

## EXPERIMENTO 2 - RADIAÇÃO TÉRMICA

CAIO SOUZA - 9020385

### RESUMO:

O experimento teve por finalidade verificar a validade de Lei de Stefan-Boltzmann e a Teoria de Radiação de Corpo Negro. Afirma-se que os conceitos estudados na teoria têm embasamento experimental sólido e concluiu-se que a Lei de Stefan-Boltzmann não é o melhor modelo para se avaliar a energia total de uma fonte em baixas temperaturas.

### INTRODUÇÃO

A radiação térmica é um fenômeno físico onde observa-se a emissão de radiação eletromagnética a partir de corpos aquecidos. Para baixas temperaturas, Rayleigh propôs que a radiação térmica originava de movimento de cargas dentro da matéria de modo oscilante. Desta hipótese, surgiu a relação entre a densidade de energia e a dependência cúbica da frequência angular, contudo não havia consistência para valores ~~em~~ muito alto de frequência.

Para altas frequências temperaturas, os experimentos de Wien comprovaram um decaimento além do comprimento de onda máximo ser inversamente proporcional a temperatura:

$$\lambda_{\text{máx}} T = \text{cte}, \text{ com } \text{cte} = 2,9 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

A explicação correta da radiação de corpo negro foi feita por Planck, e que desobedeceu uma não continuidade da energia, sua hipótese assumiu que osciladores harmônicos em alguns modos permitidos, a partir disso tirou-se a equação:

$$\rho(\nu, T) d\nu = \left( \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \right) \frac{h\nu d\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

$$\text{onde } k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}^2 \text{ e } h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$$

De modo geral, todos os corpos emitem radiação térmica, cujo espectro de emissão e a quantização da energia e depende da temperatura. O fluxo total de energia emitida por um corpo por unidade de área e tempo é obtida integrando a equação anterior, de forma que obtenhas a relação:

$$R = \sigma T^4, \text{ onde } \sigma \text{ é a cte de Stefan-Boltzmann}$$

### Objetivo:

O experimento foi desenvolvido com intuito de investigar os processos de emissão de radiação de corpos reais aquecidos. De forma a alcançar um entendimento acerca dos processos de absorção e emissão de corpos e a relação entre a emissão de radiação e a temperatura que o corpo se encontra. Para isto, este experimento é composto por vários experimentos.

### METODOLOGIA

No procedimento experimental, foram utilizados um detector de radiação e acoplado a um voltímetro para detectar valores de tensão da radiação térmica, um cubo de radiação térmica com um potencímetro, um termopar, um ventilador de resfriamento, uma lâmpada de Stefan-Boltzmann, uma fonte de alimentação e um trilho de escala milimétrica.

A irradiância emitida por um corpo era coletada pelo voltímetro (V), havia uma necessidade de converter o valor para  $W/m^2$ . Para isto, utilizou a relação:

$$R = \frac{V}{DA}$$

onde: V é a tensão em voltagem

$$D = cte = 18,9 \pm 0,8 \text{ V/m}$$

$$A = \text{área} = 4 \text{ mm}^2$$

O experimento se dividiu em 6

### 1) Lei de Stefan-Boltzmann

Foi testada a validade dessa lei para altas temperaturas posicionando o sensor próximo a lâmpada, em uma distância fixa, para determinar a radiação emitida em função da intensidade da lâmpada, com diferentes valores de tensão. A temperatura do filamento pode ser obtida através da resistência do filamento, onde para pequenas variações de temperatura temos:

$$T = \frac{R - R_{ref}}{\alpha R_{ref}} - T_{ref}$$

Em que  $R$  é a resistência do filamento obtida através da lei de Ohm,  $R_{ref}$  é uma resistência e uma temperatura de referência  $T_{ref}$ , onde para 300K temos 0,2  $\Omega$  e  $\alpha$  é uma constante de valor igual 0,0045

### 2) Lei do Inverso quadrado da distância

Nesta parte foi estudada a validade da equação  $R = \sigma T^4$  para a radiação térmica de uma fonte pontual. O procedimento consistiu-se em variar a posição do sensor em relação a lâmpada, com uma tensão fixa em 30V, e verificar os valores de irradiância em função da distância entre o sensor e a lâmpada, graficamente, buscando uma função de ajuste que comprove a dependência ao quadrado.

### 3) Avaliação Qualitativa da Radiação Térmica

Nesta parte foi utilizado o cabo com quatro faces de alumínio com diferentes materiais a envolvendo (escura, branca, lisa e áspera). Dentro do cabo havia uma lâmpada para aquecê-lo. O procedimento consistiu em aquecer o cabo com diferentes porcentagens de potência da lâmpada e coletar a irradiância nas quatro faces. Verificou-se a relação da irradiância de cada face em função da temperatura do cabo.

#### 4) IRRADIANCIA DE UMA FONTE NÃO REAL

Nesta parte, utilizar-se o cubo com a potência máxima da lâmpada. Observou-se a relação entre a irradiância em função da distância.

#### 5) Lei de Stefan-Boltzmann para baixas temperaturas

Utilizou-se um ventilador para resfriar o cubo. Confronte a temperatura caía, coletava-se os dados de irradiância, e então eram analisados os dados em em função do outro.

#### 6) RADIAÇÃO DO CORPO HUMANO

Nesta etapa, foram coletados a irradiância de três pessoas levando em conta a voltagem de cada parte coletada.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para todos os cálculos de irradiância ( $W/m^2$ ) foi utilizada a fórmula:

$$R = \frac{V}{DA} \quad \text{e sua propagação de incerteza se deu:}$$

$$\sigma_R^2 = \left( \frac{\partial R}{\partial V} \sigma_V \right)^2, \quad \text{pois } V \text{ é a única variável do sistema}$$

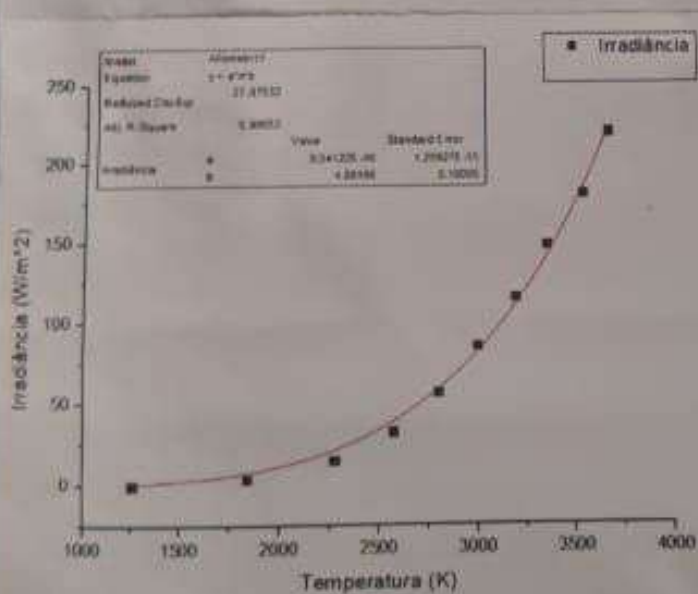
$$\sigma_R^2 = \left( \frac{\partial}{\partial V} \left[ \frac{V}{DA} \right] \sigma_V \right)^2 \Rightarrow \sigma_R^2 = \left( \frac{1}{DA} \sigma_V \right)^2 \Rightarrow \sigma_R = \frac{1}{DA} \sigma_V$$

$$\sigma_R = \frac{1}{2,9 \cdot 4 \cdot 10^2} \cdot 0,01 \Rightarrow \sigma_R = 2,3 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$$

### 1) Lei de Stefan-Boltzmann

	Tensão	Tensão Sensor	Corrente	R	R/R <sub>300K</sub>	T (K)	W/m <sup>2</sup>
1	2,0	0,3	1,1	1,818	9,091	1842	4,0
2	3,0	1,1	1,28	2,314	11,719	2274	14,6
4	4,0	2,4	1,47	2,721	13,605	2574	31,7
5	5,0	4,2	1,66	3,012	15,060	2801	59,6
6	6,0	6,4	1,83	3,279	16,893	3005	84,7
7	7,0	8,7	1,98	3,535	17,677	3199	115,3
8	8,0	11,2	2,13	3,756	18,779	3364	148,1
9	9,0	13,6	2,24	4,018	20,089	3557	179,9
10	10,0	16,6	2,38	4,202	21,008	3692	219,6

Com esses dados plotamos o gráfico

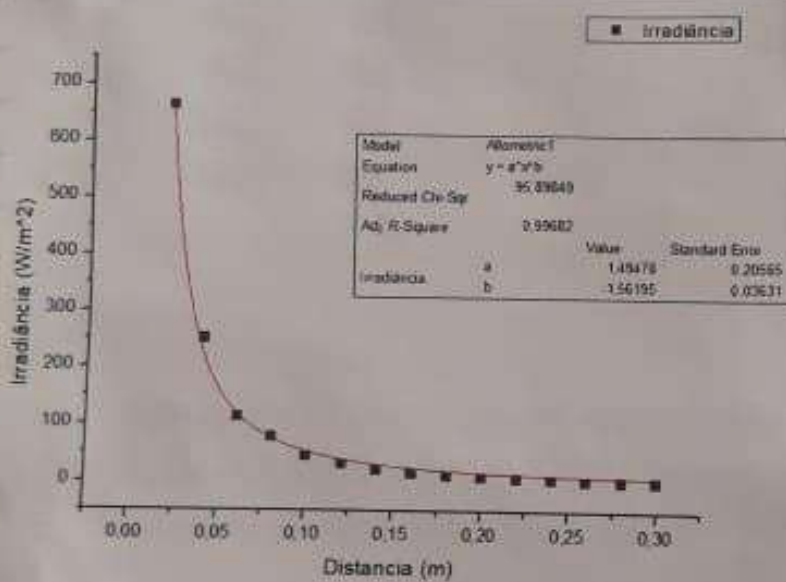


Assim, pode-se ver com o ajuste que o expoente ficou em  $(4,889 \pm 0,18)$ . Um valor dentro do esperado porém um pouco discrepante pois esperava-se um valor em torno de 4 para comprovar a lei estudada em questão  $R = \sigma T^4$ , outro ponto importante

é que pelo gráfico é visto a relação diretamente proporcional em Irradiância e Temperatura.

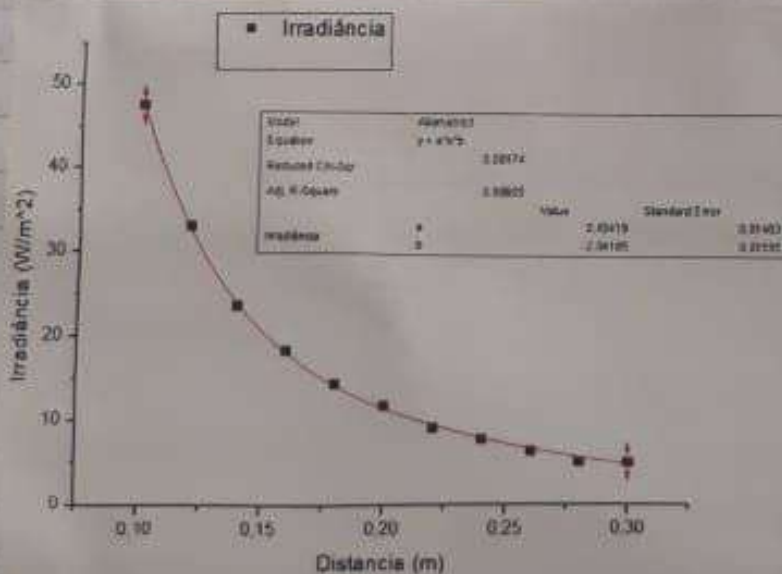
## 2) Lei do Inverso do quadrado da distância

Com a lâmpada fixa em uma voltagem de 10V, e variando a distância do sensor em relação a fonte para coletar a irradiância desta, construiu-se um gráfico para validar o inverso do quadrado, esperando um coeficiente próximo de -2 (negativo pois é o inverso). Com os dados retirados tem-se o gráfico:



O coeficiente ficou em  $(-1,56 \pm 0,03)$  um pouco distante do esperado.

Por esse motivo tirou-se alguns pontos para melhor ajuste do gráfico e foi verificado que:



Sem os pontos iniciais a relação com o quadrado fica mais clara já que o coeficiente  $(-2,04 \pm 0,02)$  ficou mais próximo de dois além do erro ser menor também.

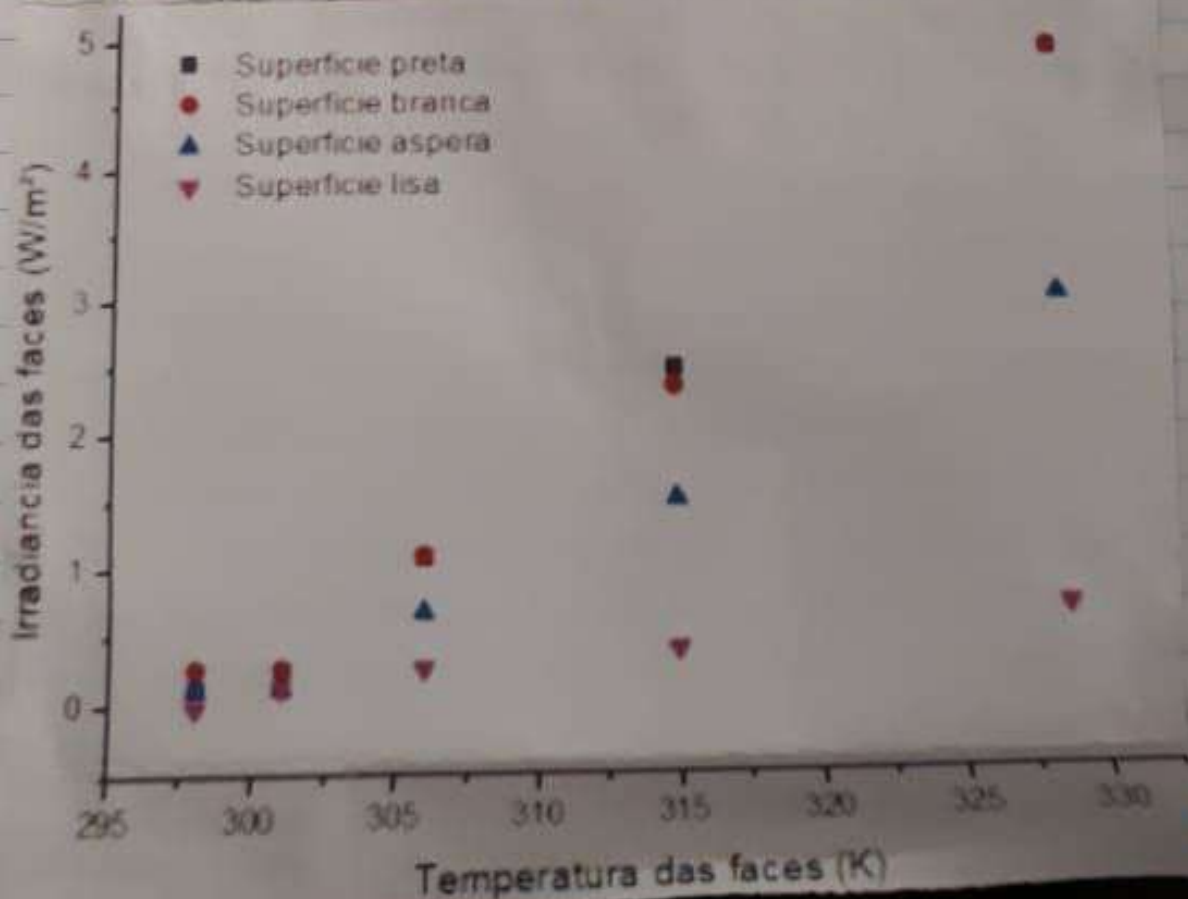
### 3) AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA RECEIDA TÉRMICA

Das faces do cubo, podemos listar como melhores emissores de radiação pela seguinte ordem:

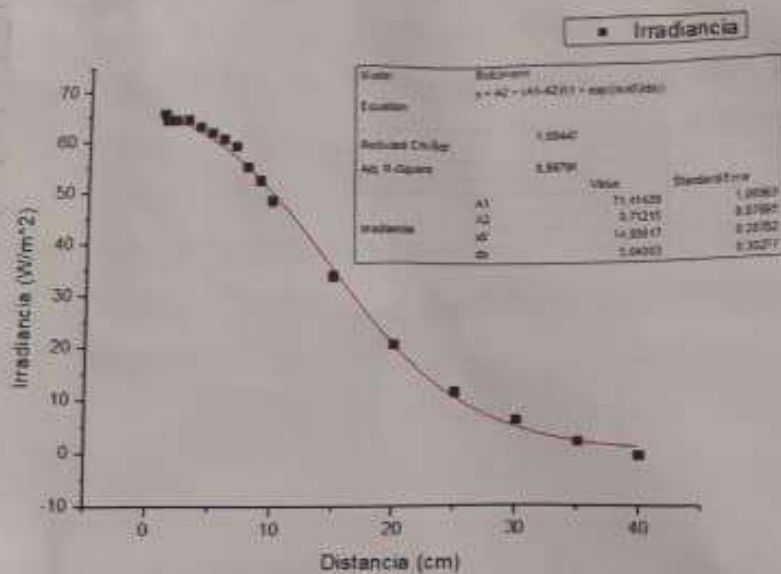
Preta = Branca > Aspera > Lisa

Essa ordem resulta pelo coeficiente de irradiância de cada face, onde a preta e a branca possuem o mesmo valor, o qual é maior que a aspera e que é maior que a lisa.

Para cada valor diferente do potenciómetro e, conseqüentemente de temperatura do cubo, foram obtidos diferentes valores de irradiância, segundo a relação e coeficiente de irradiância, como mostrado no gráfico abaixo. Nela podemos conferir a relação e averiguar-la de forma que com o aumento da temperatura ocorre o aumento da irradiância, sendo esta emissão maior para faces preta e branca, conforme prevê a teoria. O coeficiente de irradiância da superfície lisa é tão inferior ao da preta e da branca, que sua curva pode ser aproximada a uma ~~preta~~ reta para o número de pontos aqui coletados.



#### 4) Irradiância de um fonte pontual



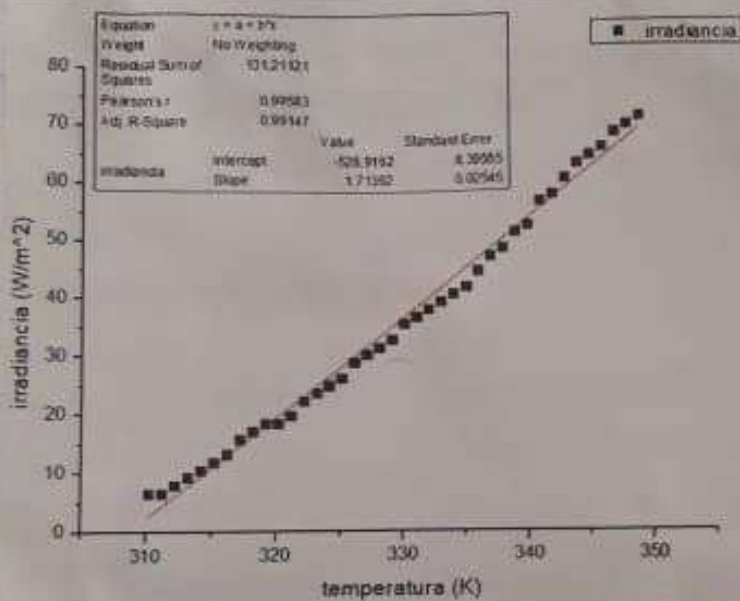
Como feito no segundo item contido com uma fonte pontual. Foram coletados então os dados do sensor e da distância deste para a relação ao cubo na potência de irradiância máxima e foi construído um

gráfico e analisado conforme no 2 procedimento. Foi visto um valor de  $(1,08 \pm 0,05)$  at um valor benéfico para validação da temperatura com o quadrado. Apesar da discrepância ser alta a razão é que a fonte não era necessariamente pontual, além de que se fosse tirado alguns pontos a curva se pareceria mais com a do item dois.



### 5) Lei de Stefan-Boltzmann para baixas temperaturas

Durante o cubo resfriando aos poucos, foram anotados os dados de irradiância pela face preta do cubo em função da temperatura, enquanto decaía. Assim foi com intuito de graficar validar a Lei de Stefan-Boltzmann para baixas temperaturas



A relação foi ajustada linearmente de maneira que o coeficiente angular representaria a constante de Boltzmann, pelo valor  $(1,71 \pm 0,02)$  é possível um absurda discrepância do valor até mesmo em questão da ~~ordem~~ ordem de grandeza entre o dado

detectado e a constante

### 7. RADIAÇÃO NO CORPO HUMANO.

Medições em mV

Usando área  $1,2m^2$

Pessoa	A	B	C
Antebraço	0,4	0,3	0,2
Pescoco	0,5	0,4	0,4
Palma da mão	0,4	0,4	0,3
Valor médio	0,43	0,36	0,23
Irradiância	$1,89 \times 10^{-5}$	$1,58 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-5}$

### Conclusão:

Conclui-se que a lei de Stefan-Boltzmann é válida para determinar que corpos emitem radiação térmica e também a irradiação cai com o quadrado da distância numa coerência precisa dos dados com a teoria. Contudo viu-se a invalidade da lei para baixas temperaturas, uma vez que a discrepância ficou enorme entre o esperado e o obtido. E, também, foi possível perceber qual "forma" de um corpo melhor absorve e irradia radiação térmica, no geral os experimentos concluíram com o que era esperado.