



Determinação da resistividade elétrica de materiais pela técnica de van der Pauw

PROBIC-FAPERGS

PROJETO FISMAT

Vinicius Pavinato, Ricardo Cecconello, Fernanda Miotto e Cláudio A. Perottoni
vpavinato@ucs.br, caperott@ucs.br



INTRODUÇÃO

Existem diferentes técnicas para se medir a resistividade de um material, dentre estas se encontram as técnicas de dois e quatro pontos e a de van der Pauw [1, 2]. Esta última é uma variação mais genérica da técnica de quatro pontos e permite a determinação da resistividade de condutores de espessura fina e com formato arbitrário.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi propor um roteiro experimental para a determinação da resistividade elétrica de amostras em formato de trevo de quatro folhas [3], usando contatos por pressão ou cola prata.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das medidas, foi necessário elaborar um circuito composto de uma fonte de computador, uma fonte de tensão constante lotech DaqTemp 7A, uma fonte de corrente DC constante, um resistor padrão, um multímetro digital Fluke 8846A, um suporte para a amostra e os conectores adequados, como representado na Fig. 1.

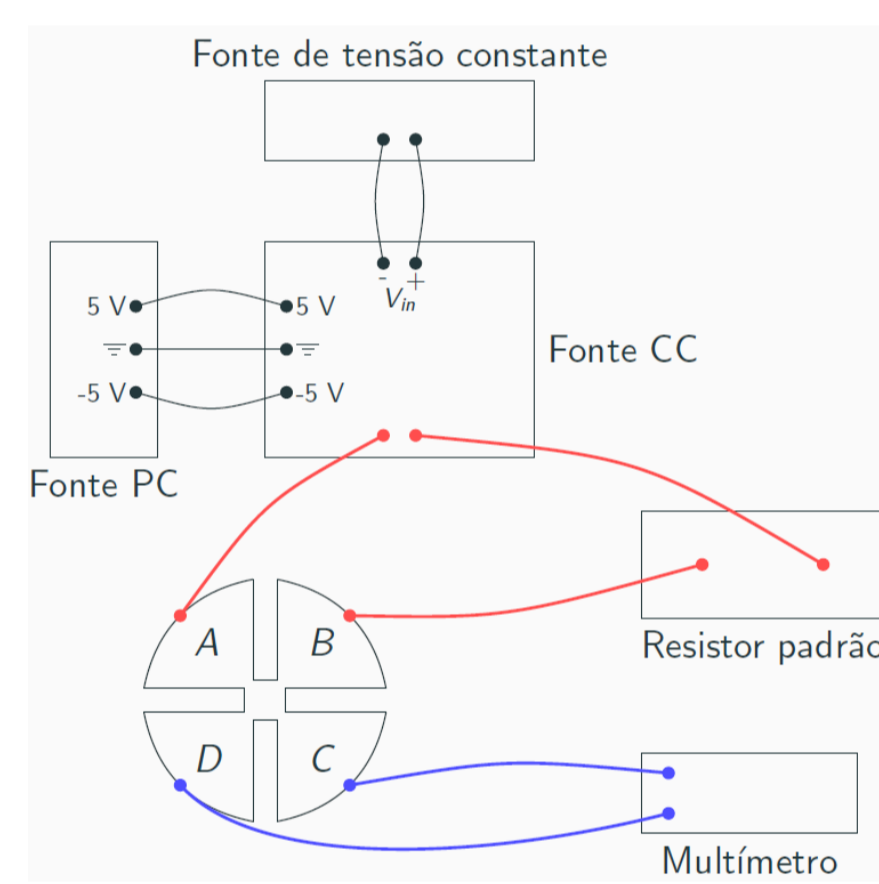


Figura 1 – Diagrama do circuito utilizado.

Com o circuito pronto, amostras de aço austenítico SRM 1461 e grafite SRM 8426 do NIST foram preparadas com contatos por pressão ou por cola prata, conforme apresentado na Fig. 2

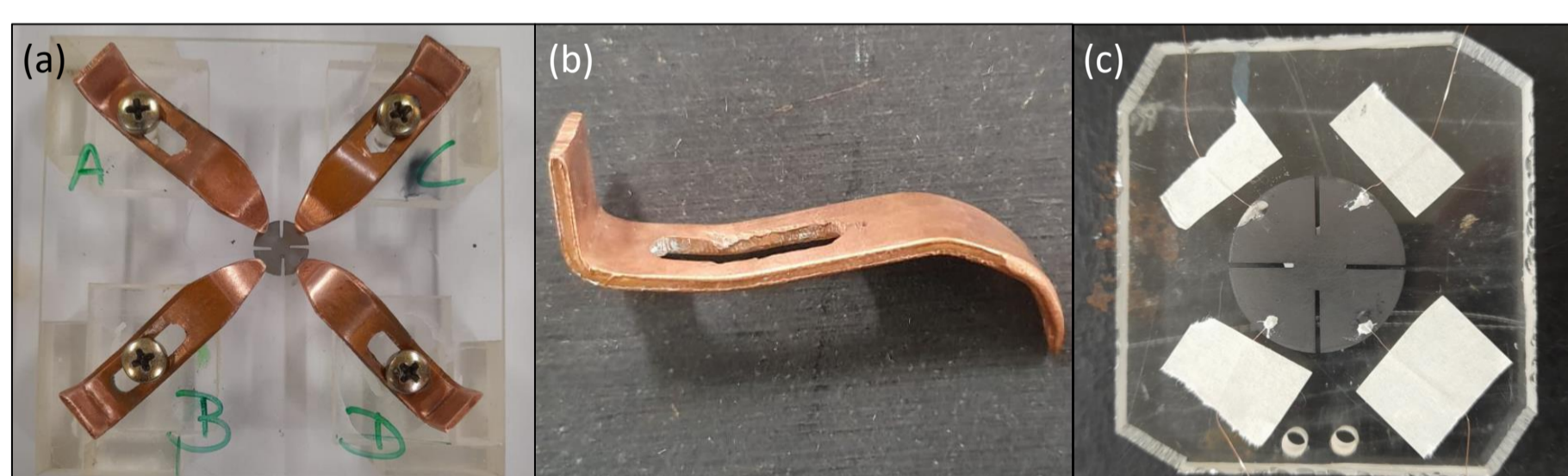
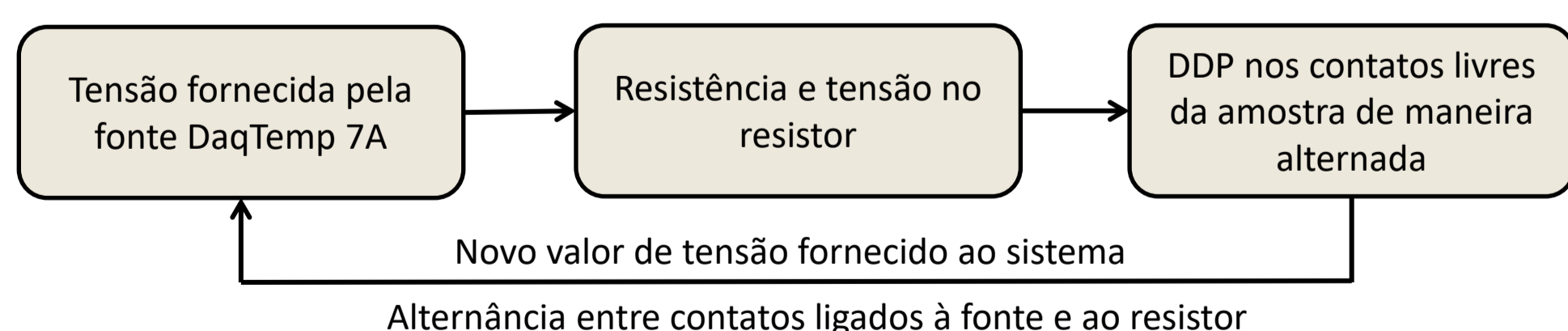


Figura 2 – Representação da preparação das amostras por (a) pressão com (b) ganchos de cobre e por (c) cola prata e fios de cobre.

Antes da realização das aferições, realizou-se uma série de testes com o circuito para verificar se a corrente que circulava era constante.

Então, com o sistema montado e verificado, as seguintes medições foram feitas:



RESULTADOS

Na série de testes preliminar às medições, concluiu-se que a fonte de corrente constante forneceu $\approx 14,4 \text{ mA}$ ao sistema sem variações significativas, sendo adequada para esta aplicação.

Com a Eq. 1, foi determinada a corrente que circulou no sistema, onde $V_{resistor}$ é a diferença de potencial medida através do resistor e R é sua resistência.

$$i = \frac{V_{resistor}}{R} \quad (1)$$

A tensão média entre cada par de contatos foi calculada (por exemplo, a média entre V_{AB} e V_{BA}). Em seguida, a resistência entre os pares de contatos foi determinada através da Eq. 2, onde $V_{média}$ é a tensão média e i a corrente calculada pela Eq. 1.

$$R_{xy} = \frac{V_{média}}{i} \quad (2)$$

Com os quatro valores de R calculados, observou-se que dois são próximos entre si e maiores que os outros dois, também próximos entre si. Assim, definiu-se $R_{>}$ como a média dos maiores valores de R e $R_{<}$ como a média dos outros dois, menores.

Utilizando os procedimentos descritos em [1] e as Eqs. 3-5 [4],

$$f = A_0 + \frac{A_1}{1 + \left(\frac{\log A_{vdP}}{x_1}\right)^{p_1}} + \frac{A_2}{1 + \left(\frac{\log A_{vdP}}{x_2}\right)^{p_2}} \quad (3)$$

$$A_{vdP} = \frac{R_{>}}{R_{<}} \quad (4)$$

$$\rho = \frac{\pi \times h}{\ln 2} \times \frac{R_{>} + R_{<}}{2} \times f \quad (5)$$

para as constantes [4],

A_0	A_1	A_2	x_1	x_2	p_1	p_2
0,035	0,841	0,124	1,365	4,498	2,001	1,859

os seguintes resultados foram obtidos para a amostra de aço austenítico com contatos por pressão:

h (mm)	$R_{>}$ (m Ω)	$R_{<}$ (m Ω)	A_{vdP}	f	ρ (n Ω m) NIST	ρ (n Ω m)	Erro
0,520	0,446	0,296	1,505	0,986	810	862	6,39%

Os seguintes resultados foram obtidos para a amostra de grafite com contatos por pressão:

h (mm)	$R_{>}$ (m Ω)	$R_{<}$ (m Ω)	A_{vdP}	f	ρ (n Ω m) NIST	ρ (n Ω m)	Erro
0,930	3,863	2,936	1,316	0,994	14740	14209	-3,60%

Os testes feitos com contatos por cola prata resultaram em um erro maior que 10%, limite aceitável para os valores medidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Obteve-se êxito na elaboração do roteiro de experimentos, tanto na sua construção em si quanto na validade dos resultados obtidos.

Produção:

- Material experimental para aplicação em aulas na UCS;
- Um artigo em redação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Michael B. Heaney. *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*. Ed. Por John G. Webster e Halit Eren, Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN: 978-1-4398-4893-7.
- [2] René Robert e Sergio M. Berleze. "Teorema de Van der Pauw". Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física* 29.1 (2007), pp. 15–18. doi: 10.1590/S1806-11172007000100005.
- [3] C. A. C. Sequeira e D. M. F. Santos. "Theoretical considerations about solid-state diffusion of impurities into crystals". Em: *Czechoslovak Journal of Physics* 56.6 (2006), pp. 549–664. doi: 10.1007/s10582-006-0120-8.
- [4] Simon Hurand et al. "Easy and computer-time-saving implementation of the van der Pauw method including anisotropy and probe positioning correction factors using approximate closed-form analytical functions". Em: *Review of Scientific Instruments* 93.5 (2022), p. 053907. doi: 10.1063/5.0068682.

APOIO