

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS – UNICAMP

INSTITUTO DE FÍSICA
“GLEB WATAGHIN”- IFGW

Disciplina F609 – Tópicos do ensino de Física I

Verificação do valor da Constante Solar
Luminosidade e
Temperatura Efetiva do Sol

RELATÓRIO PARCIAL



Thiago GuedinVerratti RA 104198

E-mail t104198@dac.unicamp.br

Orientador Anderson Campos Fauth

E-mail anderson.fauth@gmail.com

Campinas – SP

Outubro de 201

1. Projeto

O seguinte projeto visa determinar o valor da constante solar e de posse da mesma, determinar a luminosidade e a temperatura efetiva do Sol. Estabelecer a relação entre a energia emitida pelo Sol e a energia que chega a Terra, atentando para o princípio de conservação de energia e para atenuações ocorridas na Atmosfera terrestre. Alguns temas chaves relacionados com a física serão abordados pelo presente projeto como a conservação de energia, irradiação térmica e calorimetria.

Através do aquecimento de certa quantidade de água pela energia irradiada pelo Sol. Deseja-se levar o aluno a questionar a relação entre a energia emitida pelo Sol e a energia recebida na Terra, bem como a relação entre a intensidade da energia irradiada com a temperatura efetiva de nossa estrela.

Com a verificação do problema pode-se levantar os seguintes problemas.

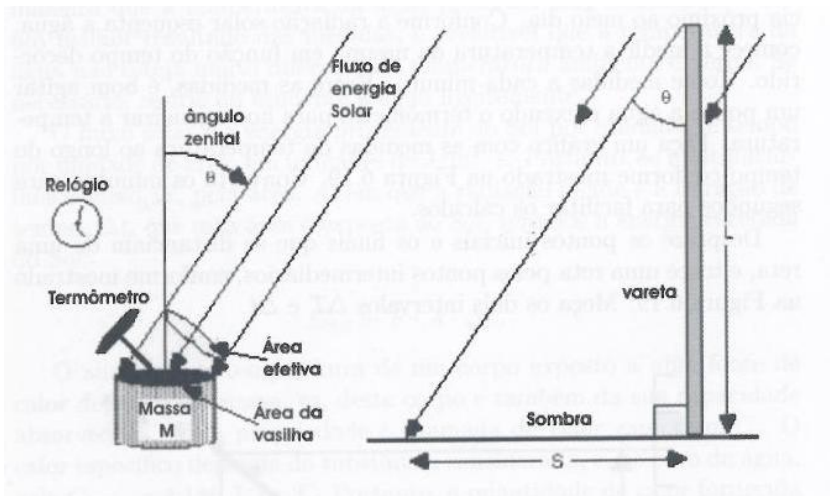
“Quais os fatores que levam a uma diferença entre a constante solar encontrada no experimento e a encontrada na literatura de referência.”

“Conduzir uma discussão a respeito de tópicos de astrofísica, incluindo o mecanismo de geração de energia nas estrelas.

Lista de materiais Usados

- I. Recipiente de isopor (15cm x15cm);
- II. Tinta preta fosca;
- III. Termômetro Culinário Digital Modelo Tp 3001
- IV. Pincel;
- V. Cronômetro;
- VI. Régua;
- VII. Filme PVC transparente.
- VIII. Água comum (cerca de 150 ml).

Esquema da montagem experimental



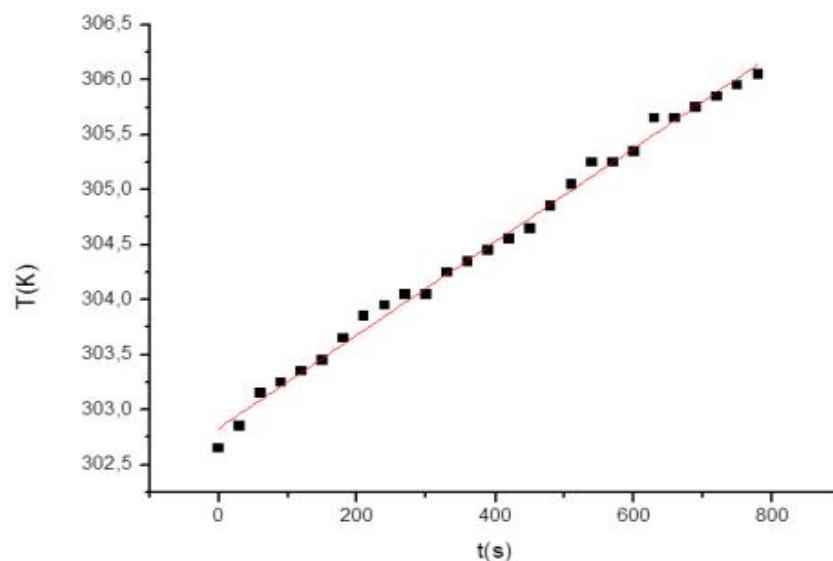
O seguinte experimento foi realizado em duas etapas;

- I. Montagem experimental no dia 05/10/2013
- II. Coleta dos dados no dia 12/10/2013 às 12h.

2. Resultados atingidos

Com o recipiente preparado sobre o Sol tomou-se a temperatura a cada 30 segundos ou a cada 20 segundos. Com isso, esperou-se obter algo em torno de 30 medidas. A partir da tabela com a relação entre tempo (em segundos) e temperatura, montou-se um gráfico com auxílio de um programa (como Origin.) para obter o ajuste da reta.

Por fim, determinou-se o coeficiente angular da reta e, a partir desse valor, obteve-se a constante solar.



Existe porém uma correção que foi considerada, como a luz não incide, em geral, perpendicularmente à superfície que estamos analisando, corrigiram-se

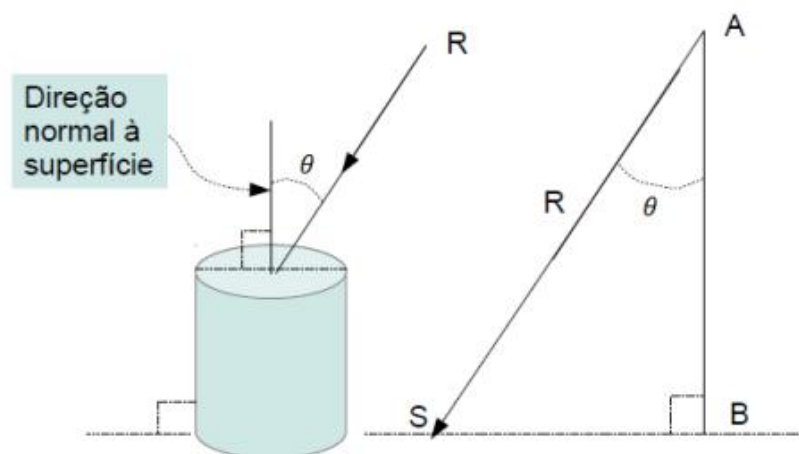
os valores obtidos com o ângulo de incidência da luz mediada a partir da vertical, usando um ângulo zenital.

Isso foi realizado usando-se o comprimento de um bastão posicionado sob o Sol e usando a média dos comprimentos das sombras projetadas. Este procedimento nos forneceu a seguinte equação, segundo o qual a reta é ajustada, com a devida correção para a incidência da luz;

$$T(t) = f \frac{\cos \theta}{c\rho h} t + T_0$$

Onde f é a constante solar, ρ é a densidade da água, h é a profundidade do recipiente e c é o calor específico da água.

Figura1- Ajuste dos resultados por bastão vertical.



O resultado obtido foi ajustado de acordo com o gráfico apresentado, no que relaciona a transmissão atmosférica, ou seja, a fração da energia por unidade de tempo e por unidade de área que efetivamente atravessa a atmosfera e chega à superfície da Terra. Notando que devemos ainda, considerar que à medida que a água do recipiente é aquecida ocorrem trocas de calor com o ambiente. Sendo assim pode-se estimar a quantidade de energia perdida para o ambiente medindo a variação de temperatura da mesma massa de água, sob as mesmas condições do experimento, previamente aquecida em função do tempo até que houvesse o equilíbrio térmico com o ambiente. Esse procedimento foi detalhado a seguir.

Aqueceu-se até a temperatura máxima atingida no experimento descrito, uma massa de água suficiente para encher completamente o recipiente previamente preparado para o experimento que foi coberto com filme PVC (para evitar a evaporação) e, tendo posicionado o termômetro, tomou-se a temperatura em intervalos de 10 segundos até que houvesse o equilíbrio térmico com o ambiente. Com isso, montou-se um gráfico similar ao exposto na figura 3, porém com inclinação negativa, onde se pode determinar a energia por unidade de tempo dissipada, segundo a equação:

$$P = a\rho Vc$$

Onde P é a energia por unidade tempo dissipada para o ambiente, a é o coeficiente angular da reta ajustada aos dados obtidos através desse procedimento, ρ é a densidade da água, V é o volume de água contida no recipiente e c de é o calor específico da água. Por fim, para realizar a correção desejada, bastou-se multiplicar o valor de P pelo tempo transcorrido e adicionar o resultado obtido à constante solar.

Foi constatada uma potência 788 W m^2 , este resultado difere da literatura, pois uma parte da radiação solar que chega ao nosso planeta é absorvida pelos gases da atmosfera o que torna o resultado incoerente em partes.

Tomando a expressão $\phi/\phi_0 = \exp(-na_{dm}m)$ de modo a se obter o valor do fluxo de radiação solar fora dos limites da atmosfera terrestre ϕ_0 .

Onde n é o fator de opacidade do ar, a_{dm} o coeficiente de dispersão molecular e m a espessura relativa da massa de ar.

Para uma atmosfera limpa, $n \cong 2$. A espessura relativa da massa de ar corresponde à secante do ângulo azimutal, $m = 1,42$. O coeficiente de

dispersão molecular é calculado para o ar, á pressão atmosférica, através da relação;

$$a_{dm} = 0,12 - 0,05 \log(m).$$

Então, $a_{dm} = 0,12$, que conduz a $\phi_o = 1060 \text{ W m}^2$.

O resultado acima é cerca de 20% inferior ao valor aceito, 1360 W m^2 .

Melhores resultados poderiam ser obtidos se não houvesse falhas na execução do processo.

3. Fotos do experimento

Caixa de isopor utilizada para armazenar água.



Materiais utilizados 1.



Materiais utilizados 2.



Suporte juntamente com anteparo.



Pintura do recipiente usando tinta preta 1.



Pintura do recipiente 2.



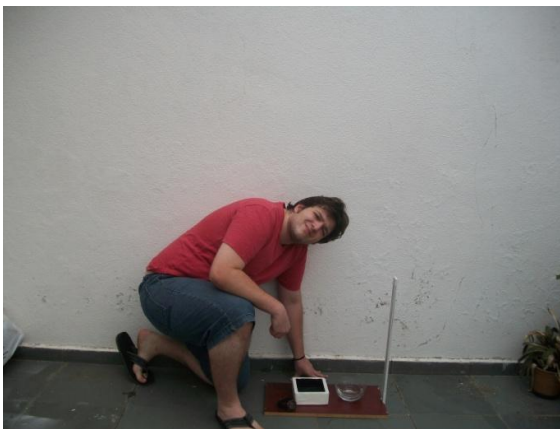
Pintura do recipiente 3.



Inicialização da etapa de coleta de dados.



Inicialização da etapa de coleta de dados 2.



4. Dificuldades Encontradas

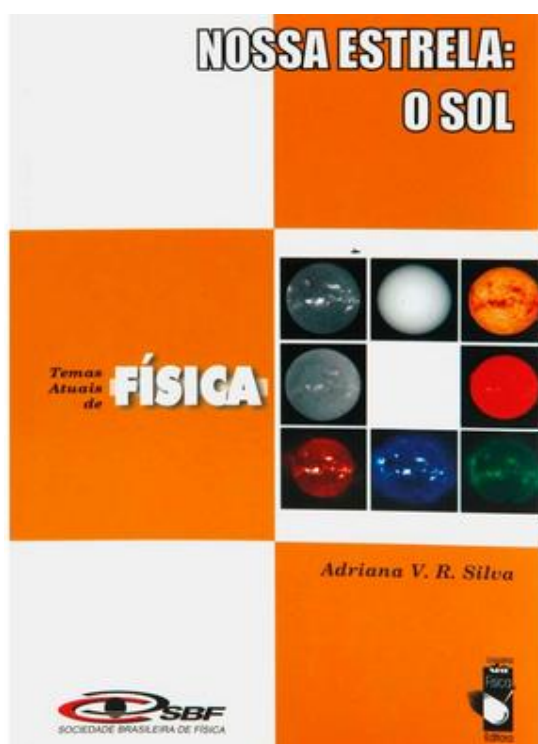
Trata-se de um experimento um tanto quanto simples, a montagem experimental não é nada complexa tornando assim este experimento muito interessante para ser feitos não somente por alunos do ensino médio como pessoas que não estejam efetivamente ligadas ao ensino de física (alunos ou

professores) Existe porem alguma dificuldade se nos apegarmos ao uso de programas como Origin. ou Excel, vindo do ponto de vista que não são todos que dominam estes softwares.

O que torna ainda mais interessante a idéia de promover esta experiência em escolas, a mesma não exige um grande montante de dinheiro para ser realizada, todos os materiais são de fácil acesso.

5. Pesquisas Realizadas

Livro: Nossa Estrela O Sol



6. Descrição do trabalho em termos dos níveis de ensino

Público Geral

Todos nós quando expostos a Luz solar, sentimos algumas sensações, dentre elas é possível observar o aquecimento da pele evidenciando a energia irradiada pelo Sol como é de fácil observação que onde a luz incide diretamente há uma maior luminosidade.

Ensino Médio

É possível observar algumas idéias sobre a física abordada nas salas de aula, O princípio da conservação de energia, como também a forma que essa energia é transmitida, desde sua fonte, o Sol até a sua chegada na Terra, o fato de que a Luz solar se comporta como uma onda eletromagnética que não necessita de um meio para se locomover. Podemos abordar a potência real-efetiva transmitida do Sol para a Terra.

Pode se ainda abordar assuntos como o surgimento dessa energia proveniente das estrelas e seu comportamento.

Ensino Superior

O fluxo solar recebido pela Terra varia de acordo com três ciclos astronômicos descobertos por Milankovich. Esses ciclos são responsáveis por intervalos periódicos glaciais e interglaciais, durante os quais as temperaturas são amenas.

Os ciclos astronômicos são resultantes de:

- 1) Precessão do eixo de rotação da Terra (com período de 23 000 anos).
- 2) Nutação ou variação da inclinação do eixo de rotação (duração de 41000 anos);
- 3) Variação na excentricidade da órbita da Terra (periodicidade de 100 000 anos) causando mudanças na distância da Terra ao Sol, o que intensificaria as estações em um hemisfério e amenizaria no outro.

Uma maior inclinação do eixo de rotação da Terra causaria estações mais extremas nas regiões em altas

latitudes em ambos os hemisférios, com verões tórridos e invernos gélidos.

Modelos de evolução estelar indicam que a luminosidade solar tem crescido em escalas de tempo ainda maiores, de bilhões de anos. Desde sua formação, há 4,6 bilhões de anos, até o presente, o fluxo solar cresceu aproximadamente 30%, como consequência da conversão de hidrogênio em hélio pelas reações termo-nucleares no núcleo do Sol.

Este fluxo solar tende a aumentar ainda mais conforme o Sol evolui.

O fluxo solar é a energia proveniente do sol por unidade de tempo por unidade de área, em unidades de $J/m^2 \cdot s$. Portanto, se multiplicarmos o fluxo, F , pela área, A , em que a radiação incide e a duração de tempo Δt , que esta área é exposta ao Sol, teremos a energia recebida do Sol:

$$E_{\text{Sol}} = F \cdot A \cdot \Delta t.$$

O aumento de temperatura de um corpo exposto a uma fonte de calor depende da massa, m , deste corpo e também da sua capacidade absorvedora. Esta propriedade é chamada de calor específico, C .

O calor específico depende da substância considerada, e, no caso da água, vale $C_{\text{água}} = 4,186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. Portanto, a quantidade de calor fornecida pelo sol que seja capaz de aumentar a temperatura de Δt de uma massa m de água é:

$$Q_{\text{Sol}} = m \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T.$$

Igualando a quantidade de calor fornecida pelo Sol com a energia recebido do sol, obtemos:

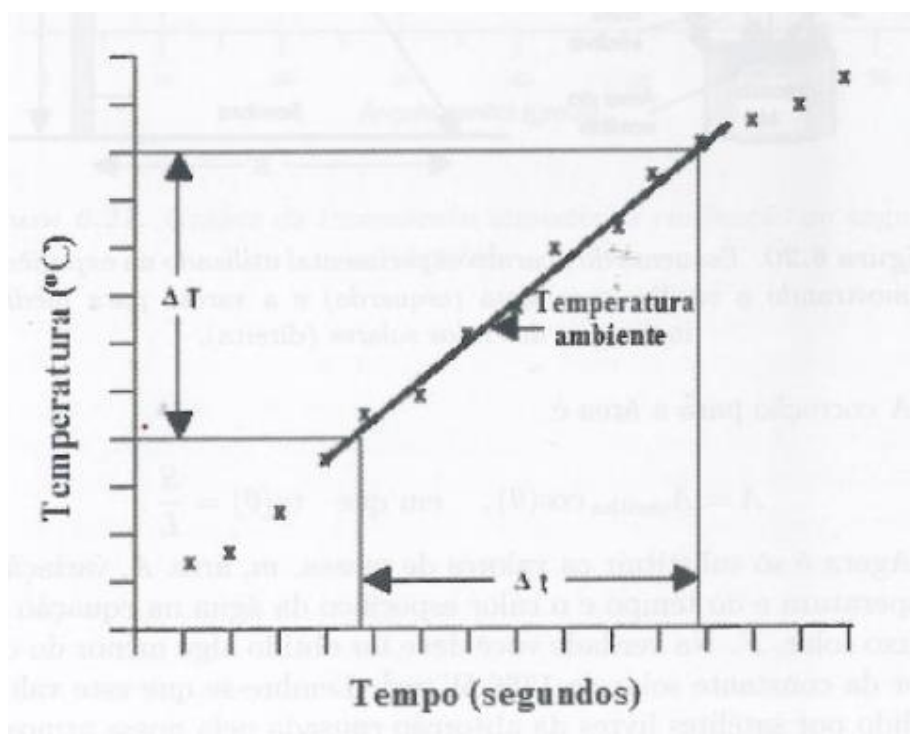
$$\begin{aligned} E_{\text{Sol}} &= Q_{\text{Sol}} \\ F \cdot A \cdot \Delta t &= m \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T \\ \therefore \Delta T &= \frac{F \cdot A}{m \cdot C_{\text{água}}} \Delta t. \end{aligned}$$

Note que a variação da temperatura é diretamente proporcional ao tempo de exposição, Δt . Portanto, ao criar um gráfico que mostre a temperatura em função do tempo devemos obter uma reta.

Rearranjando a equação, pode se obter o fluxo solar incidente na Terra:

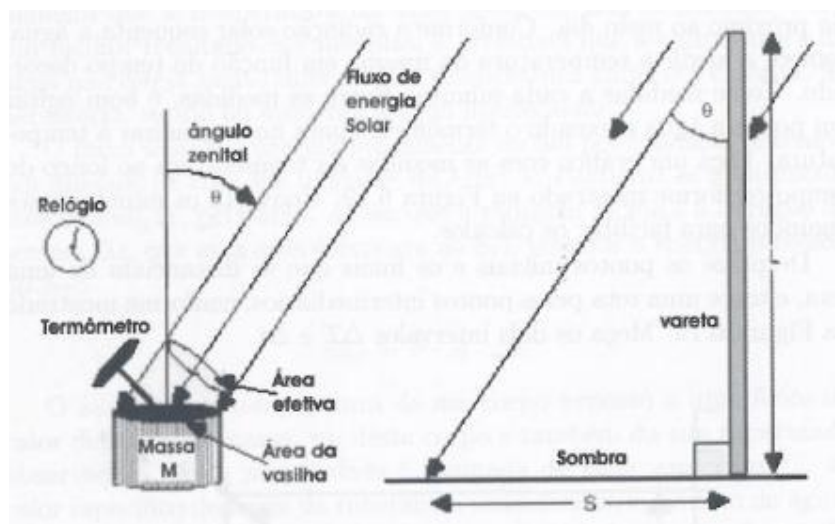
$$F. = \frac{m \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T}{A \cdot \Delta t} .$$

Figura 2. Gráfico da medida de temperatura em função do tempo, as cruces representam os valores medidos.



Dependendo da hora do dia em que o experimento foi realizado é necessário fazer a correção da área, pois a área usada nas extremidades acima deve ser perpendicular aos raios solares. Isto só será verdade de o Sol estiver a pino. Como provavelmente este não será o caso, dependendo da latitude geográfica e época do ano, basta usar uma vareta ou bastão para medir a inclinação dos raios solares conforme mostrado na figura 3.0 á direita. Para isso, basta que a vareta esteja perpendicular ao solo da seguinte forma.

Figura 3.0 Esquema do aparato experimental utilizado na experiência mostrando a vasilha com água (esquerda) e a vareta para medir a inclinação dos raios solares (direita).



A correção para a área é:

$$A = A_{\text{vasilha}} \cos(\theta), \quad \text{em que} \quad \text{tg}(\theta) = \frac{S}{L}.$$

O valor da literatura refere-se a uma constante de 1366 W/m^2 . Este valor foi medido por satélites livres da absorção causada pela nossa atmosfera.

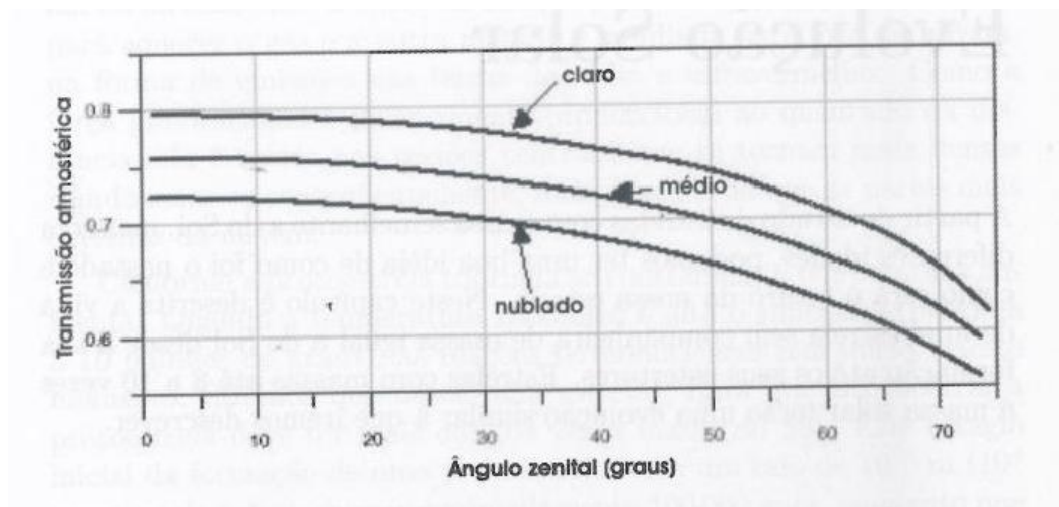
É possível estimar a transmissão atmosférica, X , usando o gráfico da figura 4.0 para o ângulo zenital θ calculado acima.

Para corrigir o fluxo pela absorção atmosférica basta dividi-lo por X : $F_c = F/X$. Agora o valor do fluxo solar deve ser mais próximo de 1366 W/m^2 .

A luminosidade solar pode então ser obtida multiplicando-se F_c pela área de uma esfera de raio igual à distância Terra-Sol $\approx 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$

$$L = 4\pi \cdot d_T^2 \cdot F_c = 4\pi \cdot (1,5 \times 10^{11})^2 \cdot 1366 = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}.$$

Figura 4.0 gráfico da transmissão atmosférica em função do ângulo zenital.



7. Declaração do orientador

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

 **thiago guedin** Olá professor Fiz o relatório parcial da c  18:25 (4 horas atrás) ☆



Anderson Campos Fauth

18:37 (4 horas atrás) ☆

para mim ▾

Ola Thiago.

Ficou bom.

Mas acho que voce deve descrever um pouco melhor a tomada de dados.

Li rapidamente e nao vi descrita a quantidade de água utilizada e nem o termometro utilizado. Eh bom tambem colocar a data e hora em que as medidas foram tomadas.

Um abraço. Anderson.

Em 13 de outubro de 2013 16:56, thiago guedin <guedinthiago@gmail.com> escreveu:

...

8. Apresentação

Gostaria se possível, de apresentar no dia 12 de Novembro. Sendo o horário Irrelevante.

9. Referências Bibliográficas

1. Silva, V. R. A. Nossa Estrela : o Sol - Col. Temas Atuais de Física

2. BASSO, D. Desenvolvimento, construção e calibração de radiômetros para a medida da radiação solar. 1980. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

3. HOLMAN, J. P. Transferência de calor. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.