

## PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO SUPERVISÓRIO DA BANCADA PARA MEDIÇÃO DO EFEITO TORSIOCALÓRICO

Leonardo José Constantino Franchetti (PIBIC/FA), Cleber Santiago Alves (Orientador), Flávio Clareth Colman, Fernando Rodrigo Moro, Thiago Henrique de Bona, Rubens Zenko Sakiyama, e-mail: ra117502@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/ Maringá, PR.

**Área: Engenharias; Sub-área: Engenharia Mecânica**

**Palavras-chave:** desenvolvimento de software, efeito i-calórico, controle e automação

### Resumo:

O efeito mecanocalórico se refere à variação de temperatura adiabática observável em alguns materiais quando submetidos a cargas mecânicas, sendo este efeito uma classe do que se conhece como efeitos i-Calóricos. Dentro desta classe há ainda uma subdivisão, que diz respeito à resposta dos materiais a cargas de torção, conhecido como efeito torsiocalórico, que é pouco estudado e compreendido no momento atual. Justamente por isso, não há ainda equipamentos que permitam o estudo de forma confiável deste efeito, o que torna importante a elaboração de um equipamento que atenda a essa necessidade. Partindo de um projeto inicial em que a parte mecânica do equipamento foi idealizada, foi necessária a implementação de um sistema eletrônico que comandasse de forma precisa os ensaios, captasse de forma direta os parâmetros para a medição e cálculo do efeito torsiocalórico, como as variações de temperatura e cargas presentes, e que corrigisse possíveis desvios. Este conjunto de funções forma o que chamamos de supervisório, e o objetivo deste projeto foi projetar e implantar este sistema.

### Introdução

Há uma série de respostas térmicas em materiais quando estes são expostos a um campo de forças, seja ele elétrico, mecânico ou magnético. A estas respostas são dados os nomes de efeitos i-Calóricos [1]. Do ponto de vista aplicável, os efeitos i-Calóricos apresentam grande potencial para se tornarem bases de sistemas de refrigeração mais modernos, visto que do ponto de vista ambiental o trabalho com estes efeitos apresenta um risco muito menor (em alguns casos podemos assumir como nulo) de emissão de poluentes para a atmosfera, um contraponto aos sistemas a gás utilizados atualmente [2-11]. Dentre estes efeitos, a resposta a forças mecânicas de torção (que recebeu o nome de efeito torsiocalórico) começou a ser explorada muito recentemente [12], principalmente pelo fato de seus parâmetros de análise serem mais difíceis de controlar que nos outros tipos de efeitos

mecanocalóricos (cargas de tração e de compressão), existindo assim ainda uma área com potencial inimaginável de estudos.

## **Materiais e Métodos**

Foram utilizados 02 drivers de motor de passo ST10-SI, 02 motores de passo Nema 34, 04 microcontroladores Raspberry Pi Pico, 01 placa Raspberry Pi 400, 01 transdutor de torque HMB-T22, 02 módulos de medição de temperatura MAX31856, 02 termopares, 02 fontes Delta PMT-48V350W1AR, 01 fonte comum 5V e 01 fonte comum 12 volts. Foi utilizado também cordões nitrílicos maciços como amostras para os ensaios teste da bancada.

Para a configuração dos motores foram utilizados os softwares ST Configurator e Q Programmer fornecidos junto aos drivers. Já a construção do supervisor foi dividida em duas frentes, sendo utilizado a linguagem Python junto a IDE Pycharm Community para a construção da interface com o usuário e maior parte do processamento, e a linguagem MicroPython junto à IDE Thonny na estruturação do processamento do microcontrolador.

Na captação de dados de temperatura, empregou-se um outro Raspberry Pi Pico a IDE Arduino juntamente com as bibliotecas referentes ao módulo de medição de temperatura, sendo estruturado o código em C++.

## **Resultados e Discussão**

Após alguns testes, foi possível montar o conjunto de motores de forma a conseguir um torque de 5kg.cm a 300 rpm, configurando a ligação do motor de forma paralela e definindo que a cada pulso elétrico recebido pelo driver o motor deveria rotacionar 0,018°, de forma a não haver solavancos e pulos de passo. Este conjunto de configurações nos resultou em um funcionamento adequado para a realização dessa primeira etapa de ensaios.

Na questão do controle, este foi obtido por meio de pinagem entre os drivers e um Raspberry Pico, usando então a função PWM. Configurando o duty a 50% e gerando por meio de um laço uma rampa de aceleração. Foi possível alcançar os citados 300 rpm que resultaram em uma rápida torção da amostra, fazendo com que o emprego de forças ocorresse de maneira que acreditamos ser adiabática.

Tocante aos sensores, foram coletados os dados de temperatura através de um Raspberry Pico com programação feita via IDE Arduino em linguagem C++, visto que já apresentava a biblioteca compatível ao módulo de medição, resultando em uma opção mais simples e segura de coleta.

Com o controle dos motores e a coleta da variação de temperatura da amostra foi possível realizar ensaios com uma amostra de borracha nitrílica, com comprimento de 200 milímetros e diâmetro de 11 milímetros. Nela foi possível detectar a presença

do efeito térmico (mesmo que não em sua forma clássica) e armazenar os dados gerados para análises futuras.

## Conclusões

O projeto deu cabo de grande parte de sua proposta inicial, tendo em vista que atende satisfatoriamente os quesitos de controle preciso dos ensaios e captação direta da temperatura, ficando apenas a leitura de carga e sua correção em tempo real para desenvolvimento futuro. Tendo em vista que a bancada será utilizada para ensaios que permitam futuras publicações científicas, há espaço para a implantação de melhorias tanto no equipamento quanto no supervisor, a fim de gerar dados o mais confiáveis possíveis.

## Agradecimentos

Quero agradecer primeiramente a Fundação Araucária que, por meio dos recursos cedidos, possibilitou esta pesquisa e meu desenvolvimento científico. Quero agradecer também ao meu orientador Cleber Santiago Alves e ao professor Flávio Clareth Colman, que me introduziram à pesquisa científica, me auxiliaram e foram meus mentores durante todo o projeto, prestando todo o apoio necessário mesmo quando excedia suas agendas.

## Referências

- [1] IMAMURA, W.; PAIXÃO, L. S.; USUDA, E. O. et al. I-Caloric effects: a proposal for normalization. In: Proc. 7th Int. Conf. Magn. Refrig. At Room Tempo.: THERMAG VIII, Darmstadt, Germany (2018).
- [2] COULOMB, D. Refrigeration: The challenges associated with sustainable development, in Proc. 6th Int. Conf. On Compressors and Coolants (2006).
- [3] MOYA, X.; DEFAY, E.; HEINE, V.; MATHUR, N. D. Too cool to work. Nature Physics 11 (2015).
- [4] TAKEUCHI, I.; SANDERMAN, K. Solid-state cooling with caloric material. Physics Today 68(12) (2015).
- [5] ROWE, A.; CHRISTIAANSE, T. V.; GOVINDAPPA, P.; NIKNIA, I.; TEYBER, R.; TREVIZOLI, P. V. Active caloric regenerator cycles: na analytic elemento model, in: Proc. 7th Int. Conf. Magn. Refrig. At Room Temp.: THERMAG VII, Turin, Italy (2016).
- [6] PECHARSKY, V. K.; GSCHNEIDNER JR, K. A. Advanced magnetocaloric materials: What does the future hold? Int. J. Refrig. 29, 1239-1249 (2006).

- [7] GSCHNEIDER JR, K. A.; PECHARSKY, V. K. Thirty years of near room temperature magnetic cooling: Where we are today and future prospects. *Int. J. Refrig.* 31, 945-961 (2008).
- [8] MANOSA, L.; PLANES, A.; ACET, M. Advanced materials for solid-state refrigeration. *J. Mater. Chem. A* 1(16), 4925-4936 (2013).
- [9] KITANOVSKI, A. *et al.* Magnetocaloric Energy Conversion: From Theory to Applications. Springer International Publishing (2015).
- [10] KITANOVSKI, A. *et al.* Present and future caloric refrigeration and heat-pumps Technologies. *Int. J. Refrig.* 57, 288-298 (2015).
- [11] RUSSEK, S. L.; ZIMM, C. B. Potential for cost effective magnetocaloric air conditioning systems. *Int. J. Refrig.* 29, 1366-1373 (2006).
- [12] WANG, R. *et al.* Torsional refrigeration by twisted, coiled, and supercoiled fibers. *Science*, 366, 216-221 (2019)