

O ENSINO INTERDISCIPLINAR DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS: UM ESTUDO DO RELÓGIO DE SOL DA CIDADE DE FRANCA

Antônio Carlos Marangoni
Antônio César Geron
Lucinda M. de F. Rodrigues Coelho
Área de conhecimento: Ciências Matemáticas e Naturais

INTRODUÇÃO

Por experiências já vivenciadas com alunos do ensino médio e fundamental é notória a dificuldade que estes encontram na aplicação de conceitos matemáticos para elucidação de alguns fenômenos físicos observados no dia a dia.

Para facilitar o aprendizado e dirimir dúvidas que os alunos possuem tais como: a causa da ocorrência dos dias e noites; das estações diferenciadas no ano; dos diferentes climas que ocorrem no globo terrestre; dos diferentes fusos horários entre alguns países e qual a razão dos pólos da Terra serem congelados ,decidiu-se usar um instrumento utilizado há milhares de anos na orientação geográfica e na marcação do tempo, trata-se do relógio solar, verdadeiro laboratório a céu aberto (gnômon).

Este estudo diz respeito à questão do ensino interdisciplinar entre a Matemática, Geografia, História e Ciências no ensino fundamental e médio por meio da observação do relógio de Sol da cidade de Franca e da construção de um relógio de sol na escola.

OBJETIVO

Propor um estudo interdisciplinar entre a Matemática e as diversas áreas do conhecimento científico por meio da observação do relógio de Sol da cidade de Franca e da construção de um relógio de Sol.

METODOLOGIA

Numa primeira etapa do projeto, os alunos fizeram um levantamento histórico sobre o relógio de Sol cidade de Franca e o sobre o idealizador do mesmo o Frei Germano de Annecy. Em seguida, uma visita ao mesmo, onde conteúdos básicos de geometria e trigonometria foram discutidos durante a observação do monumento.

Trabalhamos conteúdos básicos de geometria, trigonometria e conhecimentos científicos utilizados na sua construção. Numa segunda etapa, utilizando-se dos conhecimentos anteriormente adquiridos os alunos construíram um Relógio de Sol mais simples de mostrador equatorial que pode ser realizado em qualquer escola com material reciclado, onde fixa-se uma haste perpendicular a uma placa inclinada sobre uma base horizontal na linha leste-oeste (L-W) fixada com um ângulo de $(90 - \varphi)$, em que φ é a latitude local ($\cong 20$ graus em Franca). Como o movimento de rotação da Terra é praticamente uniforme, dividimos a placa de 6 a 18 horas com intervalos igualmente espaçados de 15 graus. A demarcação das 12 horas deve estar bem no plano meridiano local e as demais ao longo de uma circunferência equatorial perpendicular ao gnômon.

RESULTADOS

RELÓGIO DE SOL NA HUMANIDADE

Há milhares e milhares de anos, o homem percebeu que um ritmo governava a vida da natureza: o nascer e o pôr do Sol e da Lua; as estações; as subidas e descidas das marés; as migrações dos pássaros. Resolveu, então, medir uma distância que lhe seria muito útil: entre o nascer do dia e o cair da noite. Fincou um bastão no solo: pela sombra, podia verificar a passagem do tempo, pois a sombra ia sempre mudando o comprimento e posição até o cair da noite. Mais tarde, colocou em volta do bastão uma série de marcações que indicariam os diferentes momentos do dia. Foi assim que surgiu o Relógio de Sol. O mais antigo encontrado em escavações é do ano 3500 a 3000 a.C.

Por volta de 575 a.C., o filósofo grego Ánaximandro entusiasmou-se ao conhecer esse instrumento numa de suas viagens à Ásia (pois os chineses também eram antigos conhecedores do Relógio de Sol). Introduziu então o aparelho na Grécia, aperfeiçoando-o a tal ponto que nenhum outro exemplar mais perfeito pôde ser encontrado até cerca de três séculos depois. Os progressos da Astronomia ajudaram a aprimorar a medição do tempo. Com a invenção do astrolábio, por Ptolomeu, no século II d. C., tornou-se possível calcular, de acordo com a posição do Sol, a duração do dia ou da noite, assim como prever o “levantar e o cair” de um astro no firmamento e a hora do crepúsculo e da aurora.

RELÓGIO DE SOL DA CIDADE DE FRANCA

No ano de 1.887, quando foi inaugurado o tráfego da Cia. Mogiana de Estradas de Ferro, em Franca, inaugurou-se o gnômon (nome científico de Relógio de Sol). Trata-se do dia 11 de abril de 1.887, embora esta data não coincida com a inscrição do gnômon - 1.886, a explicação é a seguinte: o monumento foi preparado em São Paulo ou talvez na Itália, embora haja em seu pedestal outra marca — Martineili. Mas o jornal “O Nono Districto” mencionava em seus anúncios de quermesse, a proveniência italiana. O dinheiro necessário para o custeio das despesas foi assim conseguido em Franca. A morosidade dos transportes de então teria sido a causa. Fôra, ao certo esculpido em 1.886 e inaugurado em 1.887 (11 de abril). Quanto à inauguração há absoluta certeza do dia. Esta afirmação encontra-se no dito jornal, nos anúncios relativos aos leilões para angariar o dinheiro necessário para sua construção: “O Relógio de Sol será inaugurado no dia da chegada da Mogiana a Franca”.

FREI GERMANO DE ANNECY

Nasceu na Alta Savóia (França) e morreu em 1890 a bordo do navio “Bearn” à altura das costas da Bahia, quando pretendia voltar à sua terra natal. Uma vez ordenado sacerdote franciscano, de Roma, a ordem o teria logo enviado para o distante Uruguai, como missionário, os velhos francanos diziam ser ele um bom orador sacro, apesar do sotaque; foi algumas vézes convidado para pregar missões na vizinha cidade de Uberaba, onde mais tarde passou um ou dois anos. Do Uruguai chegou ao Rio Grande do Sul, e posteriormente veio para São Paulo ou talvez Rio de Janeiro, onde conheceu D. Pedro II, cognominado o “Mecenas Brasileiro”, por seu interesse e proteção às artes, letras e ciências. Foi convidado pelo Imperador para dirigir o Observatório Nacional, cargo que não pôde aceitar, talvez devido a seu estado de saúde então precário. D. Pedro II deu-lhe de presente um cronômetro.

Em 1.856 teria vindo para São Paulo, convidado que fôra para lecionar no Seminário da Luz, junto à igreja de S. Cristovam, parte de Matemática e Ciências Naturais. Nas horas vagas dedicava-se à Geologia e à botânica. Na cidade de São Paulo, deixou vários trabalhos, notadamente dois gnômons, ambos no pátio do Seminário, hoje transferido para outro bairro. Quanto à data de chegada a Franca, não é bem conhecida. Trata-se porém do ano de 1.875, segundo notícias incertas no Nono Districto, em que anunciando coisas de seu colégio, o Culto à Ciências, avisava da chegada de um mestre ilustre para

Matemática e Física (foi o primeiro professor de Física da cidade). Sua residência foi na chácara do Pe. Cândido , hoje desaparecida pelo loteamento dos terrenos e derrubado o velho prédio, segundo informes de pessoas suas contemporâneas, que ainda pouco viviam em idade avançada.

Os informes do passado, numa sexta-feira, talvez do ano de 1.887 ou 1.888 (13 de abril de 1.887 ou 30 de março de 1.888,) ladrões penetraram em sua casa e levaram objetos. Aborrecido, um tanto maltratado pela doença que o atormentava (avitaminose), mudou-se para Uberaba, onde permaneceu por aproximadamente 3 anos, tendo posteriormente tentado retornar para a sua pátria, porém faleceu a bordo do navio, nas costas da Bahia, logo depois da saída da baía de todos os Santos.

LEITURA DAS HORAS SOLARES



Figura 1 – Relógio de Sol da Cidade de Franca

O Relógio de Sol apresenta: quatro mostradores horários, um mostrador zodiacal e a posição de Franca na esfera celeste. O todo acha-se orientado na direção Norte-Sul. Dos quatro mostradores, um está voltado para Norte (fig. 1), outro para o Sul (fig. 2) , um para Leste (fig.3) e outro para Oeste (fig. 4).

O MOSTRADOR NORTE:

Voltado para a Fonte Luminosa da Praça Nossa Senhora da Conceição, marca as últimas horas da manhã e as primeiras horas da tarde (imediatamente ao meio dia solar) no período do ano entre 03 de janeiro a 13 de dezembro, quando o Sol caminha para o Norte

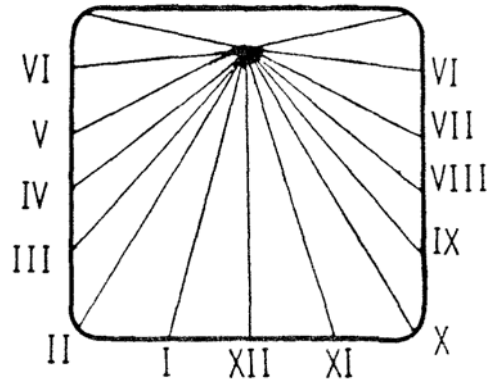


Figura 2 - Mostrador Norte

O MOSTRADOR SUL:

Voltado para a Catedral de N. S da Conceição, também marca as últimas horas da manhã e as primeiras horas da tarde (como o mostrador NORTE), mas nos últimos vinte dias de cada ano.

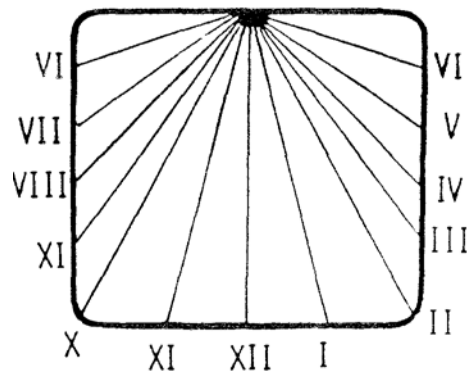


Figura 3 - Mostrador Sul

O MOSTRADOR LESTE:

Voltado para a Rua Major Claudiano, marca as primeiras horas da manhã, durante todo o ano. nascer do sol até 09 (10) horas, durante todo o ano.

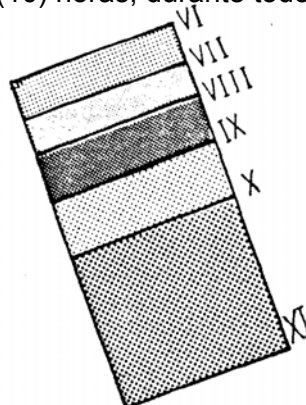


Figura 4 - Mostrador Leste

O MOSTRADOR OESTE:

Voltado para a Praça Barão da Franca, marca as últimas horas da tarde até o por do sol, **todos os dias do ano**. últimas horas da tarde . 15 (16) horas até o por do Sol, durante todos os dias do ano.

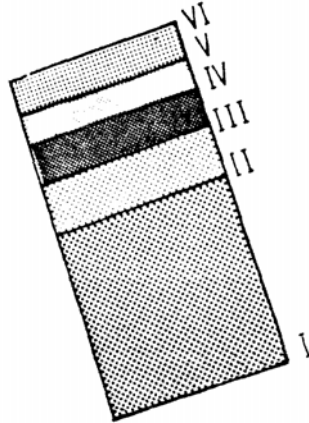


Figura 5 - Mostrador Oeste

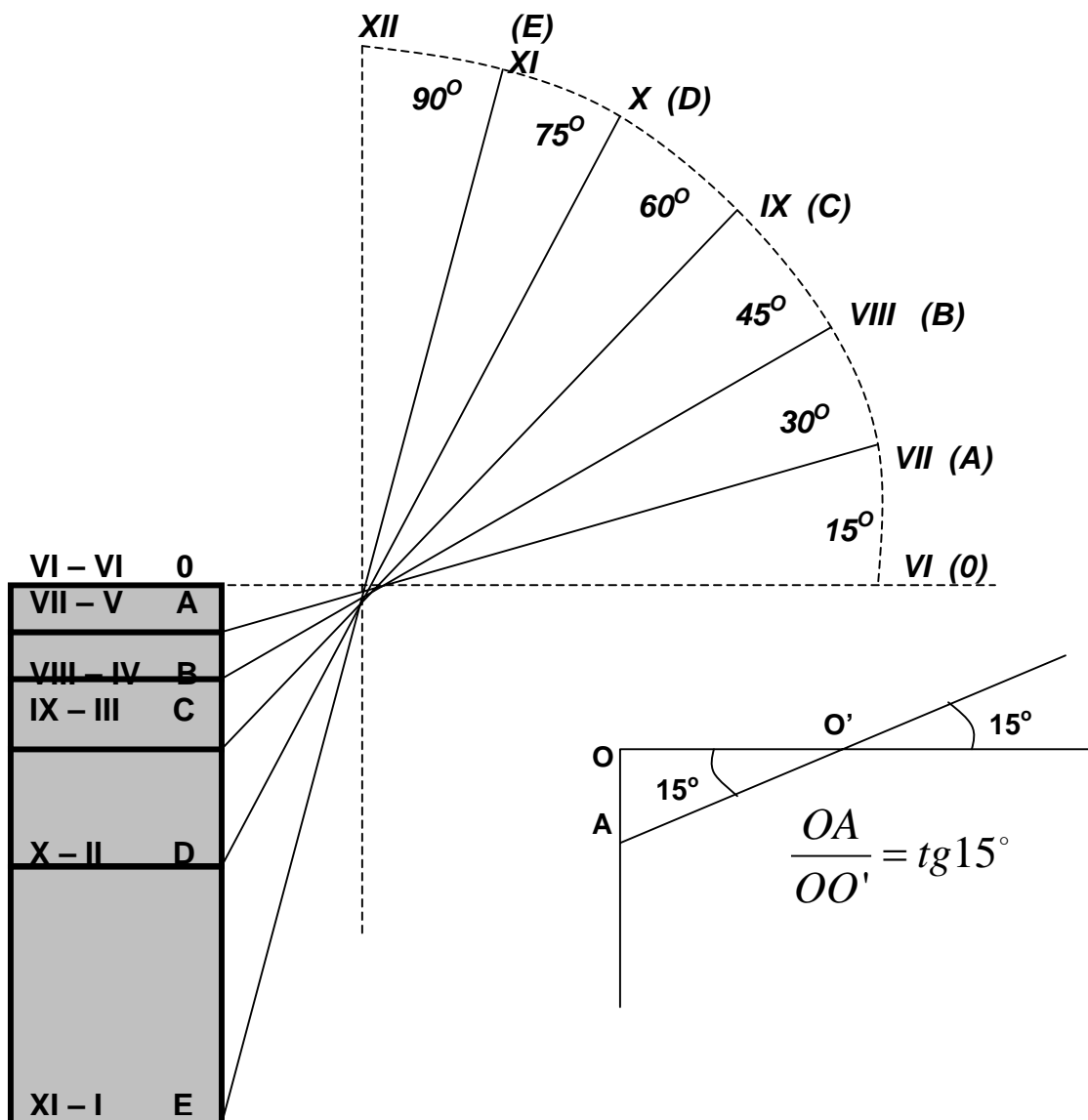


Figura 6 – Cálculos dos mostradores laterais

Na figura 6 as distâncias OA , OB , OC , OD , OE são diretamente proporcionais às tangentes dos dos horários (15° , 30° , 45° , 60° e 75°). Obedecendo a esta lei matemática, Frei Germano calculou as distâncias das gravações do mármore, para a confecção dos mostradores laterais de seu relógio de Sol.

Para ler as horas é preciso saber qual dos mostradores consultar, levando-se em conta a época do ano e o período do dia. Como a Terra tem outros movimentos além da rotação e translação, ocorre no decorrer do ano, diferenças entre a hora solar e a hora oficial. Para efetuar as correções deve-se seguir uma equação do tempo (fig. 7), observa-se que nos dias 15 de abril; 12 de junho; 1 de setembro e 24 de dezembro a diferença é nula, ou seja, para estas datas ao meio dia do relógio mecânico coincide com o meio dia solar, permitindo assim até acertar o relógio mecânico nestas datas pelo Relógio de Sol.

Equação do Tempo										
Janeiro	1	+ 3 ^{min}	Junho	2	- 2 ^{min}	Novembro	16	- 15 ^{min}		
	3	+ 4		7	- 1		21	- 14		
	6	+ 5		12	0		25	- 13		
	7	+ 6		18	+ 1	27	- 12	Dezembro	1	- 11
	10	+ 7		22	+ 2	3	- 10			
	13	+ 8		27	+ 3	6	- 9			
	15	+ 9		Julho	2	+ 4	8		- 8	
	18	+ 10			8	+ 5	10		- 7	
	21	+ 11			16	+ 6	12		- 6	
	25	+ 12			Agosto	11	+ 5		14	- 5
30	+ 13	16	+ 4	16		- 4				
Fevereiro	6	+ 14	21	+ 3		18	- 3			
	25	+ 13	24	+ 2		20	- 2			
Março	3	+ 12	29	+ 1	22	- 1				
	7	+ 11	Setembro	1	0	24	0			
	11	+ 10		4	- 1	27	+ 1			
	15	+ 9		7	- 2	28	+ 2			
	18	+ 8		10	- 3	31	+ 3			
	22	+ 7		12	- 4					
25	+ 6	15		- 5						
Abril	29	+ 5	18	- 6						
	1	+ 4	21	- 7						
	4	+ 3	24	- 8						
	8	+ 2	27	- 9						
	11	+ 1	30	- 10						
	15	0	Outubro	3	- 11					
	20	- 1		6	- 12					
25	- 2	10		- 13						
Maio	1	- 3		14	- 14					
	11	- 4	19	- 15						
	25	- 3	26	- 16						

Figura 7 – Tabela do tempo

MOSTRADOR ZODIACAL:

Na face NORTE do Relógio de Sol há um diagrama gravado na coluna de mármore. Sua finalidade é indicar a posição do sol, ao meio dia em sua passagem pelas constelações zodiacais. São elas em número de 12 (doze) e designadas pelos nome de: *ÁRIES, TAURUS, GEMINIS, CÂNCER, LEO, VIRGO, LIBRA, SCORPIO, SAGITTARIUS, CAPRICORNIUS, AQUARIUS E PISCIS.*

Mais ou menos, no dia 21 de cada mês, o Sol aparentemente “entra” numa constelação zodiacal. Em 21 de março entrará em Áries, em 21 de abril em Taurus, em 21 de maio em geminis, e assim por diante até fechar a circunferência celeste (usar o mapa celeste) . Sabendo o dia do ano basta procurá-lo no diagrama: ao lado será visto o símbolo da constelação. Esta observação deve ser feita ao meio dia, para confirmar pela sombra a posição do Sol.

O mesmo diagrama indica também os pontos EQUINOCIAIS (igual duração do dia e da noite a 21 de março e 23 de setembro) e os pontos SOLSTICIAIS (diferença na duração do dia e da noite a 21 de dezembro e 21 de junho).

Na parte mais alta do Relógio de Sol, encontra-se uma esfera. É a representação da esfera celeste, onde a inclinação relativa à posição de Franca no espaço é perfeitamente notada.

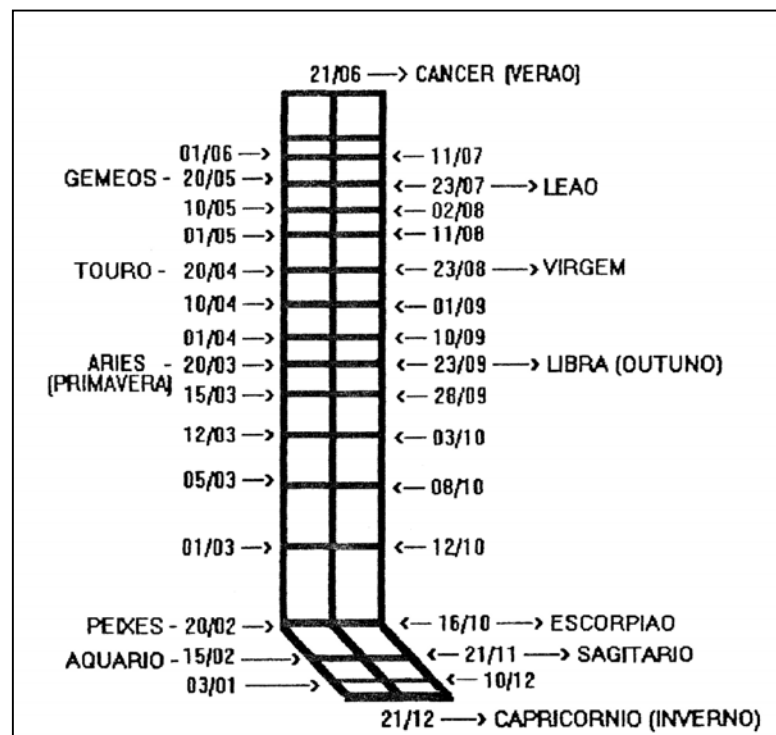


Figura 8 – Mostrador zodiacal

CONSTRUINDO UM RELÓGIO DE SOL

A expectativa em relação à montagem do relógio solar gera vontade de aprender e não decorar o que está sendo desenvolvido em sala de aula e fora dela.

Material:

Papel cartão branco (15cm x 15cm) ou similar; Pedaco de papelão; Cola e Caneta.

Construção:

Corte o papelão, como indica a figura 9, cuidando que o ângulo α seja o mesmo que o ângulo da latitude geográfica local ($\cong 20$ graus em Franca).

Dobre o papelão, conforme indica a figura 9 (parte pontilhada em ângulo reto), e cole-a no azulejo, como mostra a figura 10 (na metade do papel cartão, encostando numa borda). Verifique se ficou bem perpendicular em relação ao azulejo.

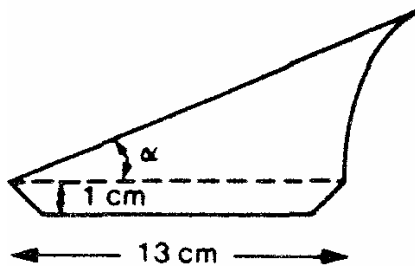


Figura 9 - Estilete

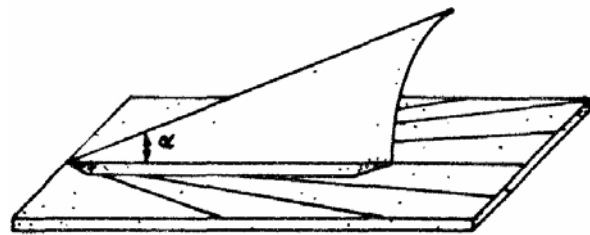


Figura 10 - Mostrador

Procedimento:

Coloque o relógio, num lugar horizontal, ao sol, de tal modo que o estilete indique a direção N-S com a ponta alta indicando para o Sul. Para encontrar a direção N-S, finque, num lugar plano e horizontal, uma haste vertical. Quando a sombra da mesma for a menor de todas (perto do meio-dia, para os que vivem em meridianos próximos ao de Brasília), a direção N-S estará representada pela direção da sombra (o Sul será a extremidade da sombra).

Servindo-se de um relógio com hora certa, marque, com uma linha, o papel cartão, onde fica a sombra projetada pela parte reta do triângulo nas horas certas, porém, consulte a tabela (fig. 7), para o dia em que você for fazer a marcação.

Observe, no decorrer do ano, as diferenças entre a hora solar e a hora oficial. (A Terra tem outros movimentos além da rotação e translação.)

O professor pede aos alunos que observem durante três dias a posição do Sol em vários momentos: bem cedinho (ao nascer), por volta das 9-10 horas da manhã, ao meio-dia, por volta das 3-4 horas da tarde e, à tardinha, quando o Sol estiver se pondo.

Ao mesmo tempo em que observam as posições do Sol, deverão observar as sombras de árvores, postes, casas, para verificar em que momentos do dia elas são mais longas e mais curtas.

O professor deve recomendar enfaticamente que não olhem diretamente para o Sol, nem mesmo com óculos escuros, pois isso é muito perigoso e pode até cegar.

Explicar que não é preciso olhar diretamente para o Sol para saber onde ele está. Basta olhar para o céu nas proximidades do Sol.

Depois de três dias de observação, o professor solicita aos alunos que narrem, por escrito, tudo o que observaram. Se achar conveniente, lê e comenta algumas redações.

Todo esse preparo tem como objetivo final a montagem, pelos alunos, de um relógio solar feito em papel cartão, onde o conhecimento adquirido foi aplicado na prática.

LIÇÕES SOBRE O PLANETA

A partir da 5ª série, os alunos têm maior contato com mapas e compreensão dos conceitos de longitude, latitude e dinâmica planetária. A observação do relógio de Sol possibilita a compreensão do movimento de rotação da Terra. A sombra projetada do ponteiro sobre o marcador durante o período em que há claridade permite aos alunos constatarem que o mostrador tem apenas 180 graus, definem as 12 horas do dia, pois o planeta tem aproximadamente a metade da superfície iluminada.

É interessante explicar que quanto mais distante o observador estiver da linha do Equador, mais curto será o percurso solar no céu e mais inclinada sua trajetória. Em localidades entre o Equador e os trópicos, essa inclinação é pouco perceptível. Na região tropical, o Sol fica a pino ao meio-dia, pelo menos um dia por ano nos limites, ou seja, exatamente sobre os trópicos, como é o caso da cidade de São Paulo. Esse dia é o chamado solstício de verão, quando começa a estação mais

quente do ano. Ao sul do trópico de Capricórnio ou ao norte do trópico de Câncer, essa situação nunca ocorre. Já nos extremo sul ou norte do planeta (delimitados pelo círculo polar Ártico e Antártico), há pelo menos um dia inteiro sem que o Sol se ponha (no verão) e um dia inteiro sem que o Sol apareça (no inverno).

Para destacar as informações sobre a variação da claridade durante o ano, colhemos informações do horário do nascer e do pôr do Sol (Jornal Folha de São Paulo) e construímos um gráfico com a variação da claridade. (fig. 11).

Simultaneamente os alunos observaram elementos fixos de seu campo de visão (prédios, árvores, montanhas), a posição no horizonte em que os dois fenômenos (nascer e por do Sol) ocorriam e os seus respectivos horários. A cada nova observação, os alunos perceberam que o Sol nasce e se põe em pontos diferentes ao longo do ano e que o período claro do dia é mais extenso no verão do que no inverno.

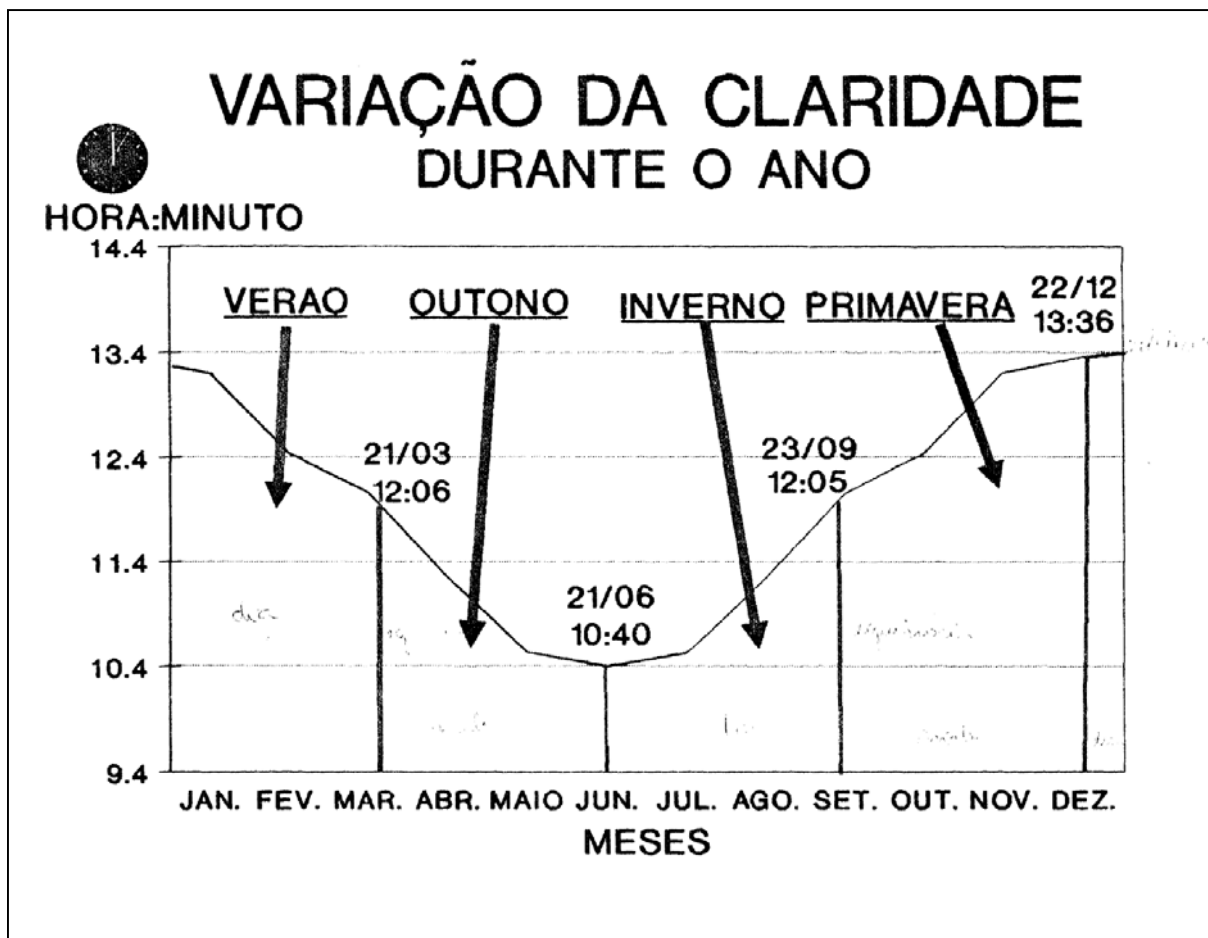


Figura 11 – Gráfico do período de claridade

CONTEÚDOS POSSÍVEIS DE SEREM TRABALHADOS:

Ângulos; Polígonos; Circunferência; Simetrias; Construções geométricas; Formas geométricas; Formas planas; Formas espaciais; Unidades de medida; Semelhança de triângulos; Trigonometria; Razões; Teorema de Pitágoras; Perímetro; Proporcionalidade na geometria; Movimento aparente do Sol na esfera celeste; Estações do ano; Solstícios e equinócios; O uso do gnômon; Fusos horários; Razões trigonométricas nos triângulos retângulos e as grandes descobertas do século XVI.

ALGUNS EXERCÍCIOS TRABALHADOS

Ao meio-dia, Sol a pino, um garoto empina papagaio. A linha que o segura, bem esticada, forma com a Terra um ângulo de 60° . Como a sombra do papagaio está distante 20m de onde se encontra o garoto, podemos afirmar que o papagaio está a que altura? São dados: $\sin 60^\circ = 0,87$; $\cos 60^\circ = 0,50$; $\text{tg } 60^\circ = 1,73$.

- a) 28,10 m
- b) 38,50 m
- c) 17,40 m
- d) 34,60 m



$$1,73 \cdot 20 = x$$

$$x = 34,6 \text{ m}$$

Do Pólo Sul, um astrônomo verifica que a Lua está colocada em um ângulo de 89° em relação ao diâmetro da Terra. No mesmo instante, no Pólo Norte, outro astrônomo faz a mesma observação, obtendo um ângulo de mesmo valor. Qual a distância da Terra à Lua? (Considere diâmetro da Terra $\cong 12\,000\text{km}$.)

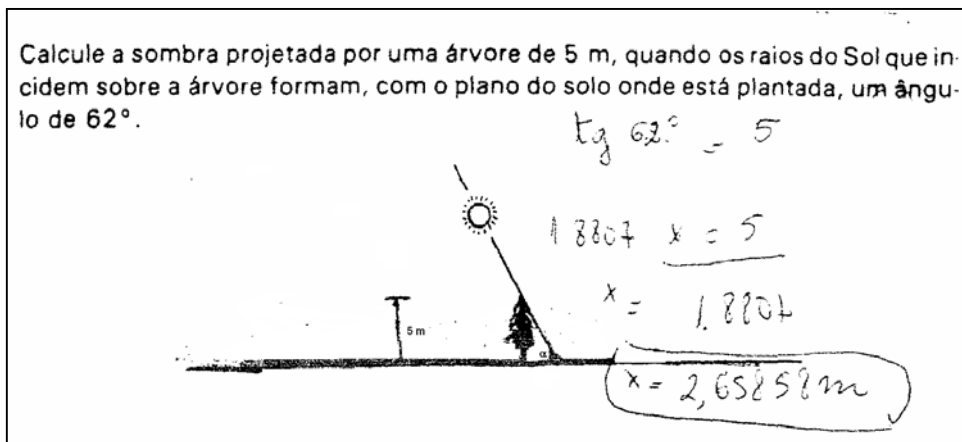
Obs.: A distância da Terra à Lua é a distância entre o centro da Terra e o centro da Lua.

$$\text{tg } 89^\circ = \frac{x}{6000}$$

$$57,29100 = \frac{x}{6000}$$

$$x = 343.740 \text{ km}$$





CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu aplicar conceitos de várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos históricos e geográficos, utilizando-se materiais pedagógicos de fácil acesso, que possibilita a um professor uma abordagem criativa durante a confecção e a utilização de um Relógio de Sol.

Mostrar que as Ciências da Natureza fazem uso de instrumentais matemáticos em seus procedimentos de quantificação, análise e modelagem.

O despertar do aluno para novas possibilidades de aprender e o prazer em desenvolver atividades lógicas e funcionais são indubitavelmente recompensadores tanto para os alunos como para o professor.

Além do papel articulador, a atividade desenvolvida, foi relevante no sentido de apresentar possibilidades metodológicas alternativas ao tratamento tradicional de alguns conteúdos matemáticos.

¹ Professor do Centro Universitário de Franca – Uni-FACEF

² Professor da Universidade de Franca - UNIFRAN

REFERÊNCIAS

ARRIBAS, Santos Diez. Experiências de Física ao alcance de todas as escolas/. Rio de Janeiro: FAE, 1988. NUNES, Djalma . Física. Volume 1 — Mecânica, So Paulo: Ática, 1993.

Atlas Atual: geografia/projeto e orientação Vincenzo Raffaele Bochicchio. - São paulo: Atual, 1989.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998. 174p.

CORRÊA JÚNIOR, Carmelino. Monografia sobre Frei Germario de Annecy, Museu Histórico Municipal “José Chiachiri, 1964.

MARANGONI, Antônio Carlos. Apostila Curso sobre o relógio de Sol. Arquivo Municipal, Franca, 1993.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. Anuário de Astronomia. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1984.

PAVANELLO, Regina Maria, ANDRADE, Roseli N.G. Formar professores para ensinar Geometria: um desafio para as licenciaturas em Matemática. In: Educação Matemática em Revista, Edição Especial, ano 9, nº 11 A. Sociedade Brasileira de Educação Matemática, São Paulo, 2002.

PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO: Matemática / Coord. Maria Inês Fini. – São Paulo : SEE, 2008.

VERÍSSIMO, Suzana. Máquina do Tempo. Superinteressante, ano 2, n. 9, setembro/1988. p. 64-65, So Paulo: Abril, 1988.