



## INSTRUMENTO DE CALIBRAÇÃO PARA SENSORES DE TEMPERATURA DO TIPO PT-1000

Leonardo José Lyra do Nascimento<sup>1</sup> e Diógenes Montenegro Gomes de Brito Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutorando do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UFPA / João Pessoa; e-mail: [leonaldolira@ig.com.br](mailto:leonaldolira@ig.com.br)

<sup>2</sup>Técnico de Laboratório – Eletrônica/ LES-Lab.de Energia Solar / UFPA: [diogenesmgbs@gmail.com](mailto:diogenesmgbs@gmail.com)

**Resumo:** Este artigo apresenta um instrumento de calibração para os sensores de temperatura da série pt. Ele é composto pelos sensores de temperatura pt-1000, circuito eletrônico de condicionamento de sinais elétricos, placa de aquisição de dados do tipo DAQmx 6211 e software LabVIEW, ambos da National Instruments, termômetro digital, módulo termoeletrico, circuito eletrônico de potência – MOSFET IRF630, dissipador de calor com cooler, fonte de tensão DC de -5V, +5V, -12V, +12V e ambiente térmico. Os sensores de temperatura a serem calibrados são colocados no interior do ambiente térmico cuja temperatura é controlada por um controlador PID implementado num programa computacional desenvolvido no ambiente do LabVIEW que permite variar a temperatura numa faixa de -1°C a 100°C com precisão de até 0,01°C. Esse programa é composto por um diagrama de blocos e um painel frontal que representa a interface com o usuário e por onde o mesmo entra com dados que serão processados pelo programa, tais como: temperatura de referência, parâmetros do controlador PID, tempo de espera para gravação de dados com extensões (.txt e .xls) e nome de arquivos de dados (temperatura e tensão elétrica). Através do painel frontal, o usuário define sua faixa de temperatura e o local de gravação dos dados. Em cada arquivo de dados serão armazenados os números de dados, os valores de temperatura e de tensão de cada sensor numa quantidade definida pelo usuário. Com esse conjunto de dados é possível fazer a correlação da temperatura versus tensão de cada sensor, bem como o tratamento estatístico tais como: média, variância, desvio padrão, equação de ajuste de curva e correlação. Com este instrumento é possível obter correlações da ordem de 0,9999.

**Palavras-chave:** daqmx 6211, labview, módulo termoeletrico, mosfet irf630, pt-1000

### 1. INTRODUÇÃO

A temperatura está sempre presente em todos os fenômenos físicos, químicos e térmicos e fazer o seu controle tornou-se uma necessidade de muitos pesquisadores no mundo inteiro em trabalhos científicos e acadêmicos na determinação de certas propriedades da matéria.

Com os avanços tecnológicos ocorridos na área da microeletrônica fizeram crescer o interesse de pesquisadores pelos circuitos integrados especialmente os SMD – Surface Mounting Device, e com essa tecnologia foram desenvolvidos, não só diversos circuitos eletrônicos a fim de controlar a temperatura de um determinado sistema, mais também os microcontroladores e os microprocessadores. Com essa tecnologia surgiram os computadores digitais com poderes de processamento cada vez mais rápidos e softwares baseada em linguagens de programação em textos (C, FORTRAN) e gráfica (G, LabVIEW).

Em NASCIMENTO (2004) foi desenvolvido um sistema de controle termorresistivo autocompensado para ser aplicado na obtenção de alta exatidão e estabilidade de resposta de circuitos eletrônicos, confeccionados com tecnologia IC – SMD (Integrate Circuit – Surface Mount Device), circuito integrado com componentes para montagem de superfície. O sistema de controle de temperatura consiste de um circuito eletrônico associado a um elemento termorresistivo que desempenha tanto a função de sensor quanto de atuador, confeccionado em uma placa de circuito impresso.

Para se fazer o controle da temperatura num interior de um determinado ambiente de qualquer sistema físico é necessário a presença de um controlador de temperatura. Existem

vários tipos de controladores que podem ser usados no controle de temperatura. Controlador fuzzy (ou lógica nebulosa), controlador neural, controlador on-off, controlador PID, etc.

Em ANDREA (2010) foi feito um estudo teórico e experimental da dinâmica de temperatura no interior de uma cavidade cilíndrica, onde um controlador PID foi utilizado no controle da temperatura interna do cilindro para determinar a difusividade térmica de um líquido (água).

Um controlador fuzzy foi usado no controle da vazão e um controlador on-off no controle da potência térmica de combustão numa tese de doutorado: aplicação da lógica fuzzy no controle da cristalização de um sistema de refrigeração por absorção com par água-brometo de lítio por MARQUES (2010).

Até aqui se pretendeu apresentar a importância do ambiente térmico controlado e do controlador de temperaturas utilizando o controlador proporcional, derivativo e integral – PID como elementos integrantes deste instrumento de calibração citado neste artigo. Na seção seguinte será apresentada essa informação com detalhes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Como foi citado acima, esse instrumento de calibração tem como finalidade a calibração de sensores termorresistivos como os pt-100 ou pt-1000 fabricados com material de platina e que possui uma curva de resistência versus temperatura bastante linear. A figura 1 ilustra a resistência da platina em função da temperatura. Observa-se sua linearização em relação a outros materiais.

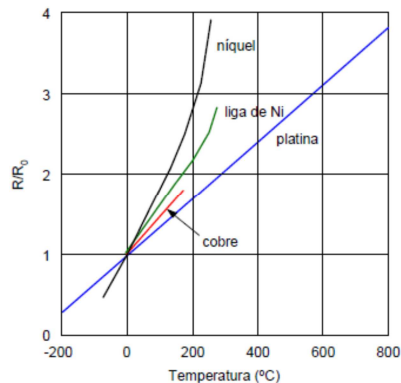


Figura 1 - Resistência de alguns metais usados na fabricação de termorresistências como função da temperatura.

Para se obter o valor de temperatura usando esses sensores de platina foi preciso converter sua variação de resistência em tensão elétrica. Para isso, foi utilizado com esses sensores um circuito eletrônico de condicionamento de sinais. Esse circuito foi desenvolvido no Laboratório de Energia Solar – L.E.S. da UFPB, campus de João Pessoa-PB e que pode ser visto na figura 2.

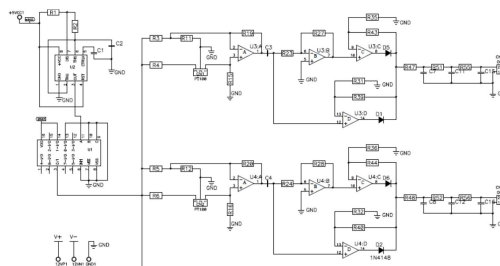


Figura 2 – Circuito eletrônico de condicionamento de sinais para os pt-1000

Para que esses níveis de tensão pudessem chegar ao painel frontal do programa no LabVIEW, serem processados e armazenados em arquivos de dados, foi necessário conectá-lo a uma placa de aquisição de dados chamada de DAQmx 6211 do fabricante da National Instruments. A figura 3 mostra um DAQmx 6211.



Figura 3 – DAQmx 6211 da National Instruments.

Foram através de suas entradas analógicas que os sinais de tensão chegaram até ao programa após sua configuração.

O elemento que executou a função de atuador do módulo termoeletrico usado neste instrumento de calibração foi o transistor de potência MOSFET IRF630. As características técnicas e seu símbolo podem ser vistos na figura 4.

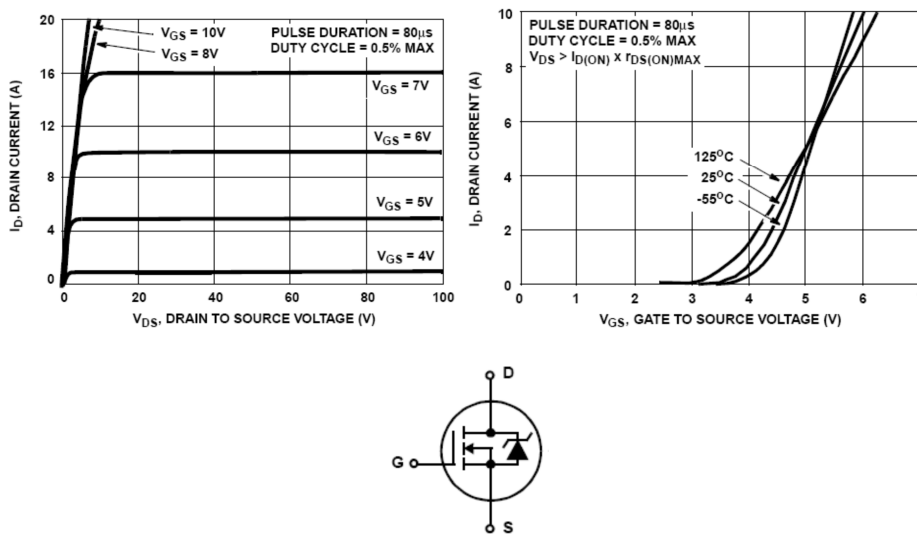


Figura 4 - Características técnicas do transistor MOSFET IRF630

Para variar a temperatura interna do ambiente térmico de -2°C a 100°C foi utilizado um módulo de efeito Peltier ou módulo termoeletrico. A figura 5 ilustra um módulo desse.

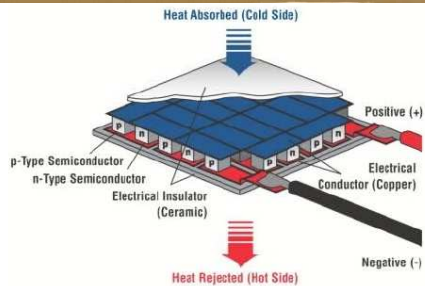


Figura 5 – Módulo termoeletrico

O instrumento de calibração foi controlado por um programa computacional desenvolvido no ambiente do LabVIEW que roda na plataforma Windows. Nele foram implementados todos os elementos essenciais à execução deste projeto. O controlador de temperatura – PID foi construído utilizando as ferramentas do próprio LabVIEW no diagrama de blocos e entre outras funções. A figura 6 mostra essa programação.

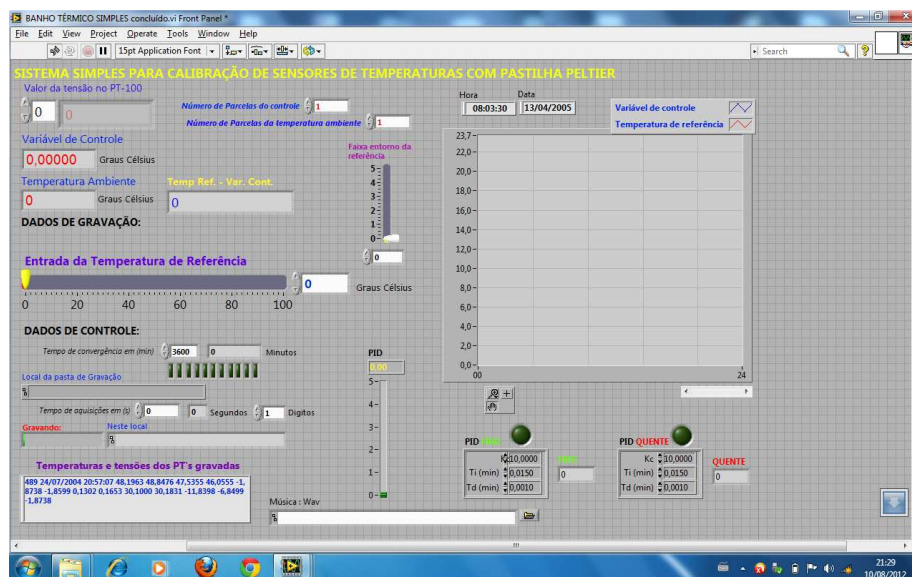


Figura 6 – Painel frontal do programa computacional no LabVIEW

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uns dos resultados obtidos de uma série de experiências desse calibrador podem ser visto na tabela 1. Nela podemos observar quatro colunas uma para cada sensor de temperatura do tipo pt-1000 (poderia ser o pt-100).



Tabela 1 – Tabela obtida do programa LabVIEW deste instrumento de calibração.

Nº	Temperatura (°C)	Tensão do PT-1000 <sub>1</sub> (V)	Tensão do PT-1000 <sub>2</sub> (V)	Tensão do PT-1000 <sub>3</sub> (V)	Tensão do PT-1000 <sub>4</sub> (V)
01	25,0	0,518069	0,501411	0,521500	0,519512
02	21,6	0,448240	0,432483	0,450391	0,449727
03	17,8	0,372756	0,357882	0,373685	0,374642
04	15,9	0,336383	0,322338	0,336840	0,338747
05	13,4	0,283379	0,270136	0,283027	0,286357
06	10,5	0,220359	0,208163	0,218786	0,222596
07	7,8	0,165143	0,153760	0,162593	0,167305
08	4,8	0,105610	0,094865	0,101991	0,108240
09	0,4	0,008958	0,014467	0,007313	0,011325

A seguir serão construídos os gráficos de todos os pt-1000 da temperatura versus tensão. O software utilizado aqui foi Excel 2010 da Microsoft. As figuras 7, 8, 9 e 10 mostram esses gráficos.

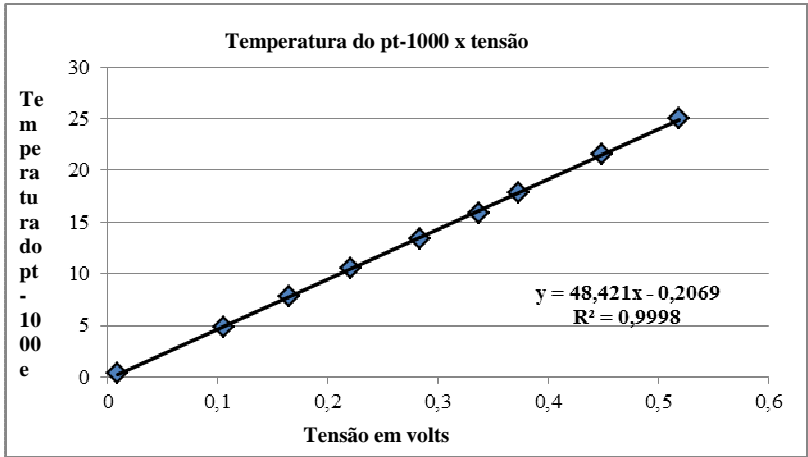


Figura 7 – Gráfico da temperatura do pt-1000<sub>1</sub> em função da tensão.

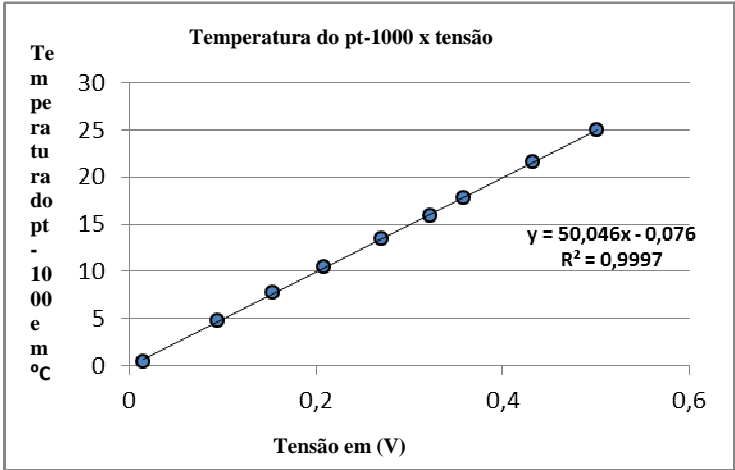


Figura 8 – Gráfico da temperatura do pt-1000<sub>2</sub> em função da tensão.

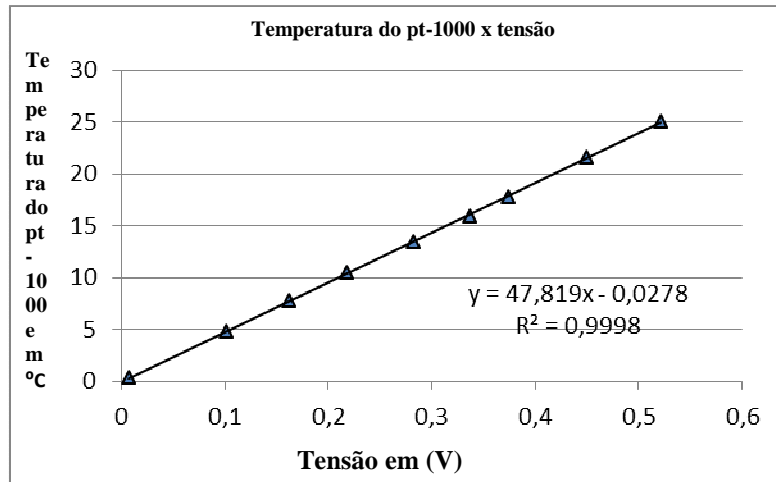


Figura 9 – Gráfico da temperatura do pt-1000<sub>3</sub> em função da tensão.

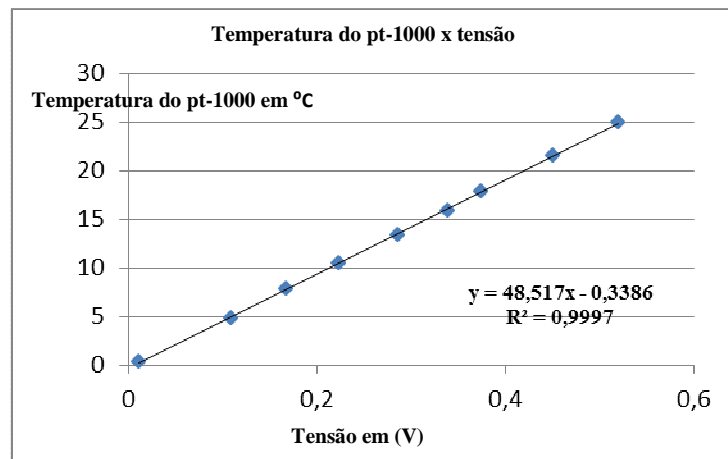


Figura 10 – Gráfico da temperatura do pt-1000<sub>4</sub> em função da tensão.

#### 4. CONCLUSÕES

Observando os gráficos das figuras 7, 8, 9 e 10 que foram os resultados obtidos deste projeto, chega-se a conclusão de que esse instrumento de calibração pode ser utilizado para a calibração de sensores de platina do tipo pt-1000;

O controlador PID implementado neste programa controla a temperatura com precisão e pode ser usado tanto para o controle de processo como no de monitoramento;

Este programa é confiável onde se procura precisão em medidas de temperaturas e que tenha uma correlação de 0,9997!

#### AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Laboratório de Energia Solar da UFPB campus de João Pessoa-PB, ao IFAL campus de Palmeira dos Índios-AL e ao CNPq pelo incentivo financeiro e oportunidade de desenvolver esse projeto.



## REFERÊNCIAS

ANDRÉA, S. S. de Oliveira, ESTUDO TEÓRICO EXPERIMENTAL DA DINÂMICA DE TEMPERATURA NO INTERIOR DE UMA CAVIDADE CILÍNDRICA, tese de doutorado em Engenharia Mecânica, UFPB, 2010.

MARQUES, J. E. SOARES, Aplicação da Lógica Fuzzy no Controle da Cristalização de um Sistema de Refrigeração por Absorção com par – Brometo de Lítio, tese de doutorado em Engenharia Mecânica, UFPB, 2010.

NASCIMENTO, L. J. L., Sistema de Controle Termorresistivo Autocompensado, dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, UFPB, 2004.