UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

Experimento 04: Medição de Deformação-Strain Gauge

Aluno: Filipe Soares Donato - 120111402

Campina Grande, dezembro de 2022.

SUMÁRIO

1. Introdução

1.1 *Strain-Gauge*

O strain-gauge ou extensômetro de resistência elétrica, é um sensor que é colocado na superfície de uma peça para quantificar a deformação diante um carregamento. Ele é formado por uma grade de lâminas ou de fios metálicos que fica sob uma placa de resina, que é posta na parte da estrutura que se pretende estudar, com o auxílio de uma cola específica. O fio resistivo altera sua resistência de acordo com o "alongamento" da superfície em que está colocado, gerando dessa maneira sinais elétricos que são interpretados pela placa de aquisição, transformando os valores em deformação.

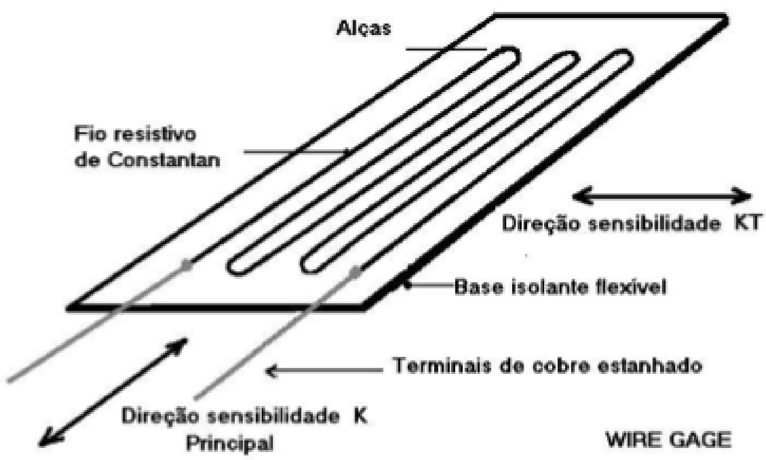

Figura 1. Extensômetro de resistência elétrica.

No experimento, utilizou-se como estrutura de estudo um braço de alumínio e colocou-se um *strain-gauge* na sua superfície superior e outro na inferior, em posições que eles sofram variações opostas com uma intensidade igual, de modo que fosse minimizada a influência da temperatura na medição. Os terminais de cada *strain-gauge* são conectados a um braço de uma ponte de *Wheatstone*, alimentada por uma fonte externa, V_{EX}, sendo completada por dois resistores de precisão, configurando uma "meia ponte", como na Figura 2.

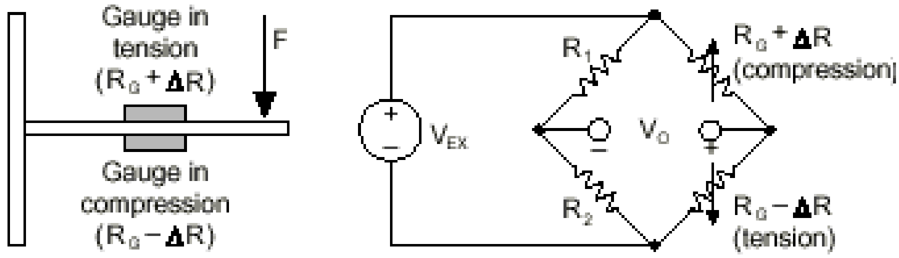

Figura 2. Diagrama elétrico da ponte de Wheatstone com dois extensômetros.

Sendo assim, a ponte é configurada para que enquanto não houver deformação na barra ela permaneça equilibrada. E quando houver alteração, a tensão de saída será:

$$V_0 = -V_{EX}\frac{K\varepsilon}{2}$$

onde K é uma constante que depende da liga que compõe o extensômetro e ε a deformação.

Os strain-gauges são muito utilizados para avaliar deformações em testes automobilísticos, em pontes, em navios e em sensores de fluxo de líquidos em tubulações, sensores de força e sensores de pressão.

2. Objetivos

O objetivo desse experimento é medir através do strain-gauge, a deformação em uma barra de alumínio, causada pela fixação de pesos na sua extremidade, levantando a curva de Deformação x Força e encontrando o polinômio que a descreve.

3. Descrição Experimental

O experimento foi realizado utilizando a plataforma de experimentos apresentada na Figura 3. A plataforma é conectada com a plataforma de aquisição de dados por meio de um cabo flat. A Figura 4 mostra a interface criada no *LabVIEW* para a medição de deformação.

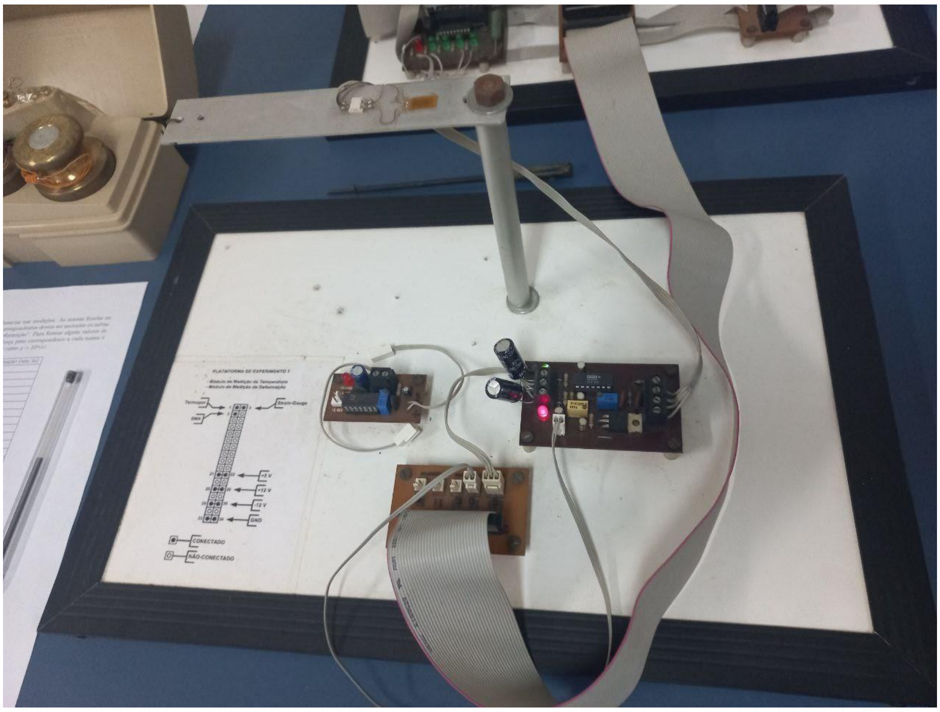

Figura 3. Foto da Plataforma de Experimentos do *Strain-Gauge*.

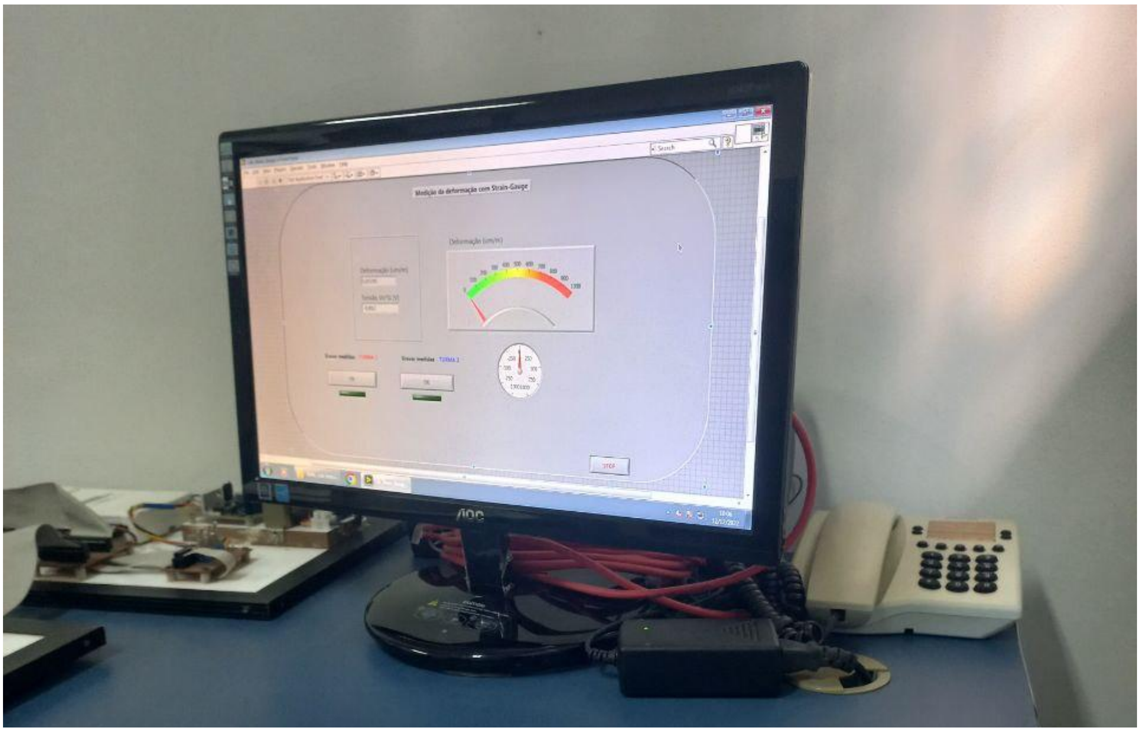

Figura 4. Interface usada para a rotina de testes do módulo de Peltier.

O experimento consistiu em fixar pesos em uma barra com um arame através de um orifício presente na barra, exemplificado na figura 5.

Figura 5. Exemplo dos pesos utilizados no experimento

O arame deve ser tão fino quanto menor for o peso a ser fixado na barra para seu peso não influenciar na medição. As massas foram fixadas na barra de acordo com os pesos dado na Tabela 1 e as deformações correspondentes foram gravadas em um arquivo texto através do botão "Gravar medidas" na interface. A força peso correspondente a cada massa foi calculada considerando uma aceleração da gravidade de $10\frac{m}{s^2}$.

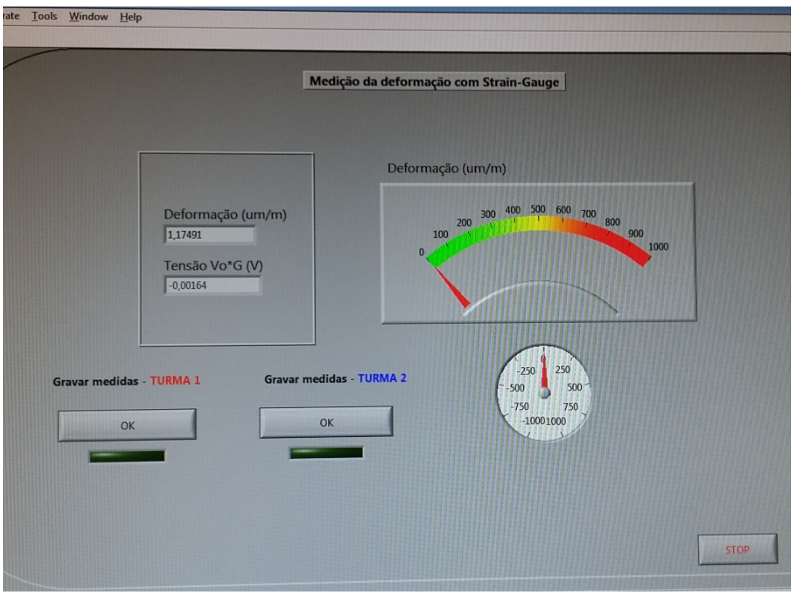

Figura 6. Interface do Labview.

Iniciamos com 5 gramas e fomos incrementando até chegar em 300 gramas.

4. Resultados Obtidos

Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1.

Massa (g)	Força (N)	Deformação (um/m)
5	0.05	4.2991
10	0.10	8.6044
15	0.15	13.1492
20	0.20	17.2758
25	0.25	21.7399
30	0.30	26.4080
35	0.35	31.1077
40	0.40	35.3203
45	0.45	39.4227
50	0.50	42.7484
60	0.60	52.2125
70	0.70	60.6223
80	0.80	70.0381
90	0.90	78.5102
100	1.00	83.4651
125	1.25	109.3033
150	1.50	130.8578
175	1.75	157.0706
200	2.00	177.7895
225	2.25	199.0361
250	2.50	223.3935
275	2.75	245.3099
300	3.00	266.5054

Tabela 1. Massa, força e deformação correspondente.

Utilizando as funções *polyfit e polyval* do MATLAB foi possível obter a equação matemática que representa a deformação versus tensão na barra. Foi obtido um polinômio de grau 2 que já é suficiente para representar, visto que obtivemos um resultado muito próximo de uma reta.

$$D(f) = 0.0096f^2 + 0.8649f - 0.000559 \tag{1}$$

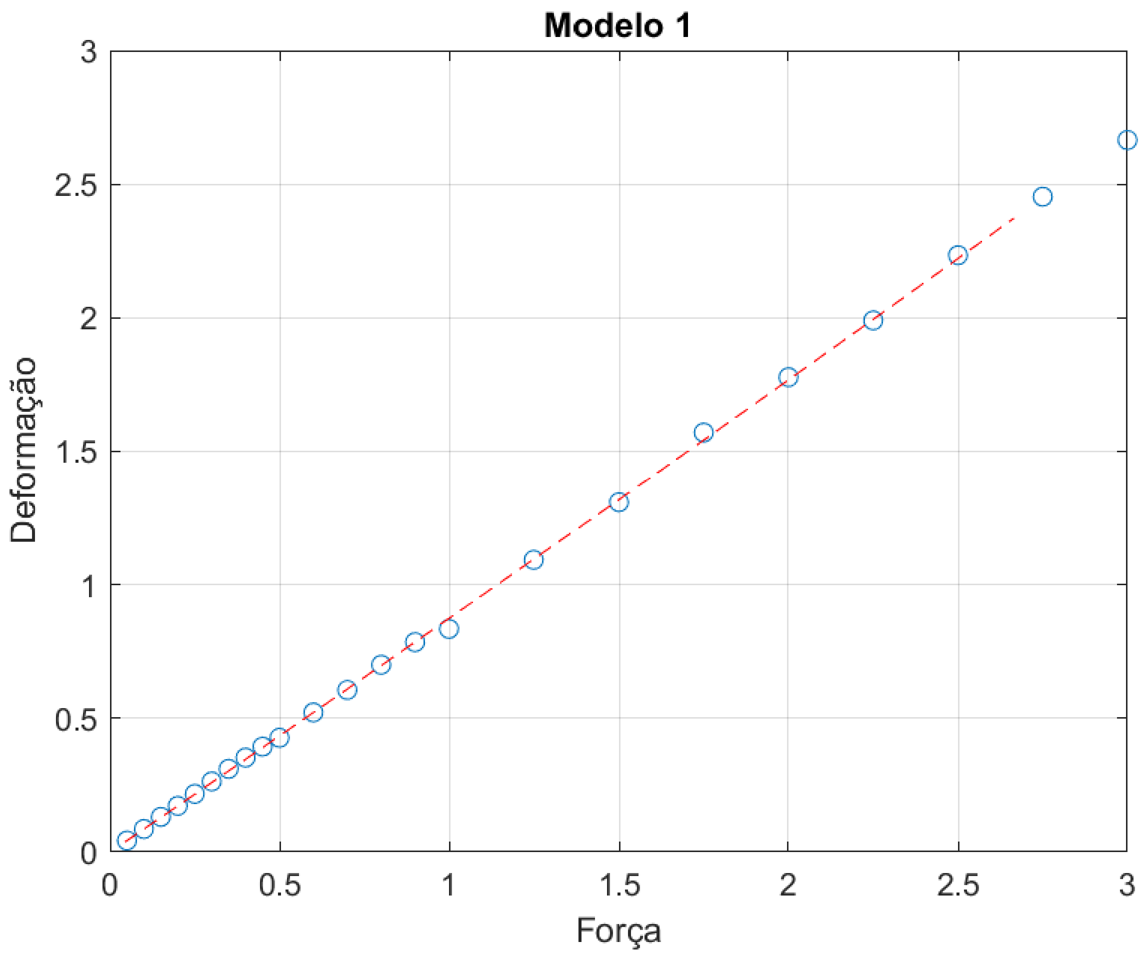

Figura 7. Resultado plotado no MatLab.

Com isso, foi possível obter o gráfico dos pontos medidos no experimento e da equação matemática calculada como pode ser visto na Figura 7

5. Questões propostas

1 - Demonstre as expressões que determinam V_0 na ponte de Wheatstone com:

(a) Um extensômetro (1/4 de ponte)

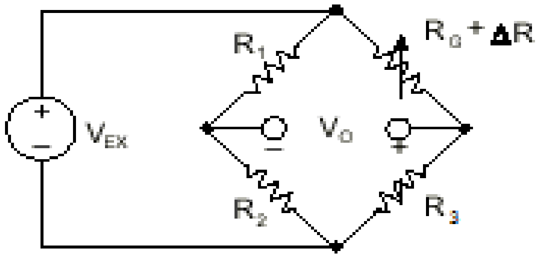

Figura 6. Circuito de um quarto de ponte.

Para $\Delta R = K\varepsilon R_g$ e $R_1 = R_2 = R_3 = R_g$, temos:

$$V_0^+ = \frac{R_3}{(R_g+\Delta R)+R_3}V_{EX} = \frac{R_g}{R_g+K\varepsilon R_g+R_g}V_{EX} = \frac{V_{EX}}{2+K\varepsilon}$$

$$V_0^- = \frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EX} = \frac{V_{EX}}{2}$$

$$V_0 = V_0^+ - V_0^- = \frac{V_{EX}}{2+K\varepsilon} - \frac{V_{EX}}{2} = V_{EX}\left[\frac{1}{2+K\varepsilon} - \frac{1}{2}\right] = V_{EX}\left[\frac{2+K\varepsilon-2}{4+2K\varepsilon}\right]$$

$$V_0 = V_{EX}\left[\frac{1}{\frac{4}{K\varepsilon}+2}\right]$$

(b) Quatro extensômetros (ponte completa)

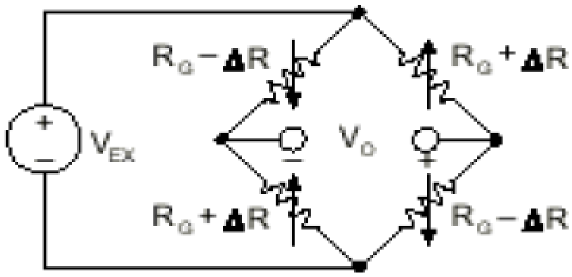

Figura 7. Circuito de ponte completa.

Para $\Delta R = K\varepsilon R_g$, temos:

$$V_0^+ = \frac{R_g - \Delta R}{(R_g + \Delta R) + (R_g - \Delta R)} V_{EX} = \frac{R_g - K\varepsilon R_g}{2R_g} V_{EX} = \frac{1 - K\varepsilon}{2} V_{EX}$$

$$V_0^- = \frac{R_g + \Delta R}{(R_g - \Delta R) + (R_g + \Delta R)} V_{EX} = \frac{R_g + K\varepsilon R_g}{2R_g} V_{EX} = \frac{1 + K\varepsilon}{2} V_{EX}$$

$$V_0 = V_0^+ - V_0^- = V_{EX}\left[\frac{(1 - K\varepsilon) - (1 + K\varepsilon)}{2}\right]$$

$$V_0 = - K\varepsilon V_{EX}$$

6. Resultados e Conclusões

Através desse experimento observamos o funcionamento e comportamento do extensômetro *Strain-Gauge,* bem como estudar suas características. A partir da curva característica foi possível observar que o processo de deformação em relação à força aplicada é descrito por uma reta. Também foi possível determinar o polinômio característico que a descreve.

Outro fato observado é que a variação da resistência elétrica da grade é diretamente proporcional à deformação da estrutura.

Algumas fontes de erros encontradas no experimento foram relacionados a deformação que nunca era nula, mesmo sem nenhum peso, devido à memória da barra. E também ao colocar os pesos a barra ficava com oscilações que eram transmitidas aos resultados exibidos na interface do LabView.

Referências

[1] Marcos Portnoi, Extensometria: História, Usos E Aparelhos. Disponível em: http://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/extensometria.html. Acesso em dezembro de 2022.

[2] National Instruments ,Medindo distensão com Strain Gauges, 2013. Disponível em: http://www.ni.com/white-paper/3642/pt/. Acesso em dezembro de 2022.

ANEXOS

```
%Filipe Soares Donato
%Instrumentação - Exp_4 - Deformação
clc; clear; close all;
%carregamos o arquivo no MatLab
load 'dados.txt';
y = dados/100; %Esse valor de 100 é pra ficar na mesma escala no gráfico
forca = [0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5,...
       0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3];
%Encontramos os valores  do polinômio característico
% que representa os pontos com a polyfit e polyval
p1 = polyfit(forca, y, 2)       %Grau 2 já é suficiente
p2 = polyval(p1, y);
%Plotando o grafico dos pontos obtidos e da reta
figure(1);
plot(forca,y,'o');
hold on;
plot(y, p2, 'r--');
xlabel('Força');
ylabel('Deformação');
title('Modelo 1');
grid on;
```