

8º EnPE

Encontro de Pesquisa e Extensão

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA PONTE DE WHEATSTONE PARA A MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Juliano Augusto Rosa dos Santos¹

juliano.santos@estudante.iftm.edu.br

Camilla de Sousa Chaves²

camillachaves@iftm.edu.br

Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM

Natureza do Trabalho: (x) Pesquisa () Extensão

Área de Conhecimento: () Exatas e da terra (x) Engenharias () Humanas () Sociais aplicadas () Agrárias

Resumo: Este artigo trata do estudo realizado para determinar uma metodologia de medição de temperatura, utilizando-se a ponte de Wheatstone. O termistor do tipo NTC foi empregado para obter a característica tensão da ponte (V_{ponte}) x temperatura ambiente (T) por meio da resistência do termistor R_{NTC} , considerando um valor máximo admissível para V_{ponte} de modo a não comprometer os resultados esperados de temperatura. Foi utilizado o programa PROTEUS para a modelagem computacional e realização de simulações, com os objetivos de analisar o desempenho do circuito proposto para a medição de temperatura externa. Ao final do artigo, são apresentados os resultados obtidos após a simulação do circuito sob diferentes condições de operação, de modo a consolidar os objetivos do trabalho aqui proposto

Palavras-chave: ponte de Wheatstone, resistência, temperatura, termistor NTC.

Introdução

O estudo de materiais elétricos e diferentes topologias de circuitos permite a concepção de técnicas alternativas de medição e monitoramento de vários tipos de grandezas, dentre as quais destacam-se, as elétricas e térmicas. A detecção de temperatura é parte integrante do controle do processo em petroquímica, automotiva, aeroespacial, além de ser um indicativo para a análise de desempenho de equipamentos eletrônicos. Dentre os tipos mais comuns de sensores de temperatura, podem ser destacados os termistores de Coeficiente Negativo de Temperatura (*Negative Temperature Coefficient* - NTC) e os de Coeficiente Positivo de Temperatura (*Positive Temperature Coefficient* - PTC) (IBRAHIM et al., 2019).

O termistor é um resistor termicamente sensível que exhibe mudança rápida de resistência elétrica quando sujeito à variação de temperatura (KESKIN, A. Ü.; YANAR, T. M., 2004), gerando calor interno quando há fluxo de corrente e dissipação de energia no componente. A energia térmica produzida faz com que o valor da resistência elétrica seja reduzido, o que indica que a temperatura do componente está acima da temperatura ambiente. Dentro deste contexto, esta pesquisa buscou avaliar a aplicabilidade da ponte de Wheatstone para obter a temperatura externa por meio de um termistor do tipo NTC, medindo-se a curva característica R x T (resistência versus tensão), obtida pelo circuito em ponte, e analisando os valores no software PROTEUS.

As investigações que foram realizadas possuem o propósito de obter valores de resistência elétrica por meio da verificação da tensão e corrente medidos usando a ponte de Wheatstone. Ressalta-se que o interesse pelo estudo se dá mediante à necessidade de se estabelecer uma técnica de baixo custo para a obtenção precisa da temperatura de operação dos dispositivos elétricos, a fim de possibilitar a implementação de mecanismos de ventilação para a preservação dos materiais que perfazem o equipamento. Os estudos consistem em modelagem computacional e realização de simulações utilizando o programa PROTEUS, de modo a analisar os valores de tensão, corrente, resistência e temperatura para a implementação da Ponte de Wheatstone na prática. Os resultados obtidos nas simulações serão apresentados ao final, consolidando os objetivos do trabalho aqui proposto.

Fundamentação Teórica

É de conhecimento geral que a resistência elétrica é dada pela relação entre a tensão e a corrente elétrica de um determinado circuito, ou senão pela propriedade que um corpo possui considerando suas dimensões físicas e materiais constituintes, acarretando em um valor de corrente para uma certa tensão elétrica aplicada ao corpo. Estas definições são apresentadas por meio das equações (1) e (2).

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

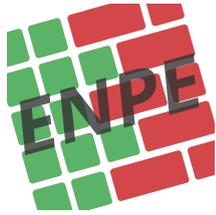
$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2)$$

Em que R é a resistência elétrica, V a tensão aplicada no corpo, I a corrente que percorre pelo corpo de resistência R , ρ a resistividade do material do corpo, l seu comprimento e S a área da seção transversal por onde percorre a corrente I . Ainda se tratando sobre resistência, sabe-se que a resistência elétrica de um termistor R_{NTC} , varia com a temperatura ambiente, apresentando o comportamento não linear conforme a que é descrito pela equação (3) (KESKIN, A. Ü.; YANAR, T. M., 2004).

$$R_{NTC} = R_N e^{\frac{\beta}{T} - \frac{\beta}{T_N}} \quad (3)$$

Em que β é constante do termistor; R_N a resistência nominal, T a temperatura do NTC e T_N a temperatura nominal. Nas referências (NENOVA, Z. P.; NENOV, T. G., 2009) e (STANKOVIC, S. B. KYRIACOU, P. A., 2012) são propostas equações que estabelecem a relação linear entre a temperatura T e a resistência R_{NTC} , de modo a simplificar os cálculos e facilitar a obtenção da temperatura. Esta pesquisa considerou a equação (3) para o cálculo de R_{NTC} , visto que as temperaturas foram estabelecidas para a obtenção dos respectivos valores de R_{NTC} e, em seguida, comparação com os valores computacionais.

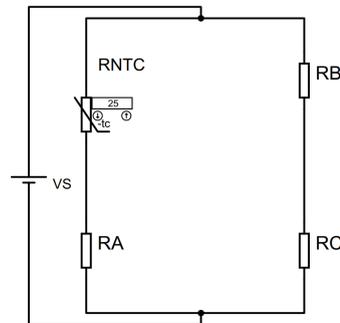
A ponte de Wheatstone, circuito comumente utilizado para a obtenção de valores de resistência desconhecidos, é caracterizada por ser um circuito que utiliza os conceitos de divisor de tensão. Sua topologia é composta por dois ramos paralelos interligados por uma fonte de tensão CC, de modo que a corrente se subdivide na entrada e é recombinada na saída do circuito, como pode ser verificado na figura (1).



8º EnPE

Encontro de Pesquisa e Extensão

Figura 1 - Ponte de Wheatstone composta pela resistência RNTC.



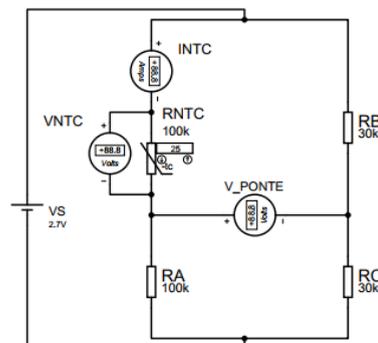
Fonte: Autor.

Materiais e Métodos

A metodologia desta pesquisa utilizou a ponte de Wheatstone para obter a temperatura ambiente por meio de sensor (termistor NTC), aferindo-se a tensão e a corrente do circuito em ponte para a obtenção indireta da temperatura, considerando a resistência do termistor.

Inicialmente, foi considerada a equação (3) a fim de estabelecer a relação entre a resistência elétrica R e a temperatura T do termistor do tipo NTC. Em seguida, esta relação foi comparada com as informações fornecidas pelo fabricante do componente, de modo a verificar a correspondência entre os valores calculados e os dados fornecidos em *datasheet* (**REPRAP Hotend Thermistor NTC 3950 100K with 1M Cable**). Por fim, foi utilizado o *software* PROTEUS para a realização de simulações da ponte de Wheatstone (figura 1) submetida a diferentes temperaturas, conforme ilustrado na figura 2, a fim de observar os valores da tensão V_{Ponte} e resistência R_{NTC} , obtida por meio da relação V_{NTC} / I_{NTC} , de acordo com a temperatura de operação do circuito. Foram adotados os valores de 100 k Ω para a resistência RA e 30 k Ω para as resistências RB e RC, a fim de obter a condição de equilíbrio ($V_{ponte} = 0$) da ponte na temperatura de 298 K.

Figura 2 - Ponte de Wheatstone composta pela resistência RNTC e medidores de corrente e tensão



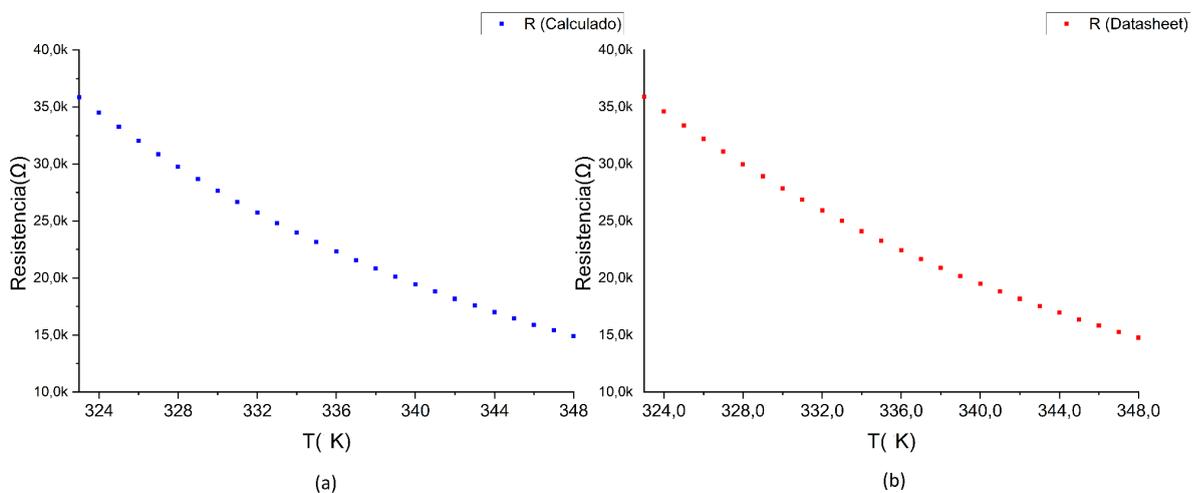
Fonte: Autor.

Resultados e Discussões

Os valores de resistência obtidos por meio de cálculo considerando a equação (3), resulta na curva R_xT , ilustrada na figura (3.a). Ainda se tratando da curva R_xT , observa-se que o comportamento do termistor não é linear, mas sim, característico de uma função

exponencial que está em conformidade com a equação proposta. Levando em consideração a confiabilidade dos valores resistência obtidos, foi feito o desvio padrão, sendo o maior valor de 0,50% comparando com os valores fornecidos pelo fabricante do sensor (REPRAP Hotend Thermistor NTC 3950 100K) - Figura 3.b. Salienta-se que, devido ao fato de que em (REPRAP Hotend Thermistor NTC 3950 100K) não são fornecidos os valores da resistência do termistor para as temperaturas entre 20°C (293 K) e 50°C (323 K), o gráfico foi construído considerando as temperaturas entre 50°C (323 K) e 75°C (348 K).

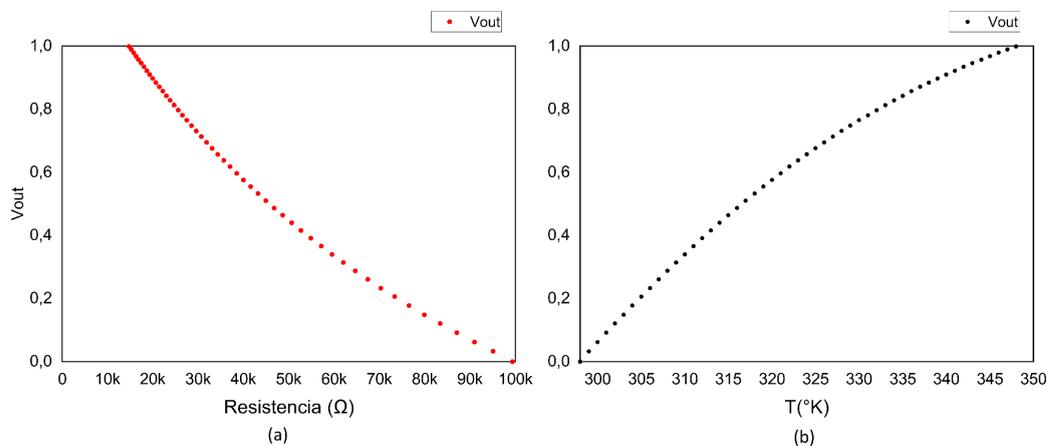
Figura 3 – $R_{NTC} \times T$ (Resistência do termistor versus Temperatura)- (a) Valores de R_{NTC} calculados - (b) Valores de R_{NTC} fornecidos pelo datasheet.



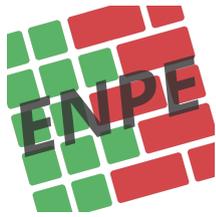
Fonte: Autor.

Considerando a simulação do circuito ilustrado na figura 2 utilizando o *software* PROTEUS, foi possível plotar a curva $V_{\text{Ponte}} \times R_{NTC}$ e, na sequência, $V_{\text{Ponte}} \times T$. As figuras 4.a e 4.b ilustram as curvas ora mencionadas, sendo possível estabelecer a relação entre a tensão (V_{ponte}) com a temperatura do termistor NTC por meio da resistência R_{NTC} .

Figura 4 - Curvas obtidas, utilizando o software PROTEUS - (a) Curva $V_{\text{ponte}} \times T$ (b) Curva $V_{\text{ponte}} \times R_{NTC}$



Fonte: Autor.



8º EnPE

Encontro de Pesquisa e Extensão

Considerações Finais

Os resultados obtidos mostraram que a Ponte de Wheatstone pode ser utilizada para a medição da temperatura em que o circuito está inserido, o que confirma sua aplicabilidade para este propósito. Salienta-se que o valor observado em V_{ponte} não deve exceder o limite de 1 V, de modo que o erro inserido no valor de temperatura, devido ao sobreaquecimento do NTC proveniente da potência dissipada, não comprometa a medição.

Ressalta-se que o interesse pelo estudo é dado pela necessidade de se estabelecer uma técnica de baixo custo para a obtenção precisa da temperatura de operação dos dispositivos elétricos, a fim de possibilitar a implementação de mecanismos de refrigeração para preservação dos materiais que perfazem o equipamento. Como propostas para trabalhos futuros, deve-se realizar ensaios laboratoriais para a análise de desempenho da ponte de Wheatstone na prática, além de ser necessário maiores investigações a respeito do limite de corrente (ou de potência dissipada) no termistor, seja para uma maior precisão dos valores medidos de temperatura externa ou para o não comprometimento do componente devido a sobreaquecimentos excessivos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro - IFTM, pela bolsa de iniciação científica concedida para a realização da pesquisa aqui apresentada.

Referências

- IBRAHIM, Oladimeji et al. Design of Wheatstone Bridge Based Thermistor Signal Conditioning Circuit for Temperature Measurement. **Journal of Engineering Science & Technology Review**, v. 12, n. 1, 2019.
- KESKIN, A. Ü.; YANAR, T. M. Steady-state solution of loaded thermistor problems using an electrical equivalent circuit model. **Measurement Science and Technology**, v. 15, n. 10, p. 2163, 2004.
- NENOVA, Z. P.; NENOV, T. G. Linearization circuit of the thermistor connection. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, vol. 58, no. 2, pp. 441-449, 2009.
- REPRAP Hotend Thermistor NTC 3950 100K with 1M Cable**. [S. l.], 27 set. 2021. Disponível em: <https://www.makeralot.com/download/Reprap-Hotend-Thermistor-NTC-3950-100K.pdf>. Acesso em: 27 set. 2021.
- STANKOVIC, S. B.; KYRIACOU, P. A. The effects of thermistor linearization techniques on the t-history characterization of phase change materials. **Applied Thermal Engineering**, vol. 44, pp. 78-84, 2012.