



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Laboratório de Instrumentação Eletrônica

SEM0142 - Sensores e Sistemas de Medidas  
Responsável: Prof. Dr. Leopoldo Pisanelli Rodrigues de Oliveira

Roteiro Laboratório 06: Sensores de Temperatura

São Carlos  
2023

# Sumário

1	Introdução . . . . .	2
2	Materiais . . . . .	2
3	Procedimentos . . . . .	3
3.1	Parte 0: Preparação do Sistema . . . . .	3
3.1.1	Instalação do software de Salvamento do Serial . . . . .	3
3.1.2	Instalação das bibliotecas . . . . .	3
3.2	Parte 1: Caracterização Dinâmica . . . . .	4
3.3	Parte 2: Medição de temperatura ao longo da Barra . . . . .	4
4	Relatório . . . . .	6
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>7</b>

# 1 Introdução

Esta prática tem o objetivo de apresentar ao aluno os procedimentos relacionados à correção e caracterização dos sensores de temperatura mais usados em âmbito industrial. Além de demonstrar de maneira prática comportamento dinâmico de tais sensores.

# 2 Materiais

- 1x Arduino UNO ou MEGA;
- 1x Protoboard;
- 1x viga de alumínio (adaptada);
- 1x placa peltier(Referência de uso);
- 1x fan;
- 1x termistor digital - DS18B20 (tutorial);
- 2x termistores analógicos - NTC 10K (tutorial);
- 1x termopar analógico tipo K - MAX6675 (tutorial);
- Jumpers macho-fêmea e macho-macho;
- Suporte de acoplamento fan e viga;
- Elementos de acoplamento dos sensores (parafusos, porcas e arruelas M4).

## 3 Procedimentos

Conecte o Arduino ao PC e abra a IDE. Verifique que tudo esteja funcionando, a IDE conectada na porta correta, o monitor serial abriu, os fios estão bem fixados, o fan e a placa Peltier devem estar conectadas na fonte, etc... Para compreensão do código faça uso da apostila <sup>[1]</sup>.

LEMBRETE: tire fotos para a escrita do relatório.

### 3.1 Parte 0: Preparação do Sistema

#### 3.1.1 Instalação do software de Salvamento do Serial

Com o intuito de salvar os dados que trafegam via Serial é necessária o download de um software externo. Para tal, veja tutorial "Download Data-logging software".

O correto uso dele deve ser feito seguindo o procedimento antes de transferir o programa ao Arduino, NÃO ABRA O SERIAL MONITOR:

1. selecione a Porta Serial que está conectado o Arduino, apenas a seleção não faz com que salve os dados no arquivo;
2. crie o arquivo log de dados: vá em "Connection/Capture to TextBinary File/Start...", escolha o local e nome do arquivo;
  - também é possível pausar a coleta de dados por meio do comando "Pause";
  - o comando "Stop" resultará no encerramento do salvamento e fechará o arquivo;

DICA: a manipulação dos dados, seja cortar a região que deseja ou dividir os dados, é mais simples de ser feita usando MatLab ou Octave.

#### 3.1.2 Instalação das bibliotecas

Há dois tipos de bibliotecas para serem incluídas na IDE: as bibliotecas associadas a referência online do Arduino, as que já foram usadas em práticas anteriores; as bibliotecas externas (pasta .zip) que devem ser baixadas separadamente e incluídas manualmente.

No disciplinas, baixe a pasta que contém o código e as bibliotecas externas (pastas .zip), abra o código no Arduino IDE e siga o procedimento:

1. selecione a aba "Sketch";
2. selecione o item "Sketch/Include Library/Add .ZIP library";

3. por fim, na janela de pesquisa, encontre a pasta .zip (de cada biblioteca) baixada.
4. Verifique e carregue o software na placa no Arduino.

Em seguida, instale as bibliotecas que faltam, as bibliotecas de referência do Arduino, por meio da aba "Sketch", "Sketch/Gerenciar Bibliotecas". Lembre-se que deve ser exatamente o mesmo nome que é incluído no código.

### 3.2 Parte 1: Caracterização Dinâmica

Uma das principais particularidades de um sistema térmico é sua resposta atrasada dada uma entrada, o que torna mais plausível a aplicação de um modelo de primeira ordem para sua resposta dinâmica. Tal comportamento pode ser descrito por meio da "constante de tempo" ( $\tau$ ). Esta parte visa encontrar o valor desta constante por meio da aplicação de uma entrada "quasi-step".

1. Usando os sensores instalados, ligue o Peltier no modo aquecimento, colete os dados até 1 minuto de equilíbrio térmico;
2. Após o equilíbrio térmico haver sido encontrado, retire rapidamente (com cuidado) Termistor Analógico acoplado na raiz e deixe-o resfriar em contato com o ar apenas. Colete os dados até o equilíbrio térmico com o ar de 1 minuto.
3. Plote os dados coletados para o sensor e observe a resposta: ela possui qual forma? Mesmo tendo um input "quasi-step", as medidas apresentam algum atraso? Como você explicaria esse comportamento? O que esse comportamento implica para a medida dos sistemas? Qual é o sensor mais rápido?
4. Sugira um método para encontrar/calcular a constante de tempo do sensor em posse dos dados já medidos. (apenas o procedimento e o porquê de tal)

### 3.3 Parte 2: Medição de temperatura ao longo da Barra

Esta parte visa a medição da evolução de temperatura ao longo de uma barra de alumínio, para tal são usado 6 sensores de temperatura:

1. Verifique se todos os sensores estão corretamente instalados e bem fixados;
2. Ligue o Peltier no modo de resfriamento e colete os dados até o equilíbrio térmico por 1 minuto. Quanto tempo demorou para se chegar ao equilíbrio térmico?

3. Desligue o Peltier e colete as medidas até o equilíbrio térmico (de todos os sensores) com o ambiente por 1 minuto. Quanto tempo foi necessário? Este valor é igual ao anterior? Se não, o que influenciou nessas medidas?
4. Plote a evolução de temperatura para todos os sensores. No equilíbrio térmico em ambos os casos, qual é a distribuição de temperatura ao longo da barra?
5. (OPCIONAL) Plote o mapa de temperatura da barra quando em equilíbrio térmico. (em MatLab ou Octave)

## 4 Relatório

Inclua o nome e NºUSP de todos do grupo. O relatório deve apresentar:

- Introdução (incluindo descrição dos sensores, princípio de funcionamento e característica dinâmica/calibração);
- descrição dos experimentos;
- tabelas com dados obtidos no laboratório;
- gráficos com as medidas, curva de correção;
- conclusão e comentários finais;
- destaque em seu discurso os tópicos (autonomia para investigação é desejável):
  - Perguntas da seção "Procedimentos";
  - Sabendo sobre o princípio de funcionamento dos termistores e termopares, qual deles é esperado que tenha maior ruído? Os experimentos comprovam a hipótese?
  - Qual a diferença entre calibração e correção de um sensor?
  - O que é correção estática e caracterização dinâmica para sensores de temperatura? Cite um método para a realização de cada um deles.
  - Explique o Efeito Peltier.

**IMPORTANTE:** Todos os membro do grupo devem preencher o feedback das práticas por meio do link, o não preenchimento reduzirá sua nota em 30%:

<https://forms.gle/RVLyYXRgdhpH1naA9>

## Referências

- 1 JUNIOR, R. C. dos R.; OLIVEIRA, L. R. de. *RESUMO DE ARDUINO, CÓDIGOS, SENSORES E ATUADORES*. 2021. Apostila para disciplina SEM0142 - Sensores e Sistemas de Medidas. 3