

## PROJETO DE UM MOTOR DE TESLA COM MOLA UTILIZANDO MATERIAL MAGNETOCALÓRICO

Elis De Mori Ravagnani (PIBITI/CNPq/UEM) e Beatriz Moura Gargaro (PIBITI/CNPq/UEM)

Cleber Santiago Alves, [csalves@uem.br](mailto:csalves@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá/Departamento de Engenharia Mecânica.

### Engenharias, Engenharia Mecânica

Palavras Chave: *Motor termomagnético, efeito magnetocalórico, modelagem e simulação.*

### Introdução

Um motor termomagnético, como o motor de Tesla, pode converter energia térmica em energia cinética utilizando a mudança de comportamento magnético de materiais. O princípio de operação desse motor é baseado na transição de fase magnética do material, de ferromagnética para paramagnética, em torno da temperatura de Curie ( $T_c$ ), que é onde ocorre a transição.

Além disso, a montagem de um motor termomagnético foi iniciada. Também foram feitas medições de campo magnético desse motor utilizando um gaussímetro, assim como a automatização do sistema de refrigeração e aquecimento de água com arduino, para que as temperaturas do pistão estivessem ao redor da  $T_c$  do gadolínio. Para isso, foram utilizados um arduino mega, sensor de distância e relês para acionar as válvulas hidráulicas empregadas no projeto.

### Problema

Simular e detalhar alguns pontos chave de funcionamento do motor de Tesla com mola. Auxiliar na montagem de um motor termomagnético e automatizar o sistema de refrigeração e aquecimento utilizando arduino.

### Potencial de Mercado e Diferencial Competitivo

O aproveitamento do efeito magnético para o funcionamento de um motor termomagnético é uma alternativa aos princípios comumente utilizados para o funcionamento de motores (explosão de combustíveis fósseis, ou a compressão de gases, por exemplo), além das vantagens de serem mais silenciosos e utilizarem menos energia elétrica. Além disso, o motor pode utilizar fontes de calor alternativas, como placas solares, no seu módulo de aquecimento.

### Solução e Benefícios

Foram feitas simulações utilizando o software COMSOL Multiphysics® visando obter a maior densidade de fluxo magnético no interior do *gap* do ímã, uma vez que é neste local que ficará alojado o material magnético. A primeira simulação foi feita para avaliar o ímã escolhido. Foi encontrada a curva de densidade de fluxo magnético. Os valores obtidos foram bastante satisfatórios, com intensidade máxima de aproximadamente 2 T, sendo que em simulações preliminares, esse valor foi de 1,7 T.

Posteriormente, foi feita a análise do comportamento do material magnetocalórico no interior do GAP do ímã permanente, sendo que o material escolhido foi o gadolínio. Utilizando o software *Image-PRO Plus* para analisar os dados obtidos por Pecharsky e Gschneidner (1999), e também por Fujieda et al. (2004), foram encontrados valores para magnetização específica, fator desmagnetizante, difusibilidade e coeficiente de transferência de calor.

Com posse desses dados, foi feita a simulação do funcionamento do motor termomagnético de Tesla com mola via MATLAB®. A força inicial estimada foi de 86,19 N.

Em seguida, foi também realizada a simulação inicial do funcionamento do motor termomagnético pelo COMSOL®, para estimar a força inicial que o ímã permanente exerceria no pistão de gadolínio. Essa simulação serviu como parâmetro para avaliar a concordância entre os resultados obtidos via MATLAB® e COMSOL®. Essa força inicial, segundo o COMSOL® é de 50,65 N.

### Considerações Finais

Os problemas propostos foram solucionados, as simulações foram realizadas, e variáveis foram detalhadas. A montagem de um motor termomagnético foi iniciada, e o sistema de refrigeração e aquecimento foi automatizado com sucesso.

As simulações do motor de Tesla com mola tiveram resultados superiores às de testes anteriores, e a automatização permitiu maior precisão do sistema.

### Estágio de Desenvolvimento da Tecnologia

( ) Laboratório ( ) Mercado  
( ) *Scale-up* (mudança de escala) (X) Protótipo

### Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro.

### Contato Institucional

ra98607@uem.br  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Universidade Estadual de Maringá  
Núcleo de Inovação Tecnológica  
www.nit.uem.br  
(44)3011-3861