



## **Utilização de Energia Solar Concentrada para a Geração de Energia com Geradores Termoelétricos**

Leonardo H. Santos – Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ULBRA

Eduardo P. Eidt – Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, ULBRA

Jader F. Schmidt – Acadêmico de Engenharia Mecânica Automotiva, ULBRA

Lucas V. C. Souza – Acadêmico de Engenharia Mecânica Automotiva, ULBRA

### **Resumo**

Geradores termoelétricos funcionam segundo o efeito Seeback, no qual uma diferença de potencial é gerada entre duas junções de condutores, de materiais diferentes, quando elas estão em diferentes temperaturas. Nesse caso, para produzir energia elétrica, basta criar uma diferença de temperatura entre as duas junções dos condutores. A ideia desse projeto é utilizar um concentrador solar de disco parabólico como fonte quente, e que a junta fria seja mantida sem a utilização de sistemas de dissipação de calor. O trabalho dividiu-se essencialmente em três etapas: Na primeira etapa, foi projetado e construído um concentrador solar de disco parabólico utilizando materiais reaproveitados; na segunda etapa, foi construído e testado o sistema termoelétrico com módulos de telureto de bismuto comerciais; e, na terceira etapa, foi construído um módulo termoelétrico utilizando metais condutores de menor custo de aquisição. Resultados parciais mostram que os módulos comerciais de telureto de bismuto necessitam de um sistema de dissipação do calor na junta fria, além de uma camisa d'água na junta quente. Isso impossibilitou a obtenção de valores significativos de tensão. O módulo construído com cromel e alumel, que são metais mais baratos, mostrou-se bastante promissor, gerando, em um módulo de 10 pares, 0,1 V em corrente contínua.

Palavras Chave: Termogeradores. Efeito Seeback. Cromel-Alumel.

### **Introdução**

Desde a primeira e a segunda crise energética, ocorridas nos anos 1970, o interesse no desenvolvimento da geração de energia elétrica com o uso de geradores termoelétricos cresceu consideravelmente (CHEN, WANG, *et al.*, 2013). O seu uso não tem um maior alcance econômico devido ao fato de

apresentar um rendimento relativamente baixo, na ordem de 5 a 10%, dependendo dos materiais utilizados e da diferença de temperatura alcançada (DE LEON, CHONG e KRAFT, 2012). Esse baixo rendimento é um grande problema quando se espera que essa diferença de temperatura seja alcançada pela queima de algum combustível, porém, quando se trata da utilização de calor rejeitado de algum processo (cogeração), ou da utilização de fontes renováveis de energia esse baixo rendimento não é um problema, visto que está utilizando uma energia que seria desperdiçada (CHEN, WANG, *et al.*, 2013).

Nesse sentido, vários trabalhos têm sido publicados recentemente sobre o uso de geradores termoelétricos tendo como fontes de calor, principalmente, gases de escapamento de motores endotérmicos (LIANG, SUN, *et al.*, 2014) (NIU, DIAO, *et al.*, 2014) (WENG e HUANG, 2014), e energia solar concentrada (DATE, DATE, *et al.*, 2014) (LI, ZHANG, *et al.*, 2014) (ZHU, MATSUURA, *et al.*, 2013).

Como em um termopar, a diferença de potencial gerada em um gerador termoelétrico é proporcional à diferença de temperatura entre a junta fria e a junta quente. E esse índice de proporcionalidade é chamado coeficiente de Seebeck (ZHU, MATSUURA, *et al.*, 2013). Portanto, para que um gerador termoelétrico tenha grande capacidade de geração, é necessário que esse coeficiente seja o maior possível.

Geradores termoelétricos baseados em materiais com alto coeficiente de Seebeck, como os de telureto de bismuto, já são utilizados comercialmente. Porém, por não serem de fabricação nacional, tornam-se caros e de difícil aquisição, além de serem precursores de substâncias tóxicas (PHAGA, VORAUD e SEETAWAN, 2012).

Nesse sentido, justifica-se a busca por alternativas de baixo custo que, mesmo tendo baixos rendimentos na conversão de energia térmica em elétrica, quando utilizados com fontes de energia térmica que seriam rejeitadas, apresentam um bom potencial de geração.

O objetivo geral desse trabalho é estudar a viabilidade técnica da utilização de módulos termoelétricos fabricados de materiais alternativos,

aquecidos por energia solar concentrada, para a geração de energia elétrica para uso residencial.

Para que esse objetivo seja alcançado, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Projetar e construir o concentrador solar;
- Montar e testar o sistema com módulos de telureto de bismuto;
- Construir o módulo termoelétrico com materiais alternativos;
- Montar e testar o sistema com módulos de materiais alternativos; e,
- Tabular os resultados.

### **Material e Métodos**

Para a construção do concentrador solar foi utilizado o paraboloide de uma antena de televisão via satélite. A mesma possui uma área de captação de  $1,075 \text{ m}^2$  e foi recoberta com 1200 espelhos recortados, com  $9 \text{ cm}^2$  cada.

Para o seu posicionamento com relação ao sol, foi construída uma estrutura metálica de suporte, com recurso para inclinação frontal e lateral. O concentrador é mostrado na figura 1.



Figura 1 – Concentrador parabólico construído.

A equação da parábola que serviu de base para o parabolóide foi obtida através de um mapeamento da superfície do parabolóide. A partir dessa equação, foi possível determinar a distância focal.

Os módulos termoelétricos de telureto de bismuto utilizados foram da marca Hebei, modelo TEC1-12706, com pode ser visto na figura 2. Esses módulos têm 96 pares termoelétricos cada.



Figura 2 – Módulo Termoelétrico TEC1-12706 (Fonte: Hebei I. T. Co. Ltd.)

Como a temperatura máxima de operação dos módulos termoelétricos é de 138°C, foi necessária a construção de uma camisa d'água para ser colocada entre o módulo e o foco da parábola, tendo em vista que as temperaturas alcançadas superam a temperatura citada.

Foi construído, também, um módulo de forma artesanal, com cabos de compensação para termopar tipo K. Esse módulo foi fabricado com dez pares termoelétricos, e as principais diferenças com relação ao módulo comercial são com relação aos materiais dos pares termoelétricos e a distância entre a junta quente e a junta fria. Os materiais utilizados foram uma liga níquel-cromo (cromel) e uma níquel-alumínio (alumel), que são utilizados em termopares tipo K.

A distância entre a junta fria e a junta quente foi de 250 mm, para possibilitar uma diferença de temperatura maior, sem influência da condução de calor de um lado para o outro. Isso foi feito por causa do baixo valor do Coeficiente de Seeback do par cromel-alumel, quando comparado com o dos

pares de telureto de bismuto ( $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  e  $190 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , respectivamente). Para compensar esse valor menor, buscou-se alcançar uma maior diferença de temperatura. Esse módulo é representado na figura 3.

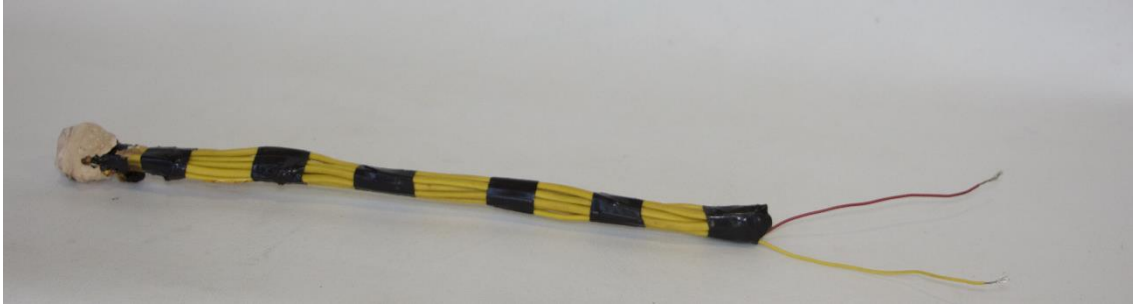


Figura 3 – Módulo termoelétrico construído.

### **Resultados e Discussão**

A temperatura alcançada no foco do concentrador solar chegou a  $350^\circ\text{C}$ . O que foi superior aos  $138^\circ\text{C}$  máximos que os módulos de telureto de bismuto suportam. Devido a esse fato, foi colocada uma camisa d'água entre o foco do concentrador e o módulo termoelétrico. Mesmo assim, não foi possível obter uma diferença de temperatura significativa, pois a distância entre as juntas frias e as juntas quentes foi muito pequena, o que inviabilizou a utilização desses módulos nesse tipo de aplicação.

No teste realizado com o módulo de cromel-alumel, a diferença de potencial obtida foi de  $0,1 \text{ V}$ .

A diferença de temperatura entre a junta quente e a junta fria foi de  $310^\circ\text{C}$ , o que corresponde, para um termopar tipo K, a  $12,6 \mu\text{V}$ . Considerando 10 pares, o valor teórico que poderia ser obtido é de  $0,126\text{V}$ .

### **Considerações Finais**

Até o presente, foi possível concluir que os módulos termoelétricos comerciais de telureto de bismuto, utilizados em refrigeradores, não podem ser utilizados para o fim de geração de energia, a menos que possuam um sistema eficiente de resfriamento das juntas frias. Esse sistema de resfriamento torna

inviável a utilização, pois a energia necessária para movimentar um ventilador que dissipe o calor, seria maior do que a que pode ser gerada.

Por outro lado, o termogerador de cromel-alumel, fabricado com cabos de compensação para termopar tipo K, mostrou-se promissor. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que com 100 pares termoelétricos seria possível uma diferença de potencial de 1 V.

Os próximos passos do trabalho serão a construção de um módulo de cromel-alumel com 1200 pares, que, teoricamente, possibilite a obtenção de uma tensão de 12 V em corrente contínua, e a avaliação do custo total do sistema.

### **Referências**

CHEN, W.-H. et al. Modeling and simulation for the design of thermal-concentrated solar thermoelectric generator. **Energy**, 2013. 287-297.

DATE, A. et al. Theoretical and experimental study on heat pipe cooled thermoelectric generator with heating using concentrated solar thermal energy. **Solar Energy**, 2014. 656-668.

DE LEON, M. T.; CHONG, H.; KRAFT, M. Design and modeling of SOI-based solar thermoelectric generators. **Procedia Engineering**, 2012. 76-79.

LI, C. et al. Effects of environmental factors on the conversion efficiency of solar thermoelectric co-generators comprising parabolic trough collectors and thermoelectric modules without evacuated tubular collector. **Energy Conversion and Management**, 2014. 944-951.

LIANG, X. et al. Comparison and parameter optimization of a two-stage thermoelectric generator using high temperature exhaust of internal combustion engine. **Applied Energy**, 2014. 190-199.

NIU, Z. et al. Investigation and design optimization of exhaust-based thermoelectric generator system for internal combustion engine. **Energy Conversion and Management**, 2014. 85-101.

PHAGA, P.; VORA-UD, A.; SEETAWAN, T. Invention of low cost thermoelectric generator. **Procedia Engineering**, 2012. 1050-1053.

WENG, C.-C.; HUANG, M.-J. A simulation study of automotive waste heat recovery using a thermoelectric power generator. **International Journal of Thermal Sciences**, 2014. 302-309.

ZHU, N. et al. Development of a small solar power generation system based on thermoelectric generator. **Energy Procedia**, 2013. 651-658.