

Experimento 06a - Calorimetria

Giovani Garuffi	<i>RA: 155559</i>
João Baraldi	<i>RA: 158044</i>
Lauro Cruz	<i>RA: 156175</i>
Lucas Schanner	<i>RA: 156412</i>
Pedro Stringhini	<i>RA: 156983</i>

November 18, 2014

1 Resumo

2 Objetivos

Este experimento pode ser dividido em três partes, cada uma com seus objetivos. Esses são: traçar um gráfico de calibração de um termopar, calcular a constante de tempo de um calorímetro e calcular sua capacidade térmica.

3 Procedimento Experimental e Coleta de Dados

3.1 Procedimento

3.1.1 Curva de calibração de um termopar

Nesta parte do experimento preenche-se uma parte do copo do calorímetro (vide figura 1) com água fervente e coloca-se nele um termômetro de mercúrio para controle de sua temperatura. Em um béquer separado, coloca-se água com gelo para manter sua temperatura próxima a zero.

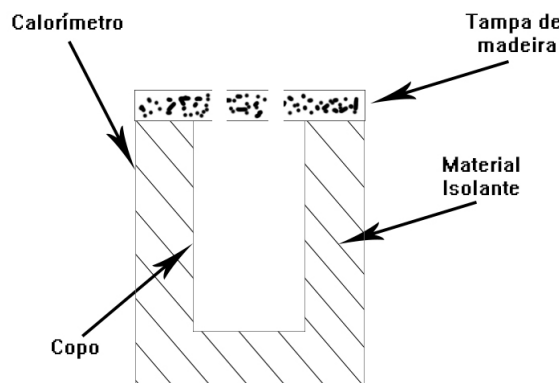


Figure 1: Estrutura de um calorímetro.

Então, coloca-se o fio de referência do termopar dentro do copo com gelo e o outro fio dentro do calorímetro (como mostrado na figura 2). Então, adiciona-se água à temperatura inicial (retirada da torneira) no calorímetro, e, para cada temperatura da água do calorímetro lê-se uma voltagem (em mV) no termopar, anota-se a temperatura e a voltagem, até que primeira se aproxime da inicial.

Por fim, plota-se um gráfico $V \times T$ com os pares anotados, e um com os tabelados teóricos.

3.1.2 Constante de tempo de um calorímetro

Como o calorímetro usado não é ideal, nesta parte do experimento, será calculada a sua constante de tempo, que representa a velocidade com que o calorímetro permite trocas de calor com o ambiente.

Para tal, preenche-se o calorímetro com água, que deve ser aquecida utilizando-se um aquecedor, e, com ele totalmente fechado (figura 1), mas com um termômetro dentro, cronometra-se o tempo com que a temperatura cai. No caso, foi medido o tempo de $T = 89^\circ C$ a $T = 69^\circ C$. Então, pela fórmula

$$T = T_0 e^{-t/\tau} + T_a,$$

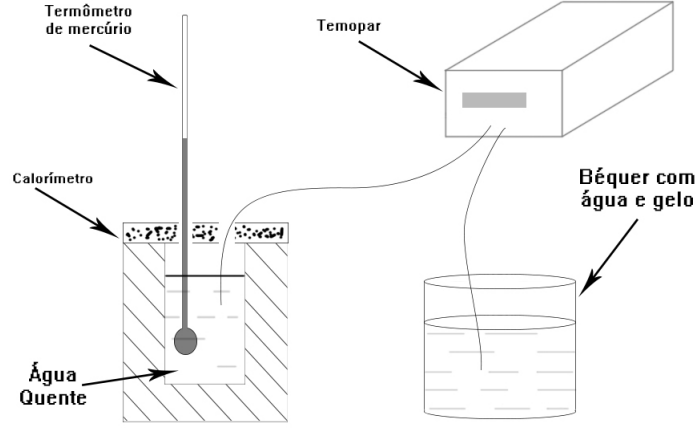


Figure 2: Montagem experimental para a calibração do termopar.

onde T_0 é a temperatura inicial, t é o tempo, τ é a constante a ser encontrada e T_a é a temperatura ambiente (de 26.5° , no caso), calcula-se o valor da constante através de um gráfico $\ln(T)$ x t .

3.1.3 Capacidade térmica de um calorímetro

Para determinar a capacidade térmica do calorímetro, metade do calorímetro foi enchida de água a temperatura 18° celsius. Depois, acrescentou-se a mesma quantidade de água quente a 82° celsius, esperando o sistema entrar em equilíbrio e vendo sua temperatura final 61° celsius. Assim, a partir da relação:

$$\begin{aligned}
 -Q_{\text{perdidoH}_2\text{O}} &= Q_{\text{recebidoH}_2\text{O}} + Q_{\text{recebidoCalorímetro}} \\
 -m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{quente}}) &= m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{frio}}) + C_{\text{cal}} \cdot (\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{frio}}) \\
 C_{\text{cal}} &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (\theta_{\text{quente}} + \theta_{\text{frio}} - 2\theta_{\text{final}})}{(\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{frio}})},
 \end{aligned}$$

Determina-se a capacidade térmica desejada.

3.2 Dados Obtidos

A Tabela 2 apresenta as medições Da tensão medida no termopar, em função da temperatura.

4 Análise dos Resultados e Discussões

4.1 Curva de Calibração do Termopar

Para comparar os dados obtidos no experimento e os dados conhecidos de tensão em função da temperatura, foi construído o gráfico na Figura 3.

Verifica-se que houve algum tipo de erro experimental na realização, uma vez que os resultados obtidos são internamente consistentes (A relação é linear, assim como esperado), mas uma diferença significativa das medidas esperadas.

Esse deslocamento da reta, foi, provavelmente, resultado erros sistemáticos como o termopar não estar calibrado e/ou a água do béquer de referência não estava necessariamente a 0°C .

Table 1: Dados obtidos no experimento

Tensão (mV)	Temperatura (C)
4.62	89
4.40	87
4.19	84
3.96	80
3.82	78
3.04	65
2.89	62
2.44	54
2.31	51
2.03	47
1.94	45
1.80	42
1.69	40
1.44	37

O erro na temperatura é de $0.5C$, e na tensão de $0.01mV$

Table 2: Dados obtidos no experimento

Tempo (s)	temperatura (C)
0	89
700	78
860	76
1500	71
1610	70

O erro na temperatura é de $0.5C$, e no tempo de $0.5s$

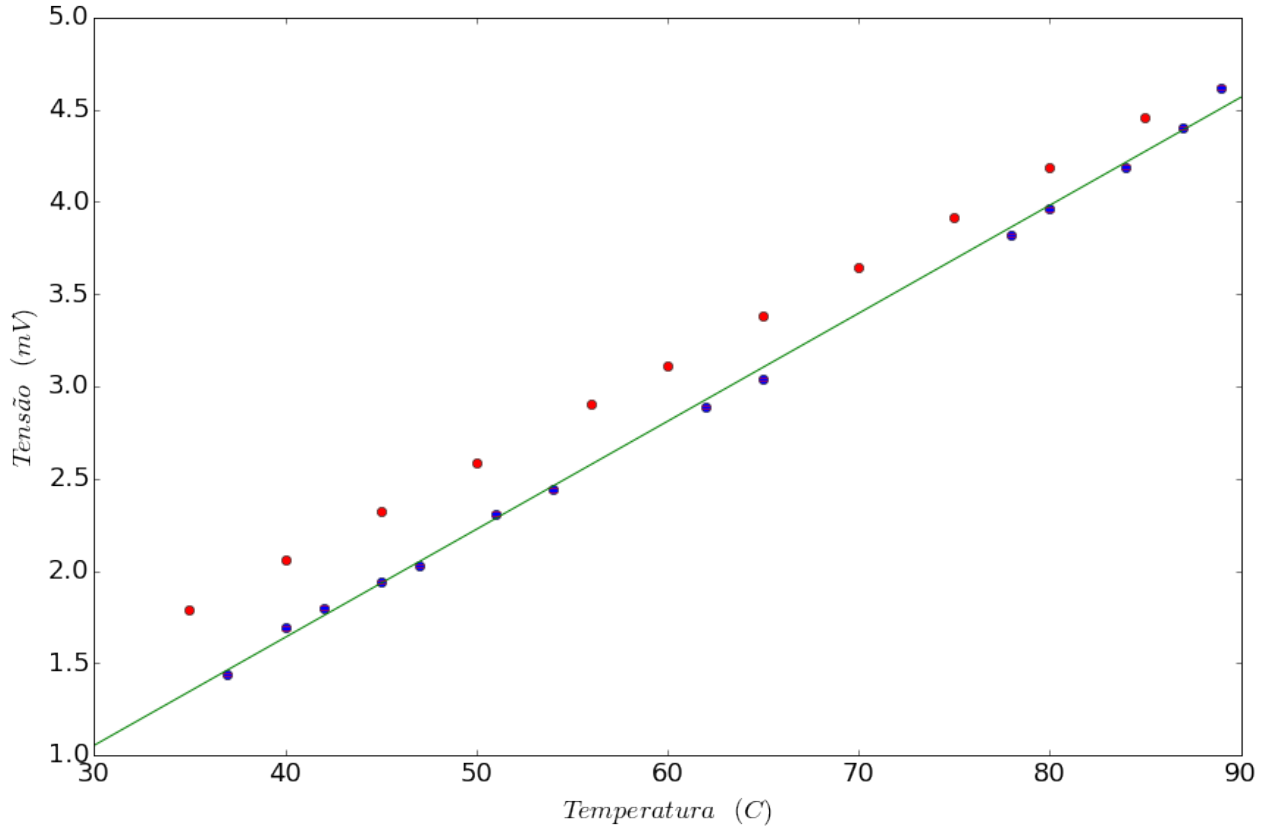


Figure 3: Curva de calibração do termopar. As medidas Azuis são as obtidas experimentalmente e as vermelhas são as esperadas

4.2 Constante de tempo do calorímetro

A queda de temperatura da água no calorímetro pode ser descrita pela equação

$$T = T_0 e^{-t/\tau} + T_a$$

que pode ser reescrita como

$$\ln \Delta T = -t/\tau + \ln T_0$$

Vemos então que deve haver uma relação linear entre $\ln \Delta T$ e t . Para verificar essa relação foi construído a tabela 3 e o gráfico da figura 4.

Fazendo a regressão linear sobre os dados da tabela 3, obtemos os coeficientes

Table 3: Dados relacionando $\ln \Delta T$ à t

Temperatura (C)	ΔT (C)	$\ln \Delta T$ (ln C)	tempo (s)
89 ± 0.5	62.5 ± 0.7	4.135 ± 0.008	0
78 ± 0.5	51.5 ± 0.7	3.941 ± 0.009	700
76 ± 0.5	49.5 ± 0.7	3.90 ± 0.01	860
71 ± 0.5	44.5 ± 0.7	3.79 ± 0.01	1500
70 ± 0.5	43.5 ± 0.7	3.77 ± 0.01	1610

ΔT for calculado a partir de uma temperatura ambiente de 26.5°C

$$a = -0.000232 \pm 0.000007 \quad e \quad b = 4.125 \pm 0.007$$

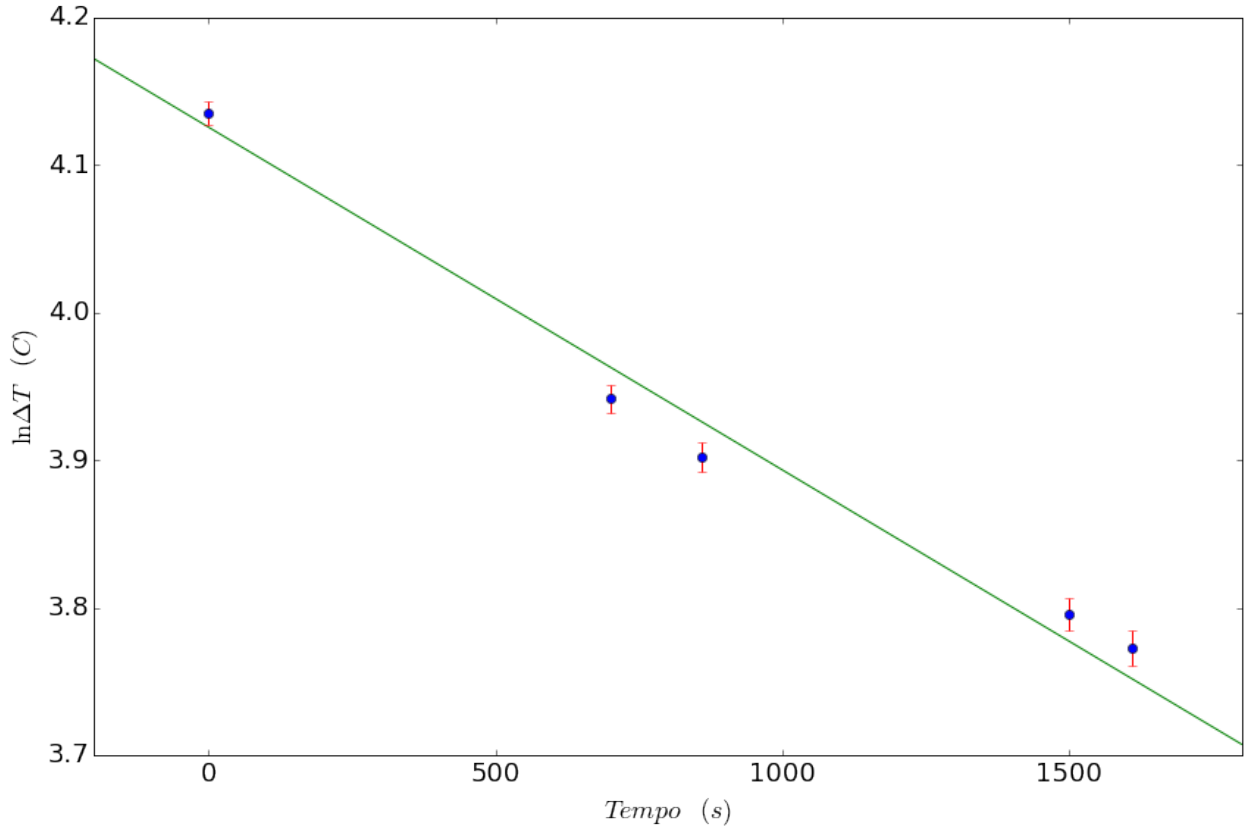


Figure 4: Gráfico de regressão linear de $\ln \Delta T$ por t .

Sabemos então que, pela relação $\ln \Delta T = -t/\tau + \ln T_0$, $a = -\frac{1}{\tau}$ e, portanto:

$$\tau = -\frac{1}{a};$$

$$\Delta\tau = \frac{\Delta a}{a^2}.$$

Assim,

$$\tau = (4300 \pm 100)s$$

4.3 Capacidade termica do calorímetro

A partir da fórmula

$$C_{cal} = \frac{m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot (\theta_{quente} + \theta_{frio} - 2\theta_{final})}{(\theta_{final} - \theta_{frio})},$$

sabemos calcular a capacidade térmica do calorímetro. Para determinar a massa de água quente e fria, na ausência de uma balança acessível, foram utilizados o volume da parte interna do calorímetro ($V = 88\text{cm}^3 \pm 1\text{cm}^3$) e a densidade conhecida da água, ($d_{H_2O} = 1,0\text{g/cm}^3 \pm 0,1\text{g/cm}^3$). Com isso, e sabendo que encheu-se o mesmo volume de água quente e fria preenchendo todo o volume interno, tem-se que a massa de água quente e fria ocuparam metade do volume cada uma. Isso, corresponde a $m_{H_2O} = (44 \pm 1)\text{g}$. A partir disso, tem-se que

$$C_{cal} = -22^\circ\text{C}^{-1}$$

5 Conclusões

6 Bibliografia