

DETERMINAÇÃO DIDÁTICA DA DURAÇÃO DO DIA SIDERAL PELA OBSERVAÇÃO DAS ESTRELAS α E β DO CENTAURO

CARLOS ALFREDO ARGÜELLO e MARCOS CESAR DANHONI NEVES

Instituto de Física, UNICAMP

O objetivo do presente trabalho é a apresentação de um método didático para a determinação da duração do dia sideral e da diferença deste com o dia solar médio, utilizando para isto uma instrumentação simples, que consiste de um relógio digital de pulso e um fio de prumo, o que torna esta observação-experiência possível de ser realizada por alunos de 2º grau (ou até mesmo de 1º grau).

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho, como exposto no Resumo, é apresentar um método didático da determinação da duração do dia sideral. Porém, antes de tratar do método propriamente dito, devemos ter em mente algumas definições para a clara compreensão dos resultados expostos na seção 3 (Resultados Obtidos).

1.1. ALGUMAS DEFINIÇÕES

- Determinação do Pólo Sul

Se estivéssemos no hemisfério norte a determinação do pólo elevado (o norte) seria extremamente simples, pois justamente no pólo norte encontra-se a estrela polar. Se observarmos pacientemente o "movimento" das estrelas, notaríamos que todas elas, exceto a polar, giram ao redor desta última.

As estrelas que "giram" ao redor do pólo elevado sem nunca descer abaixo do horizonte são chamadas estrelas *circumpolares*.

Como os habitantes do hemisfério sul não possuem uma estrela polar visível a olho nu, uma determinação simples do pólo celeste elevado sul consiste no prolongamento do braço maior da cruz do Cruzeiro do Sul de aproximadamente 4,5 vezes seu comprimento (obviamente na direção sul). A Figura 1 corresponde à "rotação" das estrelas ao redor do pólo celeste elevado sul e as Figuras 2 e 3 ilustram o procedimento para a sua determinação.

- Dia Sideral

Dia sideral é o tempo gasto pelas estrelas para realizarem

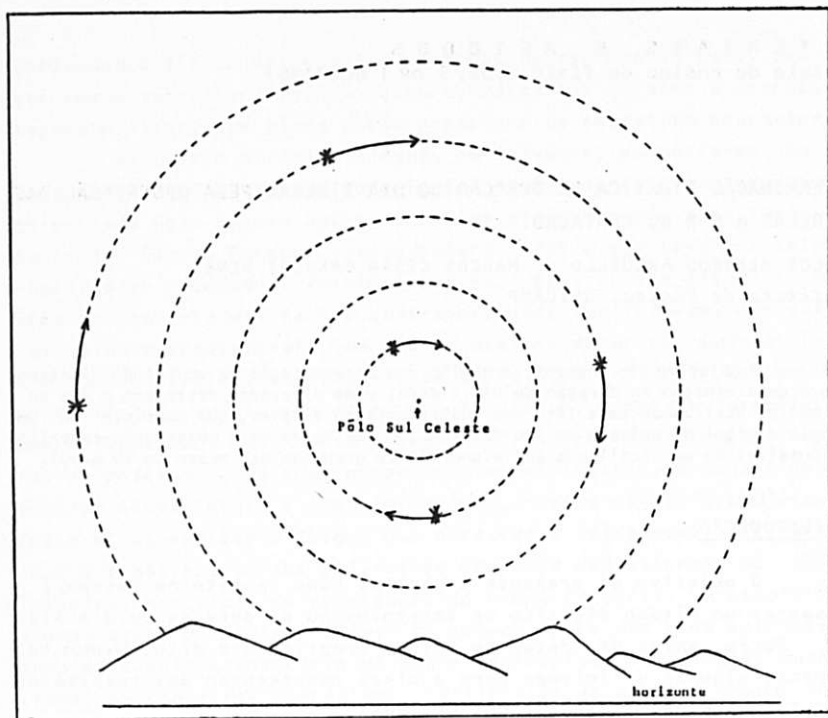


Figura 1 - Estrelas girando ao redor do pólo elevado celeste (sul).

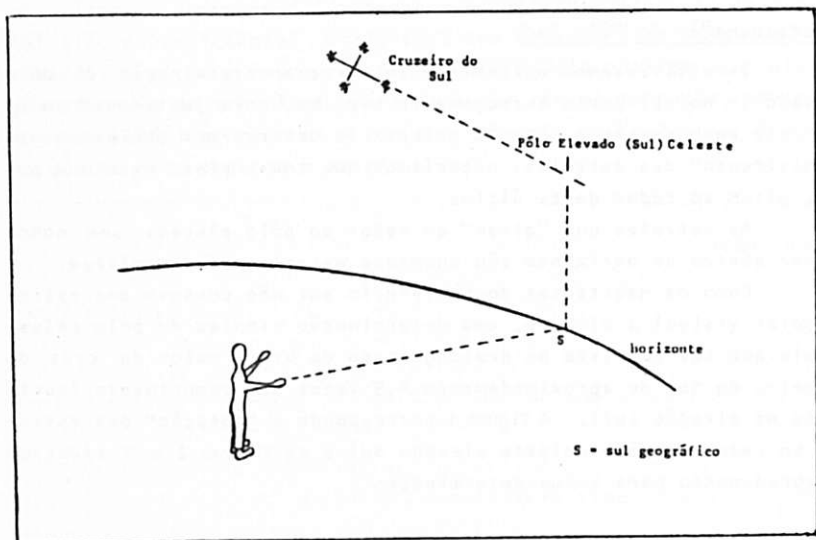


Figura 2 - Determinação do pólo sul celeste.

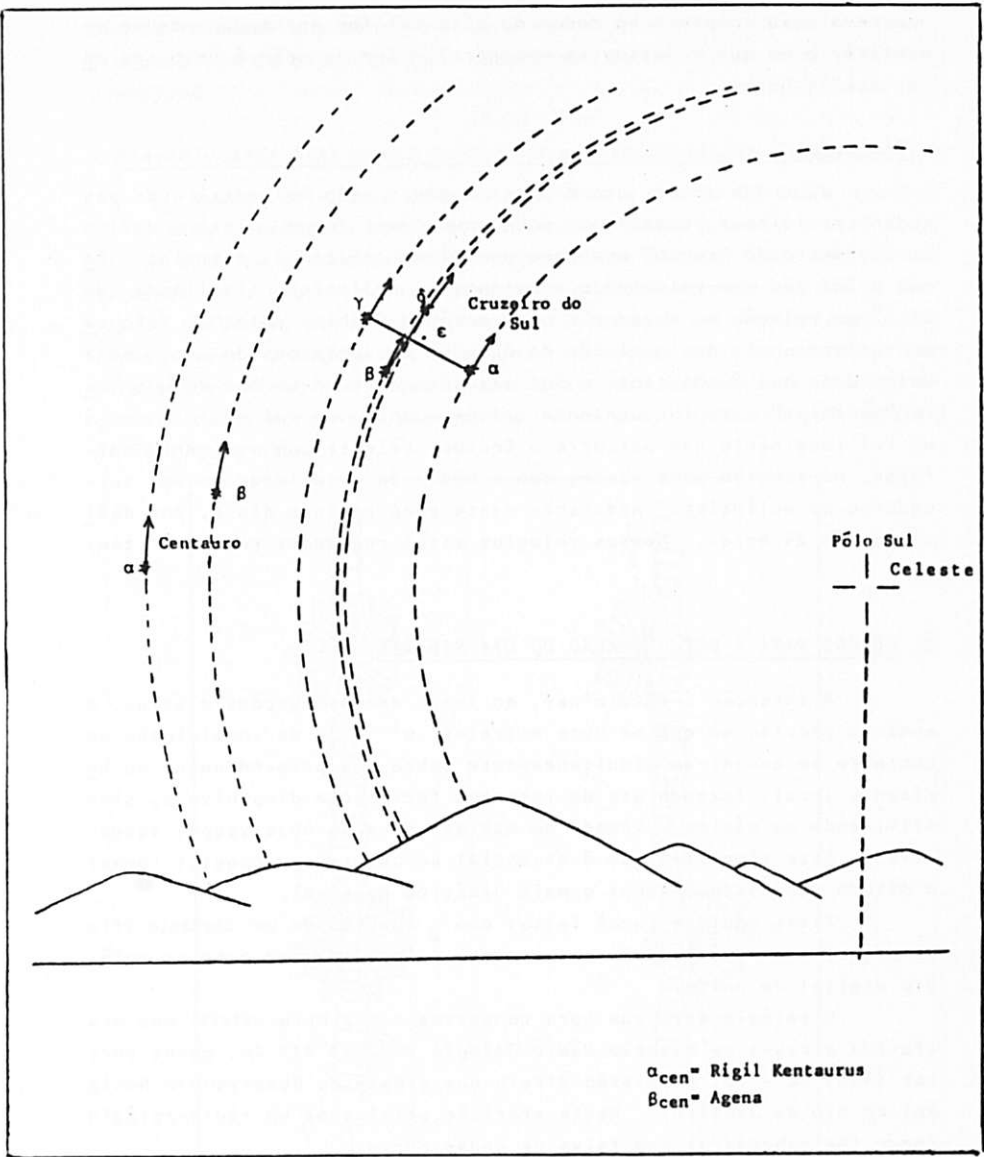


Figura 3 - As setas indicam o sentido de rotação das estrelas ao redor do pólo elevado celeste (sul).

uma revolução completa ao redor do pólo sul (ou norte, dependendo do hemisfério em que a pessoa se encontra). Sua duração é um pouco menor que 24 horas.

- Dia Solar

Já o dia solar, que é o tempo gasto pelo Sol entre duas passagens meridianas sucessivas, é um pouco mais longo. Isto é devido ao movimento de "reco" aparente do Sol em relação às estrelas. Porém o Sol não tem velocidade constante na eclíptica (inclinada de $23,5^{\circ}$ em relação ao Equador e que contém a "órbita solar"), fato caracterizado pela desigualdade da duração das estações do ano; se a velocidade não é constante o Sol verdadeiro não é um bom relógio. Para "remediar" este inconveniente criou-se então um *sol médio*, que é um sol imaginário que percorre o Equador celeste com movimento uniforme, no sentido para leste, com a média da velocidade do Sol verdadeiro na eclíptica. A duração deste percurso num dia é, por definição, de 24 horas. Nossos relógios estão regulados com este tempo.

2. MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO DIA SIDERAL

A intenção é determinar, ao longo de observações diárias, o momento preciso em que as duas estrelas α^* e β da constelação do Centauro se encontram simultaneamente sobre uma perpendicular ao horizonte local, fazendo uso de recursos facilmente disponíveis, simplificando ao máximo a tomada de medidas para as observações sucessivas. Esta simplificação é essencial ao objetivo proposto: tornar o método que desenvolvemos o mais didático possível.

Estas medidas foram feitas com o auxílio de um barbante (fio de prumo) e o horário do acontecimento foi medido mediante um relógio digital de pulso.

O relógio teve sua hora comparada com a hora oficial, que era aferida através da estação *Rádio Relógio Federal ZYZ 20*, ondas curtas (4905 Kc - retransmissão direta dos sinais do Observatório Nacional do Rio de Janeiro). Nesta aferição utilizamos um rádio-relógio comum (de cabeceira) com faixa de ondas curtas.

A simplicidade do instrumental confronta-se com a riqueza de resultados que podemos obter das diversas observações. Porém, antes de passarmos aos resultados propriamente ditos, devemos discu-

* α a do Centauro é a estrela mais próxima da Terra depois do nosso Sol. Sua distância é de cerca de 4 anos-luz.

tir um fenômeno que contribui para melhorar a precisão das medidas. É o problema da *sensitividade direcional da retina ou efeito Stiles-Crawford*.

- Sensitividade Direcional da Retina ou Efeito Stiles-Crawford

Quando alinhamos as duas estrelas α e β do Centauro ocultando-as simultaneamente atrás do barbante (fio de prumo), de tal forma que elas se encontrassem sobre uma perpendicular ao horizonte, cuidamos para que os raios emergentes provenientes de ambos os lados do barbante, para cada estrela, tivessem igual intensidade, conforme ilustra a Figura 4a. Pequenas variações nos deslocamentos das observações efetuadas podem causar drásticas mudanças na configuração dos raios marginais emergentes, como pode ser visto pelo esquema da Figura 4b.

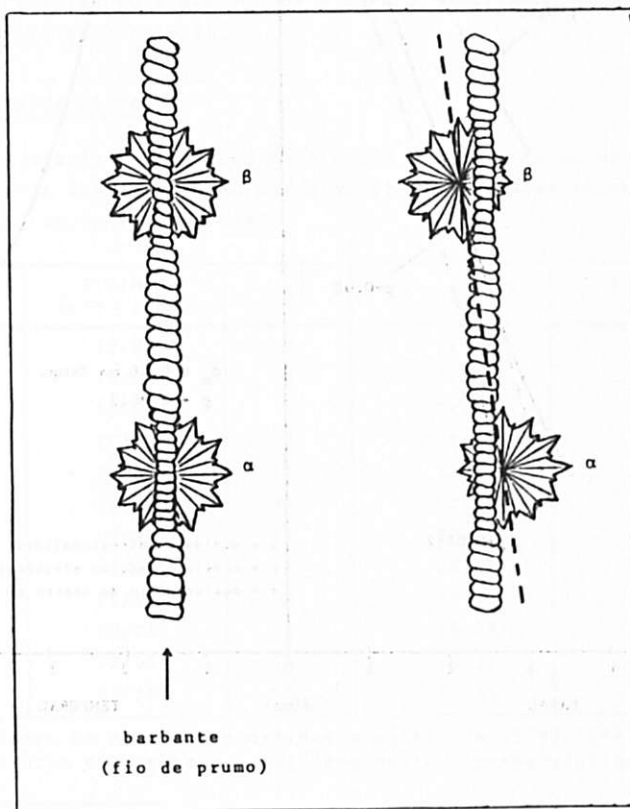


Figura 4 - (a) Observação correta; (b) Observação errada. Estrela vista sob o barbante.

Estes pequenos deslocamentos estrela-barbante-olho mudam o ângulo interno de recepção visual sobre a retina. A eficiência luminosa desta varia de forma muito pronunciada (logarítmica) com o ângulo de recepção visual (ver Figura 5).

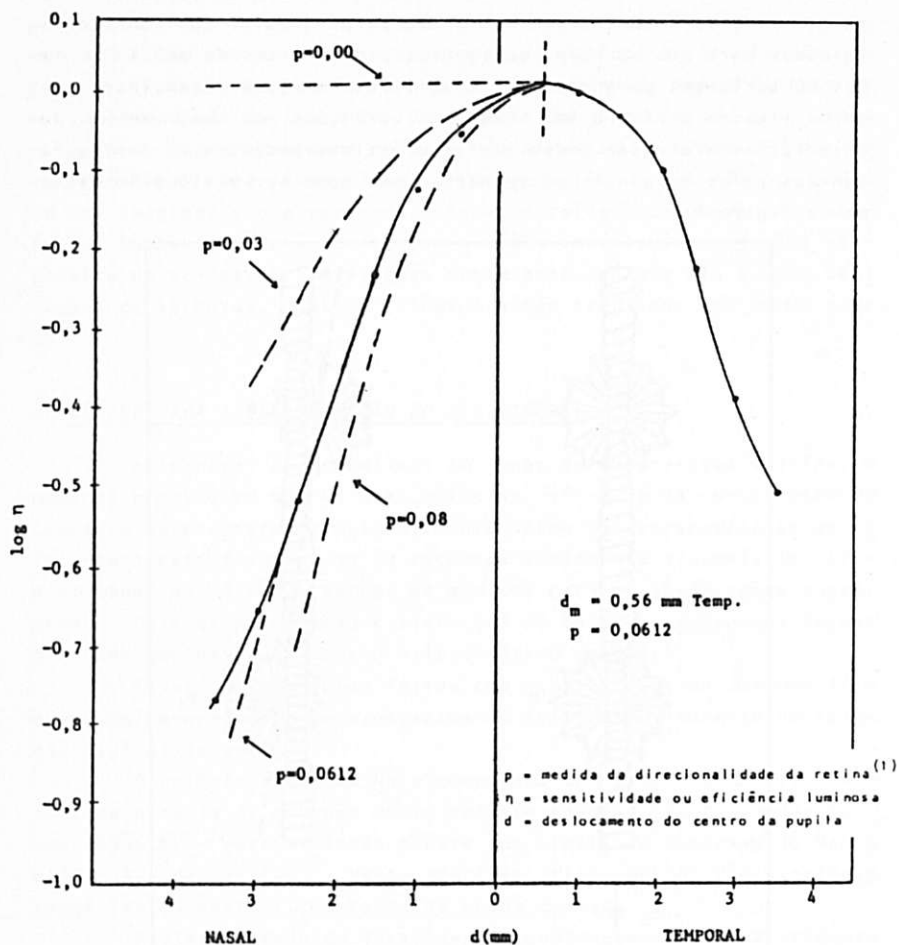


Figura 5 - Eficiência luminosa na retina.

Portanto, a sensibilidade da técnica proposta, de obter o a linhamento preciso pela igual luminosidade dos raios marginais incidindo na retina (Figura 4a), é muito alta, favorecida pelo efeito Stiles-Crawford^{*}.

A sensibilidade direcional da retina foi descoberta por Stiles e Crawford em 1933⁽¹⁾.

Determinou-se assim, a resposta a um estímulo luminoso incidente nos detetores da retina (cones e bastonetes) em diferentes ângulos de incidência θ .

Um padrão típico da sensibilidade direcional da fôvea (região contendo exclusivamente cones, onde a visão é muito mais aguda) é mostrado na Figura 5. A Figura 6 mostra o olho humano e a Figura 7 corresponde à direção do raio luminoso para o caso apresentado na Figura 4b. A figura menor presente em 7 corresponde à eficiência luminosa utilizando o gráfico da Figura 5, mostrando a região onde "caem" os raios marginais.

3. RESULTADOS OBTIDOS

A tabela abaixo apresenta o dia e o horário em que as estrelas α e β do Centauro se encontraram simultaneamente sobre uma perpendicular ao horizonte local.

n	Dia/Mês (ano = 1984)	D ⁺	t _n ⁺⁺	t _n - t ₁₂ (min)
1	17/03	0	22:10	245
2	23/03	6	21:47	232
3	24/03	7	21:41	226
4	25/03	8	21:38	223
5	28/03	11	21:26	211
6	05/04	19	20:55	180
7	09/04	23	20:39	164
8	12/04	26	20:26	151
9	25/04	39	19:37	102
10	09/05	53	18:42	47
11	10/05	54	18:37	42
12	22/05	66	17:55	00

⁺D = número de dias transcorridos a partir de 17/03/1984;

⁺⁺t_n = horário do encontro simultâneo sobre a perpendicular.

*A utilização de um barbante com o diâmetro um pouco menor que o diâmetro da pupila durante a observação noturna é aconselhável a fim de utilizar prioritariamente os raios marginais.

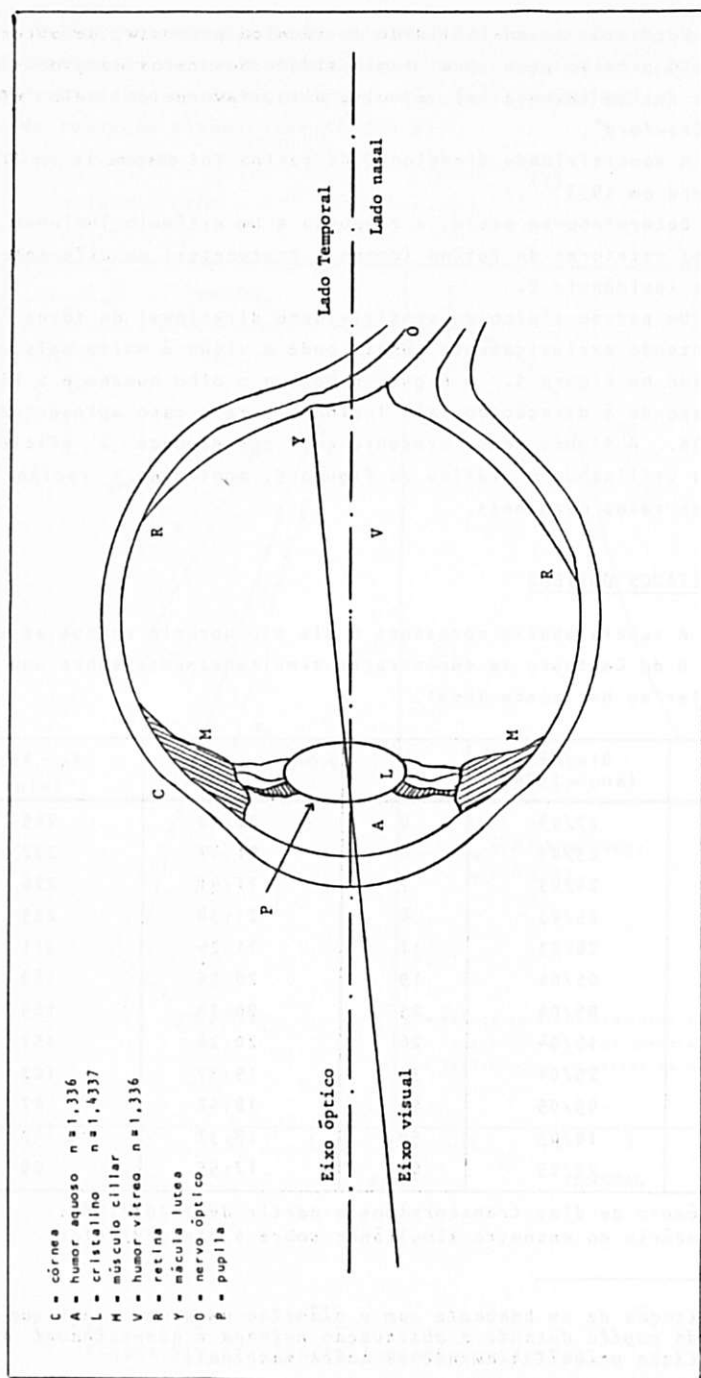


Figura 6 - O olho humano.

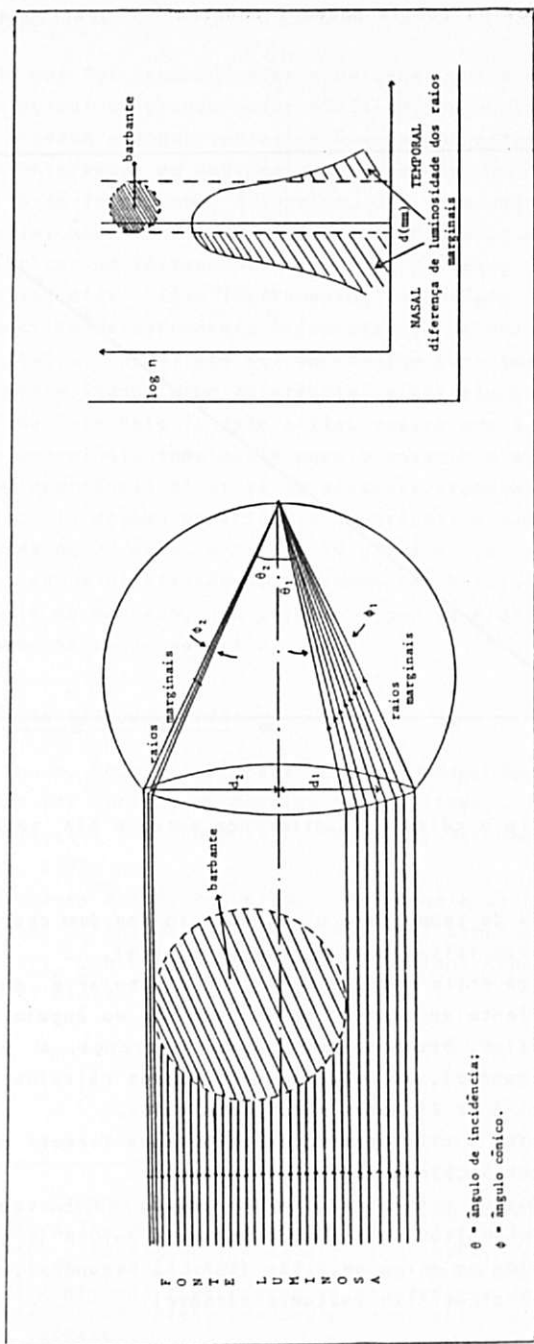


Figura 7 - Direção dos raios incidentes conforme Figura 4b. No desenho menor, região do gráfico da Figura 5 para a eficiência luminosa no caso ilustrado acima.

Dos valores da tabela podemos construir o gráfico abaixo:

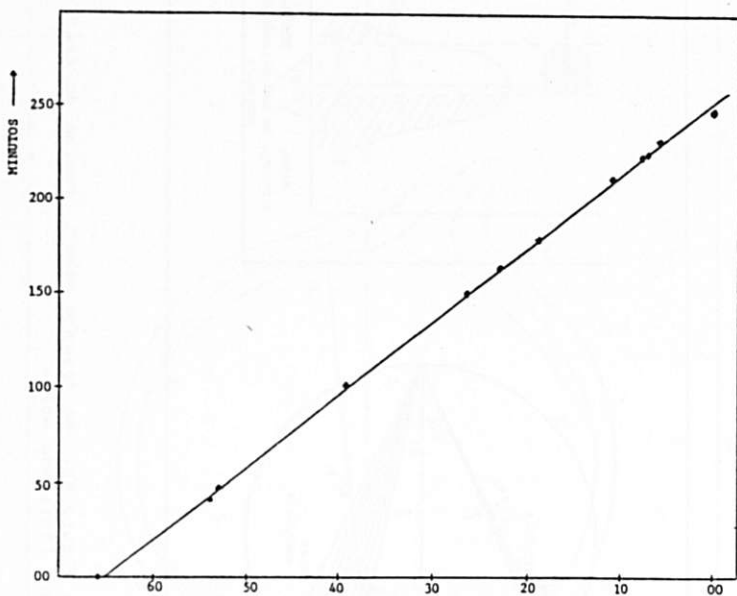


Gráfico obtido para o cálculo da diferença entre o dia solar médio e o dia sideral.

As medidas do tempo para o alinhamento das duas estrelas com o fio de prumo foram feitas com um relógio digital.

A diferença entre o dia sideral e o dia solar é dada pelo cálculo do coeficiente angular da reta (tangente do ângulo de inclinação). Pelo gráfico, obtemos, para esta diferença, o valor de 3min57seg (237 segundos), ou seja, segundo nossos cálculos, a duração do dia sideral é de 24 horas menos esse valor.

Uma consulta à bibliografia especializada fornece como correto o valor de 3min56,55seg (236,55 segundos).

Se levarmos em consideração a imprecisão do instrumento de medidas (o relógio digital) e o efeito Stiles-Crawford (o cálculo do erro afetou a medida em cerca de 0,5%: (237 ± 1) segundos), que está dentro de um rigor científico bastante razoável.

4. CONCLUSÃO

Do que foi exposto podemos perceber que uma experiência deste gênero possui um grande valor didático, haja vista a diversidade de temas ligados a conceitos astronômicos que podem ser explorados.

A observação do movimento estelar nos leva inevitavelmente ao conceito de *tempo*: ano, dia solar, dia solar médio, dia sideral, etc.. Assim, num "correr de olhos" pela História da Ciência, poderíamos fabricar um instrumento de medida de tempo baseado no movimento das estrelas. Este instrumento, um relógio noturno, está muito bem descrito na referência 4 (construção de uma réplica de um relógio de 1568). Porém, ele foi construído para ser utilizado no hemisfério norte (tendo como referências a estrela polar e as estrelas α e β da Ursa Maior); este artigo mostra que é possível a construção de um relógio semelhante para o nosso hemisfério*.

A importância didática do presente trabalho deve-se também ao planejamento de uma experiência quantitativa simples que pode ser desenvolvida no 2º grau (e até no 1º grau) e que, apesar de sua simplicidade, com a utilização de equipamentos baratos ou facilmente encontráveis no mercado, não perde o rigor da precisão científica, como observado na seção anterior.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- (1) J.M. Enoch, "Optical Properties of the Retinal Receptors", Journal of the Optical Society of America 53, 71 (1963).
- (2) B. Krasavtsev & B. Khlyustin, "Nautical Astronomy", Mir Publishers, Moscow, 1970.
- (3) M.C.D. Neves & C.A. Argüello, "Astronomia de Régua e Compasso: de Kepler a Ptolomeu", Editora Papirus, Campinas, 1986.
- (4) M. Felli, "L'orologio Notturmo", Edizioni Arnaud e Istituto e Museo di Storia Della Scienza, Italia.

*Poderíamos utilizar também outros pares de estrelas, desde que circumpolares (ou quase circumpolares), além das estrelas α e β do Centauro. Poderíamos, a título de exemplo, citar as α e β da Hydra, os próprios pares das estrelas do Cruzeiro (12 combinações possíveis) e algumas combinações na constelação de Carina (os melhores períodos de observação podem ser obtidos recorrendo-se a uma Carta Celeste).