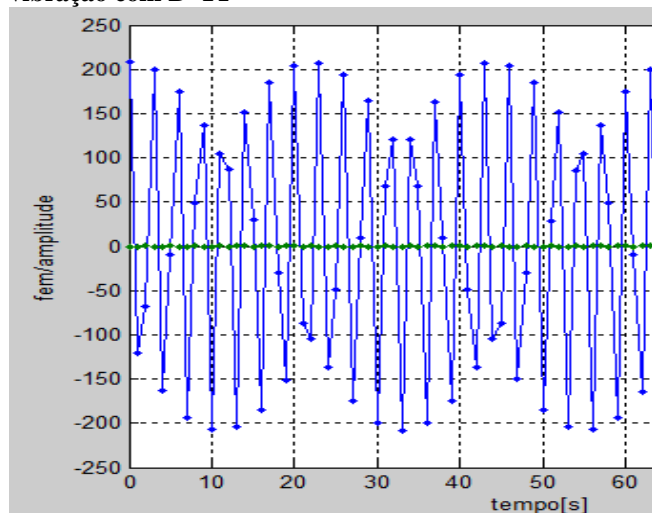
### Gráfico 2: Gráfico da Fem em relação ao tempo de vibração



Se tivermos uma bobina com 1000 voltas e no espaço formado por essas bobinas possuir uma área de  $0,0025\text{m}^2$  com uma velocidade angular de  $16,666\text{ Hz}$ , um campo magnético de 2 teslas e uma amplitude para dar o movimento de  $1\text{mm}$  conseguisse uma fem de  $414.5986$  volts.

A amplitude é utilizada para que haja um movimento onde o ímã possa entrar e sair da bobina. Assim, podendo variar o fluxo magnético e gerar a força eletromotriz.

**Gráfico 3: Gráfico da Fem em relação ao tempo de vibração com  $B=1\text{T}$**



No gráfico 2, o campo magnético foi reduzido pela metade, assim o valor da fem foi reduzido para  $207.2993$  volts, ou seja de acordo com o campo magnético do ímã utilizado podemos obter um aumento ou decréscimo significativo da energia obtida.

## 6. CONCLUSÕES E PROJEÇÕES PARA O FUTURO:

Com base nos dados obtidos encontramos uma força eletromotriz (fem) que varia de acordo o tempo de vibração. De acordo com a Eq.6 podemos perceber que a força eletromotriz não sofre nenhuma influência direta da amplitude de vibração, porém ela é necessária para que exista o movimento e para que a variação do fluxo magnético possa ocorrer.

Com os valores postos para teste, temos uma fem máxima de  $414.5986$  volts. Isso representa uma quantidade de energia significativa onde podemos aplica em vários sistemas e dispositivos se conseguir ser controlado.

O objetivo não é gerar uma fonte nova de energia, pois esse método requer uma forma inicial de movimento. O objetivos real com esse experimento é futuramente desenvolver um dispositivo que posso trazer alguma redução no consumo de energia e/ou aumento da eficiência em maquinas e equipamentos.

Logo, um objetivo futuro é desenvolver o dispositivo para provar as teorias encontradas aqui e poder fazer comparações e análises reais além de testar o funcionamento desse dispositivo em alguma máquina que já exista.

### REFERÊNCIAS:

- HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009. Fundamentos da Física, Vol. 3, 8ª Edição, LTC  
Ministério de Minas e Energia, Governo Federal, Anuário estatístico de energia elétrica 2013.  
PACHECO, FABIANA. **Energias Renováveis: breves conceitos**  
RAO, SINGIRESU, 2009. **Vibrações Mecânicas**. Editora Pearson  
PAPATHEOU and NEILS, 2012. Journal of Intelligent Material Systems and Structures  
ROME ET AL, 2005. Generating Electricity While Walking with Loads  
TIPLER, PAUL ALLEN, 2009. *Física para cientistas e engenheiros - Volume 2 - Eletricidade e Magnetismo*. Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC