



Guia do Professor

Vídeo


A dança do Sol

Série Matemática na Escola

Objetivos

1. Mostrar o movimento aparente e periódico do Sol no céu e sua dependência com a latitude do observador;
2. Explicar a relação entre o movimento aparente do Sol e as estações do ano;
3. Mostrar a diferença entre horário aparente local e o padronizado pelo fuso;
4. Explicar a figura do Analema.

ATENÇÃO Este Guia do Professor serve apenas como apoio ao vídeo ao qual este documento se refere e não pretende esgotar o assunto do ponto de vista matemático ou pedagógico.

LICENÇA Esta obra está licenciada sob uma licença Creative Commons 

A dança do Sol

Série

Matemática na Escola

Conteúdos

Trigonometria, geometria analítica, geografia, astronomia.

Duração

Aprox. 10 minutos.

Objetivos

1. Mostrar o movimento aparente e periódico do Sol e sua dependência com a latitude;
2. Explicar a relação entre o movimento aparente do Sol e as estações do ano;
3. Mostrar a diferença entre horário aparente local e o padronizado pelo fuso;
4. Explicar a figura do Analema.

Sinopse

Jeferson, um novato mestre de obra, vai usar todas as informações da posição aparente do Sol para uma construção encomendada.

Material relacionado

Experimentos: *A altura da árvore; Que curva é esta chamada elipse;*
Softwares: *Trigonometria e raios luminosos;*
Vídeos: *Perdido no globo, Herança de família.*

Introdução

Sobre a série

A série Matemática na Escola aborda o conteúdo de matemática do ensino médio através de situações, ficções e contextualizações. Os programas desta série usualmente são informativos e podem ser introdutórios de um assunto a ser estudado em sala de aula ou fechamentos de um tema ou problema desenvolvidos pelo professor. Os programas são ricos em representações gráficas para dar suporte ao conteúdo mais matemático e pequenos documentários trazem informações interdisciplinares.

Sobre o programa

Jeferson é contratado como mestre de obras para construção. O seu cliente *quer o tal galpão, ou coisa parecida, com o pé direito bem alto, pra ficar fresquinho. As janelas devem dar boa iluminação, mas não pode entrar muita luz do Sol pra não esquentar muito. E ele também vai colocar painéis de energia solar e aquecedor solar.*



Figura 1 Jeferson é um novo mestre de obras

Com as dicas do experiente Sidimar, ele tem boas chances de fazer um bom trabalho.



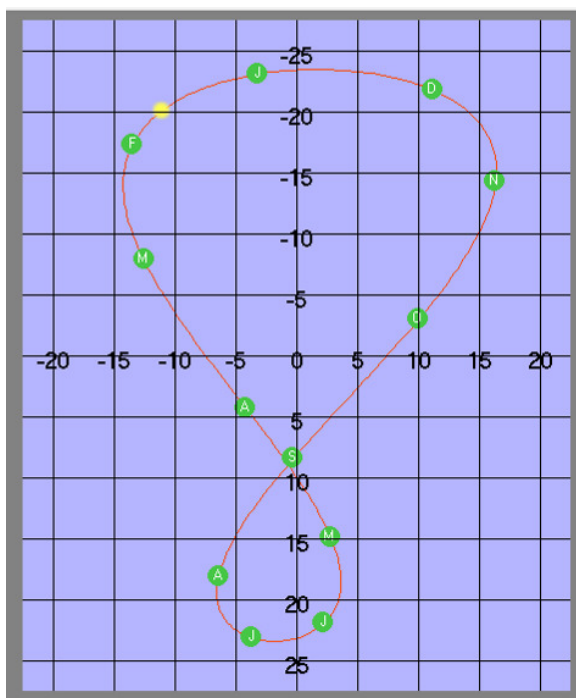
Figura 2 Sidimar tem experiência

- Dica 1: Evitar entrada direta de Sol pelas paredes que estão a Leste e a Oeste.
- Dica 2: Para garantir boa iluminação pode-se colocar janelas nos lados Norte e Sul.
- Dica 3: Em virtude das dicas 1 e 2, o maior comprimento da construção deve estar alinhado com a direção Leste-Oeste.
- Dica 4: Em virtude da dica 3 e para colocar os painéis solares em cima do telhado, deve-se fazer o telhado no sentido Leste-Oeste e colocar os painéis com inclinação igual à da Latitude do local. Com isto a coleta dos raios solares durante o ano todo é a maior possível.

É importante realçar que o Sol tem um movimento aparente que caracteriza o dia e outro que caracteriza o ano, mas não são movimentos exatamente constantes. O *Olha o curta* do programa explica brevemente que o Sol “dança” no céu ao longo do ano se considerarmos o mesmo horário do dia.



Figura 3 Ilustração do Olha o Curta sobre o Analema



Esta dança tem explicações pela cinemática e dinâmica do movimento da Terra em relação ao Sol e às estrelas. Podemos colocar as diferenças de ângulos na direção Leste Oeste ($\pm 22,5^\circ$) no eixo vertical e a diferença em minutos no eixo horizontal em relação a um Sol fictício médio de movimento constante no gráfico ao lado.

Ao medir o tempo com os relógios mecânicos e atômicos de que dispomos atualmente, o Sol às vezes está adiantado e outras vezes atrasado.

Definimos como *equação do tempo* a diferença entre o Dia Solar Aparente e o Dia Solar Médio.

Os motivos desta equação do tempo e da figura do analema podem ser entendido a partir de pelo menos três fenômenos:

- Primeiro: o eixo de rotação da Terra em torno de si mesma é inclinado aproximadamente de $23,5^\circ$ graus em relação ao eixo da órbita em torno do sol. Isto explica as estações do ano e o movimento aparente do Sol na direção norte-sul ao longo do ano.
- Segundo: a órbita da Terra em torno do sol não é exatamente circular. Sabemos desde Kepler, que a trajetória da Terra é uma elipse com excentricidade de 0,0167, onde o Sol é um dos focos, e por isto, quando o planeta passa mais próximo do sol, ele anda mais rápido e quando ele está mais distante do Sol, anda mais devagar. Este pequeno descompasso explica o movimento aparente do Sol na direção leste-oeste, ao longo do ano.
- Terceiro: o horário e o local, isto é, a figura do tipo oito é um pouco diferente dependendo da hora e lugar das fotos.

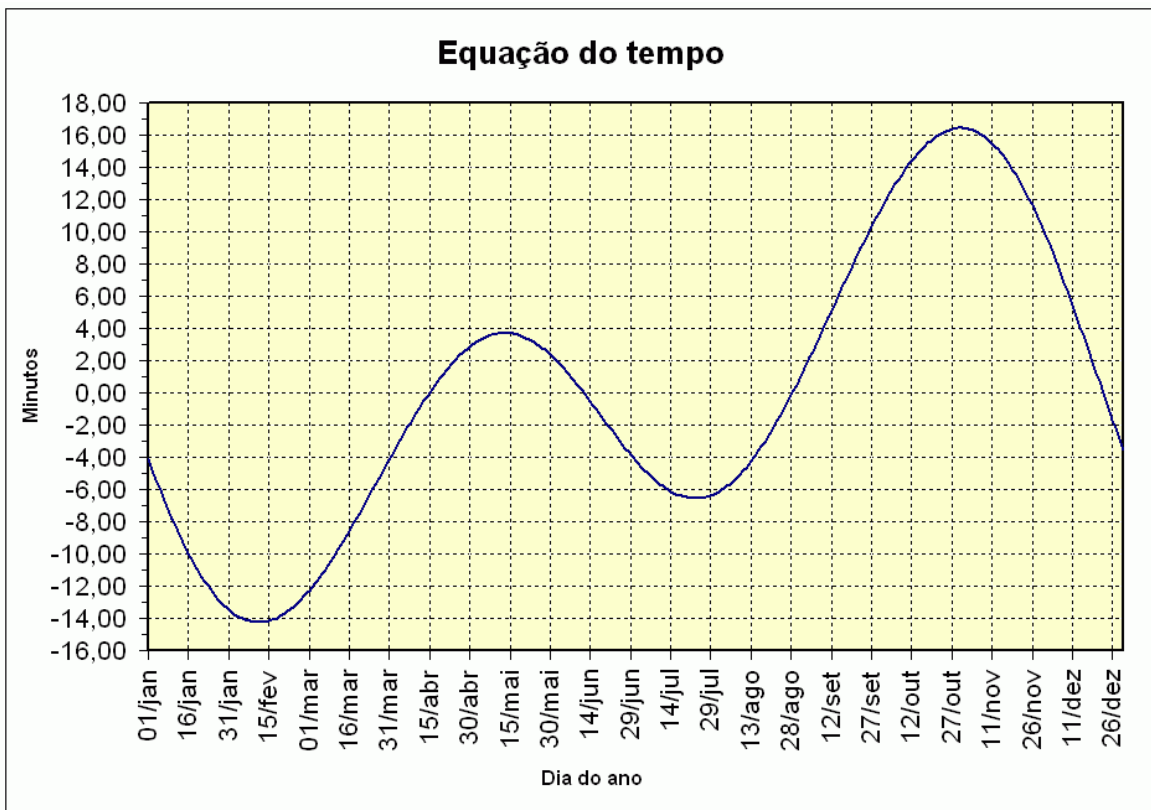


Figura 4 Gráfico da equação do tempo



No gráfico acima, os valores positivos (negativos) indicam o quanto o Sol está adiantado (atrasado) em relação ao valor médio. Esta curva se repete a cada ano.

Observe a maneira de determinar a direção geográfica Leste-Oeste e a direção perpendicular Norte-Sul.

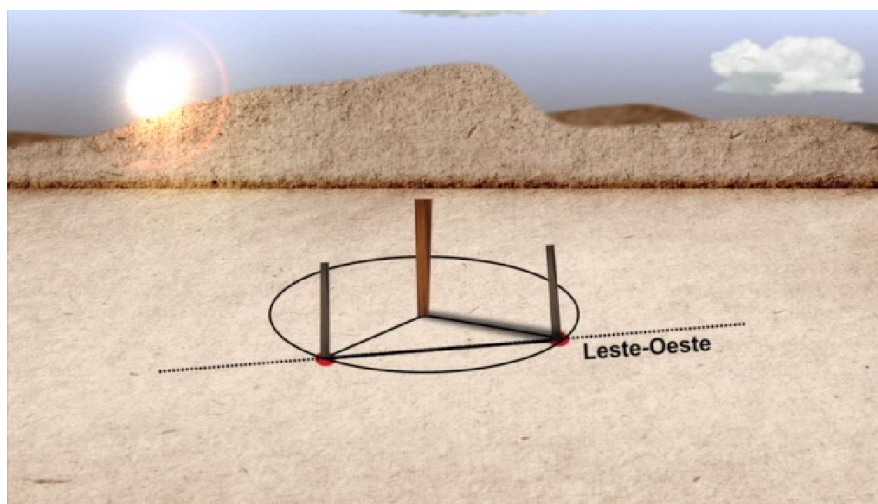


Figura 5 Método para determinar a direção Leste-Oeste

A ilustração do vídeo obviamente não está em escala.

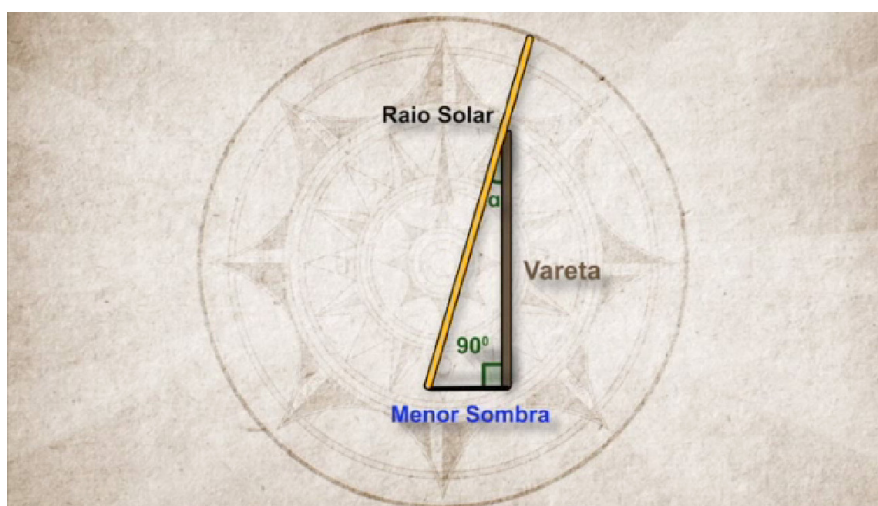


Figura 6: Ilustração do raio do sol ao meio dia local em dia de equinócio.

Ao final, a inclinação das placas dos painéis solares coincidir com a latitude do local se deve à semelhança de triângulos, de forma que ao meio dia no equinócio os raios solares incidam de maneira perpendicular ao plano da placa. Desta forma a placa aproveita a insolação ao longo do dia com relativamente pequenas variações em torno da média ao longo do ano.

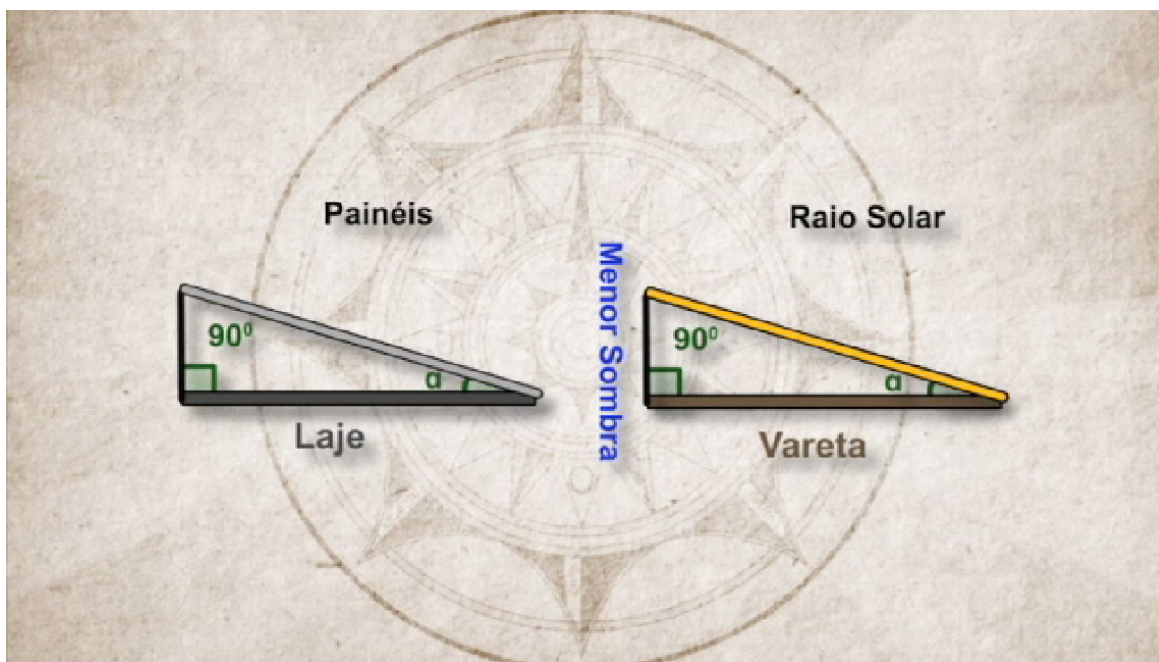


Figura 7 Melhor inclinação para as placas solares

Sugestões de atividades

Antes da execução

Propor aos estudantes a construção de um relógio de Sol. Para tanto eles devem pesquisar as possibilidades, organizar grupos de discussão e permitir que eles escolham uma das opções de acordo com as disponibilidades de materiais. Eleger um dos relógios construídos para ser colocado em lugar apropriado na escola. Seria muito interessante

fazer o relógio de Sol de material que suporte Sol e chuva e que possa ser colocado em local livre e sem sombras.

Esta é uma pesquisa de pelo menos uma semana. O vídeo pode ser apresentado depois da proposta da pesquisa e antes do término da construção do modelo de relógio de Sol. Observe que relógios de Sol podem ser feitos durante o ensino fundamental de forma que o professor forneça vários elementos prontos ou no ensino médio em que a maior parte das escolhas sejam feitas pelos próprios alunos. Veja um exemplo de atividade deste tipo nas Sugestões de Leitura.

Depois da execução

Desenvolver se possível, as seguintes atividades:

Norte-Sul, Leste-Oeste: Em um dia com grandes chances de Sol sem nuvens e que os alunos passem o meio dia local na escola, determinar a direção Leste Oeste usando o método apresentado no vídeo. É importante que os alunos percebam as dificuldades inerentes à observação. A sombra da ponta não é muito nítida. O círculo desenhado em torno da vareta tem uma espessura e eles devem e isto dá margem a pequenos erros, assim como a precisão do relógio usado a altura da vareta e o quanto vertical ela se encontra. Discuta as maneiras de obter uma reta perpendicular à reta obtida para se obter a direção Norte Sul.

Latitude local: No equinócio de Outono ou da Primavera, o que for apropriado para o dia de aula com uma determinada turma, obter, pelo método da menor sombra no dia de equinócio, a latitude local. Isto pode ser feito usando um barbante e um transferidor (método direto), ou medindo os catetos correspondentes à altura da vareta, e o comprimento da menor sombra. Com uma divisão entre estas duas medidas obtemos a tangente do ângulo e com o auxílio de uma calculadora obtemos o arco tangente que vai corresponder à latitude local (método indireto).

Ajuste da equação do tempo: Usando as idéias do software Ondas Trigonométricas, encontrar os valores apropriados para a função

$$e(t)=a_1 \operatorname{sen}(b_1 t+c_1) +d_1+ a_2 \operatorname{sen}(b_2 t+c_2) +d_2$$

onde t é o tempo que pode ser dado em termos de dias e as constantes a_i e d_i devem ter unidades de minutos, enquanto as constantes b_i tem unidades de inverso de dias e c_i não tem unidades pois são ângulos (chamados de fase).

Obviamente o movimento é periódico com o período de um ano, mas contém também uma repetição não exatamente igual de seis meses - veja que a figura do analema vai e volta em um ano, ou observe com os alunos que há dois dias de equinócio durante o ano.

Vamos considerar o chamado ano tropical que tem $T=365,242$ dias, aproximadamente. Assim,

$$b_1=2\pi/T \cong 0,0172028 \text{ e } b_2=2b_1$$

isto é, a frequência b_2 é o dobro de b_1 . As demais constantes podem ser diferentes dos valores abaixo por causa de algumas identidades trigonométricas. Além das frequências dadas acima, os seguintes valores dão a função periódica da equação do tempo:

$$a_1=-7,655; a_2=9,873;$$

$$c_1=0; c_2=3,588;$$

$$d_1=-0; d_2=0.$$

Isto é, a equação do tempo pode ser descrita com boa aproximação por:

$$e(t)=-7,655*\operatorname{sen}(0,0172028*t)+9,873*\operatorname{sen}(0,0344056*t+3,588).$$

Esta função periódica usa a função trigonométrica seno com argumentos em radianos e tem o gráfico abaixo. O eixo vertical mostra os minutos adiantados ou atrasados do Sol em relação ao Sol fictício médio. O eixo horizontal mostra os dias a partir do início do ano.



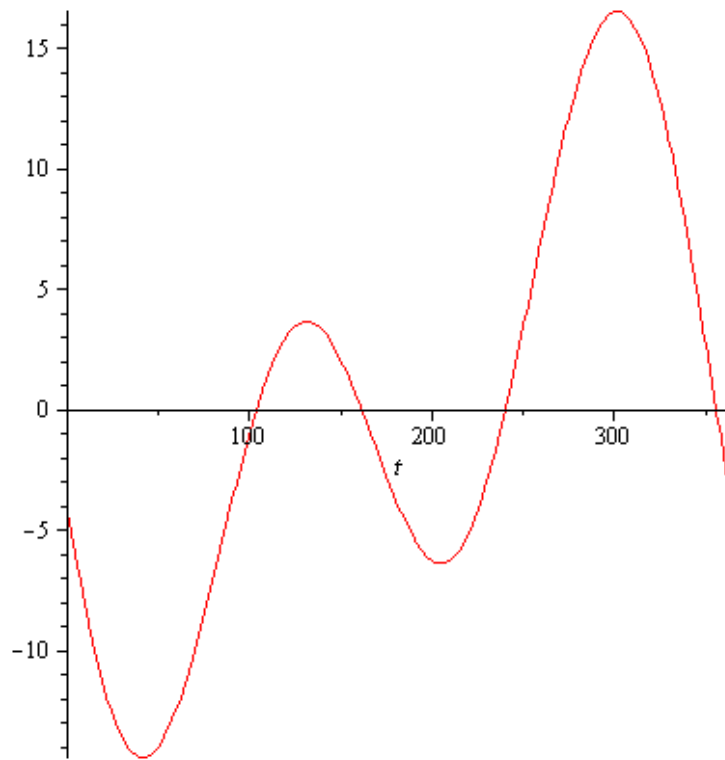


Figura 8 Soma de funções seno para a equação do tempo

Compare com a Figura 4. Para enfatizar o comportamento periódico veja a figura abaixo para quatro anos:

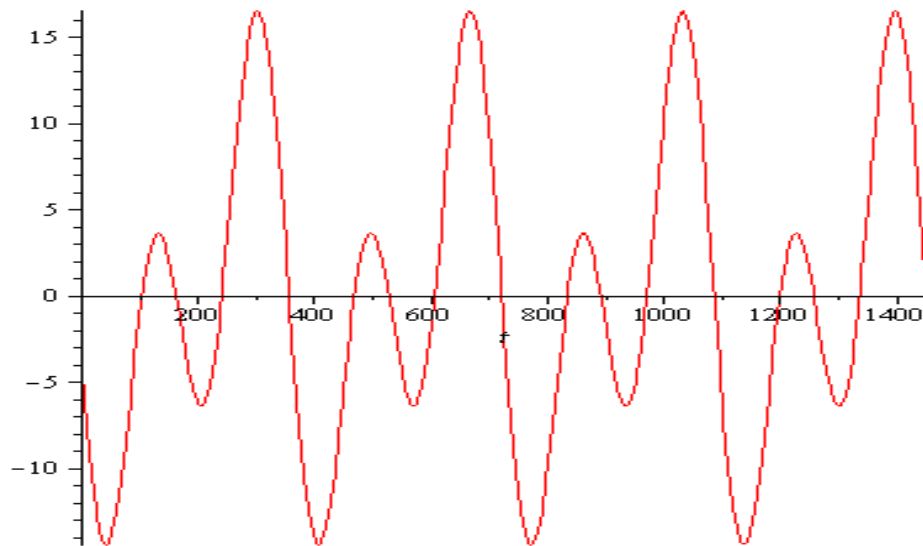


Figura 9 Função periódica da equação do tempo

Sugestões de leitura

Felisbela Martins e Rosa M. Ros, MOSAICO DE RELÓGIOS-DE-SOL. EQUATORIAL E ANALEMÁTICO, página na internet <http://skolor.nacka.se/samskolan/eaee/summerschools/RelojosPor.html> visitada em 20/jan/2011.

Ficha técnica

Autor *Samuel Rocha de Oliveira*

Revisor *Adolfo Maia Jr.*

Coordenação de Mídias Audiovisuais *Prof. Dr. Eduardo Paiva*

Coordenador acadêmico *Prof. Dr. Samuel Rocha de Oliveira*

Universidade Estadual de Campinas

Reitor *Fernando Ferreira Costa*

Vice-reitor *Edgar Salvadori de Decca*

Pró-Reitor de Pós-Graduação *Euclides de Mesquita Neto*

Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica

Diretor *Jayme Vaz Jr.*

Vice-diretor *Edmundo Capelas de Oliveira*

