



**MANUAL DIDÁTICO PARA  
OBSERVAÇÃO DO  
ANALEMA**





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE ASTRONOMIA**



## **MANUAL DIDÁTICO PARA OBSERVAÇÃO DO ANALEMA**

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ASTRONOMIA PARA OBSERVAÇÃO DO  
ANALEMA SOLAR**

**Produto da dissertação de mestrado  
Material para uso do professor**

**Feira de Santana  
Setembro de 2018**

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

S589 Silveira, Marcos Ferreira Santos

Manual didático para observação do analema / Marcos Ferreira Santos  
Silveira. – 2019.  
28 p.: il.

Orientador : Marildo Geraldête Pereira

Produto educacional (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de  
Santana, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de  
Astronomia, 2019.

1. Astronomia – ensino. 2. Analema solar – observação. 3. Práticas  
pedagógicas. I. Pereira, Marildo Geraldête, orient. II. Universidade Estadual  
de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 521:371.13

Luis Ricardo Andrade da Silva - Bibliotecário - CRB-5/1790

## **RESUMO**

### **MANUAL DIDÁTICO PARA OBSERVAÇÃO DO ANALEMA**

Marcos Ferreira Santos Silveira

Orientador

Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira

Ao observar a inserção da Astronomia no contexto atual, este trabalho apresenta uma característica muito peculiar que é a promoção de uma aprendizagem significativa aos estudantes que estão inseridos num ambiente educacional em que os desafios propostos pela sociedade moderna, tende extrair os conhecimentos adquiridos pelos educandos de forma cada vez mais acelerada. Contudo, sabemos que não só aprender é necessário, mas aprender fazendo traz um diferencial a todo aquele que se esmera em conhecer. Neste sentido, este trabalho direciona uma proposta de inserção do educando na atividade prática em instrumentação para Observação do Movimento Relativo do Sol, mas precisamente na obtenção do Analema, objetivando despertar o educando para esta aprendizagem que traz resultados não só acadêmicos, mas aponta também para um convívio salutar e produtivo na sociedade hodierna. Ao desenvolver as atividades proposta dentro do Projeto Analema, o estudante será desafiado a buscar possíveis soluções ao planejar e construir os instrumentos básicos para mapear, por exemplo, a trajetória analítica ou vetorial da sombra projetada por um gnômon numa superfície regular, que por um ano de observações sempre no mesmo horário e posição mostrará uma trajetória muito intrigante em forma de oito, chamada Analema. As atividades aqui propostas partem de oficinas realizadas inicialmente dentro do Campus IFBA de Vitória da Conquista, e depois extensiva ao Campus IFBA de Jequié, por ocasião da Jornada de Astronomia – JASTRO 2018. Vale ressaltar que estas oficinas também foram ministradas em outras escolas da Rede Pública de Ensino como, por exemplo, na Escola Estadual Padre Palmeira em Vitória da Conquista e na Escola Estadual Boanovense na cidade de Boa Nova.

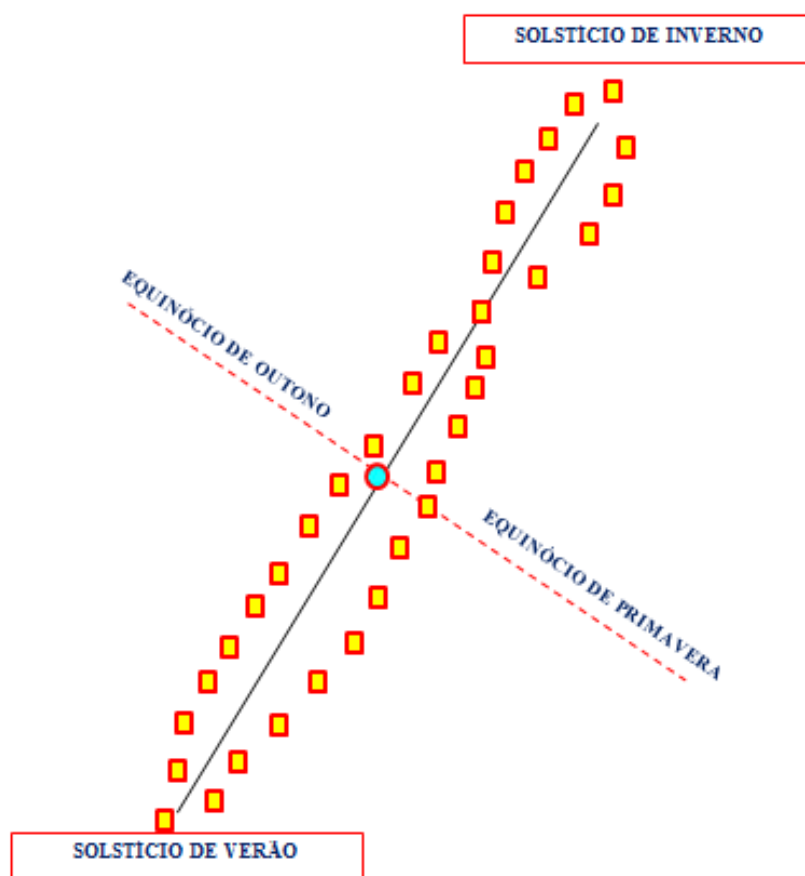
## 1 INTRODUÇÃO

Prezado professor, este material é o Produto Final de minha pesquisa dentro do Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia. Este foi realizado no Observatório Antares – UEFS, entre agosto de 2016 e setembro de 2018.

Neste período investiguei a formação do analema solar, observando o movimento relativo do Sol. Para tanto, foram utilizados como instrumentos de medida do tempo a sombra declinante de uma vareta chamada de gnômon, como também de um cetro para projeção de sombra em superfície vertical. Vale ressaltar que neste manual você encontrará também a proposta de construção de outros instrumentos de observação astronômica, como por exemplo, a câmara escura e o relógio de Sol.

Durante essa investigação realizei uma extensa marcação de pontos coordenados de sombras projetadas por uma vareta sobre uma folha de papel milimetrado, delineando a trajetória relativa do Sol, em forma de oito, ou mesmo no formato do símbolo do infinito.

Por fim, este manual apresenta uma série de estratégias pedagógicas que podem ser usadas experimentalmente para a observação do movimento relativo do Sol e espero que seja bem utilizado por você em suas aulas.



## 1 O SOL E A CÂMARA ESCURA

O Sol é uma estrela média, semelhante a milhares de outras no Universo. É uma poderosa máquina de energia, produzindo cerca de  $4,0 \cdot 10^{23}$  quilowatts de potência por segundo. Isto significa que, se pudéssemos canalizar sua energia por apenas um segundo isto daria energia suficiente para abastecer o nosso país nos próximos 9.000.000 anos!

A luz solar se propaga através de ondas eletromagnéticas que podem ser captadas visivelmente. Essa luz se propaga de forma retilínea e permite que visualizemos, por exemplo, os corpos iluminados de forma invertida através de uma câmara escura de orifício.

### OBSERVANDO O MOVIMENTO RELATIVO DO SOL

#### Experimento 01: Construção da Câmara escura de Orifício para observar a trajetória relativa do Sol.

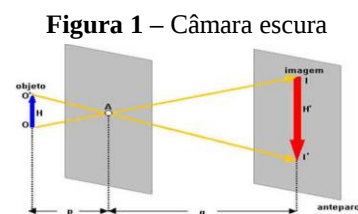
##### 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Conta-se que na antiga Grécia já se conhecia uma caixa mágica que intrigava a todos por permitir ver o mundo “no escuro”; a comunicação com o mundo exterior se dava por um furo em uma das suas faces. Na parede oposta do orifício, era fixado um tecido translúcido que funcionava como uma espécie de tela, no qual eram projetadas as imagens (figura 1). Porém, historicamente, a patente dessa caixa misteriosa, ou câmara escura, ficou com um astuto estudioso árabe chamado pelo nome de Alhazen.

#### Câmara Escura

A **câmara escura** de orifício é constituída de uma caixa de paredes opacas com um pequeno orifício, sendo a parede oposta ao orifício de papel vegetal.

A figura abaixo mostra um esquema da câmara escura:



Fonte: Yamamoto e Fuke (2016, p. 127). Adaptada pelo autor.

Num meio homogêneo e transparente, a luz se propaga em linha reta. A aplicação desse princípio nos permite explicar a inversão da imagem obtida dentro da câmara escura de orifício.

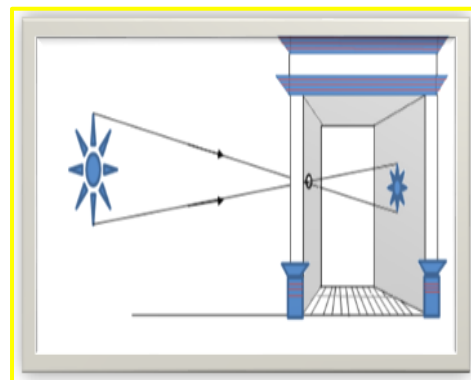
## 1.2 OBJETIVO

Este experimento tem por objetivo a construção de uma câmara escura de orifício para observação do movimento relativo do Sol.

## 1.3 CONTEXTO FÍSICO

Na câmara escura, todos os raios de luz que são emitidos pelo objeto a ser projetado, passam através de um pequeno orifício e atinge o anteparo no interior da mesma. Assim sendo, a luz que sai do ponto mais alto do objeto atingirá o anteparo no ponto mais baixo da imagem projetada, formando uma imagem invertida como na Figura 2.

**Figura 2** – Câmara escura de orifício



Fonte: Produzido pelo autor.

## 1.4 IDEIA DO EXPERIMENTO

A ideia do experimento é fotografar de forma indireta e periodicamente (uma vez por semana), a imagem do Sol projetada no anteparo da câmara escura, sempre no mesmo horário e posição, com propósito de mapear a trajetória do Sol sob a esfera celeste durante um ano. Obtendo assim, graficamente o analema, que tem a forma de oito.

**Quadro 1** – Tabela de materiais para confecção de câmara escura

| Quantidade | Item                                   |
|------------|----------------------------------------|
| 01         | Caixa de sapatos ou caixa de encomenda |
| 01         | Fita adesiva preta                     |
| 01         | Tesoura                                |
| 01         | Estilete                               |
| 01         | Lente de lupa                          |
| 01         | Papel Vegetal                          |
| 01         | Cartolina preta                        |

Fonte: Produzido pelo autor.

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 1, está disposta para a confecção de câmara escura. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

## 1.5 MONTAGEM

### ➤ **Tubo de foco**

Inicialmente, desmonta-se a lupa tirando a lente do plástico, em seguida faz-se um tubinho preto de cartolina, com aproximadamente 14 cm, em torno da lente. Deve-se colocar um pedaço de fita no tubo de cartolina para fixá-la bem. Se a lente ficar meio solta no tubinho de cartolina, pode-se colocar pontualmente um pouco de cola quente para prendê-la.

**Figura 3** – Fixação da lente no tubo de foco



Acervo do autor.

**Figura 4** – Caixa externa



Fonte: Idem.

### ➤ **Caixa externa**

Para confecção da caixa externa da câmara escura, deve-se fazer um corte retangular grande no fundo da mesma e depois revesti-la com papel vegetal, conforme Figura 4.

### ➤ **Encaixe do tubo de foco**

Do outro lado da caixa, deve-se fazer um furo exatamente de diâmetro igual ao do tubo de foco. Para isso, pode-se recortar o orifício com ajuda do estilete, que em seguida deve encaixar perfeitamente na caixa externa da câmara, conforme Figura 5.

**Figura 5** – Encaixe do tubo de foco



Acervo do autor.

### ➤ Câmara escura com foco regulável

Finalmente obtemos uma câmara escura de orifício, com foco perfeitamente regulável conforme Figura 6 ao lado.

**Figura 6** – Câmara escura com foco regulável



Acervo do autor.

## 1.6 APLICAÇÃO

A câmara escura deverá estar apoiada sobre plataforma que permita estabelecer movimento azimutal e de elevação em ângulo, para que dessa forma sejam capturadas as imagens do Sol através de câmera fotográfica. Conforme visto na Figura 7.

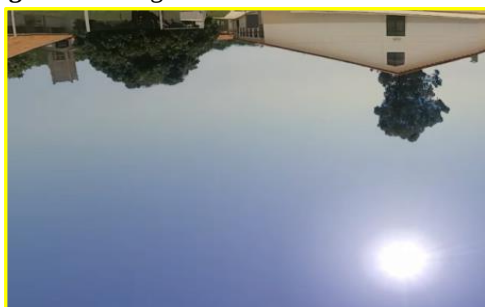
**Figura 7** – Câmara escura em suporte



Acervo do autor.

As imagens invertidas e projetadas sobre o anteparo da câmara escura, sempre no mesmo horário e posição de observação, permitirá visualizar a imagem da trajetória do Sol, mostrando a formação do analema ao fim de um ano de observações. Veja Figura 8.

**Figura 8** – Imagem Invertida – câmara escura



Fonte: Programa computacional Stellarium – Adaptada pelo autor.

## 1.7 ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS COM OS ESTUDANTES

01 – Observando a formação de imagem dentro da câmara escura, explique porque essa imagem fica invertida?

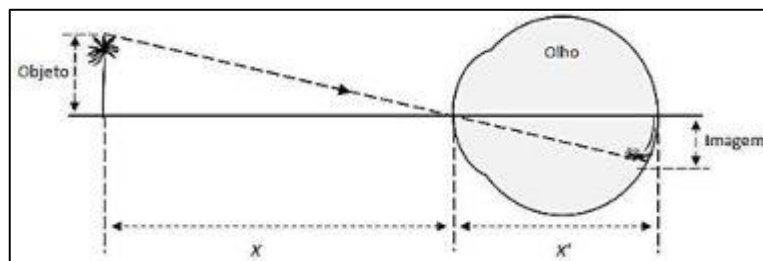
02 – Porque podemos afirmar que os raios luminosos são independentes?

03 – Porque ao observarmos semanalmente a imagem projetada pelo Sol na câmara escura, verificamos que a posição do mesmo muda, descrevendo uma trajetória?

04 – O que é Eclíptica?

05 – O que é movimento relativo do Sol?

06 – O olho humano comporta-se de forma semelhante a uma câmara escura de orifício. Sabemos que os raios de luz que partem do objeto e atravessam o orifício determinam a imagem no fundo do olho. A figura a seguir representa um esquema simplificado do comportamento de formação de imagens no fundo de um olho saudável. Vemos que a imagem formada no fundo do olho se apresenta invertida, de cabeça para baixo.



Sabe-se que o olho humano apresenta aproximadamente  $20\text{ mm}$  de profundidade ( $x' = 20\text{ mm}$ ) e o objeto tem  $8\text{ m}$  de altura colocado em uma posição a  $32\text{ m}$  de distância do orifício do olho ( $x = 32\text{ m}$ ). Nessa situação, a altura da imagem formada no fundo do olho será de:

- a)  $5\text{ mm}$ .
- b)  $7,5\text{ mm}$ .
- c)  $8\text{ mm}$ .
- d)  $10,8\text{ mm}$ .
- e)  $12,8\text{ mm}$ .

## 2 O RELÓGIO DE SOL

É possível perceber que à medida que o Sol se movimenta em relação ao horizonte, a luz projetada por ele mostra as sombras se movimentando ao longo do dia. Logo pela manhã, verifica-se que as sombras são bastante compridas, “com o passar das horas, vão se encurtando e, ao meio-dia, são mínimas ou inexistentes. Depois disso, vão se encompridando para o lado oposto até o fim da tarde” (BRASIL, 1998, p. 63).

### MARCANDO 12 HORAS DO DIA COM UM RELÓGIO DE SOL

#### Experimento 02: Construção de um relógio de Sol com garrafa PET

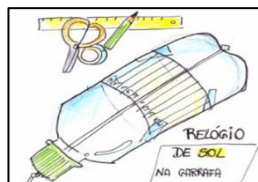
##### 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

Os povos antigos demonstraram um grande interesse pelo universo. Eles estudaram as estrelas, o movimento dos planetas, desenharam as constelações, criaram calendários, aprenderam sobre as estações do ano (LOURENÇO, 2007, p. 68).

Existem muitos registros antigos sobre a utilização dos conhecidos relógios de Sol. Destaco o relato bíblico no II Livro dos Reis (datado pela cronologia bíblica em aproximadamente 700 a.C.), que descreve o relógio de Sol de Acaz, como instrumento de contagem do tempo, inclusive com relato de inclinação e declinação de ângulo, conforme citado no relato bíblico do II Livro dos Reis.

#### Relógio de Sol na garrafa

O relógio de Sol é um instrumento que mede a passagem do tempo pela observação da posição do Sol.



A luz projetada pelo Sol mostra as sombras se movimentando ao longo do dia. Logo pela manhã, as sombras são bastante compridas, “com o passar das horas, vão se encurtando e, ao meio-dia, são mínimas ou inexistentes. Depois disso, vão se encompridando para o lado oposto até o fim da tarde”.

## 2.2 OBJETIVO

Este experimento tem por objetivo a construção de um relógio de Sol baseado na sombra de um barbante esticado em garrafa pet e projetado em folha branca mostrando às doze horas do dia.

## 2.3 CONTEXTO FÍSICO

O relógio de Sol construído com garrafa pet permite visualizar as horas do dia para a latitude local, basicamente observando a aplicação do princípio de projeção retilínea da luz, em que um barbante bem esticado por dentro da garrafa projetará a sombra retilínea sobre a marcação da hora observada.

## 2.4 IDEIA DO EXPERIMENTO

A ideia do experimento é construir um relógio de Sol na garrafa pet, usando basicamente um barbante esticado por dentro de uma garrafa pet, que é capaz de projetar sua sombra numa plataforma com elevação em ângulo de acordo com a latitude local. Dessa forma, a sombra projetada poderá estar exatamente sobre o horário local impresso numa folha anexada à garrafa. A Fig.9 mostra a folha impressa fixa à garrafa.

**Figura 9** – Impressão das horas do dia no rótulo anexo à garrafa pet



Fonte: Acervo do Autor.

## 2.5 LISTA DE MATERIAIS PARA CONFECÇÃO

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 2, está disposta para confecção de câmara escura. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

**Quadro 2 – Materiais para confecção do Relógio de Sol**

| <b>Quantidade</b> | <b>Item</b>                            |
|-------------------|----------------------------------------|
| 01                | Garrafa Pet transparente               |
| 01                | Rolo de barbante                       |
| 01                | Folha de ofício                        |
| 01                | Fita adesiva transparente              |
| 01                | Marcador de CD                         |
| 01                | Folha de isopor – 15 mm                |
| 01                | Parafusadeira                          |
| 01                | Régua de acrílico – 30 cm              |
| 01                | Lápis                                  |
| 01                | Régua de madeira                       |
| 01                | Globo terrestre – opcional             |
| 01                | Bastão 50 cm com plataforma horizontal |
| 01                | Cola de isopor                         |

Fonte: Produzido pelo autor.

## 2.6 MONTAGEM

Inicialmente faz-se um furo central na tampa e no fundo da garrafa. Em seguida passa-se um pedaço de barbante entre os furos depois, deve-se prendê-lo nos extremos com fita adesiva, de maneira que o barbante fique bem esticado. A Figura 10 apresenta esse condição.

**Figura 10 – Garrafa Pet com barbante esticado**



Fonte: Acervo do Autor.

## 2.7 ANEXO DA FOLHA HORA

A folha de ofício deve ser cortada com largura de 15 cm, em seguida recobre-se a parte central da garrafa pet o pedaço da folha com pequena emenda. Após esse momento deve-se cortar a folha conforme mostrado na Figura 11.

**Figura 11** – Montagem do mostrador de horas



Fonte: Acervo do Autor.

Como a Terra apresenta uma curvatura ao longo do seu eixo, se faz necessário construir um plano inclinado com ângulo de elevação igual à latitude local onde deve ser colocado o relógio de Sol de garrafa, a Figura12 mostra o plano inclinado que é suporte para o relógio de Sol.

**Figura 12** – Plano Inclinado com ângulo de elevação com latitude local



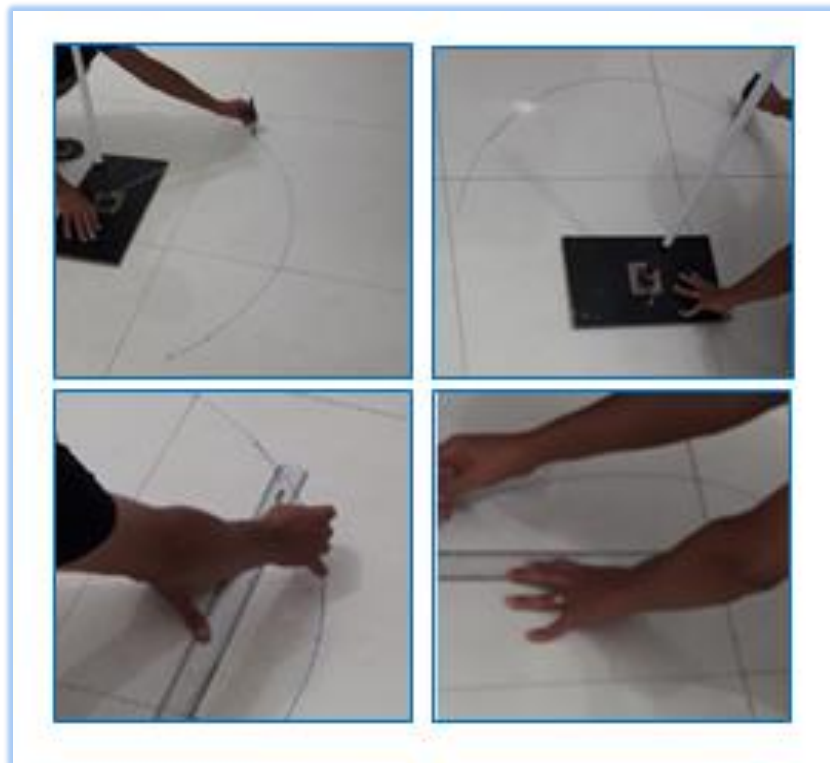
Fonte: Acervo do Autor.

## 2.8 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Após a confecção do Relógio de Sol e do plano inclinado, estes instrumentos deverão ser colocados em local bem plano. Para o próximo passo, deve-se colocar um bastão (gnômon) perpendicular à superfície, preferencialmente numa plataforma - tipo suporte de instrumentação para laboratório, dessa forma a sombra do bastão será projetada na superfície regular. Na parte da manhã deverá ser marcado o ponto de sombra do bastão num horário específico, por exemplo, às 10h30min. Após esse momento, deve-se esperar para nova marcação depois do meio dia. No entanto, essa sombra deverá ter o tamanho da anterior. Para que isso ocorra, podemos na parte da manhã, amarrar um barbante na base do bastão, de forma que o mesmo tenha comprimento igual à base do bastão ao ponto de sombra marcado às 10h30min, em

seguida deve-se descrever um arco de circunferência, no sentido anti-horário, conforme descrito na Figura 13.

**Figura 13** – Demarcação das posições de sombras usando arco de circunferência



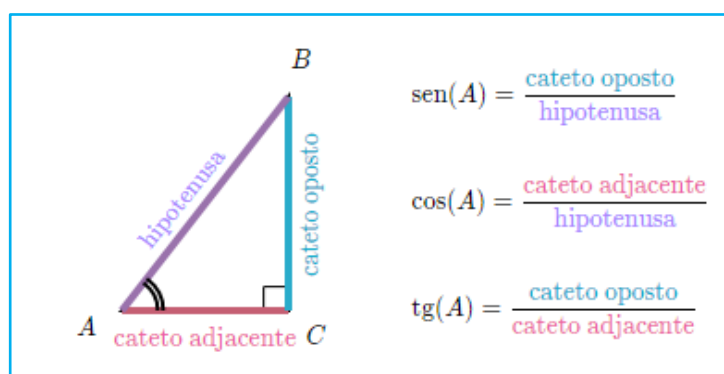
Fonte: Acervo do Autor.

Dessa forma usando uma régua, traça-se uma reta unindo os dois pontos de sombra encontrados pela manhã e à tarde. Essa linha determina a direção leste - oeste. Pelo ponto médio determinado pela reta que une os dois pontos, traça-se novamente uma reta perpendicular à direção leste – oeste. Essa nova reta determina a direção norte-sul.

Vale ressaltar que, para as atividades relacionadas à obtenção dos pontos de sombra usando o gnômon, cujo objetivo é encontrar, por exemplo, a linha do meridiano local, bem como, para determinação da linha norte-sul, podemos utilizar também as relações trigonométricas do triângulo retângulo, que se seguem:

As razões dos lados de um triângulo retângulo são chamadas razões trigonométricas. Três razões trigonométricas comuns são o seno (sen), cosseno (cos) e tangente (tan). Elas estão definidas no triângulo agudo representado na Figura 14.

**Figura 14** – Relações trigonométricas do triângulo retângulo



Fonte: Iezzi (2013). Adaptada pelo autor.

Nessas definições, os termos cateto oposto, cateto adjacente e hipotenusa se referem aos comprimentos dos lados.

Dados estes padrões trigonométricos estabelecidos, podemos demarcar, por exemplo, o ângulo de inclinação do ponto da sombra do gnômon em um determinado instante em relação à posição do Sol. E com isto, traçar, por exemplo, o arco de parábola que permitir encontrar o outro ponto sobre a parábola na parte da tarde. Feito isso, podemos então traçar a reta norte-sul, para colocação correta do nosso relógio de Sol com mostrador de garrafa.

## 2.9 ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes às relações conceituais do triângulo retângulo que estarão presentes na construção das plataformas inclinadas e que permitem colocar o relógio de Sol num ângulo referente à latitude local. Vale ressaltar que os exercícios são gerais neste íterim, assim segue as questões propositais:

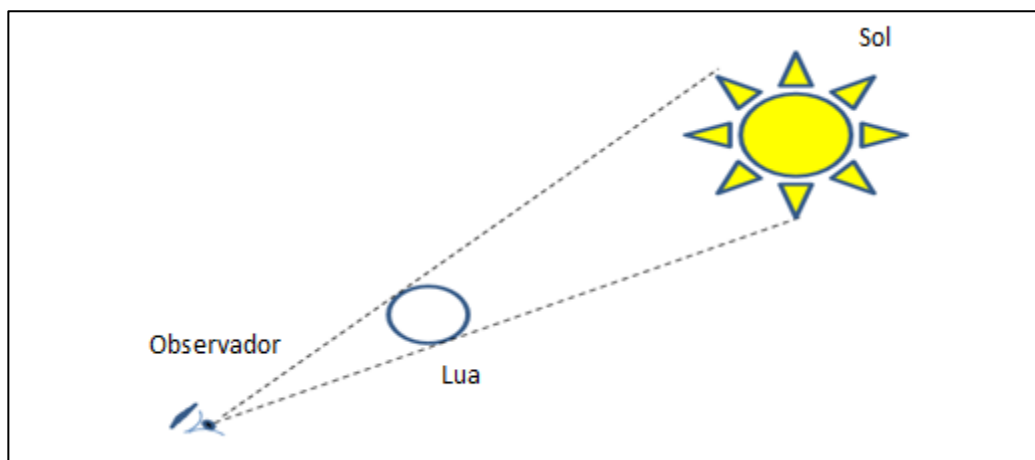
01 – Num triângulo retângulo, a hipotenusa mede 10 cm e um dos catetos mede 8 cm. Nessas condições, determine:

- a) a medida da altura relativa à hipotenusa;
- b) a área do triângulo.

02 – Determine a medida das projeções em um triângulo retângulo cuja hipotenusa mede 13 cm e um dos catetos 5.

03 – Num eclipse total do Sol, o disco lunar recobre exatamente o disco solar, o que comprova que o ângulo sob o qual vemos o Sol é o mesmo sob o qual vemos a lua.

Considerando que o raio da Lua é 1 738 km e que a distância da Lua ao Sol é 400 vezes a da Terra à Lua, calcule o raio do Sol. (Fora de Escala).



### 3 O CETRO E O ANALEMA VERTICAL

Esta atividade prática apresenta a projeção da trajetória do Sol em um anteparo vertical usando basicamente um cetro fincado perpendicularmente no solo, ou em uma plataforma nivelada com uma superfície plana. A sombra projetada pelo cetro permite delinear cada ponto referente ao deslocamento do Sol no céu, de maneira que ao final de um ano de observações teremos delimitado essa trajetória em uma forma muito peculiar, que é o símbolo do infinito. Neste sentido, estaremos apresentando uma série de passos para a aplicação desta prática voltada para Observação do Movimento Relativo do Sol ao longo de um ano.

#### DESCREVENDO GRAFICAMENTE O ANALEMA COM CETRO

#### Experimento 03: Construção Cetro e plataforma para descrever o analema.

##### 3.1 CONTEXTO HISTÓRICO

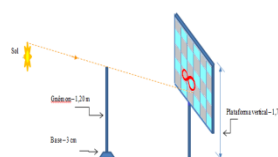
Os primeiros relógios, que datam de aproximadamente de 3500 a.C., eram compostos apenas por um pilar ou cetro, chamado gnômon, e podiam mostrar as duas metades do dia. Mais tarde, escalas de medidas foram adicionadas em volta do cetro para que os dias pudessem ser divididos em períodos mais curtos.

##### 3.2 OBJETIVO

Este experimento tem por objetivo a demarcação da sombra projetada por um cetro em uma superfície vertical, com intuito de obter a figura do Analema, que corresponde de forma descritiva em gráfico a trajetória do Sol no céu.

##### O CETRO

É a parte do relógio solar que possibilita a projeção da sombra. Considerado, provavelmente, o primeiro instrumento utilizado para indicar a hora do dia, data aproximadamente de 3500 a.C.

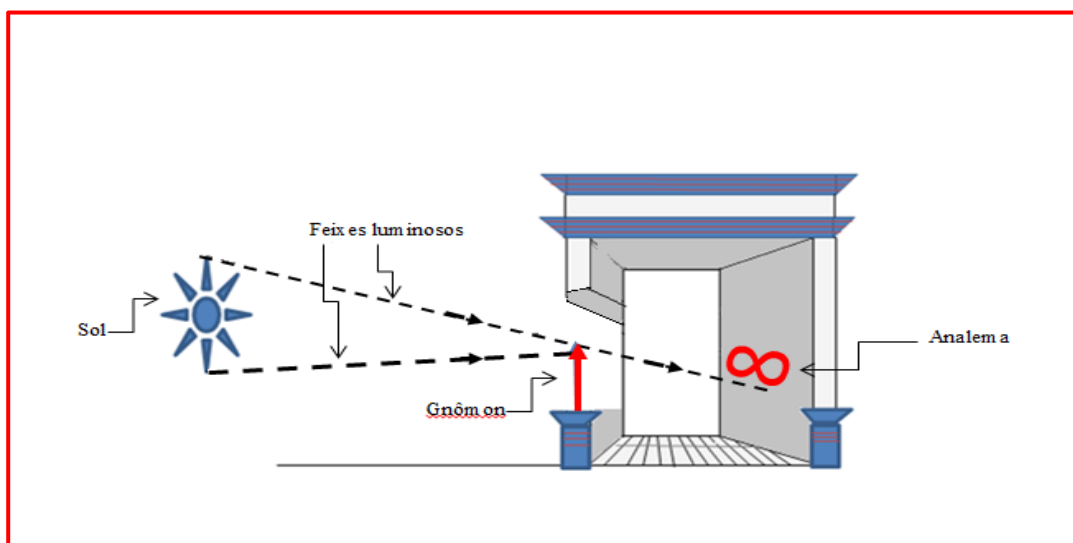


Logo pela manhã, as sombras são bastante compridas, “com o passar das horas, vão se encurtando e, ao meio-dia, são mínimas ou inexistentes. Depois disso, vão se encompridando para o lado oposto até o fim da tarde”.

### 3.3 CONTEXTO FÍSICO

É possível reproduzir a trajetória do Sol na esfera celeste, usando um cetro fincado perpendicularmente a uma superfície horizontal e que projeta sombra em anteparo vertical formando ao final de um ano a figura do Analema. Isso só será possível, se observarmos esta sombra variando entre 6:00 e 9:00, ou no final da tarde, entre 15:00 e 18h. A Figura 15 retrata a forma do analema nestas condições.

**Figura 15 – Cetro e Analema**



Fonte: Produzida pelo autor.

### 3.4 IDEIA DO EXPERIMENTO

A ideia do experimento é obter graficamente o analema, fazendo observações das projeções de sombras do cetro em um anteparo vertical, pelo menos uma vez por semana, sempre no mesmo horário e posição. Esta prática tem a finalidade de, além, da obtenção do analema, rever com o estudante os conceitos de trajetória, movimento curvilíneo, coordenadas cartesianas, ângulo de incidência, relações trigonométricas do triângulo retângulo, coordenadas geográficas, entre outros aspectos característicos do Movimento Relativo do Sol.

### 3.5 LISTA DE MATERIAIS PARA CONFECÇÃO

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 3, está disposta para construção do cetro e do anteparo vertical. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

**Quadro 3** – Materiais para confecção do Relógio de Sol

| Quantidade | Item                        |
|------------|-----------------------------|
| 01         | Bastão de madeira 1,20 m    |
| 03         | Folhas de isopor – 15 mm    |
| 08         | Folhas de papel milimetrado |
| 01         | Tubo de cola para isopor    |
| 01         | Fita adesiva transparente   |
| 01         | Folha Full contact - 1,50 m |
| 01         | Marcador de escrita fina    |

Fonte: Elaborado pelo autor.

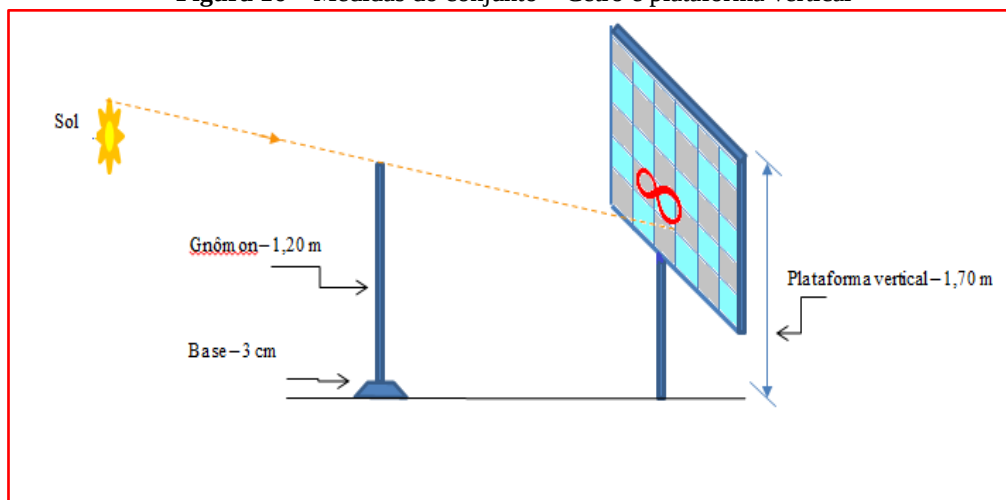
Vale ressaltar que os materiais são de baixo custo, se considerarmos os resultados obtidos com as observações. Outro fato importante a considerar é que, poderão existir dias nublados, porém esperamos sempre o retorno do brilho do Sol no outro dia para marcação da sombra pontual. Por isso, não devemos desaminar, pois ainda que haja tempo nublado em alguns momentos é possível identificar a sombra projetada pelo cetro no anteparo vertical.

### 3.6 MONTAGEM

Inicialmente, tomamos um bastão de madeira que pode ser até mesmo um cabo de vassoura de comprimento 1,20 m, adaptamos a uma plataforma com base de aproximadamente 3 cm de altura. Fazemos uma perfuração no centro da plataforma e adaptamos o cetro no centro da plataforma.

É importante lembrar que para fazer as observações do Movimento Relativo do Sol usando o cetro, o estudante deverá ser sempre respeitar o mesmo horário e a mesma posição para observação, isso garantirá ao final de um ano a formação do analema e seu estudo, por exemplo, os solstícios de verão e inverno serão identificados nas bordas do Analema. De forma que será identificado o solstício de verão, no ponto em que a sombra será mínima no anteparo, ou seja, ao extremo da direita na Figura 16, e será identificado o solstício de inverno no extremo à esquerda da Figura 16.

**Figura 16** – Medidas do conjunto – Cetro e plataforma vertical



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.7 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Após a confecção dos instrumentos de observação, poderão ser feitas, por exemplo, as observações às 09h00min. Inicialmente procura-se o melhor local para ser instalado o cetro para não correr o risco de ter alguma sombra de prédios ou árvores durante o período de observação.

Após posicionar o cetro para fazer a primeira marcação, deve-se tomar cuidado para garantir a perpendicularidade do mesmo com a superfície de apoio, a uma distância razoável do anteparo vertical onde as sombras serão projetadas, aproximadamente 0,70 m. Vale destacar que certamente ocorrerão dias nublados no momento das marcações, porém, não se pode desanimar, pois invariavelmente o Sol acaba brilhando. As marcações devem ser feitas em dias com luminosidade satisfatória, anotando o dia, horário e coordenadas cartesianas no local de marcações. A Figura 17 mostra um dos momentos de marcações.

**Figura 17** – Marcações das sombras



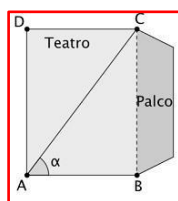
Fonte: Acervo do autor.

Pode-se sugerir ao estudante que monte seu cetno em casa e faça as observações do Movimento Relativo do Sol. Possivelmente ele obterá bons resultados na delineação do Analema.

### 3.8 ATIVIDADES PROPOSTAS

Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes às relações conceituais do triângulo retângulo que estarão presentes na marcação dos pontos de sombra, bem como, poderá ser abordada a trajetória curvilínea que o Analema assume ao longo dos dias.

01– (FGV) A plateia de um teatro, vista de cima para baixo, ocupa o retângulo ABCD da figura a seguir, e o palco é adjacente ao lado BC. As medidas do retângulo são  $AB = 15\text{m}$  e  $BC = 20\text{m}$ .

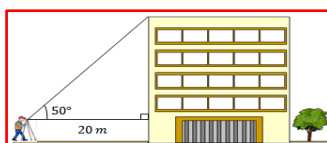


Um fotógrafo que ficará no canto A da plateia deseja fotografar o palco inteiro e, para isso, deve conhecer o ângulo da figura para escolher a lente de abertura adequada.

O cosseno do ângulo da figura acima é:

- a) 0,5                      b) 0,6                      c) 0,75                      d) 0,8                      e) 1,33

02 – Uma pessoa com 1,75 m de altura e que se encontra a 20 m da base de um edifício vê o ponto mais alto dele sob um ângulo de  $50^\circ$ . Qual a altura aproximada do edifício?



## 4 O GNÔMON E O ANALEMA HORIZONTAL

Este experimento é igualmente especial, pois permite ao observador montar uma plataforma móvel para armação do gnômon, isto permitirá ao estudante mapear a trajetória do Sol em uma superfície horizontal, tão somente, recobrendo a plataforma com papel milimetrado em que serão marcados os pontos de sombra projetados pelo gnômon. Algo realmente singular é verificar os pontos de sombra que delineiam o período do ano em que se dão os solstícios de verão e inverno.

### A SOMBRA DO GNÔMON E O ANALEMA

**Experimento 04: Construção gnômon e plataforma para observar a trajetória relativa do Sol.**

#### 4.1 CONTEXTO HISTÓRICO

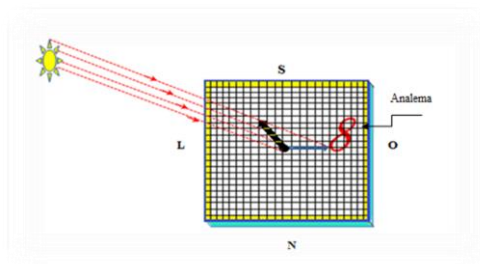
Com o crescer da civilização, as necessidades sociais tornaram-se mais sofisticadas, e o cômputo de grandes intervalos de tempo passou a ser premente. A humanidade descobriu no ano solar um excelente período que poderia ser usado como padrão de medida de tempo.

Os antigos puderam associar as épocas de quente, frio ou intermediária, que são as quatro estações do ano, com algumas particularidades que destacamos principalmente a verificação do tamanho da sombra de um pilar ao meio-dia era muito maior na estação fria (inverno) que na estação quente (verão).

A este pilar, deu-se o nome de Gnômon (do Grego, gnomonikos, “com capacidade de julgar”, de gnomon, “o que sabe, o que tem discernimento” de gignoskein, “conhecer, vir a saber”), nada mais é que uma vareta verticalmente fincada num solo plano e sob a luz do Sol e serviu para os povos antigos

#### O GNÔMON

Considerado, provavelmente, o primeiro instrumento utilizado para indicar a hora do dia, data aproximadamente de 3500 a.C. Favorino (D. Laércio, II, 1) relata que Anaximandro de Mileto foi o inventor do gnômon



interpretar e precisar o movimento solar aparente, através do registro e comparação da variação da sombra ao longo do tempo medido em frações do dia ou de dias na sua claridade.

## 4.2 OBJETIVO

A Utilização do gnômon como instrumento para a observação do Movimento Relativo do Sol, com vistas a obter um Analema, é uma ferramenta educacional muito interessante quando se baseia na aplicação de conteúdos correlacionados à obtenção do gráfico analêmico. Portanto, esta prática, tem como finalidades, o estudo deste gráfico analêmico com suas particularidades relacionadas, por exemplo, à identificação das estações do ano quando observadas as coordenadas de marcação de sombra e os respectivos períodos do ano.

## 4.3 CONTEXTO FÍSICO

Sabemos que a luz se projetada num meio homogêneo e transparente de forma retilínea. Portanto as sombras do gnômon terão tamanhos variados ao longo do ano. Se olharmos da perspectiva de delineação das sombras, veremos claramente uma trajetória descrita em curva, de forma que a sombra descrita pelo gnômon terá percorrido a metade da distância entre os solstícios de verão e inverno, neste período então, poderemos identificar a entrada do outono aqui no Hemisfério Sul, por volta de 20 de março e da primavera em torno de 20 setembro. Ou seja, podemos através da trajetória descrita identificar, por exemplo, quando começam as estações do ano.

## 4.4 IDEIA DO EXPERIMENTO

A ideia do experimento é obter graficamente o analema, fazendo observações das projeções de sombras do gnômon em um anteparo horizontal, pelo menos uma vez por semana, sempre no mesmo horário e posição. Esta prática tem a finalidade para além da obtenção do analema, de rever com o estudante os conceitos de trajetória, movimento curvilíneo, coordenadas cartesianas, ângulo de incidência, relações trigonométricas do triângulo retângulo, coordenadas geográficas, entre outros aspectos característicos do Movimento Relativo do Sol na esfera celeste.

#### 4.5 LISTA DE MATERIAIS

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 4, está disposta para construção do gnômon e da plataforma horizontal. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas. Vale ressaltar ainda que, as medidas dos instrumentos podem ser adaptadas de acordo à necessidade.

**Quadro 4** – Listagem dos materiais para gnômon

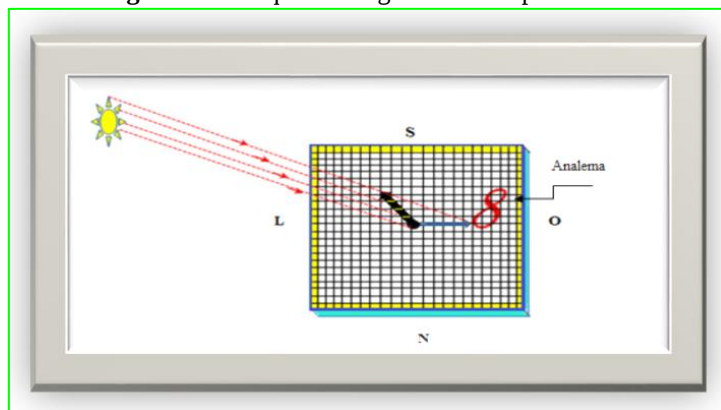
| Quantidade | Item                            |
|------------|---------------------------------|
| 01         | Bastão de madeira 15 cm         |
| 03         | Base de madeirite 40 cm x 40 cm |
| 04         | Folhas de papel milimetrado     |
| 01         | Tubo de cola branca             |
| 01         | Fita adesiva transparente       |
| 01         | Folha Fullcontact- 1,0 m        |
| 01         | Marcador de escrita fina        |

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.6 MONTAGEM

Inicialmente, medimos a base do gnômon e depois devemos fazer um furo central com mesmo diâmetro na base da plataforma. A seguir, recobrimos a plataforma com papel milimetrado e revestimos com papel adesivo *fullcontact*. Podemos dar um acabamento lateral na plataforma revestida com fita adesiva colorida, tipo durex. Após o revestimento introduzimos o gnômon no furo central, tendo o cuidado de colocá-lo perpendicularmente na plataforma. A Fig. 18 representa essa condição.

**Figura 18** – Esquema do gnômon e da plataforma



Fonte: Elaborada pelo autor.

Devemos preparar uma tabela contendo os seguintes parâmetros: número da observação, data, horário e coordenadas, como mostra a Figura 19, pois com esses dados obtidos e tabulados durante um ano poderemos reproduzir o Analema para determinada latitude, neste caso específico foi-se obtido o gráfico analêmico para latitude de  $14^{\circ}$  – Hemisfério Sul – cidade de Vitória da Conquista na Bahia.

**Figura 19** – Estrutura para tabela de dados observacionais

| Observação | Data | Horário | Coordenadas |   |
|------------|------|---------|-------------|---|
|            |      |         | x           | y |

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.7 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

Após a confecção do gnômon e da plataforma, os mesmos deverão ser posicionados. Para tanto, inicialmente devemos localizar a direção norte-sul para posicionamento do relógio de Sol. Há de considerar que para descrever corretamente o Analema, a plataforma deverá estar posicionada na direção e sentido norte-sul. Daí pode-se começar a fazer as observações do Movimento Relativo do Sol, considerando ainda que a posição de colocação da plataforma com gnômon será sempre a mesma e a leitura das coordenadas deverão ser sempre na mesma hora.

#### 4.8 ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS

Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes a instrumentação de medidas do tempo, das quais o educando poderá compreender que, em diferentes períodos históricos, o homem criou diferentes mecanismos como, gnômon, relógio de Sol, com intuito de medir o tempo.

As atividades aqui propostas serão mais bem desenvolvidas se os estudantes tiverem conhecimentos sobre a importância da noção de tempo como organizador das atividades humanas para compreender os motivos para a criação dos vários instrumentos utilizados para fracionar e medir o tempo. Além destes aspectos considerados acima, serão feitos exercícios sobre triângulo retângulo que estarão

presentes na marcação dos pontos de sombra, bem como, poderá ser abordada a trajetória curvilínea que o Analema assume ao longo dos dias.

- Atividade 1 - Pesquisando instrumentos de medir o tempo;
- Atividade 2 - Conhecendo os instrumentos de medida do tempo;
- Atividade 3 - Pesquisando o funcionamento dos relógios de Sol;
- Atividade 4 - Relacionar as funções do triângulo na marcação dos pontos para formação do Analema;
- Atividade 5 - A partir dos pontos coordenados, refazer em folha de papel milimetrado a trajetória curvilínea do Analema;
- Atividade 6 - Identificar as estações do ano na figura do Analema relacionando-as com o comprimento das sombras;
- Atividade 7 - Pesquisar sobre o ponto de inflexão na figura do Analema.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, P. B. R. **Construção de um relógio solar para o Museu de Ciências Naturais**. 2015. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Naturais) – Faculdade UNB de Planaltina, Planaltina, DF, 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/13837>. Acesso em: jul. 2018.
- ARAÚJO, M. S. T. Atividades experimentais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176, jun. 2003.
- AROCA, S. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solare. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 28 mar. 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172011000100013&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172011000100013&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 21 out. 2018.
- AZEVEDO, S. S. M. *et al.* Relógio de Sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000200018&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000200018&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 1º ago. 2018.
- BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.
- GIORDAN, M. Química nova na escola. **Experimentação e Ensino de Ciências**, n. 10, nov. 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: out. 2018.
- IEZZI G. *et al.* **Matemática ciência e aplicações**. 8. ed. São Paulo: Atual, 2014.
- PIETROCOLA, M. *et al.* **Física em contextos**. v. 2: ensino. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. (Coleção física em contextos).
- STELLARIUM. **Planetário de código aberto**. Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>. Acesso em: 20 fev. 2017.
- YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. v. 2: terminologia, óptica, ondulatória. São Paulo: Saraiva, 2016.