

CIÊNCIA NAS ESCOLAS: OBSERVAÇÃO E ANÁLISE DE UM ECLIPSE SOLAR PARCIAL

*Leonardo Barbosa Torres dos Santos*¹

*Everaldo Faustino dos Santos*²

*Leonardo Oliveira das Neves*³

Resumo: Fenômenos como eclipses despertam o interesse e a curiosidade dos seres humanos desde a Antiguidade. Em virtude disso, a monitoração sistematizada desses eventos poderia ser utilizada para despertar o interesse das pessoas desde uma simples contemplação, ou pelo interesse didático ou para pesquisa científica. O objetivo do presente trabalho é estimular a aplicação e desenvolvimento de pesquisas científicas no ambiente escolar. Para isso, propõe-se a monitoração de eclipses solares. Registros fotográficos serão obtidos pelos estudantes, utilizando equipamento apropriado para a observação solar. Em análises das fotos, serão determinados parâmetros representativos das características e da evolução desses interessantes eventos astronômicos. Os resultados poderão ser comparados com previsões de alta precisão. Uma descrição pormenorizada da metodologia e dos recursos a serem empregados nas observações é também fornecida.

Palavras-chave: Eclipse; Ensino; Pesquisa científica; Astronomia.

CIENCIA EN LAS ESCUELAS: OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE UN ECLIPSE SOLAR PARCIAL

Resumen: Los fenómenos naturales, tales como los eclipses, despiertan el interés y la curiosidad de los seres humanos desde la antigüedad. En virtud de esto, la observación sistemática de estos eventos podría ser utilizada para despertar el interés de la gente desde la simple contemplación hasta el interés didático, o para la investigación científica. El objetivo de este estudio es el de estimular la aplicación y el desarrollo de la investigación científica en el ámbito escolar. Para eso, se propone la observación de los eclipses solares. Los alumnos irán a obtener registros fotográficos, utilizando equipamiento adecuado para la observación del Sol. Analizando las fotos, se determinarán los parámetros representativos de las características y de la evolución de estos acontecimientos astronómicos. Así, los resultados podrán ser comparados con las predicciones de alta precisión. También se ofrece una descripción detallada de la metodología y los recursos que serán utilizados en las observaciones.

Palabras clave: Eclipses; Enseñanza; Investigación científica; Astronomía.

SCIENCE AT SCHOOLS: OBSERVATION AND ANALYSIS OF A PARTIAL SOLAR ECLIPSE

Abstract: Natural phenomena, such as eclipses, prompt interest and curiosity of humans since antiquity. For this reason the systematic monitoring of these events could be used to raise people's interest from the simple contemplation, to didactic interest or to scientific research. The objective of this paper is therefore to stimulate the application and development of scientific research in the school environment. For this aim we propose to monitor solar eclipses. Students should obtain photographic registers using appropriated equipment for the observation of the Sun. Throughout analyses of photographs it should be possible to determine representative parameters of the characteristics and evolution of these interesting astronomical events. The results could be compared to highly accurate predictions. A detailed description of the methodology and features to be applied to observations is also provided.

Keywords: Eclipse; Teaching; Scientific research; Astronomy.

¹ Mestrando em Engenharia e Tecnologia Espacial pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e membro da União Astronômica Céu de Pernambuco (UACP). E-mail: <leonardobarbosat@hotmail.com>.

² Presidente da Sociedade Astronômica do Recife (SAR). E-mail: <everaldo_faustino@yahoo.com.br>.

³ Secretário da Sociedade Astronômica do Recife (SAR). E-mail: <leonardo.astronomia@gmail.com>.

1. Introdução

O estudo dos astros é um tema que fascina o ser humano desde os primórdios. Na Antiguidade, os humanos perceberam a relação do movimento dos corpos celestes para a contagem do tempo, que não só ajudava na contagem do mesmo, mas também era fundamental para definir as épocas de plantio e colheita ao longo do ano (GAMA; HENRIQUE, 2010).

Atualmente é possível verificar a interdisciplinaridade entre a crescente evolução da tecnologia voltada à astronomia e sua aplicação em áreas como meteorologia, telecomunicações, medicina, farmácia, entre outros; todas envolvendo tecnologias inicialmente voltadas ao estudo dos astros, como a fabricação de espelhos, telescópios e satélites. O estudo da astronomia é, portanto, uma importante ferramenta para o ensino da ciência em geral, justamente por seu aspecto de interdisciplinaridade e também sua ligação direta com outros ramos de estudo como a física, biologia, química, história e geografia (DIAS; RITA, 2008).

A partir da riqueza de direcionamentos que pode ser dado com o estudo da astronomia, surgem questionamentos de como pode ser feita a interligação de disciplinas ministradas em escolas de ensino médio, cursos de licenciatura e eventos astronômicos, como um eclipse.

Podemos discutir problemas do tipo: como um eclipse pode mostrar a mudança na taxa de rotação da Terra (STEPHENSON, 2003)? De que forma esse registro pode ajudar a verificar se as Leis de Kepler e a gravitação universal estão coerentes? Um registro de um eclipse não só serve para a sala de aula, como é de extrema importância para pesquisas científicas. Trevisan (2004), por exemplo, diz que existe uma tendência mundial para que cada vez mais haja algum entrosamento entre os amadores e os profissionais da área de astronomia (LANGHI, 2009). Uma idéia é usar os eclipses lunares totais, por exemplo, como indicadores de níveis globais de aerossóis de origem vulcânica (VITAL, 2004). Os dados do registro de um eclipse lunar, por exemplo, ajudam a fornecer interessantes informações a respeito das características globais da camada opticamente ativa da Terra. Foi verificado, por exemplo, que a violenta explosão do Monte Pinatubo em junho de 1991 ocasionou uma grande redução no brilho da Lua no meio do eclipse de dezembro de 1992 (VITAL, 2004). Medidas da magnitude de eclipses solares constituem uma fonte de informações para o aperfeiçoamento das previsões de eclipses futuros em casos nos quais o raio do Sol e da Terra se tornam muito próximos ou em eclipses rasantes, nos quais a área ocultada do Sol aproxima-se do limiar de percepção visual, mesmo no máximo do evento. Os instantes dos contatos podem ser utilizados na previsão do ΔT , que se acumula em virtude de irregularidades no movimento de rotação da Terra. A determinação do ΔT vai além do escopo deste trabalho, e não será detalhada neste trabalho. No entanto, caso haja interesse em entender um pouco de como a observação de um eclipse pode ajudar nesta determinação, é sugerida a leitura mais aprofundada do artigo de Stephenson (2003), que encontra-se referenciado ao final deste trabalho.

Esses são apenas alguns exemplos do que se pode fazer com uma observação e registro bem feito de um eclipse.

Por meio da observação de um objeto, seu estudo e sua problematização, pode-se colocar em pauta uma discussão enriquecedora na relação professor-aluno. A

astronomia pode mostrar-se motivadora, principalmente por seu caráter mitológico e misterioso, o que confere a esta ciência certa empatia e estimula a curiosidade, e consequente interesse dos alunos (GAMA; HENRIQUE, 2010). O ensino das ciências no Brasil está muito aquém do seu potencial de desenvolvimento e a nova geração de jovens, embora dê a merecida importância para os avanços científicos, não se interessam pela carreira, reduzindo a admiração que têm pelo trabalho dos cientistas a cumprimentos (OLIVEIRA, 1998). O trabalho que segue busca estimular no ambiente escolar (ensino médio) a aplicação e o desenvolvimento de pesquisas científicas, utilizando métodos científicos. Para tanto, este trabalho traz uma proposta aos professores em geral uma atividade pedagógica sobre como fazer um registro de um eclipse solar, pois, embora o eclipse solar seja um fenômeno bastante procurado pelos interessados em Astronomia, poucos sabem como fazer seu registro.

No presente trabalho, portanto, mostraremos como fizemos o registro e análise de um eclipse solar parcial e de que forma isto pode servir de incentivo aos docentes para a realização deste trabalho com os seus alunos.

2. Registro e análise do eclipse solar parcial

Para fazer o registro de um eclipse, são necessários alguns equipamentos indispensáveis na obtenção de um bom resultado: câmera fotográfica, tripé para estabilização da câmera, ajuste do horário da câmera com o horário oficial (no caso do Brasil, o horário de Brasília) e um filtro solar acoplado na objetiva da câmera (Figura 1), pois observar o sol sem proteção adequada pode resultar em danos permanentes na visão ou até cegueira total do observador.



Figura 1 - Câmera com tripé e Filtro solar à frente da objetiva.

Estes equipamentos são a base do trabalho que se segue. Munidos destes, é possível fazer um registro de um eclipse solar parcial, e desta forma foram obtidos os dados que serviram como base deste estudo.

A utilização de novos métodos de ensino, em detrimento aos antigos moldes, é consequência da evolução tecnológica e do desenvolvimento da sociedade. Observa-se uma necessidade cada vez maior de adequar os métodos de ensino para que o aluno mantenha-se interessado nos assuntos dados em sala de aula. Estas novas técnicas visam aproximar alunos e professores e contribui sensivelmente no aprendizado. Uma das abordagens que possui significativa contribuição no aprendizado é a modelagem matemática (SILVA, 2014), uma ação pedagógica cujo objetivo é tornar as aulas desta ciência mais interessante e atrativa.

Neste trabalho, buscamos incentivar o professor de matemática a utilizar o método dos mínimos quadrados (ferramenta estatística muito útil para várias áreas do conhecimento, inclusive para a Astronomia), ou outro que for de preferência para o professor, para obter o melhor ajustamento parabólico. Assim, os alunos vão se familiarizar com a forma de fazer o ajuste de curva sobre os pontos coletados (SILVA, 2014), e conseqüentemente poderão fazer o ajuste da curva à mão e entender melhor a importância da estatística para astronomia.

O conhecimento de programas computacionais é componente indispensável para pesquisas científicas e o uso de ferramentas gráficas vem tornando o uso da informática muito comum na área da astronomia, permitindo ao usuário final fazer uma análise de dados e armazenar as informações geradas. Por conta disto, queremos estimular no professor leitor desta pesquisa o uso de algum programa computacional para os estudantes irem se familiarizando com a importância desses programas. Neste trabalho foi usado o *software* gráfico *Gnuplot*, mas qualquer programa que seja capaz de encontrar as raízes de um polinômio e esboçar gráficos pode ser utilizado.

O registro feito neste trabalho foi do eclipse que ocorreu no dia 03 de novembro de 2013, a partir do qual será descrito o passo-a-passo necessário para obter os seguintes parâmetros do eclipse: o instante do primeiro contato, o instante do máximo do eclipse, o instante em que ocorre o último contato e a estimativa da magnitude do eclipse. Os registros foram feitos através de uma câmera fotográfica *Canon EOS Rebel T3i*, objetiva de 300 milímetros, diretamente apontada para o Sol com um filtro solar apropriado (filtros de polímeros metalizados que são aplicados à entrada do telescópio ou objetiva da câmera, exemplos: Baader Planetarium, Thousand Oaks; onde são encontrados em lojas especializadas em instrumentação astronômica).

O trabalho com a câmera consistia em registrar uma imagem do eclipse a cada minuto com o objetivo de estimar o comprimento da corda AA' , isto é, a distância entre os dois pontos (ou dois nodos) onde se interceptam as imagens das superfícies do sol e da Lua (Figura 2).

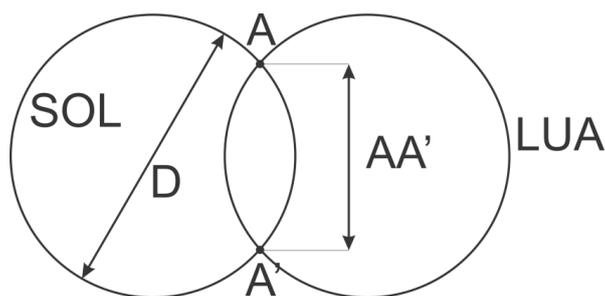


Figura 2 - Representação de um eclipse e as respectivas cordas AA' e diâmetro D do disco solar.

É recomendável que a câmera tenha sempre a mesma aproximação desde o começo até o final do eclipse. Por meio das imagens foi possível medir o comprimento das cordas AA', calculadas para cada intervalo de tempo. Existem várias maneiras de medir o comprimento das cordas AA', como por exemplo, com uma régua em cima da tela do computador faz-se a medição das cordas e do diâmetro aparente do Sol. A fim de fazer uma medição mais precisa neste trabalho, foi utilizado o programa *AutoCad* para realizar as medições das cordas nas imagens. O objetivo principal foi medir o tamanho da corda AA' sobre o disco solar e esboçar um gráfico polinomial desta corda em função do tempo. Os dados foram analisados, gerando um gráfico com os pontos onde o eixo das abscissas é o instante de tempo (em fração de horas) e o eixo das ordenadas é o quadrado da razão entre o tamanho da corda AA' e o diâmetro do Sol $(AA'/D)^2$, a qual foi calculada para cada instante de tempo. A curva foi ajustada a um polinômio do 3º grau, a fim de determinar os quatro parâmetros principais de um eclipse solar parcial, que são:

- O primeiro contato da Lua no Sol, ou seja, o instante do primeiro contato do eclipse, denominado de P1 neste artigo;
- Em que ponto ocorreu o máximo do gráfico, ou seja, qual o instante do máximo do eclipse;
- O último contato da Lua no Sol, que se refere ao instante em que ocorre o último contato, denominado de P2 neste artigo; e, finalmente;
- A estimativa da magnitude do eclipse para a cidade de Recife/PE.

Os observadores instalaram uma base de observação no Marco Zero, localizado no centro da cidade de Recife/PE: longitude $34^{\circ}52'16''$ W; latitude $8^{\circ}03'47''$ S; e fuso horário GMT-3.

A câmera foi instalada num tripé e programada para fazer registro do eclipse a cada minuto.

A sessão de fotos foi iniciada às 10h54m00s TU. Obviamente, P1 é mais difícil de identificar precocemente, pois exige a identificação prévia da posição angular do contacto, que se apresenta como uma levíssima distorção do limbo (VITAL, 2013). As fotos começaram a ser tiradas antes de iniciar o eclipse, a fim de registrar a hora exata que o eclipse iria começar. Foram tiradas fotos a cada 1 segundo até o instante inicial do eclipse. O eclipse teve início às 10h56m05s TU (horário observado através das fotografias tiradas), instante em que ocorreu o primeiro contato do eclipse. Depois de captado esse instante inicial, foram tiradas fotos a cada minuto. Houve interrupções em alguns instantes do registro devido às nuvens, registradas a seguir:

Nublou por 11 minutos, das 10h59m10s às 11h11m45s TU.

Nublou por 18 minutos, das 11h15m50s às 11h33m22s TU.

Nublou por 15 minutos das, 12h14m30s às 12h31m40s TU.

A partir daí, foram obtidas fotos do eclipse a cada minuto, e quando estava próximo do encerramento do eclipse, foram tiradas fotos a cada 1 segundo. O último instante de registro foi às 13h11m38s TU (horário observado através das fotografias), momento em que o eclipse se encerrou (último contato).

Neste intervalo de tempo foram registradas 75 fotos. Terminado o eclipse foram feitas as análises dos dados, a fim de encontrar os quatro elementos principais de um eclipse parcial, citados anteriormente.

Conhecendo o instante no qual se iniciou o eclipse e o instante no qual este se encerrou, é possível determinar também a duração do eclipse, apenas fazendo uma subtração do instante final menos o instante inicial. A duração total do eclipse solar parcial do dia 3 de novembro de 2013, visto de Recife (PE) foi de 2 horas, 15 minutos e 33 segundos.

Sabendo isto, foi feita a estimativa da magnitude do eclipse e da hora em que ocorreu o máximo. Para fazer isto, é preciso saber o que é comprimento da corda AA', e como fazer sua medição. Para tanto, fazem-se necessário alguns cálculos, os quais estão descritos abaixo:

Podem ser medidos nas fotos de um eclipse solar os parâmetros: AA' e D_{solar} , onde AA' é a extensão da corda que une as pontas da figura parcialmente eclipsada do Sol (linha amarela na Figura 3) e $D_{\text{solar}} (= 2R_{\text{solar}}$ onde R é o Raio da circunferência) é o diâmetro aparente do Sol, respectivamente (Figura 3):

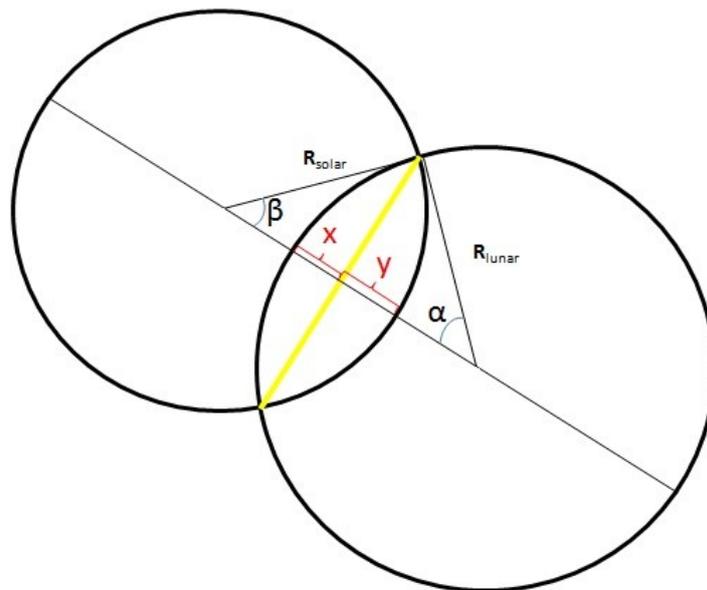


Figura 3 - Representação da intersecção do disco lunar com o disco solar.

Além disso, pode ser obtida de um programa planetário, a razão topocêntrica “j” entre o diâmetro do Sol e o da Lua, tal que: $D_{\text{lunar}} = j \cdot D_{\text{solar}} = j \cdot 2R_{\text{solar}}$

O comprimento do segmento ocultado do diâmetro do Sol será dado, segundo o desenho, por: $x + y$

Além disso, da definição: **magnitude = fração ocultada do diâmetro solar dividido pelo diâmetro solar**, escrevendo isso matematicamente de acordo com a figura temos:

$$\text{Mag} = (x + y) / D_{\text{solar}} \quad (1)$$

Onde Mag é a magnitude do eclipse em um determinado instante.

Para cálculo de y temos pela figura que:

$$y = R_{\text{solar}} - R_{\text{solar}} \cos(\beta) = R_{\text{solar}} [1 - \cos(\beta)] \quad (2)$$

Da mesma forma, x:

$$x = R_{\text{lunar}} - R_{\text{lunar}} \cos(\alpha) = R_{\text{lunar}} [1 - \cos(\alpha)] = j \cdot R_{\text{solar}} [1 - \cos(\alpha)] \quad (3)$$

Do desenho, sendo AA'/2 a semicorda (amarela) quase bissectando a intersecção dos dois discos: $\sin(\beta) = AA'/2 / R_{\text{solar}} = AA'/2 / D_{\text{solar}}/2 = AA' / D_{\text{solar}}$

$$\sin(\beta) = AA' / D_{\text{solar}} \quad (4)$$

$$\sin(\alpha) = AA' / jD_{\text{solar}} \quad (5)$$

Da relação trigonométrica $\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha) = 1$, tem-se:

$$\cos(\beta) = [1 - (AA'/Ds)^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$\cos(\alpha) = [1 - (AA'/jDs)^2]^{1/2} \quad (7)$$

Substituindo as equações (6) e (7) nas equações (2) e (3) temos:

$$y = R_{\text{solar}} - R_{\text{solar}} \cos(\beta) = R_{\text{solar}} [1 - [1 - (AA'/Ds)^2]^{1/2}] \quad (8)$$

$$x = R_{\text{lunar}} - R_{\text{lunar}} \cos(\alpha) = R_{\text{lunar}} [1 - \cos(\alpha)] = j \cdot R_{\text{solar}} \{1 - [1 - (AA'/jDs)^2]^{1/2}\} \quad (9)$$

Então, substituindo as equações (8) e (9) na equação (1), a magnitude instantânea será dada, rigorosamente, por:

$$\text{Mag} = \{R_{\text{solar}} [1 - [1 - (AA'/jDs)^2]^{1/2}] + R_{\text{solar}} [1 - [1 - (AA'/Ds)^2]^{1/2}]\} / D_{\text{solar}}$$

Como os valores dos diâmetros aparentes do Sol e da Lua, são muito próximos quando muita precisão não se faz necessária, pode-se desprezar a diferença entre eles, fazendo $D_{\text{solar}} = D_{\text{lunar}}$ e $j=1$ e a equação anterior simplifica-se para:

$$\text{Mag} = 2R_{\text{solar}} \{1 - [1 - (AA'/Ds)^2]^{1/2}\} / D_{\text{solar}}$$

Sabendo que $R_{\text{solar}} = D_{\text{solar}}/2$ temos

$$\text{Mag} = 1 - [1 - (AA' / D_{\text{solar}})^2]^{1/2} \quad (10)$$

Note que o termo entre colchetes da equação (10) é exatamente o $\cos(\alpha)$, e o ângulo alpha pode ser encontrado pela equação (5) fazendo $\beta = \arcseno(AA'/D_{\text{solar}})$, ver Tabela 1.

Exemplo: Se for medida a razão da corda sobre diâmetro $AA' / D_{\text{solar}} = 0,732$, a magnitude do eclipse solar será:

$$\text{Mag} = 1 - (1 - 0,732)^{1/2} = 0,319$$

Com o passar do tempo, durante um eclipse solar, a Lua vai ficando na frente do Sol, para os observadores da Terra. Ao longo do processo, essa distância AA' vai ficando cada vez maior e depois que atingir o máximo, volta a diminuir. No instante do primeiro e último contato esse comprimento da corda é zero.

Então, a ideia fundamental é que para cada foto que foi tirada, em cada instante diferente, é estimado o comprimento das cordas AA' e também o diâmetro aparente do disco solar "D". Podemos observar que para medir o diâmetro aparente do Sol basta apenas uma medição, pois o diâmetro aparente do sol não varia consideravelmente durante o eclipse, desde que se mantenha a mesma ampliação (zoom) da câmera. Por isto é que se recomenda manter a mesma ampliação, a fim de facilitar esta etapa de cálculo. Mas mesmo que as imagens tenham tamanhos diferentes, basta medir tanto a corda AA' como o diâmetro aparente do Sol, pois o que importará é a razão entre os dois comprimentos.

Foi gerada uma tabela contendo todas as informações do que foi feito, conforme a exemplificação Tabela 1 abaixo:

Hora UT (UTC)	AA' (cm)	Diâmetro solar (D) (cm)	Hora (fração)	(AA'/D) ²	β arc sen (AA'/D)	Grandeza 1-cos β	Arquivo
10h:56:05	0,000	1,225	10,93	0,00	0,00	0,000	IMG_1606
10h:56:25	0,130	1,225	10,93	0,01	0,11	0,006	IMG_1607
10h:57:06	0,218	1,225	10,95	0,03	0,18	0,016	IMG_1620
10h:58:01	0,251	1,225	10,97	0,04	0,21	0,021	IMG_1629
10h:59:03	0,303	1,225	10,98	0,06	0,25	0,031	IMG_1630
11h:11:48	0,617	1,225	11,18	0,25	0,53	0,136	IMG_1632
11h:13:03	0,634	1,225	11,22	0,27	0,54	0,144	IMG_1634

Hora UT (UTC)	AA' (cm)	Diâmetro solar (D) (cm)	Hora (fração)	(AA'/D) ²	β arc sen (AA'/D)	Grandeza 1-cos β	Arquivo
11h:14:03	0,649	1,225	11,23	0,28	0,56	0,152	IMG_1635
11h:15:03	0,666	1,225	11,25	0,30	0,58	0,161	IMG_1636
11h:33:41	0,838	1,225	11,55	0,47	0,75	0,271	IMG_1639
11h:37:07	0,853	1,225	11,62	0,49	0,77	0,282	IMG_1646
11h:38:22	0,865	1,225	11,63	0,50	0,78	0,292	IMG_1649
11h:39:15	0,870	1,225	11,65	0,50	0,79	0,296	IMG_1651
11h:41:27	0,873	1,225	11,68	0,51	0,79	0,299	IMG_1654
11h:42:13	0,878	1,225	11,70	0,51	0,80	0,303	IMG_1656
11h:43:52	0,885	1,225	11,72	0,52	0,81	0,309	IMG_1657
11h:45:35	0,893	1,225	11,75	0,53	0,82	0,316	IMG_1659
11h:46:36	0,900	1,225	11,77	0,54	0,83	0,322	IMG_1660
11h:48:34	0,904	1,225	11,80	0,54	0,83	0,325	IMG_1662
11h:49:52	0,905	1,225	11,82	0,55	0,83	0,326	IMG_1664
11h:51:26	0,908	1,225	11,85	0,55	0,84	0,329	IMG_1665
11h:53:05	0,910	1,225	11,88	0,55	0,84	0,331	IMG_1667
11h:56:53	0,913	1,225	11,93	0,56	0,84	0,334	IMG_1670
11h:58:14	0,913	1,225	11,97	0,56	0,84	0,334	IMG_1671
11h:58:41	0,913	1,225	11,97	0,56	0,84	0,334	IMG_1672
12h:01:40	0,912	1,225	12,02	0,55	0,84	0,333	IMG_1675
12h:02:32	0,909	1,225	12,03	0,55	0,84	0,330	IMG_1676

Tabela 1 - Tabela parcial de dados utilizada para geração do gráfico.

Cada coluna da tabela refere-se a um determinado parâmetro: a primeira coluna se refere ao tempo em TU (tempo universal) que ocorreu o eclipse, a segunda coluna é justamente a medição da corda AA' em cada instante de tempo.

Podemos notar que no instante do primeiro contato, o comprimento da corda é zero, ou seja, apenas um ponto nas imagens. A terceira coluna é o diâmetro medido do sol (denominado como "D" na tabela), que é o mesmo em qualquer instante de tempo. A quarta coluna se refere à fração de horas. A quinta coluna é a equação do quadrado da razão do comprimento da corda pelo diâmetro aparente solar. A sexta coluna é outro valor, onde é preciso calcular o arco seno da razão do comprimento da corda pelo diâmetro do sol (AA'/D) – note que esta razão não está ao quadrado. Quando encontrar o arco seno desta razão, será encontrado um ângulo, que na tabela foi denominado de β (beta). A sétima coluna se refere justamente à magnitude do eclipse, que é obtida por meio da subtração $1 - \cos \beta$, onde β foi encontrado na sexta coluna da tabela. Observe que para qualquer instante de tempo, existe um β diferente, ou seja, em cada instante a magnitude do eclipse é diferente. E a última coluna é o nome do arquivo da imagem obtida naquele instante.

Com a tabela feita, é possível verificar qual a magnitude do eclipse, apenas observando na tabela qual o maior valor da sétima coluna ($1 - \cos \beta$). Para o registro feito do eclipse visto de Recife/PE, a magnitude máxima estimada foi de 0,334.

Depois desta tabela feita, foi gerado um gráfico polinomial, onde o eixo das ordenadas é a coluna cinco $[(AA'/D)^2]$ e o eixo das abscissas é o instante de tempo em fração de horas (quarta coluna). Em seguida foi utilizado o programa *Gnuplot* para gerar o gráfico e a partir deste, foi gerada uma linha de tendência que forneceu a equação do gráfico. A Figura 4 abaixo mostra o gráfico gerado:

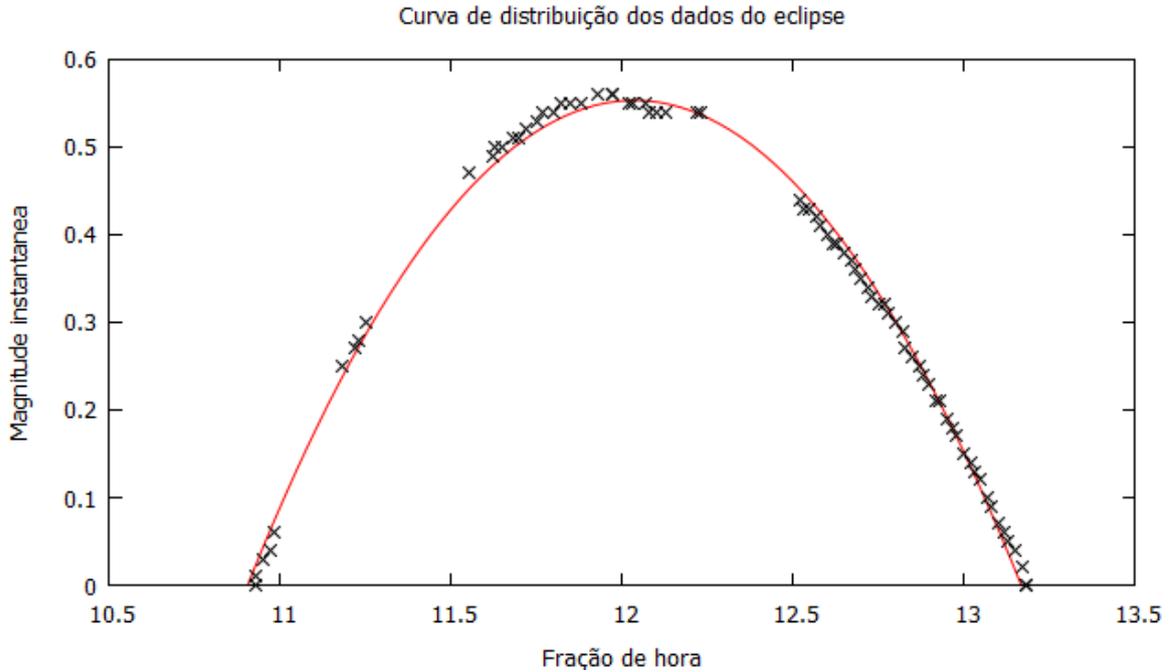


Figura 4 - Gráfico da curva de distribuição de dados do eclipse.

Podemos perceber que cada ponto verde representa uma observação feita. Podemos perceber que cada ponto verde representa uma observação feita. No entanto, dado um diagrama de dispersão, é pouco provável que haja uma curva que englobe todos os pontos observados, e descreva rigorosamente o sistema observado em laboratório. Isto ocorre por que toda observação experimental possui erros inerentes aos dados do processo. Além disso, algumas variáveis podem sofrer alterações ao longo do experimento, provocando desvios.

Por isso, ao definirmos uma função analítica para descrever o sistema não devemos escolher uma forma polinomial interpoladora dos pontos fornecidos, e sim uma curva que melhor se ajusta a estes pontos, levando em consideração a existência de erros que, em geral, imprevisíveis (SILVA, 2014).

O programa foi adequado para fazer um ajuste na curva polinomial, onde o melhor ajuste foi um polinômio do terceiro grau. Feito isto, foi possível observar que o máximo do eclipse foi o ponto mais alto da curva, que esteve próximo a 0,5, e o instante deste máximo se deu em torno de 12h TU. Para determinar o número exato da altura e do instante de tempo, foi preciso pegar a equação fornecida e desenvolver os cálculos apropriados.

A equação fornecida pelo programa foi $Y(X) = - 0,432X^2 + 10,39X - 61,98$. Aqui é sugerida a ideia que os próprios alunos encontrem o X do vértice (X_v) e as raízes da equação, a fim de encontrar o instante que ocorreu o máximo do eclipse, o instante que se iniciou o eclipse e o instante do seu término. Para o professor de computação, é

sugerido utilizar um recurso computacional, para encontrar o X_v e as raízes deste polinômio gerado.

As raízes desta curva interpolada foi: $x' = 10,958$ e $x'' = 13,093$. Para encontrar o instante que ocorreu o máximo do eclipse, basta calcular o X_v . Encontrando o X do vértice desta equação gerada, encontramos o valor em fração de horas de 12,025, o que equivale às 12h1m31s TU. Lançando este valor na equação original, encontrou-se o valor do máximo do eixo y , que foi 0,492, valor consistente com o gráfico da Figura 2.

Concluído isto, são obtidos os quatro parâmetros principais de um eclipse parcial, os quais estão listados a seguir:

1. Instante do primeiro contato: 10h56m05s;
2. Instante do último contato: 13h11m38s;
3. Magnitude do eclipse: 0,334;
4. Instante do máximo do eclipse: 12h01m31s.

Podemos ver a seguir um quadro comparativo (Quadro 1) entre o que foi observado e o que estava previsto para a localidade de Pernambuco, de acordo com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Quadro comparativo do Eclipse Solar de 3/nov/2013 em Recife/PE		
	Efemérides	Observado
Primeiro contato	10h55m47s	10h56m05s
Instante máximo	12h00m16s	12h01m31s
Último contato	13h11m44s	13h11m38s
Magnitude	0,342	0,334

Quadro1 - Quadro comparativo do Eclipse Solar.

3. Conclusão

Este trabalho teve por objetivo incentivar os professores de ensino médio a utilizarem métodos científicos no desenvolvimento de trabalhos, de caráter científico, com seus alunos. Isto possibilitaria uma interdisciplinaridade entre as disciplinas vistas no ensino médio e a astronomia, além de proporcionar alternativas para novas práticas didático-pedagógicas dos professores de ensino médio com relação ao tema da astronomia; mais especificamente sobre eclipses solares e lunares.

Acreditamos que o desenvolvimento deste trabalho pode proporcionar um estreitamento das relações entre professores, alunos e a comunidade científica – universidades – ajudando a difundir as práticas científicas de coleta e análise de dados no ambiente escolar, o que minimiza o distanciamento entre o conhecimento científico e a comunidade, principal beneficiária dos estudos realizados no âmbito escolar e universitário.

O incentivo ao desenvolvimento de pesquisas que unem ciência e comunidade devem ser cada vez mais exploradas e estimuladas, visto que partirão da comunidade novos aprendizes da ciência, e o atual desinteresse dos estudantes com profissões de cunho científico vem prejudicando o desenvolvimento da ciência e tecnologia brasileira, criando um déficit de profissionais, não por falta de capacitação, mas sim pelo desinteresse inicial dos alunos na escolha de suas carreiras profissionais.

A pesquisa deve ser valorizada desde o ambiente escolar, e cabe aos professores trazer este estímulo, por meio de mudanças nas metodologias de ensino, inserção de atividades nas quais o aluno pode participar e perceber por si mesmo como os fenômenos naturais como os eclipses, por exemplo, ocorrem, o que facilita a aprendizagem teórica dos temas discutidos em sala.

A observação de eclipses permite ao estudante não apenas participar e interagir com professores e outros alunos, mas também desenvolve o olhar científico, através do qual o aluno pode tomar iniciativas, criar suas próprias pesquisas, aprendendo a observar e interpretar os dados. Com relação aos professores, atividades de astronomia observacional podem despertar o interesse por pesquisas científicas mais bem elaboradas, o que contribui para a formação continuada deles.

É importante destacar, por fim, que a atividade de observação solar deve ser executada depois de tomadas todas as medidas de segurança, visto que a observação solar sem a devida proteção causa danos visuais, podendo levar à cegueira permanente.

Agradecimentos

Deixamos expressos nossos sinceros agradecimentos às seguintes pessoas, sem as quais o presente trabalho teria sido praticamente impossível:

Ao físico Hélio de Carvalho Vital (PhD), astrônomo especialista em eclipses lunissolares, pelas sugestões e informações técnicas que nos forneceu sobre a observação e análise de eclipses; Ao Professor Alexandre Amorim (Coordenação de Observações do NEOA-JBS), pelo auxílio em algumas etapas do cálculo e por disponibilizar parte das publicações pesquisadas; À Sueli Maria Marino Viegas, Doutora em Astronomia, e especialista em Galáxias, Quasares e Meio Interestelar, pela atenção, paciência e sugestões de como melhorar o texto; À Rose Mary do Nascimento Fraga, Doutora em Linguística e professora adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela paciência e correção do texto escrito; À Vanessa Vasconcelos, pelo suporte, correções e incentivo, e pelas valiosas discussões e sugestões no decorrer do trabalho e à Antonio Carlos Miranda, Doutor em Astrofísica e professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela leitura e sugestões a este texto.

Referências

DIAS, C. A. C. M.; RITA, J. R. S. Inserção da Astronomia como Disciplina Curricular do Ensino Médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 6, p. 55-65, 2008. Disponível em: < <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/download/121/145>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. Astronomia na Sala de Aula: Por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 9, p. 7-16, 2010. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/146/187>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

LANGHI, R. Educação em astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 7, p. 15-30, 2009. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/124/152>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

OLIVEIRA, M. B. A Crise e o ensino de ciências, educação e sociedade. **Revista de Ciência da Educação**, v. 19, n. 62, p. 151-172, Abril, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73301998000100008>. Acesso em: 28 jan. 2015.

SILVA, F. F. **O método dos mínimos quadrados**: um proposta ao ensino médio para o Ajuste por Parábolas. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www2.unirio.br/unirio/ccet/profmat/tcc/TCC_FELIPE.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2015.

STEPHENSON, F. R. Harold Jeffreys Lecture 2002: Historical eclipses and Earth's rotation. **Astronomy & Geophysics**, v. 44, n. 2, p. 2.22-2.27, abril, 2003. Disponível em: <<http://hbar.phys.msu.ru/gorm/atext/steph2003.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

TREVISAN, E. J. A importância da astronomia amadora e o trabalho da REA no Brasil. **Revista Ciência online**, v. 3, n.9, fev. 2004.

VITAL, H. C. **Rede de Astronomia Observacional**: Eclipse Solar Híbrido de 03 de Novembro de 2013. Disponível em: <http://www.geocities.ws/lunissolar2003/2013Nov03_Solar_Eclipse/ESH2013NOV03.htm>. Acesso em: 26 jan. 2015.

VITAL, H. C. **Importância de fazer um registro de um eclipse solar**, [mensagem pessoal]. Mensagem recebida em 30 abr. 2014.

VITAL, H. C. **Rede de Astronomia Observacional**: Eclipse Lunar Total de 27-28 de Outubro de 2004: Projeto de Observação de Eclipses Lunares para Iniciantes. Disponível em: <http://www.geocities.ws/lunissolar2003/Ec0410/PO_Iniciantes_IV.htm>. Acesso em: 25 jan. 2015.

VITAL, H. C. **Rede de Astronomia Observacional**: Possible Effect of Mount Reventador's Nov 03, 2002 Eruption on the Brightness of the 2003 and 2004 Total Lunar Eclipses. Disponível em: <<http://www.geocities.ws/lunissolar2003/Reventador.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2015.