

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E DO COEFICIENTE DE PERFORMANCE DE UM MÓDULO TERMOELÉTRICO

Públio Otávio Oliveira Duarte
Álvaro Toubes Prata
Cláudio Melo^(*)
Augusto José Pereira Zimmermann

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Mecânica
88040-600 – Florianópolis – SC
Fone: 48 234 5691 - Fax: 48 234 5166
e.mail: melo@nrva.ufsc.br
(*) Autor para correspondência.

Resumo: Neste trabalho desenvolveu-se uma bancada experimental para medir o desempenho térmico e também as propriedades físicas de um módulo termoeletrico comercial (coeficiente Seebeck, condutância térmica e resistência elétrica). Os testes realizados permitiram expressar as propriedades físicas como uma função da temperatura média de operação do módulo. Tais testes permitiram também correlacionar o desempenho (capacidade de refrigeração, potência consumida e coeficiente de performance) do módulo termoeletrico como uma função da corrente de operação. Mostra-se que o desempenho obtido experimentalmente é bastante próximo daquele obtido através de equações teóricas, mas utilizando as propriedades físicas resultantes dos experimentos.

Palavras-chave: Refrigeração Termoeletrica; Módulo Termoeletrico; Desempenho Térmico.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o aparecimento de novos nichos de mercado para a refrigeração, surgiram refrigeradores com características distintas dos sistemas convencionais por compressão mecânica de vapores. Dentre estas características podem ser citadas: sistemas com baixo nível de ruído para aplicação na indústria hoteleira, sistemas mais leves para equipamentos portáteis, sistemas com alto grau de confiabilidade para aplicações hospitalares e sistemas com controle extremamente fino da capacidade de refrigeração para resfriamento de componentes eletrônicos. Estes, dentre outros motivos, levaram pesquisadores e empresas a estudar ciclos de refrigeração alternativos tais como o sistema eletromagnético, o ciclo stirling, o sistema termoeletrico e outros bem conhecidos como o ciclo por absorção.

No caso particular da refrigeração termoeletrica, o desenvolvimento de novas técnicas de fabricação dos módulos termoeletricos e o aparecimento de trocadores de calor mais eficientes foram fatores fundamentais para a retomada das pesquisas nesta área.

Os sistemas termoeletricos não possuem fluido refrigerante, partes móveis e muito menos variação de pressão. Estes equipamentos utilizam componentes termoeletricos do estado sólido que

convertem energia elétrica em gradiente de temperatura (Efeito Peltier). Sistemas que utilizam o efeito Peltier são geralmente menos eficientes que sistemas por compressão mecânica de vapores, mas representam o modo mais direto de utilizar eletricidade para produção de frio. Neste tipo de sistema, o condensador é substituído por um dissipador de calor, o compressor por uma fonte de corrente DC e os elétrons do material semiconductor assumem o lugar do fluido refrigerante. A aplicação de uma diferença de potencial sobre os terminais do módulo causa o movimento dos elétrons através do material semiconductor.

O material semiconductor mais utilizado em sistemas de resfriamento termoeétrico é a liga de Telureto de Bismuto. Além do Telureto de Bismuto (Bi_2Te_3), existem ligas de Telureto de Chumbo (PbTe), Silício-Germânio (SiGe), e Bismuto-Antimônio (Bi-Sb) que encontram aplicação em situações específicas.

Este trabalho iniciou com o estudo dos fenômenos e das equações básicas que governam a termoeletricidade, com ênfase no efeito Peltier. A partir dos estudos teóricos identificou-se a necessidade de construção de uma bancada experimental para medir tanto as propriedades físicas como o desempenho térmico do módulo termoeétrico, objeto maior do presente trabalho.

2. FENÔMENOS TERMOELÉTRICOS

Os fenômenos termoeétricos mais importantes são o efeito Seebeck, o efeito Peltier e o efeito Thomson. Apenas os dois primeiros efeitos serão aqui explorados.

2.1 Efeito Seebeck

Sempre que as junções de dois semicondutores distintos são submetidas a diferentes temperaturas, surge um desequilíbrio na distribuição dos portadores de carga nos dois materiais. Tal desequilíbrio provoca a difusão dos portadores livres (elétrons para o material tipo-n e lacunas para o material tipo-p) da junção de alta temperatura para a junção de baixa temperatura. Este efeito, conhecido como efeito Seebeck (Seebeck, 1822), gera uma força eletromotriz, E , que é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre as junções dos semicondutores, como expresso na Eq. (1).

$$E = \alpha \Delta T \quad (1)$$

Onde α é o coeficiente de Seebeck do par termoeétrico, expresso em V/K.

2.2 Efeito Peltier

O efeito Peltier (Peltier, 1834) é inverso ao efeito Seebeck e consiste no aquecimento e resfriamento das junções de materiais termoeétricos diferentes, sob a ação de uma corrente elétrica I , como ilustrado na Fig. (1).

O elétron, ao passar da placa metálica para o semiconductor tipo-n, precisa superar a barreira de energia, criada pela diferença entre a energia do elétron na banda de valência do metal e a energia necessária para este alcançar o nível doador na banda de condução do semiconductor. Os elétrons com mais energia, vencem esta barreira com facilidade e passam para a outra interface metal-semiconductor através da banda de condução. Na outra interface, não há barreira de energia para o elétron, que flui facilmente para o metal. Os elétrons ao passarem de uma extremidade à outra do semiconductor, transportam calor e provocam o aquecimento de uma junção

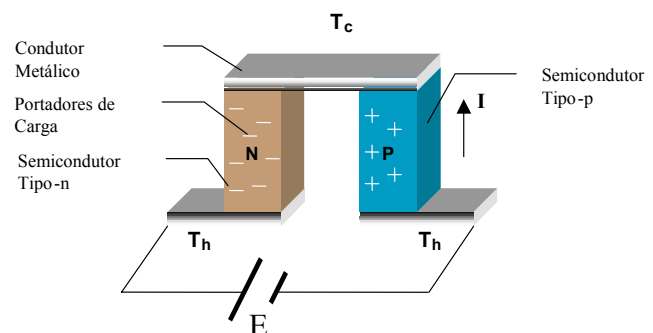


Figura 1. Par Termoeétrico – Efeito Peltier

e o resfriamento de outra. No semiconductor tipo-p as lacunas transportam a energia de uma extremidade para outra através da banda de valência do termoelemento.

A taxa de transferência de calor na junção fria do par termoeletrico é dada pela Eq. (2).

$$\dot{Q}_P = \pi I \quad (2)$$

Onde π é o coeficiente de Peltier do par termoeletrico, expresso em W/A.

Thomson (1851), realizou uma análise termodinâmica dos efeitos Seebeck e Peltier, culminando com o estabelecimento de relações matemáticas entre os efeitos termoeletricos. Dentre elas a mais importante para o estudo em questão é mostrada na Eq. (3).

$$\pi = \alpha T \quad (3)$$

Onde T é a temperatura média do par termoeletrico, expressa em K.

3. PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM MÓDULO TERMOELÉTRICO

O desempenho de um módulo termoeletrico é geralmente caracterizado através de um parâmetro, conhecido como figura de mérito, dado por:

$$Z = \frac{\alpha^2}{RK} \quad (4)$$

onde:

$$R = \rho L / A \quad (5)$$

$$K = \kappa A / L \quad (6)$$

Os símbolos ρ e κ representam respectivamente a resistividade elétrica e a condutividade térmica do material termoeletrico. Os símbolos A e L representam respectivamente a área da seção transversal e o comprimento do elemento termoeletrico.

Com base no exposto fica evidente que para avaliar a performance de um módulo termoeletrico, é necessário medir as propriedades físicas de interesse, quais sejam: coeficiente de Seebeck (α), resistência elétrica (R) e condutância térmica (K).

4. DESEMPENHO TEÓRICO DE UM MÓDULO TERMOELÉTRICO

O desempenho de um módulo termoeletrico pode ser previsto através de um conjunto de equações, disponíveis na literatura (Ioffe,1957, Sherman et al.,1960, Goldsmid,1964 e Duarte, 2003), e que serão aqui sumarizadas.

Destas publicações é possível mostrar que a taxa de absorção de calor na junção fria (\dot{Q}_C) pode ser dada por:

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_P - \dot{Q}_K - \dot{Q}_J / 2 \quad (7)$$

Onde \dot{Q}_P , \dot{Q}_K e \dot{Q}_J representam, respectivamente a taxa de absorção de calor associada com o efeito Peltier, o refluxo de calor da junção quente para a junção fria devido à condução de calor através do módulo termoeletrico e o refluxo de calor para a junção fria devido à geração de calor

causada pelo efeito Joule. Substituindo as expressões para cada parcela é possível mostrar que:

$$\dot{Q}_C = \alpha I T_C - K \Delta T - \frac{1}{2} R I^2 \quad (8)$$

Onde T_C é a temperatura absoluta da face fria do módulo termoeletrico e ΔT é a diferença de temperatura entre as faces quente e fria.

A taxa de transferência de calor na face quente do módulo (\dot{Q}_H), pode ser expressa como,

$$\dot{Q}_H = \alpha I T_H - K \Delta T + \frac{1}{2} R I^2 \quad (9)$$

Onde T_H é a temperatura absoluta da face quente do módulo.

A força eletromotriz (E) que age sobre o módulo termoeletrico, proveniente dos efeitos Seebeck e Joule, pode ser dada pela expressão a seguir:

$$E = \alpha (T_H - T_C) + I R \quad (10)$$

A potência elétrica (P) pode então ser dada por:

$$P = I E = I [\alpha (T_H - T_C) + I R] = \alpha I (T_H - T_C) + I^2 R \quad (11)$$

Definindo o coeficiente de performance (COP) como a razão entre a capacidade de refrigeração e a potência fornecida ao módulo, obtém-se:

$$COP = \frac{\dot{Q}_C}{P} = \frac{\alpha I T_C - \frac{I^2 R}{2} - K (T_H - T_C)}{\alpha I (T_H - T_C) + I^2 R} \quad (12)$$

Deve-se ressaltar que as equações anteriores foram derivadas considerando que os parâmetros α , ρ e κ não variam com a temperatura. Esta hipótese é apenas válida para pequenas diferenças entre as temperaturas das faces quente e fria, como será mostrado posteriormente.

5. APARATO EXPERIMENTAL

Para medir e controlar as variáveis de interesse (corrente (I), voltagem (E), capacidade de refrigeração (\dot{Q}_C), temperatura da face fria (T_C) e temperatura da face quente (T_H)), tomou-se por base o aparato experimental desenvolvido por Huang et al (2000).

Huang et al (2000) montaram o módulo termoeletrico com a face quente em contato com um trocador de calor e com a face fria em contato com um bloco de cobre aquecido por resistências elétricas. Através de um banho termostaticado e de uma válvula com controle do tipo PID, tanto a temperatura como a vazão do líquido em circulação através do trocador, podiam ser variadas. Isso possibilitou o controle da temperatura da face quente do módulo dentro de uma faixa de variação de $\pm 1^\circ\text{C}$.

A quantidade de calor fornecida ao módulo foi controlada variando-se a corrente fornecida às resistências elétricas inseridas na placa de cobre, também com o auxílio de um PID. A seção de testes foi colocada dentro de um invólucro evacuado para evitar as trocas de calor com o ambiente.

No presente trabalho, optou-se pela utilização de dois circuitos de transferência de calor, um para cada face do módulo. Cada circuito é composto pelos seguintes componentes principais: banho termostaticado, medidor de vazão, válvulas de controle de vazão, trocador de calor e bomba de

palhetas. As Fig. (2a) e (2b) mostram respectivamente um esquema e uma vista em 3D da BAET (Bancada de Análise de Efeitos Termoelétricos).

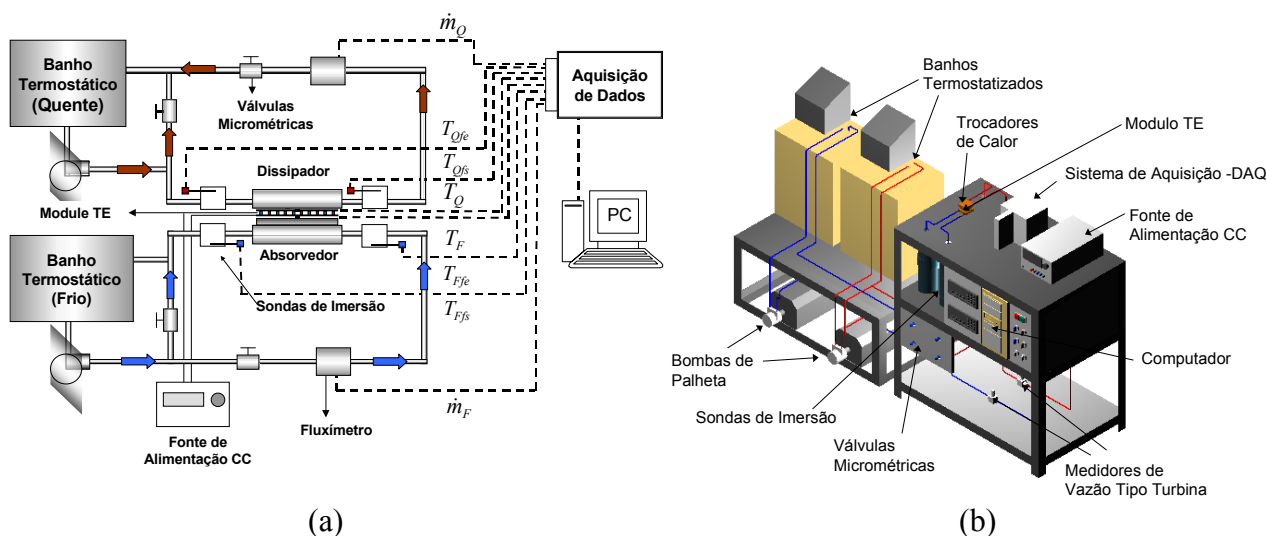


Figura 2. Banca experimental. a) esquema e b) vista em 3D

Os banhos termostatizados podem ser controlados, através de um computador, dentro de uma faixa de -20 a $+100^\circ\text{C}$, com estabilidade de $\pm 0,02^\circ\text{C}$ e com resolução de $\pm 0,01^\circ\text{C}$.

Os trocadores de calor consistem, basicamente, de uma barra retangular de cobre com canais usinados na parte interna, para a passagem da água. A água foi movimentada através de bombas de palhetas com vazões máximas de 56 e 94 kg/h, respectivamente para os circuitos frio e quente. O fluxo de massa foi medido, em ambos os circuitos, por medidores de vazão tipo turbina.

A seção de testes foi isolada termicamente com lã de vidro. As trocas térmicas, entre a secção de testes e o ambiente, foram avaliadas experimentalmente quando verificou-se que a quantidade de calor em jogo era pequena e da ordem da incerteza de medição da capacidade de refrigeração do módulo termoelétrico.

As temperaturas foram medidas por doze termopares do tipo T, com 0,13 mm de diâmetro, e por quatro termopares de imersão, com diâmetro de 0,040". Na entrada e na saída dos trocadores de calor foram instalados misturadores para homogeneizar a temperatura da água. Os misturadores eram formados por pedaços de tubo de cobre, com diâmetro cinco vezes superior ao diâmetro da tubulação da bancada, cujas extremidades eram fechadas por tampões, onde eram fixados os termopares de imersão (Duarte, 2003).

A tensão ou a corrente necessária ao módulo termoelétrico foi fornecida por uma fonte de alimentação de 0 a 10A, com resolução de 0,001A e precisão de 0,25%.

Os sinais foram adquiridos através de um sistema de aquisição de sinais, modelo SCXI 1000, com o auxílio do software LabView, versão 6.0i. Um programa de aquisição foi especialmente desenvolvido, o qual permitia a visualização instantânea da capacidade de refrigeração, da potência fornecida ao módulo e do coeficiente de performance.

Os equipamentos de medição de temperatura e vazão foram calibrados conforme procedimentos descritos por Duarte (2003). A incerteza de medição máxima para o sistema de medição de temperatura foi de $\pm 0,1^\circ\text{C}$. A incerteza de medição máxima para o sistema de medição de vazão foi de $\pm 0,121$ e $\pm 0,086$ l/h, respectivamente para os circuitos quente e frio.

6. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Huang et al. (2000), verificaram que os módulos termoelétricos não seguiam exatamente o comportamento descrito pelas equações apresentadas no item 4, deste trabalho, o que fez com que eles partissem para o desenvolvimento de correlações experimentais. No procedimento utilizado por

Huang et al. (2000) a temperatura da face fria do módulo foi tomada como a variável dependente, sendo as demais consideradas como variáveis independentes.

No presente trabalho as temperaturas das faces do módulo são controladas e mede-se a capacidade de refrigeração como uma função das demais variáveis. Esta abordagem permite mais agilidade na realização dos ensaios. Além disso, esta montagem experimental se aproxima bastante das condições reais de aplicação de um módulo termoeletrico num sistema de refrigeração.

As características técnicas do módulo termoeletrico utilizado no presente trabalho são mostradas na Tab. (1), de acordo com informações fornecidas pelo fabricante.

Tabela 1. Características técnicas do módulo termoeletrico

Dimensões (mm)			ΔT entre as faces		Q_c (Carga Térmica)		Características Elétricas	
L	W	H	ΔT_{\max} ($Q_c=0$)	Faixa de Operação	$Q_{c,\max}$ ($\Delta T=0$)	Faixa de Operação	I_{\max}	E_{\max}
40,0	40,0	3,3	79°C	30-50°C	78,0 W	18-38 W	8,0 A	16,1 VDC

6.1 Medição das Propriedades Físicas

Para se obter as propriedades físicas do módulo, é preciso manter uma diferença de temperatura entre as faces. Entretanto, esta diferença de temperatura deve ser a mínima possível, uma vez que as propriedades do material termoeletrico variam com o gradiente de temperatura ao longo do dispositivo termoeletrico.

Neste estudo, a temperatura de operação do módulo foi considerada como sendo a temperatura média das faces e, portanto as propriedades físicas foram obtidas em função deste parâmetro. A temperatura da face fria foi variada entre 10 e 40°C e a temperatura da face quente entre 25 e 55°C, em intervalos de 5°C. O diferencial de temperatura entre as faces foi mantida em torno de 15°C em todos os ensaios.

Os primeiros ensaios foram focados na determinação do coeficiente de Seebeck. Em regime permanente, o coeficiente de Seebeck é determinado mantendo-se uma diferença de temperatura entre as faces e medindo-se a diferença de potencial induzida nos terminais do módulo para a condição de circuito aberto, $I = 0$. Calcula-se então α a partir da seguinte expressão:

$$\alpha = \frac{E_s}{(T_H - T_C)} \quad (13)$$

Onde E_s é a força eletromotriz induzida pelo efeito Seebeck, expressa em V.

Os dados experimentais, plotados em função da temperatura média de operação do módulo (T_M), são mostrados na Fig. (3a). Pode-se verificar que esta propriedade é praticamente independente da temperatura, assumindo um valor constante de 0,0464 V/K.

A condutância térmica do módulo termoeletrico foi determinada através do método denominado de Fluxo de Calor Axial absoluto ou Termo Potenciômetro. Neste método mantém-se uma diferença de temperatura entre as faces do módulo o que faz com que o calor passe do lado quente para o lado frio. Medindo, por exemplo, o calor que chega ao lado frio, \dot{Q}_c , em $I = 0$, é possível determinar a condutância térmica (K) a partir da seguinte equação:

$$K = \frac{\dot{Q}_c}{(T_H - T_C)} \quad (14)$$

Correlacionando os dados experimentais com a temperatura de operação do módulo obtém-se:

$$K = -0,0008.T_M + 0,7661 \quad (15)$$

A partir desta correlação e da inspeção da Fig.(3b) é possível notar um leve decréscimo linear da condutância térmica com o aumento da temperatura de operação do módulo.

A resistência elétrica pode ser determinada a partir da diferença de potencial e da corrente elétrica do circuito. O procedimento de ensaio foi idêntico ao utilizado para a determinação do coeficiente de Seebeck, porém empregando-se uma corrente de 1A. A resistência elétrica foi determinada a partir da expressão a seguir, obtida através do rearranjo da Eq. (10).

$$R = \frac{E_T - \alpha(T_H - T_C)}{I} \quad (16)$$

Onde E_T é a diferença de potencial associada com os efeitos Seebeck e Joule.

Os dados experimentais deram origem à Fig. (3c) e a Eq. (17), que mostram que a resistência elétrica cresce linearmente com a temperatura média de operação do módulo.

$$R = 0,0097.T_M + 1,3054 \quad (17)$$

A partir das propriedades obtidas pode-se calcular a figura de mérito, através da Eq. (4), e correlacioná-la com a temperatura média de operação. Tal correlação assume as formas mostradas na Fig. (3d) e na Eq. (18).

$$Z = 0,000063T_M^3 - 0,00658T_M^2 + 0,208678T_M - 0,13069 \quad (18)$$

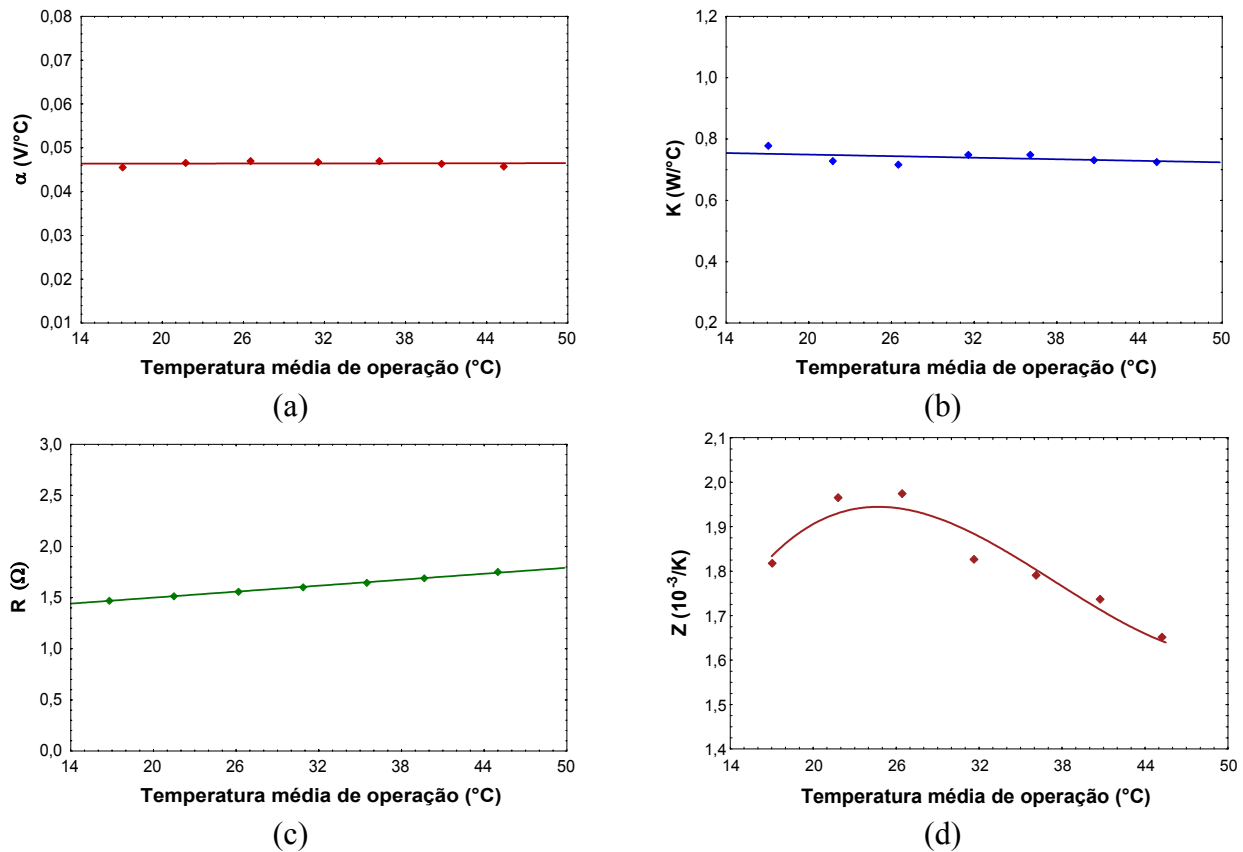


Figura 3. Propriedades Físicas. a) coeficiente de Seebeck, b) condutância térmica, c) resistência térmica e d) figura de mérito

6.2 Curvas de Desempenho do Módulo Termoelétrico

Nestes ensaios, a temperatura da face quente (T_H), a corrente de operação (I) e a diferença de temperatura entre as faces do módulo (ΔT) foram controladas. A temperatura da face quente foi fixada em 25, 35 e 45°C, a corrente de operação em 2, 3, 4, 5 e 6A e a diferença de temperatura entre as faces do módulo em 10, 20, 30 e 40°C.

Para cada temperatura da face quente, limitou-se a temperatura da face fria em 5°C, o que significa dizer que nem todos os valores de ΔT foram utilizados com cada um dos valores de T_H e I .

Atingidas as condições de regime permanente, iniciava-se a aquisição de sinais por um período de 250 min. Em seguida escolhia-se desse intervalo, um outro intervalo de 15min com menor variabilidade de vazão. Finalmente, escolhia-se do intervalo de 15 min um intervalo de 3min onde a variação máxima de temperatura fosse inferior a 0,5°C. Os dados coletados durante o período de 3min eram então submetidos a um processo de média, dando origem aos pontos experimentais.

A Fig. (4) mostra a capacidade de refrigeração e a potência consumida, para diversas diferenças de temperatura e correntes de operação, ambos para uma temperatura da face quente de 25°C. Pode-se observar que existe uma razoável concordância entre os resultados experimentais e os obtidos através das equações teóricas, alimentadas com as propriedades físicas obtidas experimentalmente, o que contraria as observações de Huang et al.(2000).

A Fig. (5) mostra resultados semelhantes, mas para uma temperatura da face quente de 45°C.

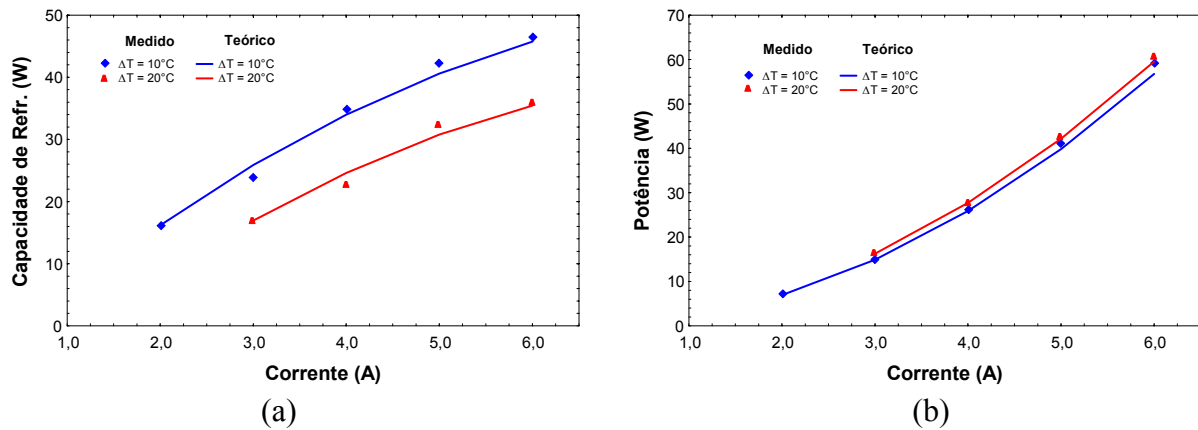


Figura 4. Desempenho do módulo para $T_H = 25^\circ\text{C}$. a) capacidade de refrigeração e b) potência consumida

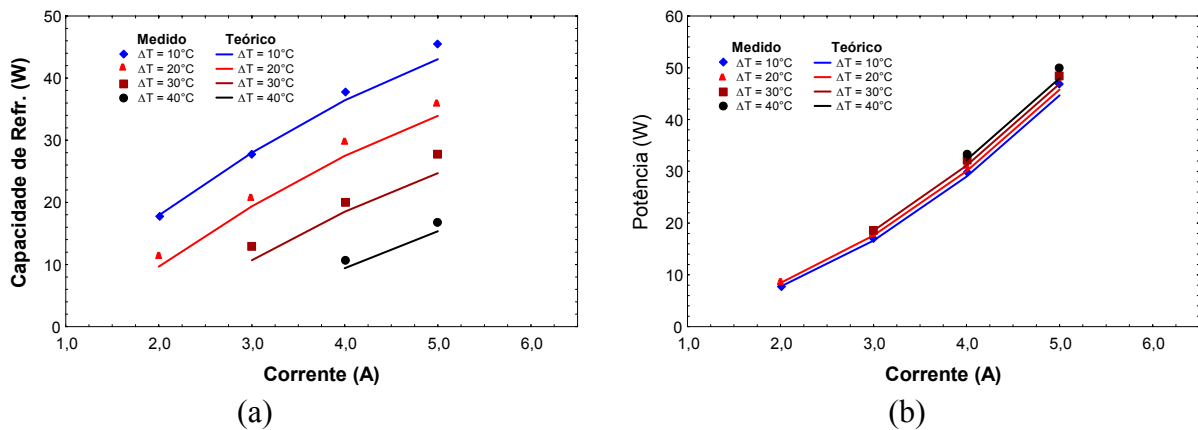


Figura 5. Desempenho do módulo para $T_H = 45^\circ\text{C}$. a) capacidade de refrigeração e b) potência consumida

Das figuras apresentadas, percebe-se que a capacidade de refrigeração aumenta com o incremento da corrente fornecida ao módulo, tendendo a um valor de máximo. Isto ocorre porque, com o aumento da corrente, aumenta o efeito Peltier mas, ao mesmo tempo, aumenta a perda por efeito Joule. O ponto de máximo corresponde ao ponto onde as perdas por efeito Joule começam a se aproximar dos ganhos com o efeito Peltier.

Verifica-se também que a capacidade de refrigeração decresce com o aumento da diferença de temperatura entre as faces do módulo, o que se deve ao aumento das perdas por condução de calor através dos termoelementos do módulo termoeletrico.

Nota-se também que a potência consumida, como esperado, aumenta quadráticamente com o aumento da corrente. A diferença de temperatura entre as faces do módulo, por outro lado, não afeta significativamente a potência consumida. O pequeno acréscimo observado deve-se ao aumento da resistência elétrica do módulo termoeletrico com a temperatura de operação.

Conhecidos os comportamentos da capacidade de refrigeração e da potência consumida, pode-se identificar o comportamento do coeficiente de performance, o que é feito na Fig. (6).

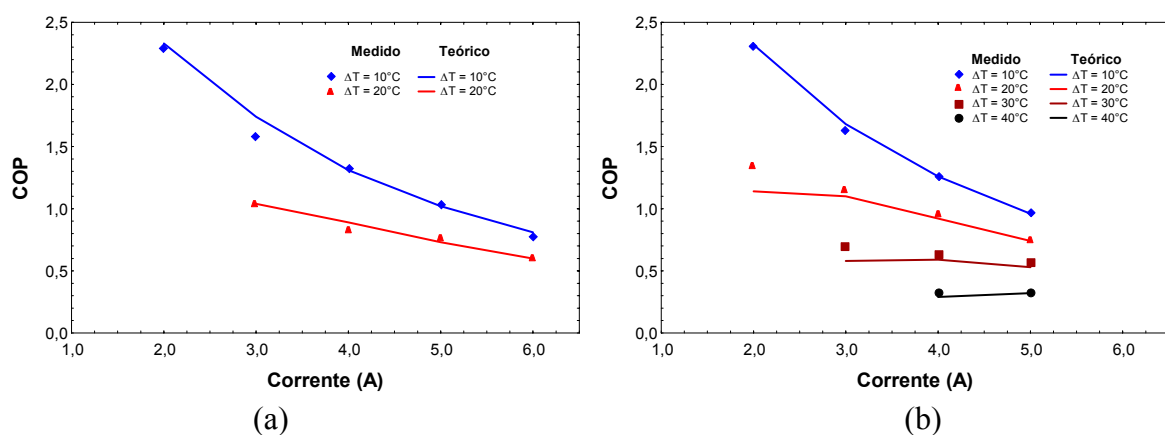


Figura 6. Coeficiente de performance a) $T_H = 25^\circ\text{C}$ e b) $T_H = 45^\circ\text{C}$

Percebe-se que o coeficiente de performance aumenta com o decréscimo da corrente, o que significa que a redução da potência supera a queda da capacidade de refrigeração. Verifica-se também que o efeito da corrente é tanto maior quanto menor a diferença de temperatura entre as faces do módulo. Além disso, observa-se que o efeito da diferença de temperatura se manifesta mais intensamente em correntes mais baixas.

7. CONCLUSÕES

Um módulo termoeletrico comercial foi estudado detalhadamente, com o objetivo de levantar as suas características de desempenho e propriedades físicas. Um aparato experimental foi especialmente desenvolvido para este fim. Os resultados experimentais indicaram que o coeficiente de Seebeck não se altera com a variação da temperatura de operação do módulo, enquanto a condutância térmica se reduz ligeiramente e a resistência elétrica se eleva moderadamente. A combinação destas propriedades, representada pela figura de mérito Z , indicou que o desempenho do material termoeletrico passa por um ponto de máximo, com o aumento da temperatura de operação.

As curvas de desempenho obtidas experimentalmente, apresentaram uma boa concordância com valores calculados a partir das equações teóricas, quando alimentadas com as propriedades termoeletricas medidas.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelos recursos disponibilizados para a realização deste trabalho. Agradecem também à Empresa Brasileira de Compressores (EMBRACO S.A.) pelo apoio financeiro e técnico, especialmente ao eng. Roberto Horn Pereira.

9. REFERÊNCIAS

- Duarte, P.O.O., (2003); “Desempenho de Sistemas Termoelétricos Aplicados a Sistemas de Pequena Capacidade”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 112p.
- Goldsmid, H. J. (1964); “Thermoelectric Refrigeration”, Plenum Press, New York, p. 21-223.
- Huang, B. J.; Chin, C. J.; Duang, C. L. (2000); “A Design Method of Thermoelectric Cooler”, International Journal of Refrigeration, Vol. 23, p. 208-218.
- Ioffe, A. F. (1957); “Semiconductor Thermoelements and Thermoelectric Cooling”, Infosearch, London.
- Peltier, J.C. (1834); “Nouvelles Experiences sur la Caloriecete des Courans Electriques”, Ann. Chem., LVI, 371-387.
- Seebeck, T. J. (1822); “Magnetische Polarisation der Metalle und Erzedurch Temperatur-Differenz”, Abhand Deut, Akad, Wiss, Berlin, p. 265-373.
- Sherman, B.; Heikes, R. R.; Ure, R. W. (1960), “Calculation of Efficiency of Thermoelectric Devices”, Journal Applied Physics, Vol. 31, p. 1-16.
- Thomson, W. (1851); “On a Mechanical Theory of Thermoelectric Currents”, Proc. Roy. Soc. Edinburgh, p.91-98.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE THERMAL PERFORMANCE AND PHYSICAL PROPERTIES OF A THERMOELECTRIC MODULE

Públio Otávio Oliveira Duarte

Álvaro Toubes Prata

Cláudio Melo

Augusto José Pereira Zimmermann

Federal University of Santa Catarina
Department of Mechanical Engineering
88040-600 – Florianópolis – SC
Phone: 48 234 5691 - Fax: 48 234 5166
e.mail: melo@nrva.ufsc.br

Abstract: *This work presents an experimental apparatus to measure both the thermal performance and the physical properties (Seebeck coefficient, thermal conductance and electric resistance) of commercial thermoelectric modules. The resulting experimental database was used to calculate the physical properties of a specific thermoelectric module and to express them as a function of the average operating temperature. The thermoelectric module performance (cooling capacity, power consumption and coefficient of performance) was also measured and expressed as a function of the electric current. It was found that the theoretical equations, when applying the physical properties obtained experimentally as input variables, may be used to accurately predict the coefficient of performance of thermoelectric modules.*

Keywords: *Thermoelectric Refrigeration; Thermoelectric Module; Thermal Performance.*