

# unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

ENGENHARIA AMBIENTAL  
LABORATÓRIO DE FÍSICA



# JOULEKA DILATÔMETRO

Ana Caroline Bertocin  
Bruna Azevedo  
Camila Juiz  
Giovanna Dutra  
João Felipe Peruchi

RA: 122270452  
RA: 122270681  
RA: 122270525  
RA: 122270967  
RA: 122270878

Junho/2013

## **I OBJETIVO**

O objetivo do experimento é a montagem do dilatômetro com materiais reutilizados para, a partir dele, ser calculado o coeficiente de dilatação de uma barra de alumínio.

## II INTRODUÇÃO

### CALOR

Calor é a transferência de energia térmica entre corpos com temperaturas diferentes.

Quando dois corpos com temperaturas diferentes ficam em contato, podemos observar que a temperatura do corpo "mais quente" diminui, e a do corpo "mais frio" aumenta, até o momento dessas temperaturas se igualarem. Esta reação é causada pela transferência de energia térmica do corpo "mais quente" para o corpo "mais frio".

A unidade mais utilizada para o calor é caloria (cal), embora sua unidade no SI seja o joule (J). Uma caloria equivale a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um grama de água pura, sob pressão normal, de 14,5°C para 15,5°C.

A relação entre a caloria e o joule é dada por:

$$1 \text{ cal} = 4,186\text{J}$$

Partindo daí, podem-se fazer conversões entre as unidades usando regra de três simples.

Como 1 caloria é uma unidade pequena, utilizamos muito o seu múltiplo, a quilocaloria.

$$1 \text{ kcal} = 10^3\text{cal}$$

O calor sensível é denominado pela quantidade de calor que tem como efeito apenas a alteração da temperatura de um corpo.

Este fenômeno é regido pela lei física conhecida como "Equação Fundamental da Calorimetria" que diz que a quantidade de calor sensível (Q) é igual ao produto de sua massa, da variação da temperatura e de uma constante de proporcionalidade dependente da natureza de cada corpo denominada calor específico. [1]

Assim:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

**[Fórmula 1]**

Onde:

Q = quantidade de calor sensível (cal ou J).

c = calor específico da substância que constitui o corpo (cal/g°C ou J/kg°C).

m = massa do corpo (g ou kg).

$\Delta T$  = variação de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

É interessante conhecer alguns valores de calores específicos:

**Tabela 1: Exemplos de calores específicos**

<b>Substância</b>	<b>c (cal/g<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>
Alumínio	0,219
Água	1,000
Álcool	0,590
Cobre	0,093
Chumbo	0,031
Estanho	0,055
Ferro	0,119
Gelo	0,550
Mercúrio	0,033
Ouro	0,031
Prata	0,056
Vapor d'água	0,480
Zinco	0,093

Calor latente é a grandeza física que está relacionada à quantidade de calor que um corpo precisa receber ou ceder para mudar de estado físico.

Essa temperatura invariável denomina de temperatura de mudança de fase. O calor específico latente L de um material informa a quantidade de calor que uma unidade de massa desse material precisa receber ou perder exclusivamente para mudar de estado de agregação.

A quantidade de calor é determinada através da seguinte expressão matemática: [2]

$$Q = m \times L$$

**[Fórmula 2]**

## DILATAÇÃO LINEAR

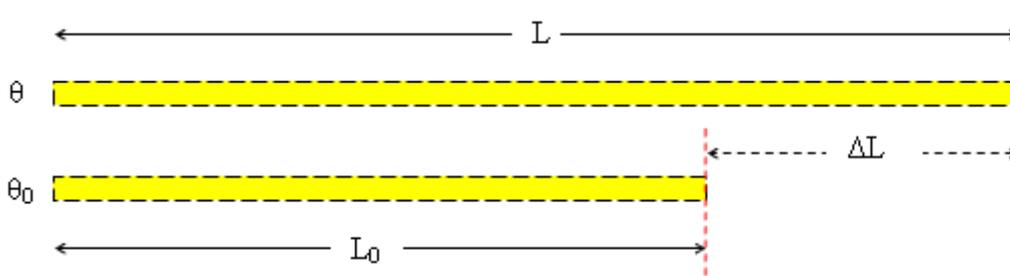
Quando os corpos são submetidos a uma variação de temperatura eles dilatam, ou seja, eles sofrem aumento ou diminuição nas suas dimensões. Essa variação é bem pequena, e as vezes não perceptível a olho nu, necessitando assim de equipamentos, como microscópio, para poder visualizar, ou de algum aparelho capaz de medir a dilatação.

Os corpos dilatam quando sofrem aumento na sua temperatura. Sabe-se que quando ocorre a variação da temperatura do corpo os átomos que o constituem se agitam mais, com isso a distância média entre eles é aumentada, assim sendo, o corpo ganha novas dimensões, ou seja, sofre dilatação.

De uma forma geral todos os corpos dilatam após serem aquecidos e se contraem após terem sua temperatura reduzida. A dilatação linear é aquela que ocorre variação em apenas uma dimensão, ou seja, o comprimento do material. [3]

Aplica-se a Dilatação Linear apenas para os corpos em estado sólido, e consiste na variação considerável de apenas uma dimensão. Exemplificando, em barras, cabos e fios.

Ao considerarmos uma barra homogênea, por exemplo, de comprimento  $L_0$  a uma temperatura inicial  $\theta_0$ . Quando esta temperatura é aumentada até uma  $\theta (>\theta_0)$ , observa-se que esta barra passa a ter um comprimento  $L (>L_0)$ .



**Figura 1: dilatação da barra**

Com isso é possível concluir que a dilatação linear ocorre de maneira proporcional à variação de temperatura e ao comprimento inicial  $L_0$ . Mas ao serem analisadas barras de dimensões iguais, mas feitas de um material diferente, sua variação de comprimento seria diferente, isto porque a dilatação também leva em consideração as propriedades do material com que o objeto é feito, este é a constante de proporcionalidade da expressão, chamada de coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ). Assim podemos expressar: [4]

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

**[Fórmula 3]**

## POTÊNCIA

A potência é uma medida de capacidade de interação de um sistema por unidade de tempo, ou seja, é a taxa de variação da energia com o tempo.

A equação que define a potência é:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

**[Fórmula 4]**

em que P é a potência, E é a energia e t é o tempo.

A Unidade SI de potência é o Watt. Existem outras Unidades : CV, hp, erg/s, Btu/h, Cal/h.

Em um sistema com certa energia, pode sentir necessidade de interagir com o seu meio a certa altura. Essa interação faz-se por trocas de energia. A quantidade de energia trocada a cada segundo (utilizando unidades do sistema internacional) pode ser maior para um ou para outro sistema. Essa taxa de variação de energia com o tempo é a potência. Assim, um sistema com maior potência recebe ou transmite mais energia por cada segundo que passa.

Este valor é calculado a cada instante, pois pode variar se mudarem as circunstâncias. [5]

Num certo intervalo de tempo,  $\Delta t$ , ao ocorrer uma troca de energia, correspondente à variação  $\Delta E$ , a potência média é:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

**[Fórmula 5]**

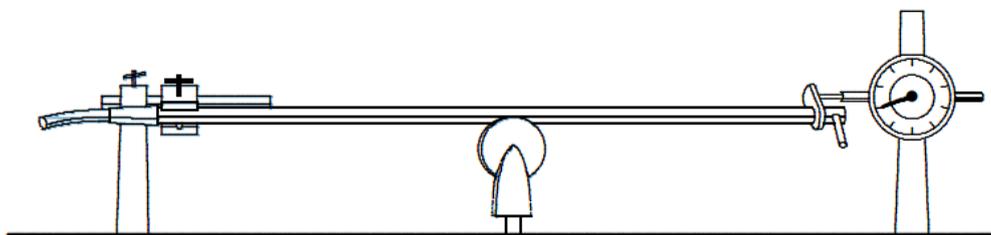
Se o  $\Delta E$  se referir ao trabalho, W, chama-se de potência motora:  $P=W/\Delta t$ .

Se o  $\Delta E$  se referir ao calor, Q, chama-se potência calorífica ou térmica:  $P=Q/\Delta t$ .

## DILATÔMETRO

No ramo da construção civil é de suma importância saber a magnitude da dilatação dos materiais utilizados, por exemplo, pontes sustentadas por cabos de aço, neste tipo de obra a intensidade da dilatação dos cabos pode afetar a estrutura da mesma, causando até mesmo o seu desabamento.

Para o estudo da dilatação térmica usa-se o dilatômetro. Esse experimento permite a determinação do coeficiente de dilatação, quando se sabe a variação de comprimento em barras finas ou tubos de diferentes materiais. Para saber a medida confiável da variação de comprimento da barra o dilatômetro em acoplado um micrometro em uma das suas extremidades, conforme a figura 1 (a baixo). A variação de temperatura é obtida fazendo circular vapor pelo aparelho. [6]



**Figura 2: esquema do dilatômetro**

Ao fim do experimento foram calculados os coeficientes de dilatação linear de cada material usando a formula 6.

$$\alpha \text{ barra} = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}$$

**[Fórmula 6]**

## COMPRIMENTO DA CIRCUNFERÊNCIA

Quando somados todos os lados de uma figura plana, obtemos o seu perímetro. No caso específico do círculo, o cálculo do seu perímetro é dado pelo comprimento da circunferência (contorno do círculo), pois um círculo é contornado por uma circunferência que é formada pela união das extremidades de uma linha aberta.

O cálculo do comprimento da circunferência (perímetro) foi obtido da seguinte forma: como todas as circunferências são semelhantes entre si, ou seja, todas pertencem ao mesmo centro, concluiu-se que a razão entre os comprimentos de qualquer circunferência pelo seu respectivo diâmetro será sempre uma mesma constante.

E essa constatação foi provada pelo matemático grego Arquimedes que seria aproximadamente 3,14, e como esse valor não era exato foi estipulado que poderia ser representado pela letra do alfabeto grego  $\pi$ , facilitando os cálculos.

Assim, convencionou-se que  $\pi \approx 3,14$ .

Com essas informações, podemos concluir uma maneira prática de encontrar o valor do perímetro de um círculo ou comprimento de uma circunferência.

Iremos estipular:  $c$  como sendo o comprimento,  $r$  sendo o raio da circunferência.

$$\frac{c}{2r} = \text{constante}$$

$$\frac{c}{2r} = \pi$$

$$c = 2 \pi r$$

**[Fórmula 7]**

## III MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Materiais

- Transferidor ( $\pm 0,5$ ) graus;
- Suporte de madeira;
- Barra de alumínio de ( $59,36 \pm 0,06$ ) cm;
- Canudo;
- Agulha;
- Álcool 92,8°;
- Fósforo;
- 2 recipientes metálicos;
- Tábua de madeira;
- Pregos;
- Régua ( $\pm 0,005$ ) cm;
- Martelo;
- Cola;
- Trena ( $\pm 0,1$ ) cm;
- Termômetro ( $\pm 0,5$ ) graus

### 3.2 Métodos

A experiência é dividida em duas etapas: a primeira delas se baseia na construção da estrutura onde a mesma será executada e, a segunda parte, a realização do experimento.

Para dar início ao experimento, é necessário montar a estrutura de madeira onde a barra de alumínio irá ser colocada. Juntamente com a base da madeira, foram colocados dois blocos menores do mesmo material, em cada extremidade da base para servirem de apoio para barra. Um deles foi pregado, com o uso de um martelo, na base de madeira e o outro, foi somente colocado.

Em um segundo momento ainda na primeira etapa, a barra de alumínio foi medida por três vezes com o auxílio de uma trena ( $\pm 0,1$ ) cm e, por fim, a média e o desvio padrão foram calculados. Após a realização da medição, a barra de alumínio foi colocada nos apoios [figura 1]. No bloco fixo, a barra foi

presa com prego, para que assim fosse minimizado a possibilidade dessa se movimentar [figura 2].

Acoplado a esse suporte, em frente ao bloco fixo, foi colado um transferidor, com cola, para tornar possível a visualização das voltas que a agulha completa e, assim calcular a dilatação sofrida pela barra [figura 3].

Um canudo fino de plástico foi cortado ao meio e no centro deste, uma agulha foi espetada [figura 4]. Entre a barra e o bloco de madeira não pregado, foi colocada a agulha juntamente com o canudo, apontados para o transferidor [figura 5].

Para finalizar a primeira etapa do experimento, colocaram-se dois recipientes metálicos na base de madeira contendo 150 ml de álcool 92,8° [figura 6].

Com os dois recipientes com álcool e a estrutura pronta para dar início ao experimento [figura 7], com o uso de fósforo, foi colocado fogo nos dois recipientes e assim, esperado pelo resultado.

Após o objetivo ser atingido, o fogo foi apagado com o auxílio de uma tábua de madeira colocado em cima em ambos recipientes, a fim de cessar a entrada de  $O_2$  no sistema.

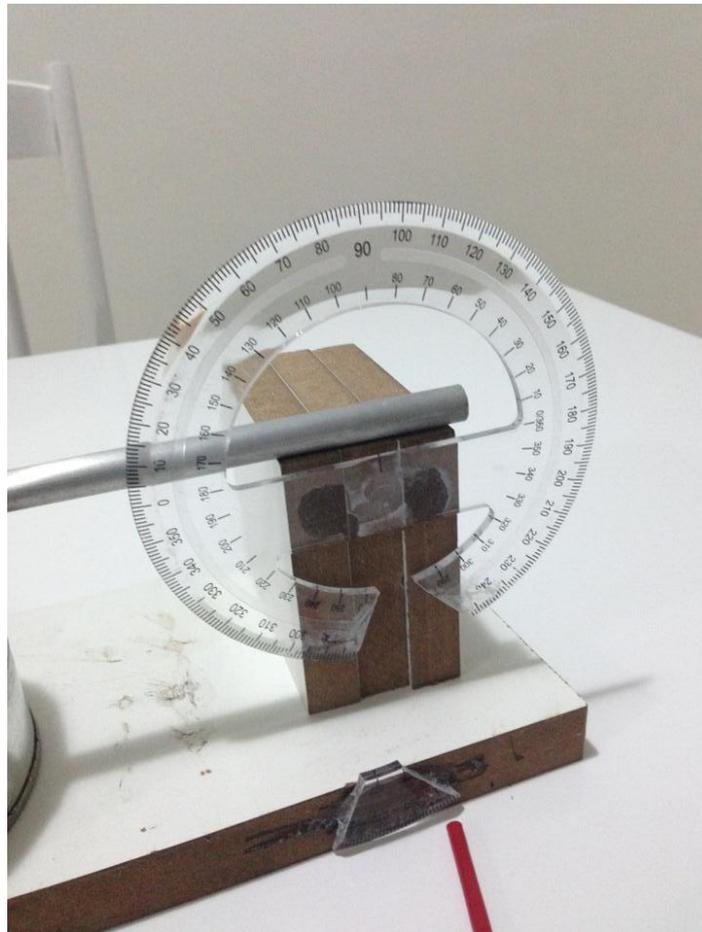
Com o fim do experimento, seus valores foram anotados e efetuados os cálculos.



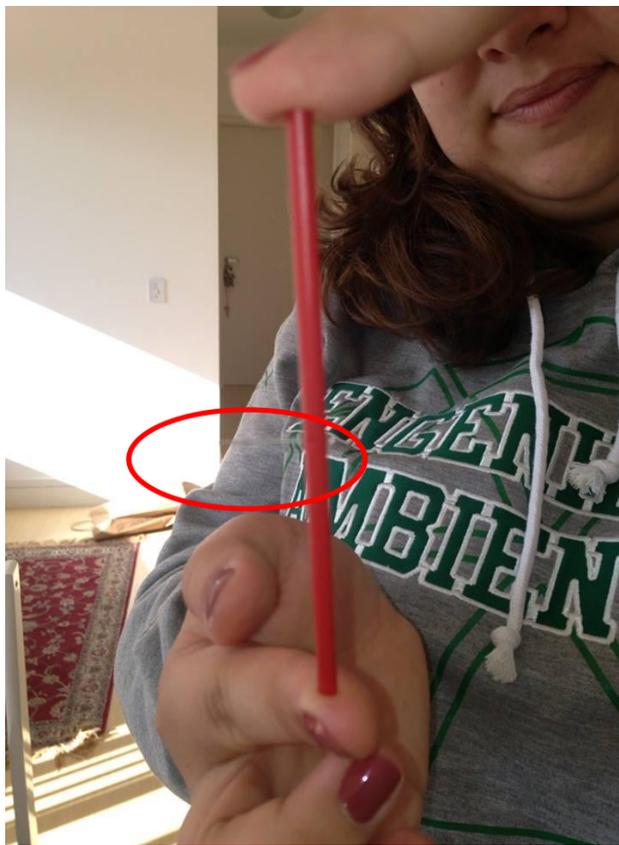
**[Figura 1]**



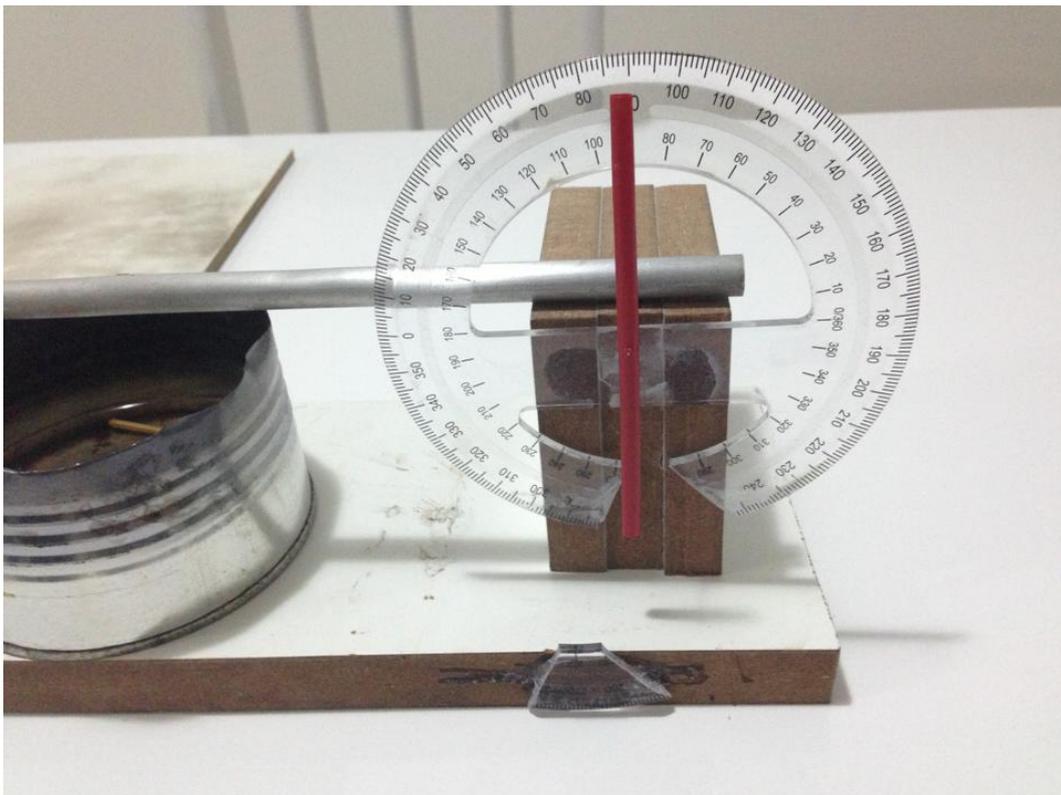
[Figura 2]



[Figura 3]



[Figura 4]



[Figura 5]



**[Figura 6]**



[Figura 7]

## IV RESULTADOS

O primeiro passo do experimento foi medir a barra de alumínio que seria dilatada, com auxílio de uma trena ( $\pm 0,1$ )cm. Os valores obtidos estão dispostos na tabela abaixo (Tabela I).

**Tabela I:** Comprimento da barra de alumínio.

Medição	Comprimento ( $\pm 0,01$ )cm
1	59,40
2	59,30
3	59,40
<b>Média</b>	<b>(59,36 <math>\pm</math> 0,06)cm</b>

Logo em seguida, determinou-se o diâmetro da agulha com o auxílio de um micrômetro ( $\pm 0,0001$ )cm. Seus valores, bem como sua média foram organizados na tabela a seguir (Tabela II).

**Tabela II:** Diâmetro da agulha.

Medição	Diâmetro ( $\pm 0,0001$ )cm
1	0,0525
2	0,0522
3	0,0524
<b>Média</b>	<b>(0,0523 <math>\pm</math> 0,0001)cm</b>

Colocou-se um termômetro ( $\pm 0,5$ ) $^{\circ}$ C, dentro da barra de alumínio para determinar a temperatura em que ocorre a dilatação, repetindo o procedimento por três vezes, pôde-se dispor os resultados abaixo (tabela III).

**Tabela III:** Temperatura final da dilatação.

Medição	Temperatura ( $\pm 0,5$ ) $^{\circ}$ C
1	57,0
2	60,0
3	58,0
<b>Média</b>	<b>(58,5 <math>\pm</math> 1,5)</b>

**Obs:** Temperatura ambiente de 26 $^{\circ}$ C.

Depois disso, para calcular a dilatação da barra, utilizou-se **fórmula 7** ( $C = 2\pi R$ ) para ser calculado o comprimento da agulha.

$$C = 2 \cdot \pi \cdot 0,02615$$

$$C = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,02615$$

$$C = 0,1643 \text{ cm}$$

Além de uma volta completa, a agulha rotacionou mais o equivalente a 155 $^{\circ}$ , tornando-se necessário acrescentar tal comprimento ao já calculado para uma volta.

Como,  $\pi = 180^{\circ}$ ,

155 $^{\circ} = 0,86 \pi$  e, esse ângulo, corresponde à 0,0707 cm.

Logo, a dilatação é de **0,2350 cm**.

Com os dados acima coletados, utilizando a **fórmula 3** ( $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$ ), conseguiu-se determinar o coeficiente de dilatação linear da barra, sendo ele :

$$0,2350 = 59,36 \cdot \alpha \cdot (58,5 - 26)$$

$$\alpha = 1,2181 \cdot 10^{-4} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

## V DISCUSSÃO

De acordo com a literatura, o coeficiente de dilatação linear do alumínio é de  $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}^{-1}$ , porém o valor obtido através deste experimento foi diferente deste, devido a um conjunto de fatores, como a temperatura ambiente; e, influenciou também o fato de o sistema não estar termicamente isolado. Além disso, devido aos vários testes realizados com a mesma barra, esta apresentou pequenas deformações que também influenciaram no resultado final. Outro fator observado durante os testes, é que com as várias realizações do experimento, a agulha utilizada também sofria deformações, devido ao excesso de temperatura, o que implicava em uma dificuldade da mesma em vencer o atrito, impedindo-a de rotacionar.

Um dos maiores motivos para discrepância entre o valor do coeficiente encontrado através do experimento e, o registrado na literatura é porque não se conseguiu determinar exatamente a temperatura da barra, por não se encontrar um termômetro adequado para altas temperaturas, sendo constatado um grande erro em relação à temperatura determinada na literatura para que o coeficiente fosse igual ao esperado.

Pode-se concluir que as dificuldades encontradas no experimento foram: construir um aparato que pudesse mostrar a ocorrência da dilatação sofrida por uma barra de um metal que possuísse alto coeficiente de dilatação; e, com materiais simples conseguir determinar dados que permitisse encontrar o coeficiente de dilatação.

Embora, em um primeiro momento, a medição com o transferidor tenha sido feita errada, quando se realizou novamente o experimento, acertando esse detalhe, o valor encontrado para o coeficiente de dilatação linear, ainda continua sendo muito diferente do que conta na literatura. Tal fato, pode ser consequência de ter-se fixado uma das extremidades da barra, tornando impossível calcular a dilatação sofrida mesma em ambas as extremidades.

## **VI REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Calorimetria/calor.php>

[2]

<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Refrigeracao/latente.htm>

[3] <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA11cAJ/introducao-potencias>

[4] <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Dilatacao/linear.php>

[5] <http://afisicaemtudo.blogspot.com.br/2011/01/dilatacao-termica-introducao.html>

[6] <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMwUAI/relatorio-dilatometro>

[7] <http://www.mundoeducacao.com.br/matematica/comprimento-circunferencia.htm>