



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN



F609 - Instrumentação para o Ensino de Física I  
RELATÓRIO FINAL

# Alguns Experimentos Básicos de Astronomia e Astronáutica



**Aluno:** Rafael Alves Batista

**RA:** 045830

**Orientador:** Ernesto Kemp

**Co-orientador:** Luis Fernando G. Gonzalez



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Um Astrolábio Rudimentar</b>	<b>7</b>
2.1	Introdução . . . . .	7
2.2	Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso . . . . .	8
2.3	Materiais Utilizados e Procedimento de Construção . . . . .	9
2.4	Considerações Gerais . . . . .	9
<b>3</b>	<b>As Fases da Lua numa Caixa</b>	<b>13</b>
3.1	Introdução . . . . .	13
3.2	Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso . . . . .	13
3.3	Materiais Utilizados e Procedimento de Construção . . . . .	14
3.4	Considerações Gerais . . . . .	17
<b>4</b>	<b>A Propulsão de Foguetes</b>	<b>19</b>
4.1	Introdução . . . . .	19
4.2	Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso . . . . .	20
4.3	Materiais Utilizados e Procedimento de Construção . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Relógio Solar</b>	<b>23</b>
5.1	Introdução . . . . .	23
5.2	Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso . . . . .	24
5.3	Materiais Utilizados e Procedimento de Construção . . . . .	24
5.4	Considerações Gerais . . . . .	25
<b>6</b>	<b>Comentários do Orientador</b>	<b>29</b>



# Capítulo 1

## Introdução

A astronomia, isto é, a ciência que trata dos fenômenos celestes, é a mais antiga dentre as ciências. Desde os primórdios da Humanidade os fenômenos que ocorrem na abóboda celeste sempre despertaram a curiosidade das pessoas. Ainda hoje, a astronomia é uma das áreas do conhecimento que mais atrai a atenção do senso comum. Veículos de divulgação dos mais diversos tipos frequentemente noticiam efemérides astronômicas tais como eclipses, chuvas de meteoros, conjunção de planetas, dentre outros fenômenos. As informações veiculadas por estes meios de comunicação, muitas vezes, é imprecisa e dificulta a difusão da astronomia. Nem mesmo os livros didáticos não estão livres de erros conceituais deste assunto, conforme mostrado por Canalle, Trevisan e Lattari[1].

Desde o ensino fundamental, até o ensino superior, a astronomia é uma porta para despertar a curiosidade das pessoas pela ciência. Sendo assim, a astronomia é *“motor poderoso o suficiente para permitir ao docenter [...] aproveitar a sua curiosidade [dos alunos] por essa ciência para não somente desenvolver conceitos básicos, mas favorecer o desenvolvimento de outros pertencentes a diferentes disciplinas”*. [2]

Um grande problema para o ensino da astronomia é o desconhecimento do assunto pelo professor. A astronomia é pouquíssimo abordada nos cursos de licenciatura em física e geografia, disciplinas estas cujas respectivas ementas abrangem a astronomia. Langhi[3] diz que

*“Levando-se em conta que os conteúdos de astronomia devem fazer parte do ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental, a formação do docente precisa de um mínimo de condições para que o futuro professor se sinta capacitado a ensiná-los, o que pode ser garantido em parte pela inclusão dos fundamentos teóricos e práticos sobre o tema, seja na formação inicial, ou continuada. Em poucas palavras: para se ensinar conteúdos, é necessário conhecer bem estes conteúdos.*

*Contudo, eles precisam ser trabalhados adequadamente, o que pode ser conseguido por uma transposição didática e metodologias de ensino apropriadas para cada realidade.”*

Neste trabalho propomos a construção de material didático de baixíssimo custo para ensino de Astronomia. Apesar de simples, os experimentos apresentados aqui envolvem conceitos elementares de Astronomia e Física, que quando bem compreendidos, fornecem uma base excelente para os alunos. Os experimentos não têm um público alvo, mas são de maior utilidade para alunos de ensino fundamental, visto que em séries mais avançada os alunos já estão (ou deveriam estar) familiarizados com tais conceitos.

Os experimentos aqui apresentados ilustram apenas alguns dentre diversos outros que podem ser utilizados por professores em sala de aula para motivar os alunos. Devido à multidisciplinaridade da astronomia, os mesmo experimentos aqui apresentados podem ser utilizados tanto para o ensino de ciências em séries fundamentais, como para o ensino de geografia, matemática, história e física nos ensinos fundamental e médio.

Quando estes experimentos foram pensados, desejava-se realizar experimentos extremamente simples, que envolvesse diversos conceitos elementares, e que pudessem ser construídos com sucata e materiais de baixíssimo custo. Eles também foram pensados para que os próprios alunos pudessem construí-los em suas casas, com os materiais disponíveis. Apesar dos experimentos serem bastante sensíveis e requererem certos cuidados no manuseio, como o intuito era que os próprios alunos pudessem construí-los, eles teriam o devido cuidado ao manuseá-los. Dentre os materiais utilizados, os únicos que oferecem um certo custo são a lanterna, o transferidor e a bola de ping pong (que pode ser substituída por qualquer objeto esférico com coloração adequada). Caixas, sacos plásticos, tesoura, régua, transferidor, canudinho, caixa de papelão, estilete, barbante, fita isolante e fita adesiva. Também é necessária uma bússola. No entanto, esta não precisa ser comprada, pode ser construída pelos próprios alunos<sup>1</sup>.

O presente relatório está estruturado em capítulos, sendo cada capítulo referente a um experimento. Para cada um destes, após uma breve descrição dos conceitos físicos envolvidos, são mostradas as fotos do processo de construção do experimento, e foca-se na importância didática e possíveis contextos de aplicação dos mesmos em sala de aula.

---

<sup>1</sup>Neste trabalho foi comprada uma bússola pois sua construção está fora do escopo do projeto.

# Capítulo 2

## Um Astrolábio Rudimentar

### 2.1 Introdução

As origens do astrolábio remontam à Grécia antiga, com Apolônio, o grande estudioso de cônicas. Foi Hiparco de Nicéia que, apesar de não ter inventado o astrolábio, desenvolveu toda a teoria de projeções sem a necessidade de trigonometria esférica, fornecendo os alicerces teóricos para a construção do astrolábio.[4]

Um astrolábio é uma representação da esfera celeste num plano. Seu nome deriva do grego *astron*, que significa corpo celeste, e *lambanien*, que significa apanhador, sendo astrolábio, portanto, o apanhador de corpos celestes[5]. O astrolábio sofreu diversas modificações com o decorrer do tempo. Inicialmente, ele consistia apenas num instrumento para medir a altura dos astros em relação ao horizonte e resolver problemas trigonométricos. Com o passar do tempo ele evoluiu para um instrumento astronômico com diversas funções, dentre elas:

- medir posição de objetos celestes;
- medir o horário;
- medir altura de objetos no céu em relação ao horizonte;
- estimar a região visível do céu em determinada noite;
- determinar a latitude.

O astrolábio moderno consiste num disco-mãe, que segura um ou dois pratos. Estes pratos são únicos para uma dada latitude e contém uma projeção estereográfica, que por sua vez contém círculos de altitude e azimute. Estes círculos também podem indicar a porção da esfera celeste visível em um dado horário. O disco-mãe contém graduações angulares. Acima dos pratos há

um aparato projeção do plano da eclíptica<sup>1</sup>. Alguns astrolábios contêm uma espécie de carta celeste, que quando rotacionada, indica coordenadas nos pratos. Uma rotação completa deste aparato indica a passagem de um dia.[6, 7, 8] A figura 2.1 mostra as partes que compõem um astrolábio moderno.

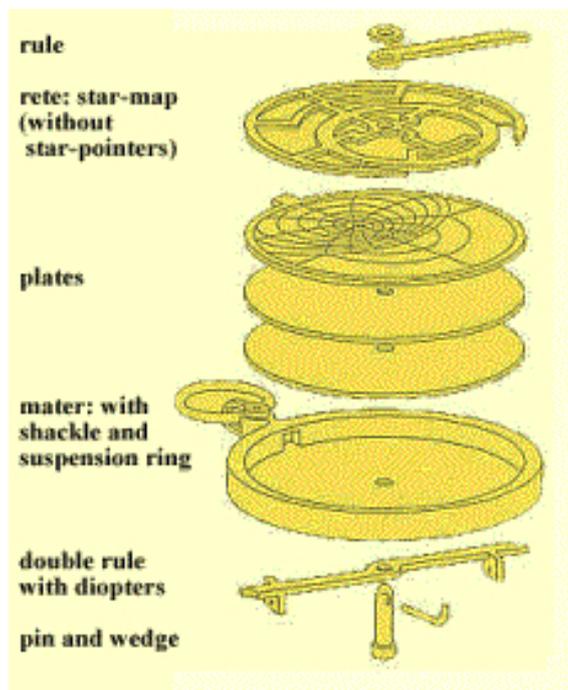


Figura 2.1: Partes que compõem um astrolábio; figura extraída de [8].

## 2.2 Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso

O astrolábio foi largamente utilizado durante o período das Grandes Navegações. O astrolábio simples aqui construído, apesar de não possuir todas as funções dos mais modernos, permite obter a altura de um astro em relação ao horizonte.

Este experimento pode ser introduzido em vários contextos. Tem utilidade para ensino de história, devido ao seu vasto uso para navegação, e geografia, por permitir a determinação da latitude a partir da altura de um astro no céu. Na matemática é possível estimar a altura de objetos através da medida do ângulo com o astrolábio e da distância até a base do objeto.

<sup>1</sup>A eclíptica é a trajetória aparente do sol ao redor no céu.

No ensino de física, o astrolábio possibilita a melhor compreensão do movimento dos astros no céu. O registro das alturas dos astros no céu por longos períodos de tempo, permite compreender por que, no verão, os dias têm duração maior que no inverno, isto é, o mecanismo das estações do ano.

Atividades interessantes com um astrolábio bastante similar ao aqui construído foi proposta em [9]. A primeira atividade consiste em medir a altura de prédios utilizando o ângulo medido pelo astrolábio, e a distância até a base do edifício. A outra atividade proposta é medir a altura do sol semanalmente e observar variações.

Como atividade complementar que se propõe aqui é que se realize uma medida semanal por um longo período de tempo (mais que 6 meses). O que deverá observar é o valor da altura do Sol nos solstícios e equinócios.

## 2.3 Materiais Utilizados e Procedimento de Construção

Os materiais necessários para este experimento são:

- transferidor;
- canudinho;
- fita adesiva;
- roela;
- barbante;

conforme mostrado na figura 2.3.

Este experimento consistiu na construção de um astrolábio rudimentar, com a função de medir a altura dos astros no céu. Sua construção é bastante simples. Pega-se um transferidor e atacha-se um canudinho a seu centro. Com a fita adesiva, cola-se um barbante perpendicularmente ao canudinho. Na extremidade deste barbante amarra-se uma roela, de modo que o barbante passe a funcionar como um fio de prumo. O resultado final é mostrado na figura 2.3.

## 2.4 Considerações Gerais

Este experimento foi muito bem sucedido em sua proposta de ser um astrolábio rudimentar para medir a altura de astros no céu. Uma possível melhoria na montagem seria usar um transferidor que fosse de 0 a 90 graus, para facilitar a leitura.



Figura 2.2: Materiais utilizados para a construção do astrolábio.

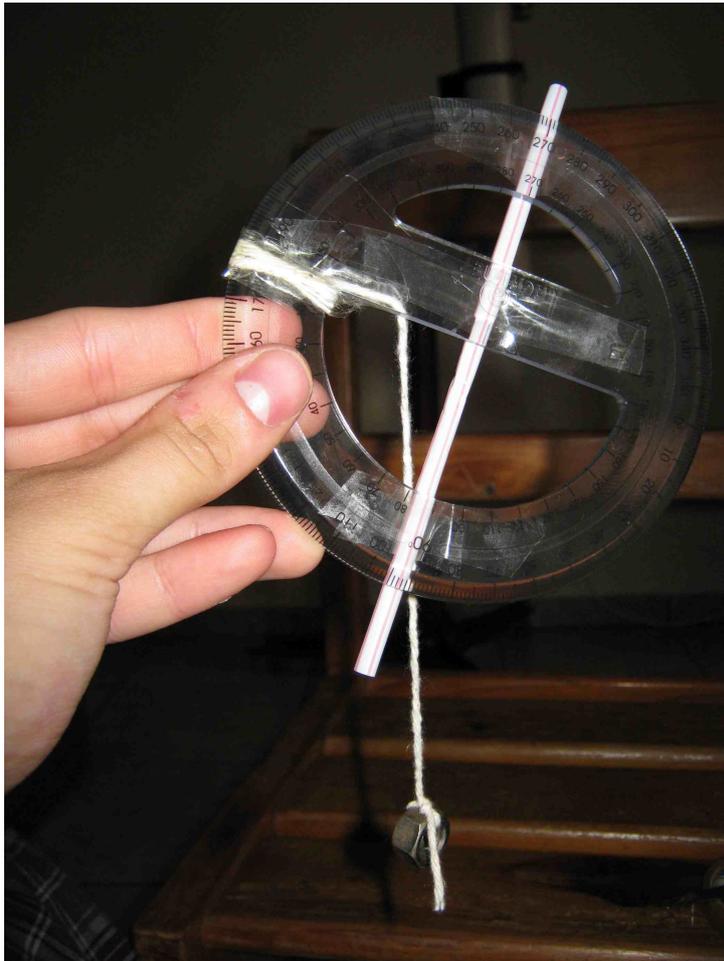


Figura 2.3: Astrolábio concluído.



# Capítulo 3

## As Fases da Lua numa Caixa

### 3.1 Introdução

Apesar das fases da Lua serem um dos fenômenos astronômicos mais comuns, há um grande desconhecimento por parte do público geral, estudantes universitários[10] e até professores de ciências[11]. Muitas vezes, o público acredita que as fases da Lua são originadas devido ao posicionamento da Terra que projeta sua sombra sobre a Lua[12].

As fases da Lua são conhecidas desde a Antiguidade. Aristóteles (384-322 a.C.) há mais de dois milênios atrás já deixara registros que contêm a explicação para as fases da Lua[12]. A figura 3.1 mostra a origem dos mecanismos de fases da Lua. Nesta figura nota-se claramente que as fases da Lua originam-se, simplesmente, do ângulo sob o qual vemos a Lua iluminada pela Sol, a partir da Terra. A figura também mostra as principais fases (cheia, nova, quarto crescente e quarto minguante).

### 3.2 Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso

Este experimento simples tem o objetivo de permitir a visualização dos mecanismos de fases da Lua. Apesar de ser mais útil para turmas de ensino fundamental no curso de ciências, conforme descrito anteriormente, ele também pode ser utilizado para o grande público, visto que este tem uma pré-concepção distorcida sobre os mecanismos que originam as fases da Lua.

Caso os alunos construíssem este experimento, isto ajudaria a afixar a geometria do sistema Terra-Sol-Lua e facilitar na compreensão não só do fenômeno das fases da Lua, como também dos eclipses.

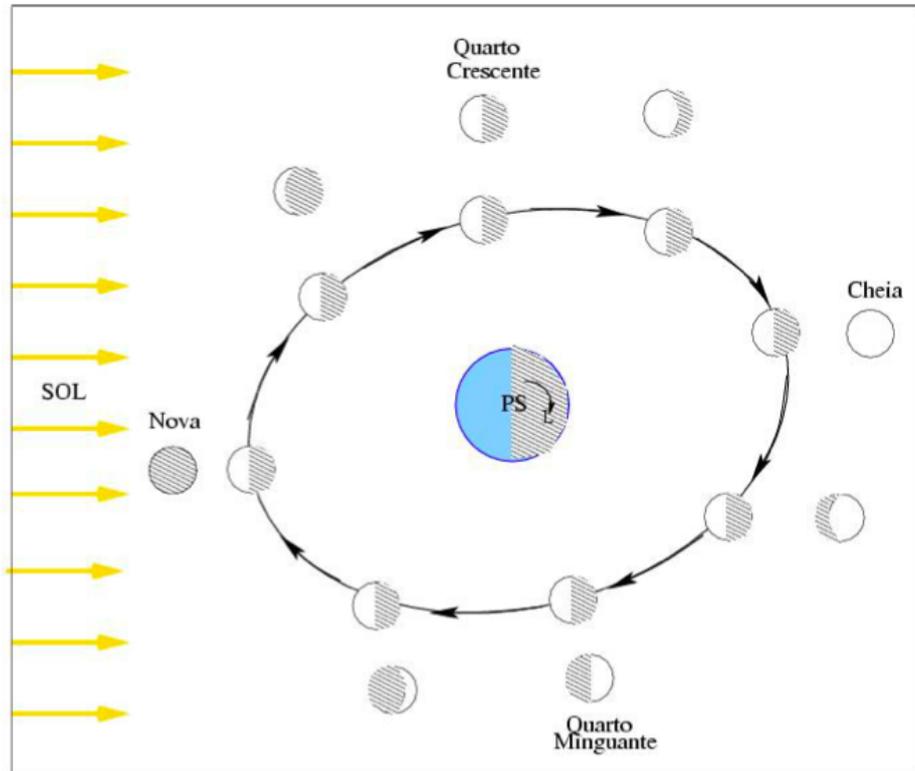


Figura 3.1: As fases da lua; figura extraída de [12].

### 3.3 Materiais Utilizados e Procedimento de Construção

Os materiais necessários para este experimento são:

- caixa de papelão grande;
- bola de ping pong;
- estilete;
- barbante;
- fita isolante;
- fita adesiva;
- estilete;
- sacos de lixo;

- lanterna;

conforme mostrado na figura 3.3.



Figura 3.2: Materiais utilizados para a construção do experimento de fases da lua.

A primeira parte da construção deste experimento consistiu em testar se, de fato, seria possível visualizar as fases da lua na bola de ping pong. O resultado é mostrado na figura 3.3, à esquerda. Devido à transparência da bola de ping pong, esta era atravessada pela luz incidente. A primeira solução tentada foi revestir o objeto com fita crepe. A solução definitiva foi revestir a bola de ping pong com fita isolante e depois com fita crepe, conforme mostrado na figura 3.3, à direita. O resultado final da “lua” iluminada por uma fonte de luz é mostrado na figura 3.3.

Com a “lua” pronta, iniciamos o procedimento de posicionamento desta no interior da caixa. A caixa foi perfurada em vários pontos, como mostrado na figura 3.3. Através destes furos foram passados barbantes, que seriam utilizados para afixar a “lua” e o “sol” (lanterna).



Figura 3.3: À esquerda: bola de ping pong iluminada pela lanterna, permitindo a transmissão da luz incidente. À direita: bola de ping pong revestida com fita crepe, e outra com fita isolante.



Figura 3.4: Bola de ping pong revestida por uma camada de fita isolante e outra de fita crepe.



Figura 3.5: Furos na caixa com barbantes afixados.

Na última etapa, foram realizados furos em determinadas posições da caixa, que permitirão ao aluno observar as fases da lua. Por fim, a caixa foi revestida com um saco de lixo preto. O resultado final da caixa montada é mostrado na figura 3.3.

### 3.4 Considerações Gerais

Apesar de inicialmente a bolinha de ping pong ser atravessada pela luz, o experimento foi bem sucedido. Uma possível melhoria na montagem é a utilizar uma lanterna que direcione melhor a luz, para que o interior da caixa fique bastante escuro.



Figura 3.6: Experimento para visualização das fases da lua.

# Capítulo 4

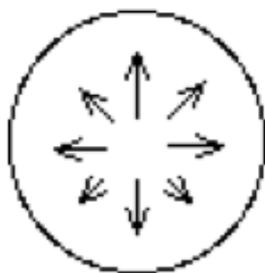
## A Propulsão de Foguetes

### 4.1 Introdução

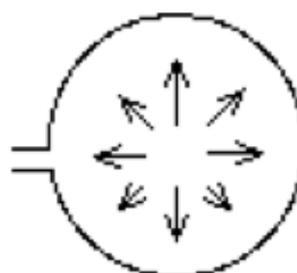
Um foguete é um projétil propelido pela ejeção de um fluido. O fluido sendo expelido exerce uma força de reação no foguete, que o impulsiona para frente, de acordo com a terceira lei de Newton. [13]

Aqui foi construído um experimento extremamente simples, com materiais extremamente baratos. A idéia é que o ar expelido pelo balão consiga propeli-lo, de forma que ele se mova sobre um barbante o qual atravessa um canudinho colado a este balão.

Uma pré-concepção errônea acerca do funcionamento deste experimento é a de que o ar expelido do balão empurra o ar na extremidade traseira do balão, e este ar, por sua vez, propede o balão. Se isto fosse verdade, os foguetes não seriam popelidos no espaço, onde não existe ar[14]. A figura 4.1 ajuda a compreender como a terceira lei de Newton propede o foguete.



**NO MOTION OF BALLOON**



**BALLOON MOVES TO RIGHT**

Figura 4.1: *À esquerda:* não há ejeção do propelente, situação de equilíbrio. *À direita:* a resultante das forças aponta para a direita. Figura extraída de [14].

A explicação para o funcionamento deste experimento é: conforme o balão empurra as moléculas de ar para um lado (esquerda, na figura 4.1), e estas moléculas empurram o balão para o lado oposto (direita, conforme mostrado pela figura). Como não há outras forças sendo exercidas no balão pela esquerda, o balão sofre uma força para o lado direito, até que atinja um obstáculo ou o propelente acabe (conforme a Primeira Lei de Newton)[15].

O princípio por trás dos foguetes é a Ação e Reação, ou terceira Lei de Newton, que diz que toda ação causa uma reação equivalente, de mesmo módulo, mesma direção, porém em sentidos opostos. Matematicamente:

$$F_{AB}^{\vec{}} = -F_{BA}^{\vec{}} \quad (4.1)$$

## 4.2 Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso

Devido à simplicidade e facilidade de confecção deste experimento, ele pode ser feito pelos próprios alunos em classes de física. A temática propicia uma apresentação multidisciplinar, falando até mesmo sobre a Guerra Fria.

Este experimento pode ser apresentado em classes do primeiro ano do ensino médio, cuja ementa abarca as leis de Newton. O experimento pode ser realizado juntamente com a apresentação das leis de Newton. A primeira lei de Newton pode ser apresentada com uma simples barreira que intercepte o balão. A segunda lei de Newton, em séries iniciais, não pode ser diretamente trabalhada com este experimento. Porém em classes avançadas, se este experimento fosse eventualmente realizado, poderia ser introduzida a equação de Tsiolkovsky<sup>1</sup>. A terceira lei de Newton pode ser claramente vista com o experimento, através do movimento do balão quando expelimos ar.

Uma possível atividade com este tipo de experimento seria uma corrida de balões. Também seria interessante notar a relação entre a forma da câmara que contem o propelente e a taxa com que esta expelle o propelente.

## 4.3 Materiais Utilizados e Procedimento de Construção

Os materiais necessários são:

---

<sup>1</sup>Equação derivada pelo físico russo Konstatin Tsiolkovsky em 1903, que relaciona a variação da velocidade do foguete com as massas inicial e final do foguete. Matematicamente:  $\Delta v = v_e \ln(m_i/m_f)$ , com  $v_e$  sendo a velocidade de exaustão,  $m_i$  e  $m_f$ , respectivamente, as massas inicial e final do foguete.[16]

- canudinho;
- balões;
- estilete;
- barbante;
- fita adesiva;

conforme mostrado na figura 4.3.



Figura 4.2: Materiais necessários para o experimento da propulsão do foguete.

A construção deste experimento é de extrema simplicidade. Consiste apenas em amarrar as extremidades de um barbante longo em dois pontos diferentes, com diferença de altura. Este barbante deve atravessar um canudinho, conforme mostrado na figura 4.3. Enche-se o balão e com uma fita adesiva cola-se o balão no canudinho. O mecanismo de propulsão do foguete pode ser visto quando o ar do balão impulsiona o balão, que desliza sobre o barbante.



Figura 4.3: Etapa inicial da construção do experimento.

# Capítulo 5

## Relógio Solar

### 5.1 Introdução

Os relógios de Sol são instrumentos antiquíssimos para medidas do tempo. Um dos primeiros registros históricos do uso de relógios solares remonta ao Egito Antigo, em 1500 a.C[17].

Com o passar do tempo, vários tipos de relógios solar foram desenvolvidos. Todos são compostos por uma haste vertical (gnômon) e um marcador. Usualmente os gnômons apontam para algum ponto cardeal específico. Os principais tipos são:

- **horizontais:** o marcador é horizontal fazendo um ângulo com o gnômon igual à latitude do local;
- **verticais:** neste caso o gnômon estará a um ângulo menor que a co-latitudo (complementar da latitude); as horas matinais estarão mais próximas entre si na marcação do que as da tarde;
- **equatoriais:** têm o marcador fixo no equador, com um gnômon perpendicular a este. As horas estão espaçadas em intervalos de 15 graus.;
- **polares:** o marcador está situado paralelamente ao eixo da Terra; o gnômon está paralelo ao marcador; as horas são marcadas paralelamente entre si;
- **analemáticos:** são muito incomuns e possuem um gnômon vertical, com as horas marcadas por pontos sobre uma elipse.

Neste trabalho foi construído um relógio solar equatorial com materiais de muito baixo custo.

## 5.2 Importância Didática, Aplicabilidade e Propostas de Uso

O relógio solar é um dispositivo extremamente simples e com enorme importância histórica. O experimento aqui construído pode ser apresentado em diversas disciplinas tais como matemática, geografia, história e física. Na matemática, pode ser introduzido o conceito de ângulos, através do ângulo formado pelo solo e o plano inclinado que contém o relógio. Este mesmo ângulo pode, em classes de geografia, ser utilizado para familiarizar os alunos com o conceito de latitude. Em classes de história, o relógio solar pode ser usado para ilustrar a evolução da marcação do tempo por civilizações antigas.

Para o ensino de física, o relógio solar possui várias funções, dentre elas:

- **Introdução do conceito de vetor normal:** o correto posicionamento da haste (ponteiro) do relógio poderá introduzir o conceito de vetor normal. Este vetor normal pode ser relacionado à normal dos planos inclinados.
- **Introdução aos conceitos de luz e sombra na óptica geométrica:** a luz e a sombra são conceitos importantes dentro da óptica geométrica. A propagação retilínea da luz, dando origem a sombras, é uma das bases para o funcionamento do relógio solar.
- **Movimento do sol no céu:** acompanhar o movimento do Sol pela eclíptica.

Seria interessante que os alunos construíssem o relógio, pois poderiam compreender a lógica inerente ao relógio solar, os ângulos envolvidos, etc.

## 5.3 Materiais Utilizados e Procedimento de Construção

Os materiais necessários são:

- régua;
- estilete;
- fita adesiva;
- papelão;
- caneta;
- bússola;

- canudinho;
- palito de dente;
- tesoura;
- transferidor;
- tesoura;

conforme mostrado na figura 5.3.

O intuito é construir um relógio de sol rudimentar, com materiais de baixíssimo custo. Para isto utilizou-se dois pedaços de papelão, separados por um ângulo igual à latitude local. Palitos de dente separam estes pedaços de papelão. Na parte superior deve-se colar um papel com 12 marcações, cada um rotulado com o número da hora (de 1 a 12). Um canudinho afixado normalmente ao papelão e com centro coincidindo com o centro das marcações das horas terá sua sombra projetada sobre a hora correta. O relógio de sol deve estar alinhado com o norte, que deve ser encontrado com uma bússola. O resultado final é mostrado na figura 5.3.

## 5.4 Considerações Gerais

O relógio de Sol foi construído. Porém, devido aos materiais utilizados (papelão), o ângulo entre os papelões equivalente à latitude não ficou exato. Isto é uma grande fonte de erros. O relógio está funcionando satisfatoriamente, marcando o horário com um erro de aproximadamente uma hora.



Figura 5.1: Materiais necessários para a construção do relógio solar.

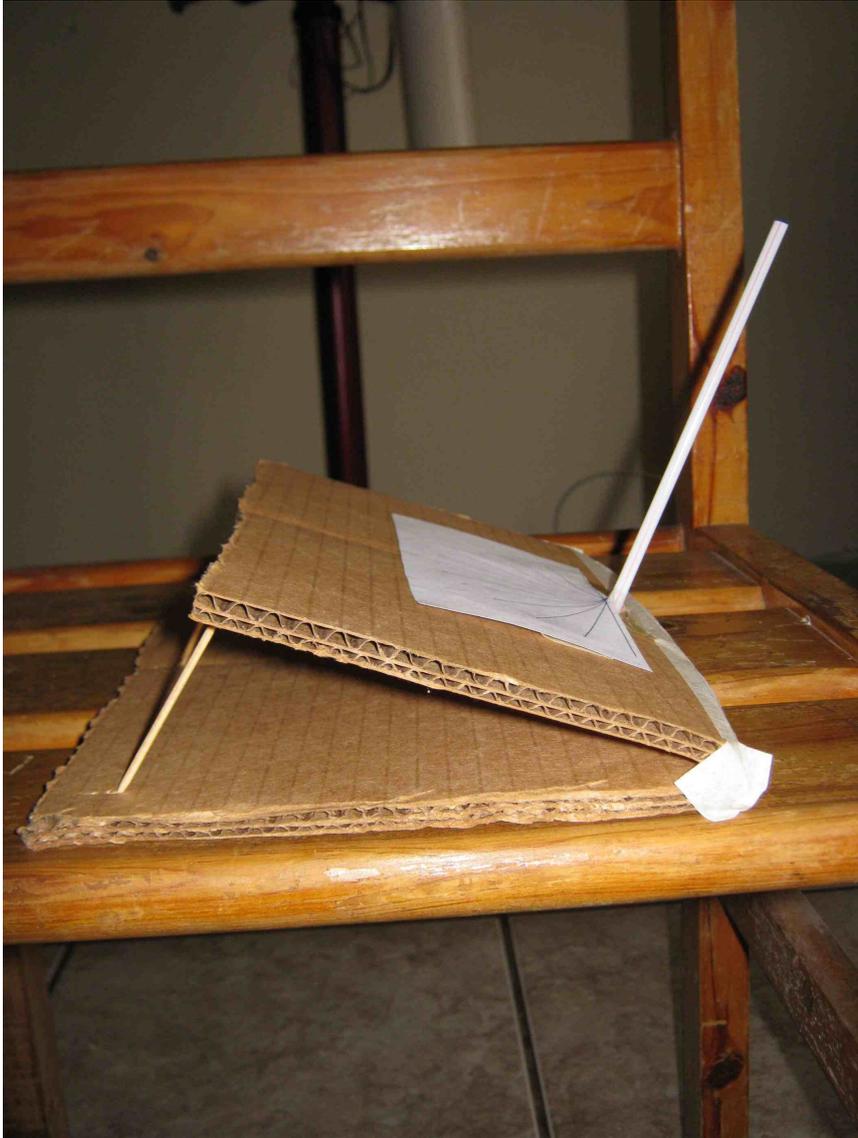


Figura 5.2: Relógio solar pronto.



# Capítulo 6

## Comentários do Orientador

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

O trabalho do aluno consistiu na confecção de experimentos simples de Astronomia, uma área pela qual o Rafael tem interesse pessoal. A escolha do tema foi feliz, pois a Astronomia desperta o interesse do grande público e principalmente das crianças, que têm concepções equivocadas sobre muitos conceitos. Os experimentos foram bem sucedidos e a montagem final foi satisfatória, conforme esperado pelos objetivos do experimento. O aluno teve iniciativa ao propor o projeto e resolveu os problemas que surgiram de forma independente, utilizando unicamente materiais de baixíssimo custo. O projeto não é um experimento para ser apresentado, mas uma proposta didática para ser trabalhada em sala de aula que visa trabalhar conceitos elementares através da confecção de experimentos pelos próprios alunos.



# Referências Bibliográficas

- [1] J.B.G. Canalle, R. H. Trevisan e C. J. Lattari. Caderno Catarinense de Ensino de Física 14, 254, 1997.
- [2] H.L. Tignzelli. *in* Didática das Ciências Naturais: Contribuições e Reflexões. Organizador por H. Weissmann. Artmed, Porto Alegre, 1998.
- [3] R. Langhi. *Um Estudo Exploratório para a Inserção da Astronomia na Formação de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental*. Dissertação de Mestrado, UNESP, 2004.
- [4] [www.astrolabe.org/history.html](http://www.astrolabe.org/history.html), acessado em 04/06/2010.
- [5] <http://www.ifa.hawaii.edu/tops/astl-hist.html>, acessado em 04/06/2010.
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Astrolabe>, acessado em 04/06/2010.
- [7] <http://www.rootsweb.ancestry.com/~mosmd/astrolb.htm>, acessado em 04/06/2010.
- [8] <http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m309-01a/montero/math309project.html>, acessado em 04/06/2010.
- [9] [www.iinstructor.net/classes/science/activity-astrolabe.pdf](http://www.iinstructor.net/classes/science/activity-astrolabe.pdf), acessado em 04/06/2010.
- [10] N. Comins. *Heavenly Errors: Misconceptions about the Real Nature of the Universe*. Columbia University Press, 2003.
- [11] C. Leite. *Os professores de ciências e suas formas de pensar astronomia*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.
- [12] M. de F. Saraiva *et al.* *As Fases da Lua Numa Caixa de Papelão*. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA), 4, 9-26, 2007.
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Rocket>, acessado em 07/06/2010.

- [14] [www.utm.edu/departments/cece/cesme/psam/PSAM/psam19.pdf](http://www.utm.edu/departments/cece/cesme/psam/PSAM/psam19.pdf), acessado em 07/06/2010.
- [15] <http://cse.ssl.berkeley.edu/AtHomeAstronomy/activity06.html>, acessado em 07/06/2010.
- [16] [http://en.wikipedia.org/wiki/Tsiolkovsky\\_rocket\\_equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Tsiolkovsky_rocket_equation), acessado em 09/06/2010.
- [17] <http://www.fi.edu/time/Journey/Sundials/aboutsd.htm>, acessado em 13/06/2010.
- [18] <http://www.fi.edu/time/Journey/Sundials/aboutsd.htm>, acessado em 13/06/2010.