

**Universidade Estadual de Campinas**  
**Instituto de Física “Gleb Watachin”**  
F 609 – Tópicos de Ensino de Física I

**Verificação, Aprimoramento e Uso de Telescópio  
Refletor  
Construído Pessoalmente**



Relatório Final de Atividades  
20/11/2006

**Aluno: Tiago José Peres de Oliveira**  
**RA 017491**  
**Orientador: Antônio Carlos Costa**  
**Co-orientador: Rogério Marcon**

## **Resumo**

O projeto tem por finalidade a verificação , funcionalidade e aprimoramento de um telescópio Newtoniano montado em outro semestre para F-530, quando não foi possível demonstrar claramente a funcionalidade do mesmo e também serão realizados testes de distância focal e o teste de Foucault para demonstrar a qualidade do espelho que foi confeccionado manualmente no laboratório de ótica da Unicamp.

Como o próprio nome diz, a montagem do telescópio é tipo Refletor Newtoniano, com base do tipo dobsoniana.

Hoje os astrônomos possuem ferramentas para analisar todas as formas de radiação eletromagnéticas provenientes do espaço. A principal função de um telescópio – qualquer que seja o tipo de radiação detectada - é detectar radiação suficiente para a realização de análises.

A atmosfera terrestre impede a passagem de várias formas de radiação provenientes do espaço e permite que apenas alguns comprimentos de onda sejam detectados pelos telescópios. Aqui na Terra, os astrônomos possuem três janelas para realizar suas pesquisas; são três faixas espectrais nas quais nossa atmosfera é largamente transparente. Estas são ótica luz visível, rádio e infravermelho.

## **1-Introdução**

Um observatório Astronômico é um local equipado para realizar observações de objetos espaciais. Para observações feitas à partir de bases terrestres, de comprimentos de onda visíveis, os astrônomos procuram por lugares que freqüentemente possuem o céu limpo, longe das luzes e poluição vindas das cidades. Outra situação bastante propícia são locais onde o clima é seco; como exemplo temos o Deserto do Atacama no Chile.

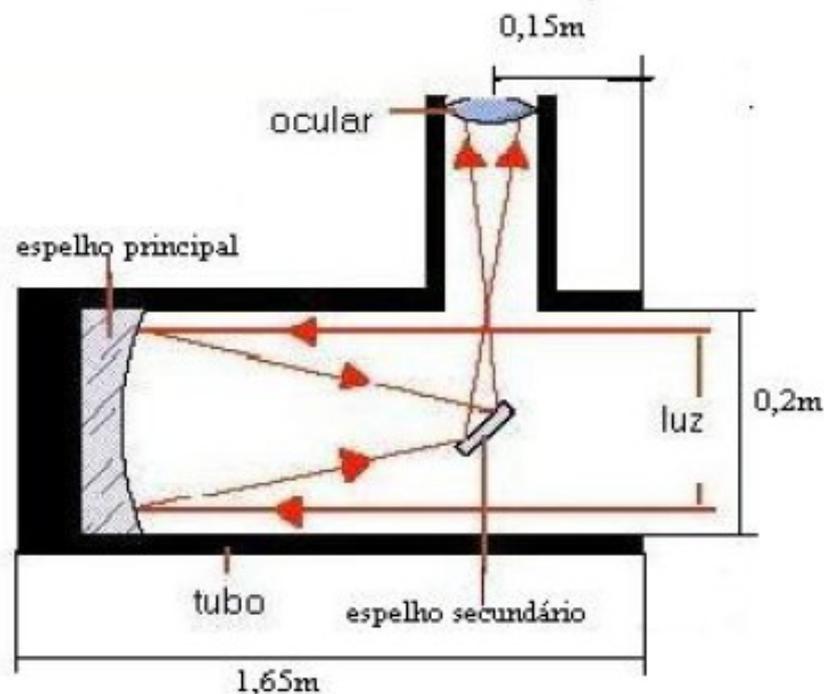
## **2- Objetivo**

Nosso objetivo neste projeto é realizar as correções em um telescópio Newtoniano e construção de um aparelho para aferir a qualidade do espelho utilizado, conhecido como Teste de Foucault

## **3-Teoria**

### **Fundamentos Teóricos**

O primeiro telescópio refletor foi projetado por Sir Isaac Newton em 1668. Um telescópio refletor usa um espelho côncavo para focar a luz. A luz dos objetos distantes como estrelas e galáxias entram no tubo do telescópio em raios paralelos. Estes raios são refletidos do espelho côncavo para um espelho plano secundário. O espelho secundário reflete a luz por um buraco no lado do tubo do telescópio para uma lente ocular. Telescópios refletores podem ser feitos com diâmetros de objetiva (espelhos) muito maior que os refratores porque o espelho encurvado pode ser apoiado ao longo de sua superfície inteira, enquanto uma lente grande só pode ter apoiada as suas extremidades. Uma superfície grande pode coletar mais luz de estrelas distantes que uma superfície pequena.



**Fig. 01**

A figura 01 demonstra o esquema do Telescópio Refletor Newtoniano do nosso projeto. É necessário fazer testes e regulagens para que o equipamento funcione corretamente; entre os mais importantes são a colimação, teste de Foucault e teste de distancia focal do espelho. A colimação consiste no alinhamento dos espelhos do telescópio e deve ser feita para que o mesmo apresente resultados satisfatórios. Na colimação é feito o alinhamento do espelho principal e diagonal com o corpo do telescópio e do espelho principal com o espelho diagonal. O teste de Foucault é realizado com o espelho principal, que consiste em analisar a superfície do espelho, para saber, se está regular, para que não haja distorção na imagem gerada pelo equipamento. O teste de distância focal é realizado na confecção do espelho para que controlemos a confecção do mesmo, juntamente com o teste de Foucault.

### **Características Físicas:**

#### **O Aumento**

O aumento é a relação entre o tamanho de um objeto observado a olho nu e o seu tamanho quando visto pelo telescópio. Assim o telescópio aumenta o diâmetro angular dos objetos observados dando a impressão de que estão mais próximos de nós. Muitos imaginam que o aumento é a característica mais importante dos telescópios e quanto maior for essa característica melhor será o instrumento. Isto não é verdade pois cada equipamento possuem limite máximo de aumento e o que determina esse limite é o diâmetro do espelho.

Para calcular o aumento de um telescópio usamos uma fórmula muito simples:

$$A = F / f$$

Onde A = aumento

F = distancia focal da objetiva do telescópio – 1680mm

f = distancia focal da ocular – 16mm

Assim temos:

$$A=1650/16$$

$$A=100X$$

O aumento máximo útil determina a maior ampliação que um telescópio pode oferecer sem prejudicar a qualidade da imagem. Quanto maior o diâmetro da objetiva maior será o aumento máximo que pode ser obtido por meio da seguinte fórmula:

$$A_{\text{máx}} = D \times 2.5$$

Onde :

$A_{\text{máx}}$  = aumento máximo útil;

D=Diâmetro da objetiva do telescópio;

$$A_{\text{máx}} = 180 \times 2.5 = 450X.$$

### **Poder separador**

O poder separador ou poder de resolução é a propriedade que um telescópio possui de isolar e tornar visível detalhes muito sutis. Essa característica não depende do aumento e sim do diâmetro da objetiva do instrumento. Quanto maior o diâmetro da objetiva, maior será o poder separador.

Esta é uma característica muito importante pois é ela que possibilita a observação de detalhes em superfícies de planetas e a separação de estrelas duplas.

Esta característica pode ser obtida pela fórmula:

$$PS = 120/D$$

Onde

PS = poder separador

D = diâmetro do espelho

$$PS = 120/180 = 0,67 \text{ sec. de arco}$$

### **Magnitude Limite**

A magnitude limite indica o menor brilho maior magnitude de valor aparente que um telescópio pode captar. A pupila do olho humano apresenta um diâmetro máximo de 6mm, isto em ambientes muito escuros onde a dilatação da pupila é maior. Assim, a olho nu, podemos observar estrelas de até sexta magnitude, que são aquelas que estão no limite de nossa visão. Por meio de telescópios podemos ultrapassar este valor, ampliando a nossa capacidade de observar astros de brilho mais reduzido.

A magnitude é outra propriedade ligada diretamente ao diâmetro do instrumento. Quanto maior a objetiva, maior será esta característica. Porém a magnitude limite não varia de forma linear, isto é, se dobramos o diâmetro da objetiva não obtemos um valor dobrado da magnitude limite.

$$M_{\text{lim}} = 7.1 + 5(\log D)$$

Onde

$M_{\text{lim}}$  = magnitude limite;

D = diâmetro da objetiva em centímetros;

$$M_{\text{lim}} = 7.1 + 5(\log 20) = 13,4$$

Provavelmente esta é uma das mais importantes características do telescópio, pois é ela que define o verdadeiro limite do instrumento. Devido a isso, os astrônomos utilizam equipamentos cada vez maiores que atingem diâmetros de até 10 metros.

## Luminosidade

Mais uma importante característica ligada diretamente ao tamanho da objetiva. A luminosidade é a quantidade de luz que um telescópio pode captar e quanto maior o diâmetro da objetiva, mais luminoso será o instrumento. Um telescópio para ser luminoso deve também apresentar uma distância focal pequena, para trabalhar com pouco aumento tornando as imagens nítidas e brilhantes.

A razão focal (F/D) é a relação existente entre a distância focal e o diâmetro da objetiva. Quanto menos a razão focal, maior será a luminosidade do telescópio.

$$\text{Razão focal} = F/D = 1650/180 = 9,2$$

## 4- Metodologia / Materiais e Métodos

Na figura 01 temos o esquema do corpo do telescópio com suas respectivas medidas.

Nesta nova etapa do projeto, realizamos os testes de distância focal do espelho, colimação e o teste de Foucault no telescópio. Foram feitos aperfeiçoamentos na base do telescópio, na armação que sustenta o espelho diagonal, conhecido como aranha, e no suporte da ocular.

O aparelho para realização do Teste de Foucault foi projetado e confeccionado de acordo com pesquisas feitas na internet, segue abaixo o esquema do aparelho, fotos e o aparelho montado:

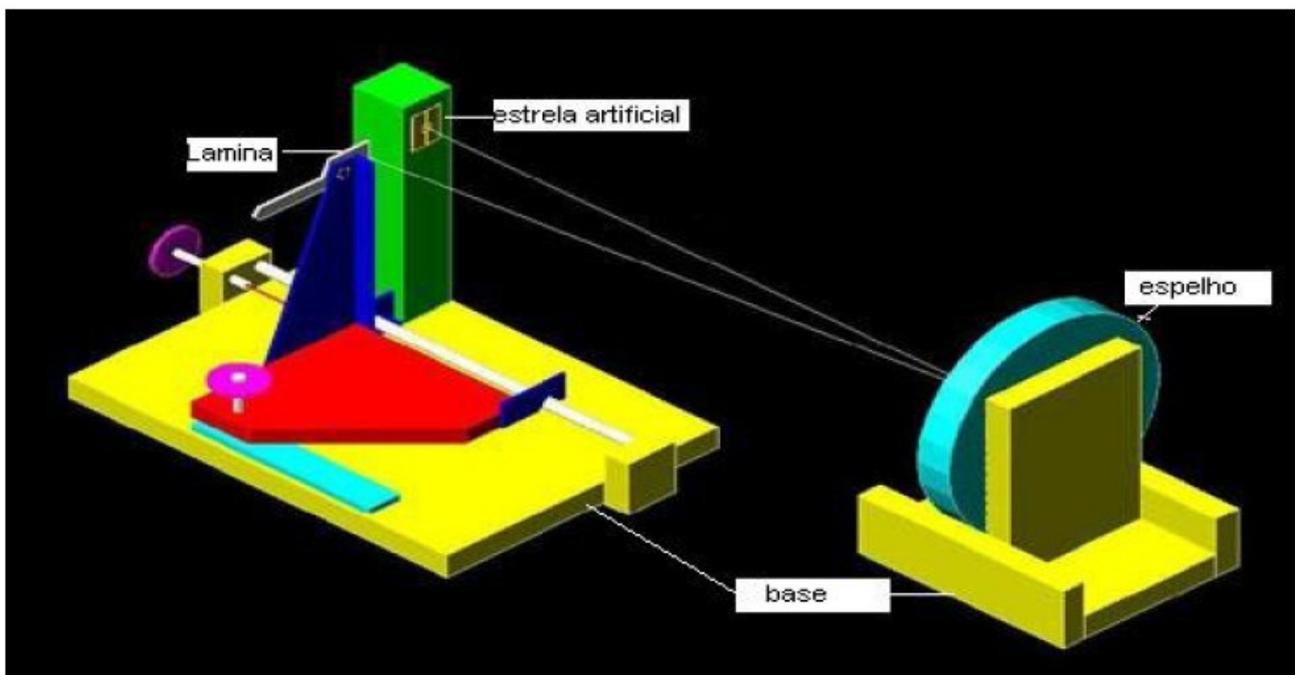


Fig.02

Na figura 02 observamos o esquema retirado da internet que serviu de base para a confecção do nosso aparelho de Foucault e nas figuras 03 e 04 o aparelho montado.

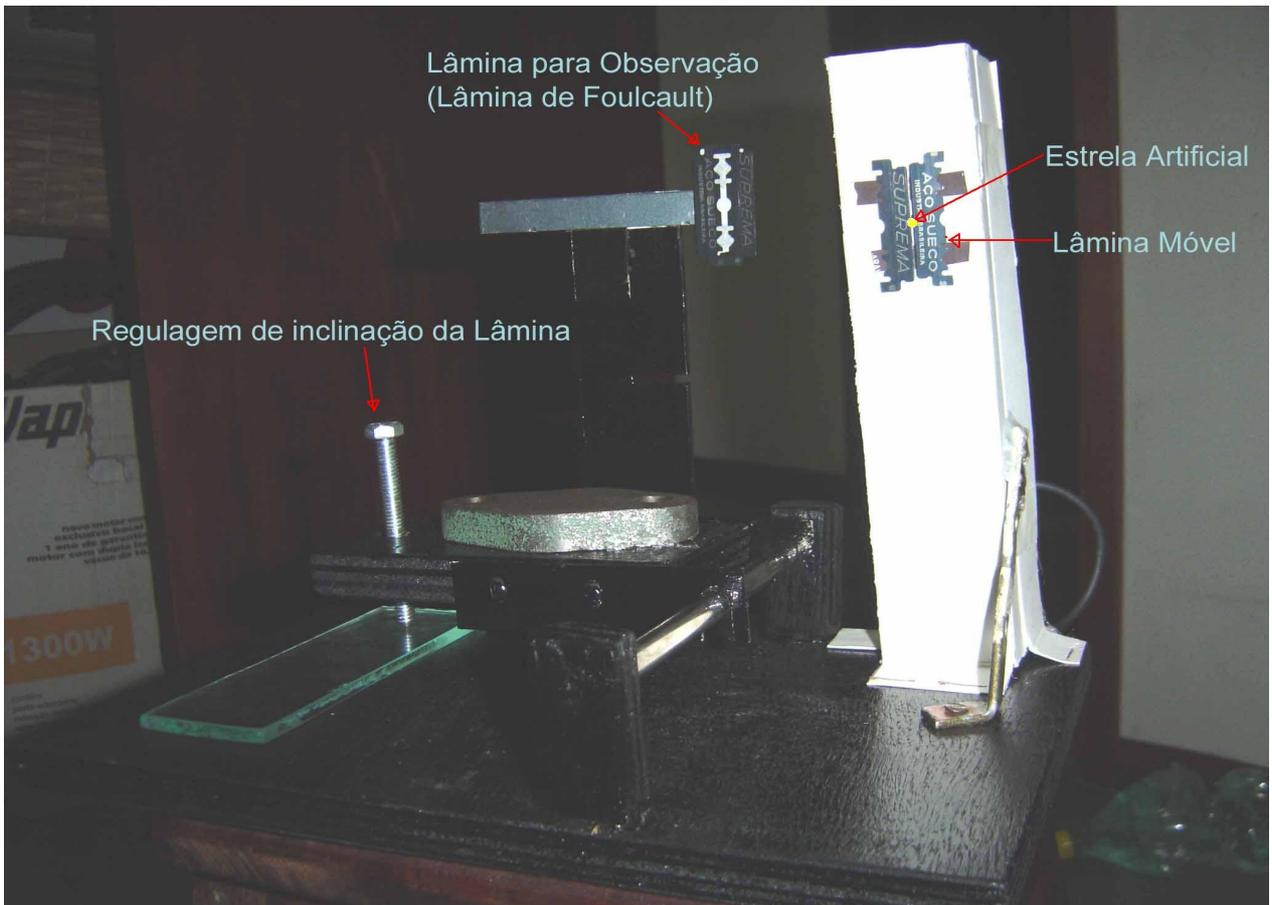


Fig.03

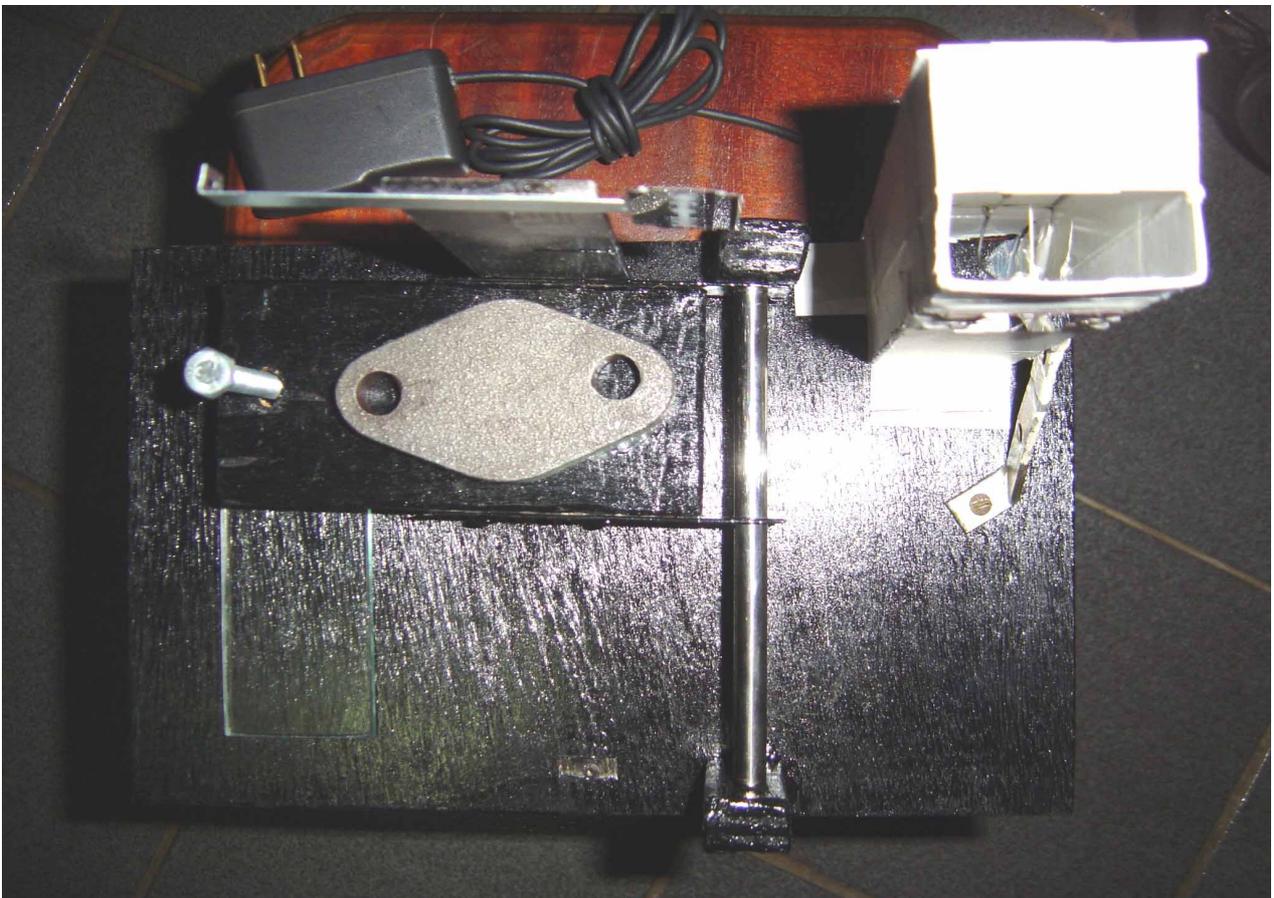
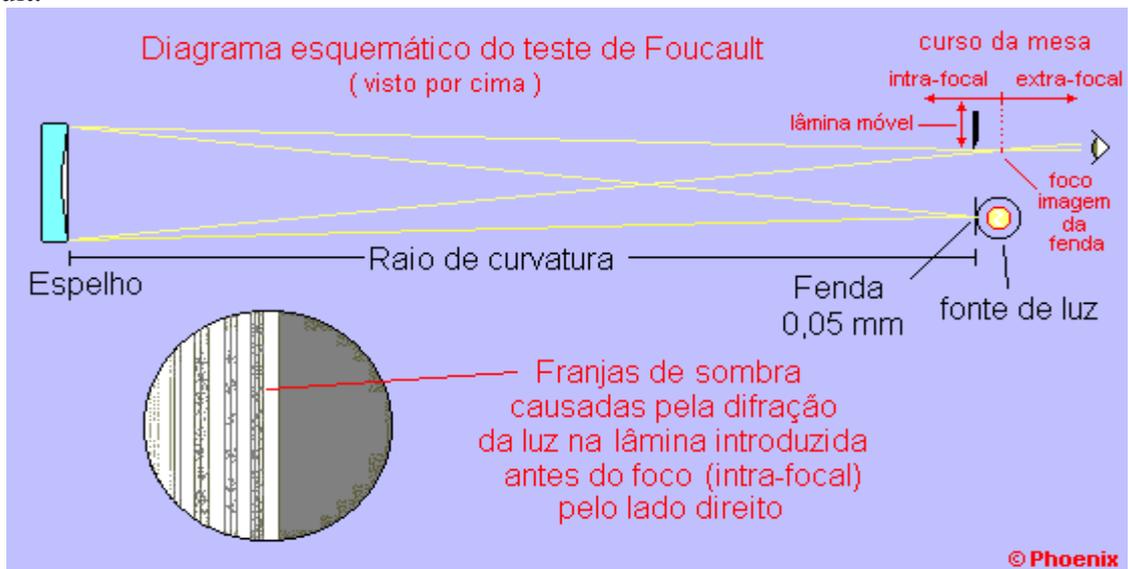


Fig. 04

Utilizamos o nosso aparelho para analisar a superfície e distancia focal. Determinamos a distância focal do espelho em 1,65 metros .Analisamos a superfície do espelho e podemos perceber que há irregularidades no mesmo. O centro do espelho não está uniforme com o restante do mesmo, defeito este que pode ter sido causado no desgaste do espelho. A superfície pode ter sido forçada na hora do desgaste, causando a irregularidade. Por ter sido utilizado um feltro para polimento de óculos, tivemos um outro grave problema que não pode ser observado pelo aparelho, mas que prejudica muito a imagem, que são ondulações na superfície causadas pela deformação do feltro que é muito macio.

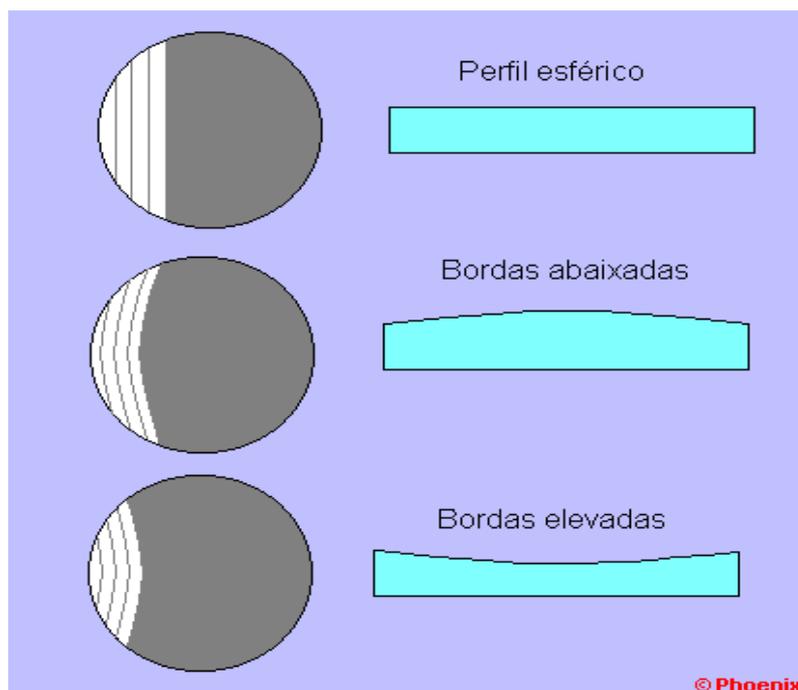
Na figura 05 temos o esquema de como deve ser realizado o teste com o aparelho de Foucault.



**Fig. 05**

Realizaremos as correções necessárias no espelho e no lugar do feltro utilizaremos pastilhas de breu com cera de abelhas, que são coladas na superfície da ferramenta de desgaste e polimento. O breu é um material duro que não risca a superfície do espelho e não causa as deformações tão indesejadas.

Nas figuras a seguir temos possíveis defeitos e formas de corrigir o espelho.



**Fig. 06**

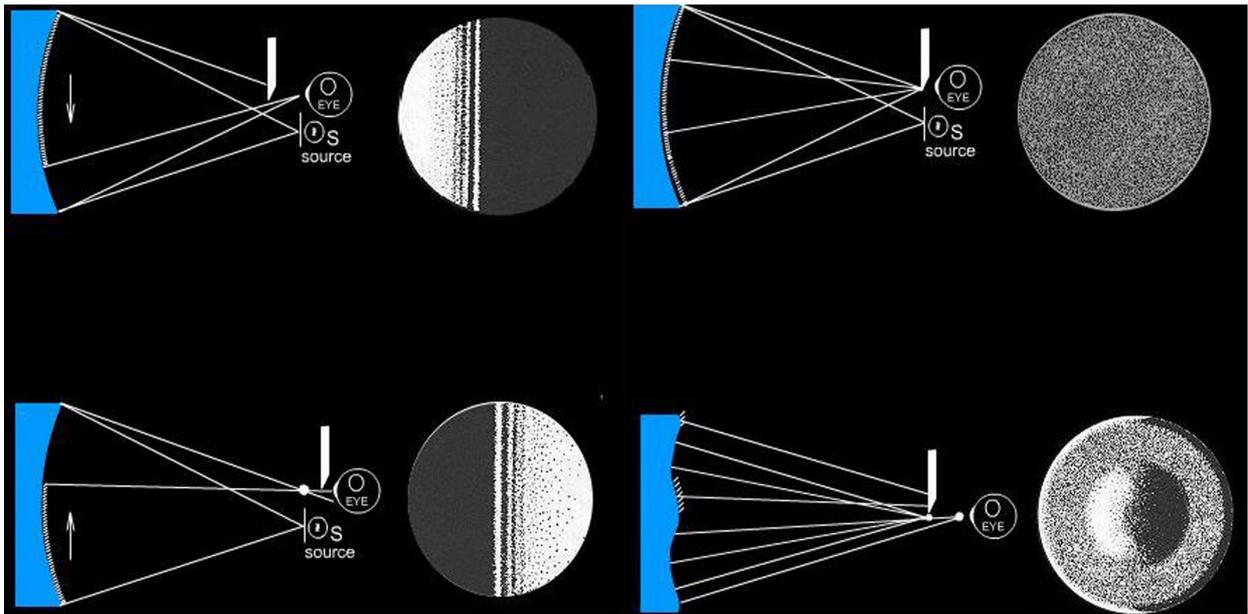


Fig.07

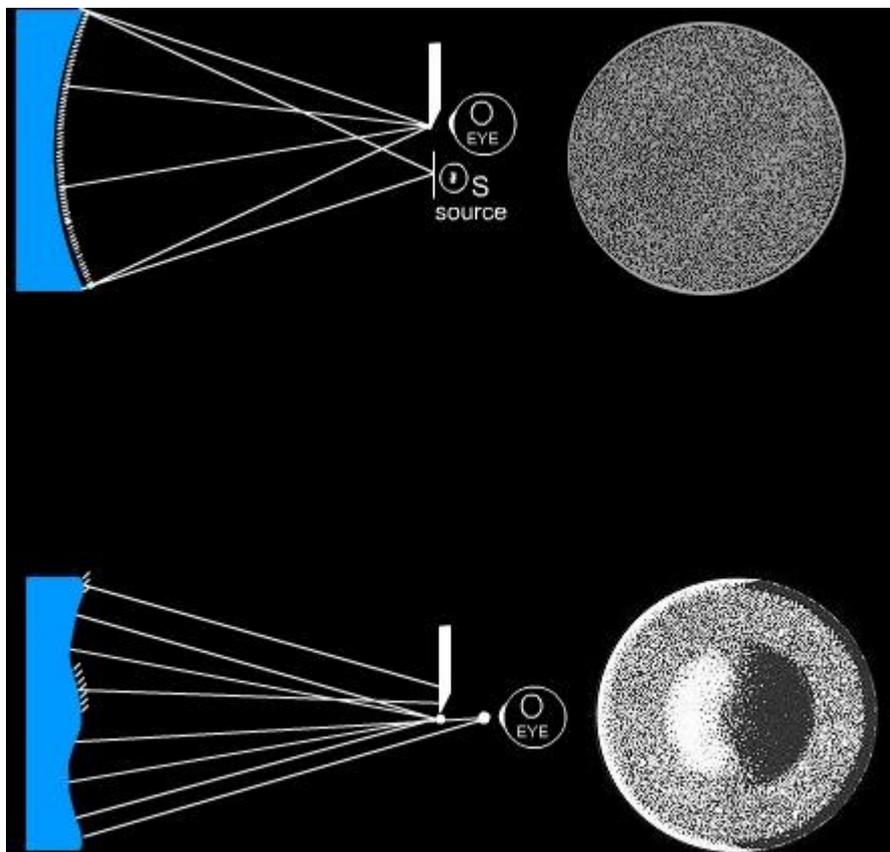
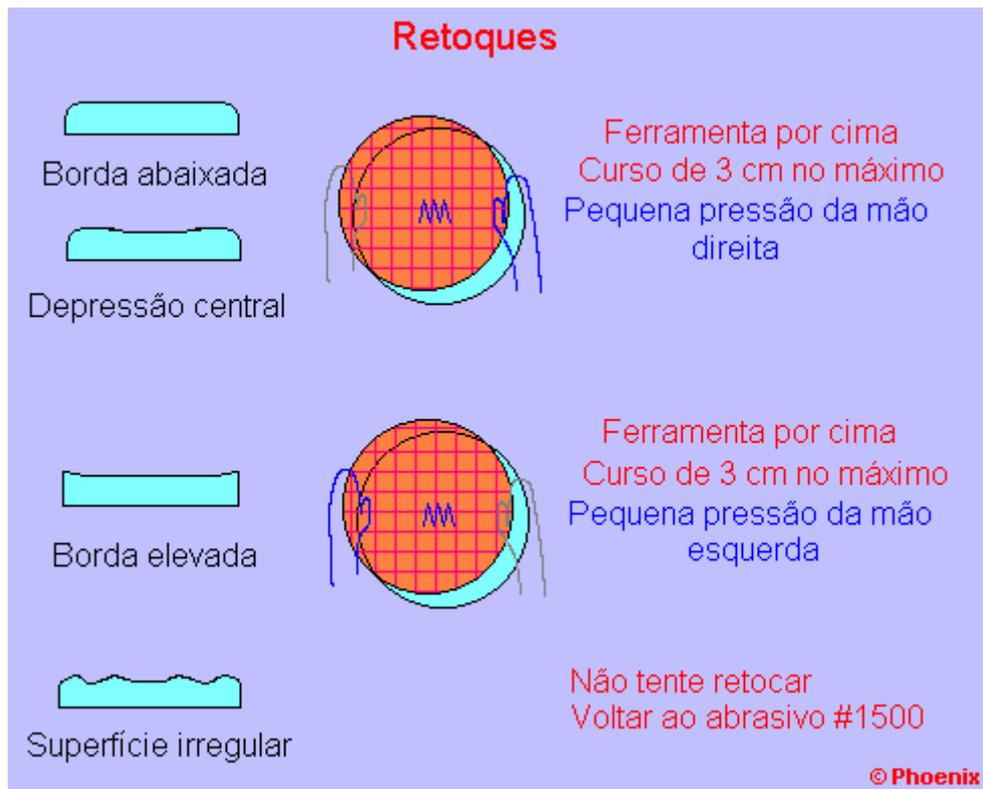
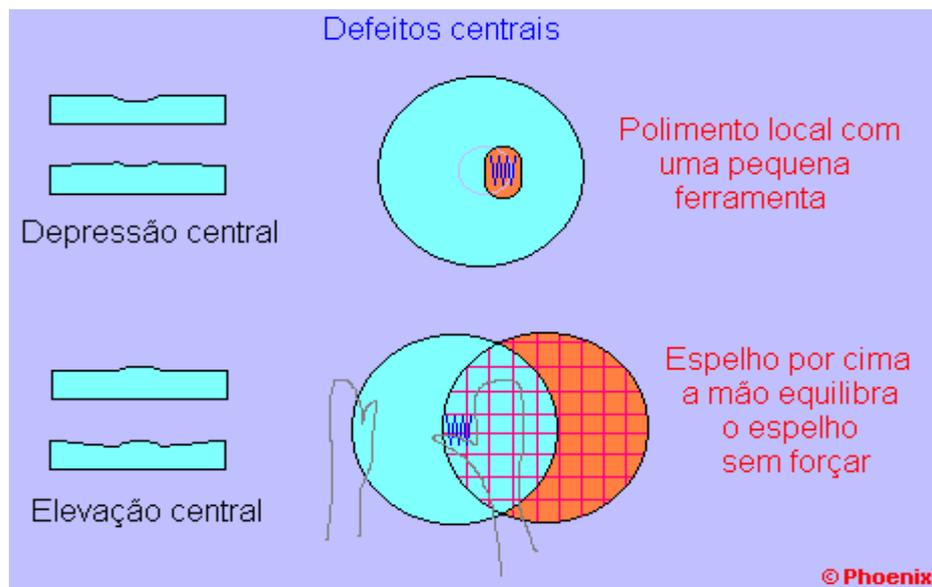


Fig. 08



**Fig. 09**

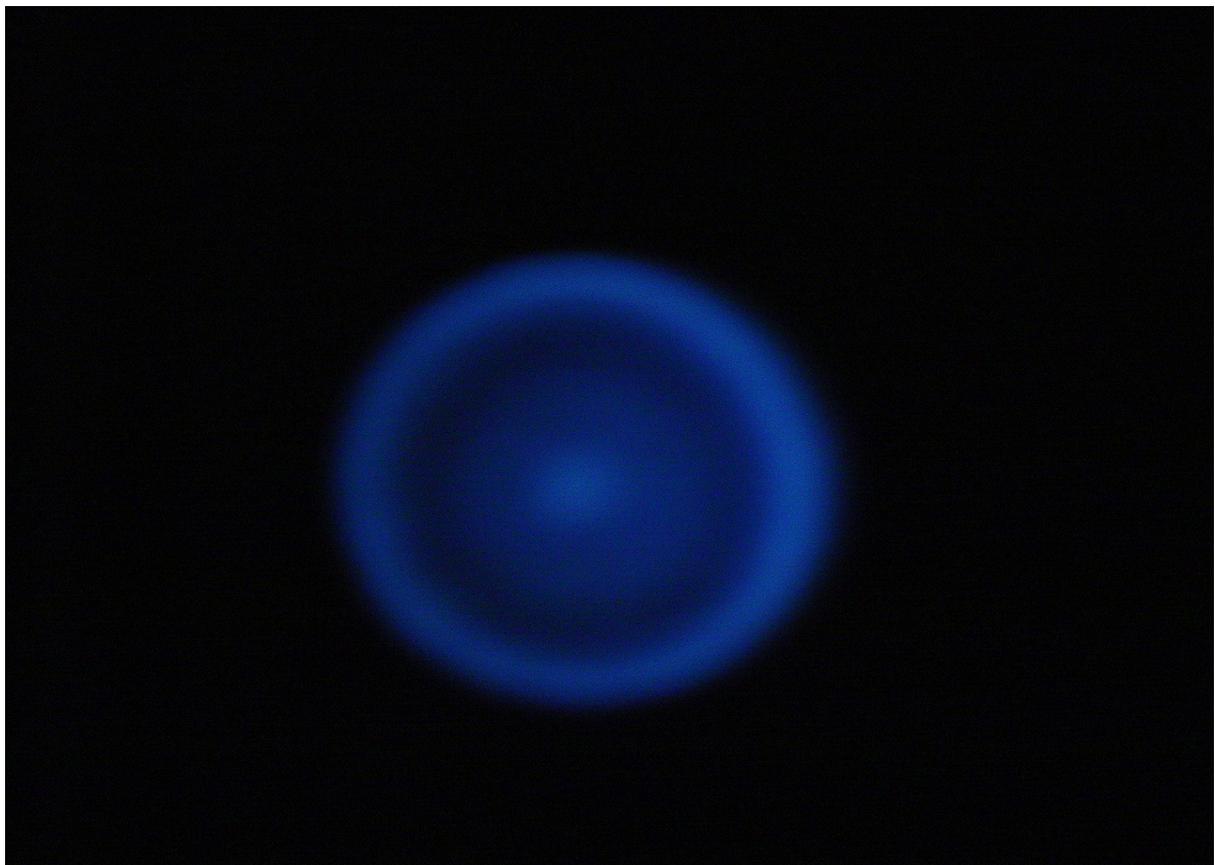


**Fig.10**

Nas próximas figuras temos as imagens obtidas com o Teste de Foucault. Essas imagens foram feitas colocando um anteparo atrás do aparelho, onde foi projetada a luz proveniente da estrela artificial. A cor azulada é proveniente do led usado para simular a estrela artificial, que apesar de ser branco gera um tom azulado.



**Fig.11**



**Fig.12**

De acordo com as imagens obtidas pelos testes no aparelho de Foucault, podemos observar as imperfeições do espelho, vemos zonas com diferentes distancias focais, representadas pela ausência e presença de luz.

As correções no espelho serão feitas mais tarde, primeiro realizaremos as correções no corpo do telescópio.

Refiz o focador do instrumento, ficando mais fácil e preciso o foco, conforme figuras 13 e 14:

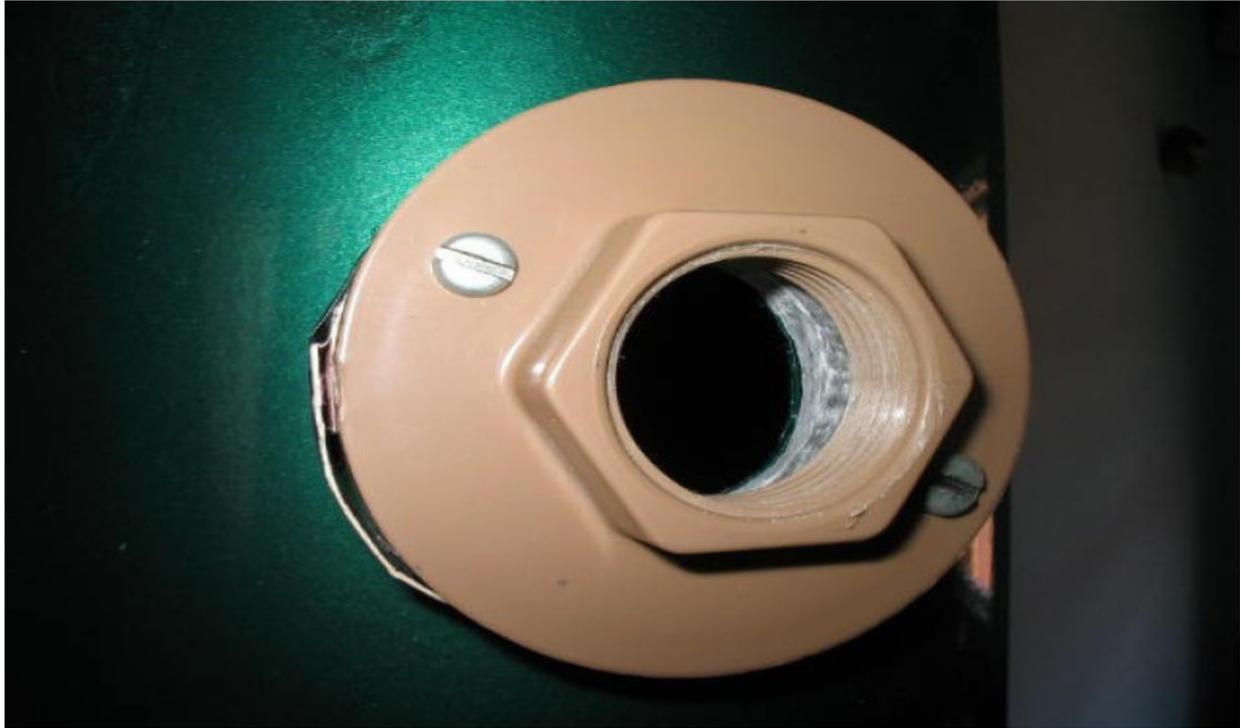


Fig. 13



Fig. 14

O materiais utilizados foram conexões de pvc usadas em caixa d'água, facilmente encontrados em casa de material de construção.

Foi modificado também a aranha, que é o suporte do espelho secundário, ficando mais fácil sua regulagem e mais firme. O mesmo foi confeccionado com resina acrílica, tubo de pvc de 1/2" cortado em 45° para colar o espelho e parafusos. O esquema está nas figuras 15 e 16:

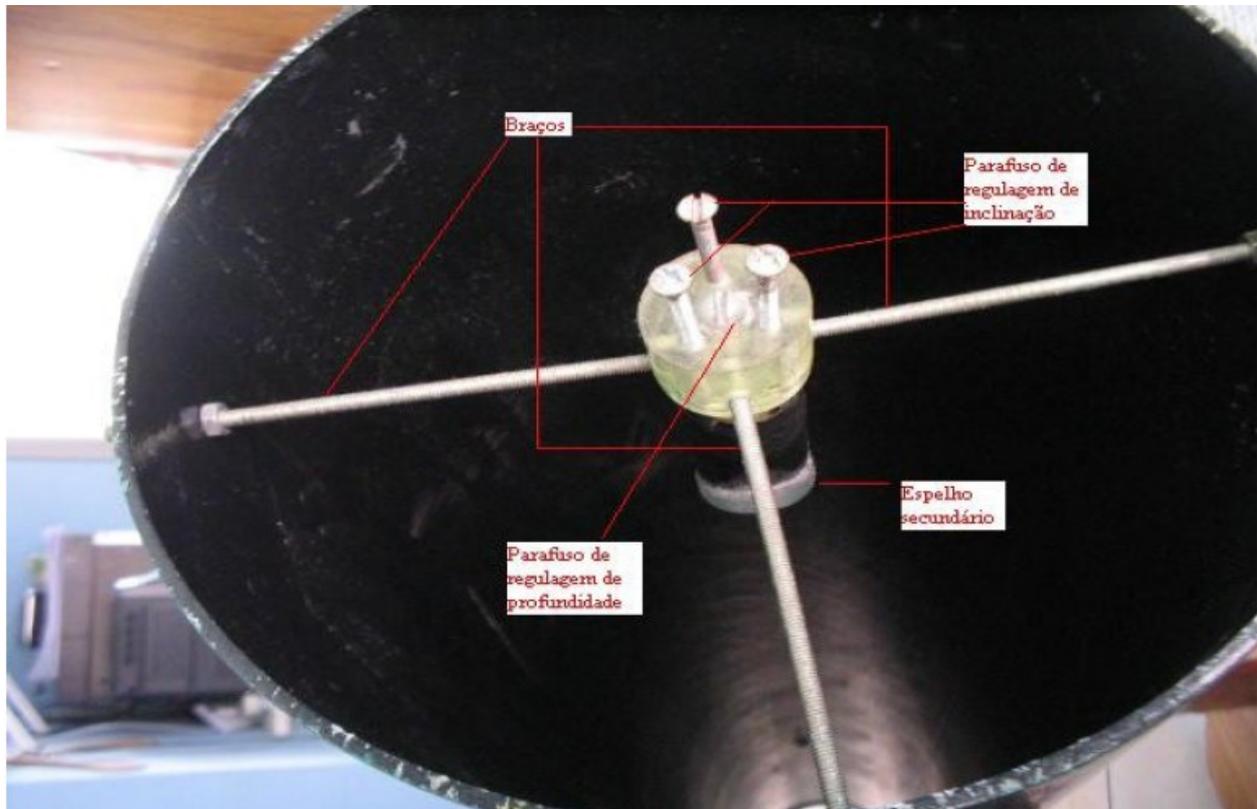


Fig. 15

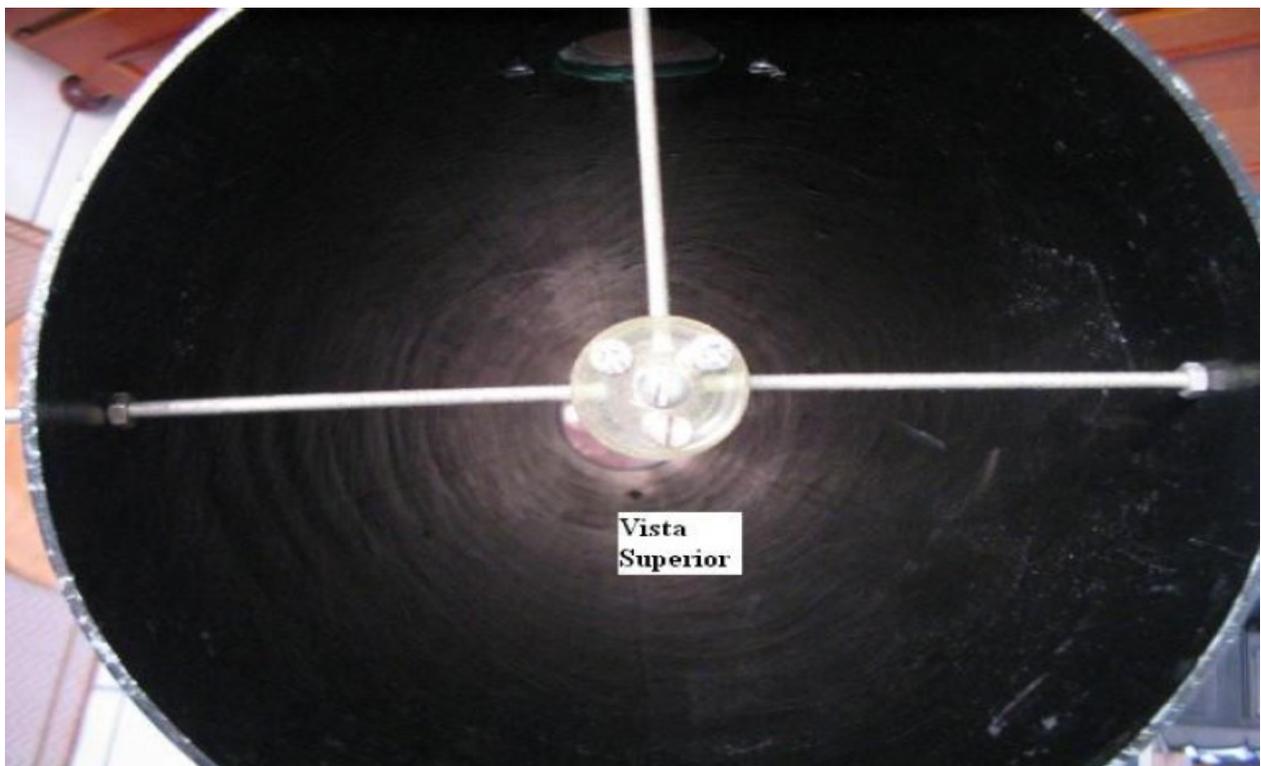


Fig. 16

Sabendo a distância focal correta, através do teste de foco, cortamos o corpo do telescópio (tubo de pvc) no tamanho correto, que é o mesmo da distância focal. Tendo mudado o focador e a aranha, tivemos uma mudança no centro de massa do equipamento, sendo necessário um novo posicionamento dos mancais, o que possibilitou usar o equipamento de forma mais prática, já que basta apontar o telescópio na posição desejada e deixar que o mesmo não sai desta posição, podendo eliminar a trava de posicionamento de inclinação que era usada anteriormente.

Nas figuras 17 e 18 podemos ver que o mesmo mantém a posição sem trava.



**Fig. 17**



**Fig. 18**

Na base de sustentação do telescópio, foi acrescentando um rolamento e esferas para facilitar o movimento da base, diminuindo assim o atrito que ainda era grande e dificultava o movimento de girar o telescópio.

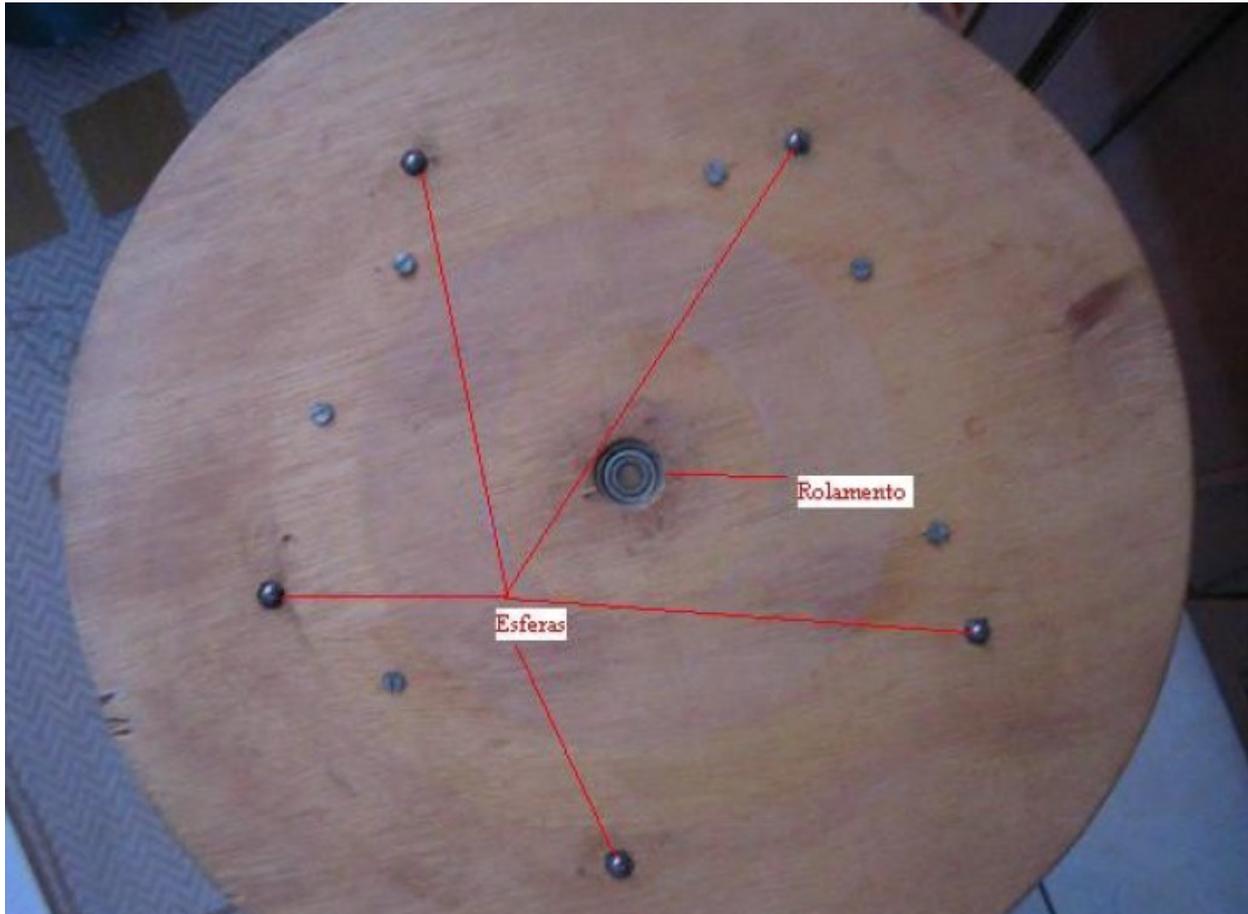
Esquema mostrado nas figuras 19, 20 e 21:



Fig. 19



Fig. 20



**Fig.21**

O processo de colimação do telescópio é outro ponto muito importante para que tenhamos uma boa qualidade na hora das observações, não bastando apenas uma boa qualidade do conjunto ótico.

Para realizar a colimação, devemos partir do alinhamento de espelho secundário. Devemos retirar o espelho principal do corpo do telescópio e com um barbante fazer uma cruz na posição do espelho, então quando estivermos olhando pelo focador, estaremos observando esta cruz. Na figura 22 temos o esquema e nas figuras 23 e 24 imagens tiradas do nosso telescópio, sendo que na 23 temos o espelho secundário fora de alinhamento e na 24 ele alinhado, colimado.

O ponto 1 na Fig.22 é por onde devemos fazer a observação, é o focador, que deve estar sem a objetiva. Nos 2 e 3 temos o espelho ainda desalinhado e no ponto 4 ele está em correto alinhamento, colimado.

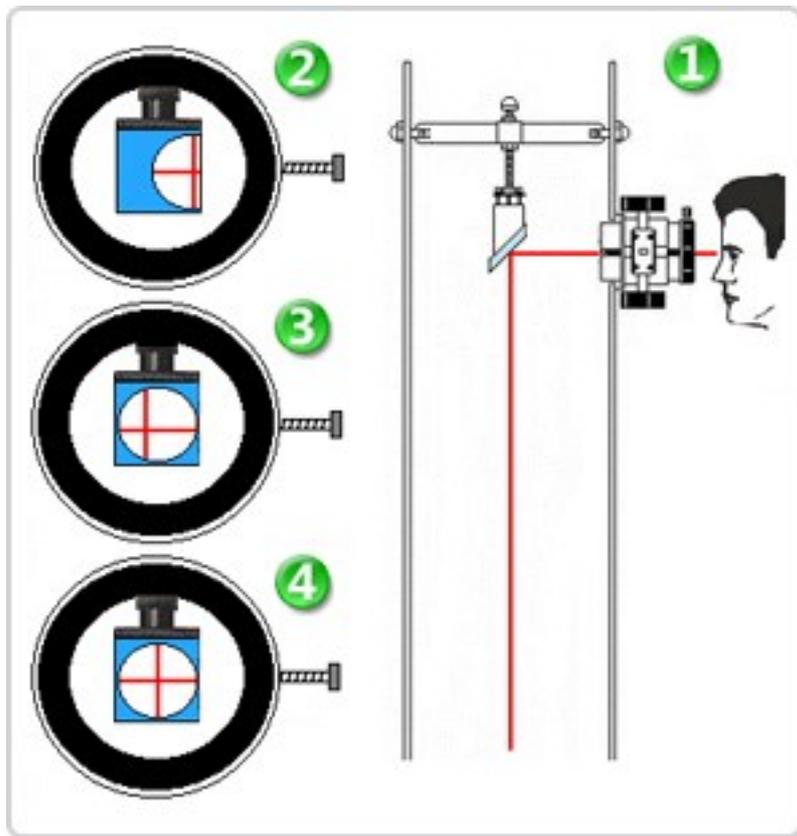


Fig.22

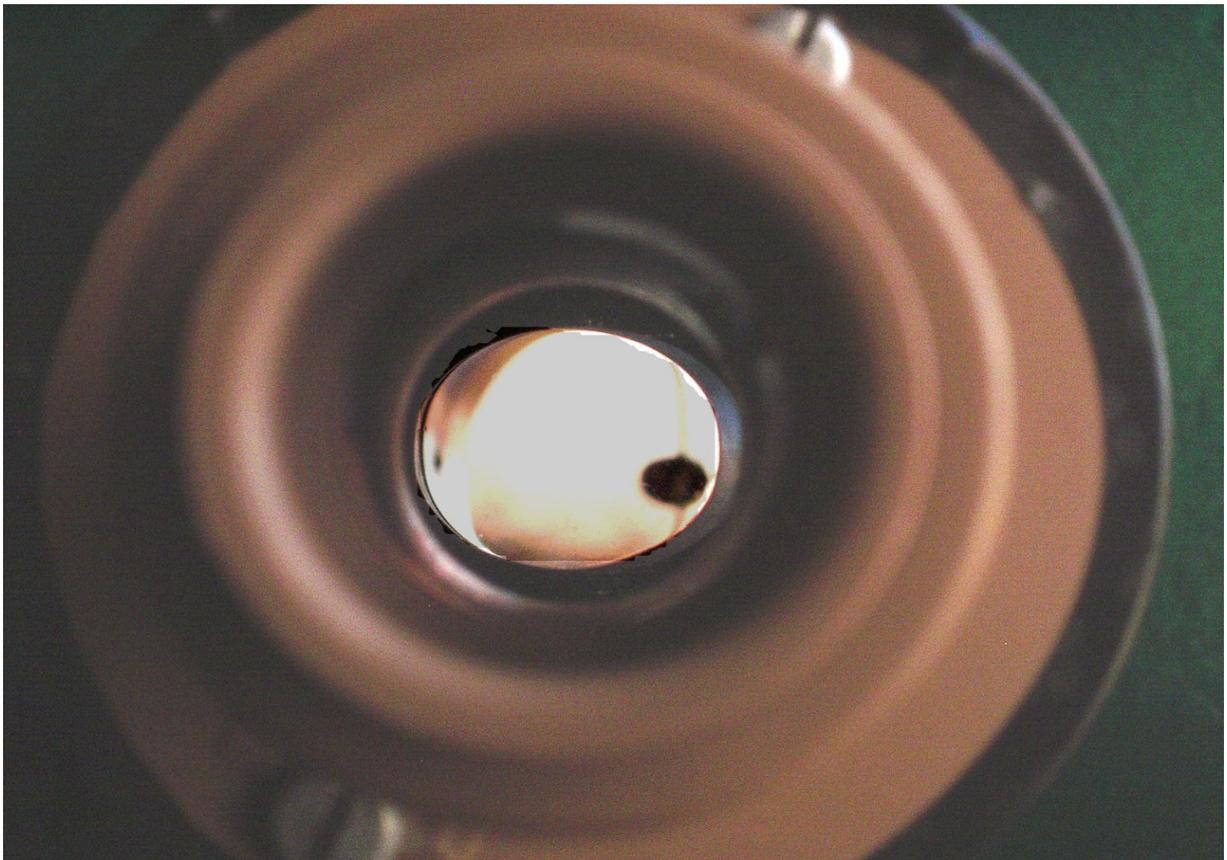


Fig.23

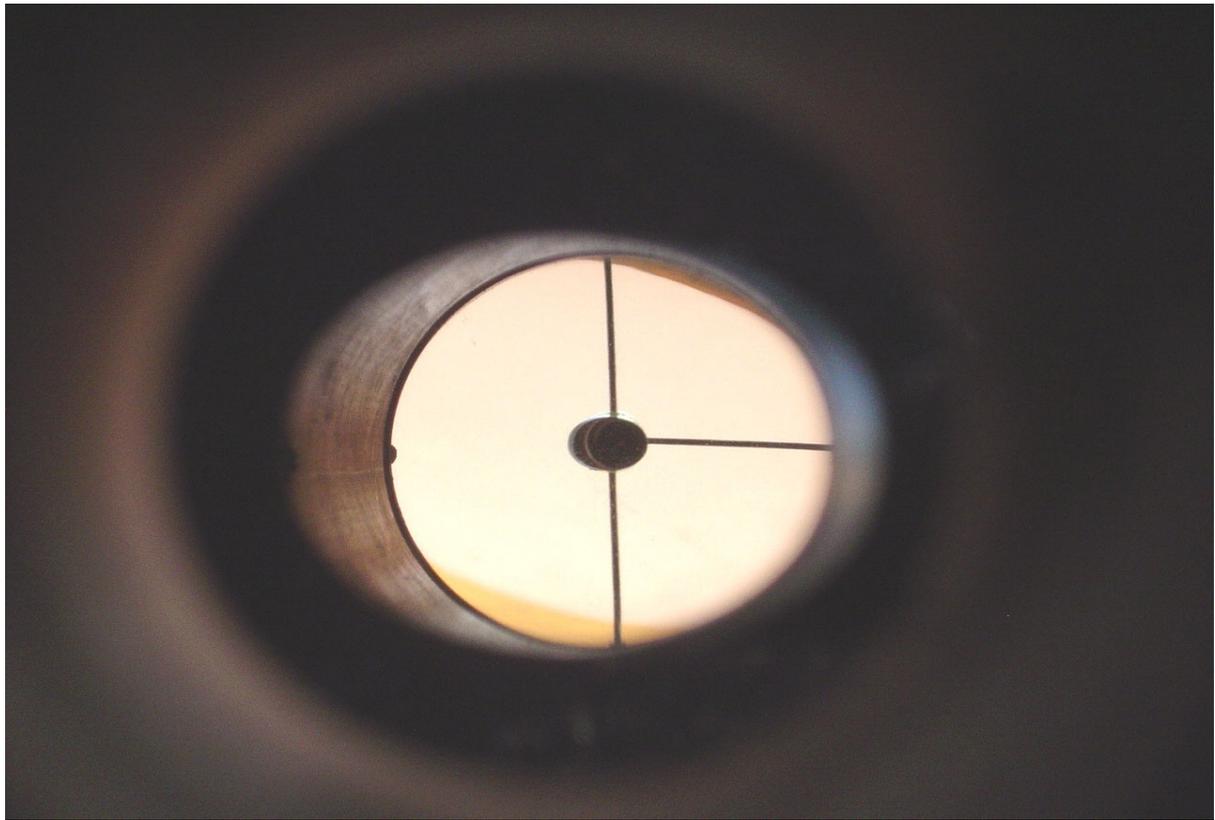


Fig.24

A seguir, devemos recolocar o espelho em seu lugar. Observando pelo focador, veremos o espelho principal através do espelho secundário. Devemos através dos parafusos que há na base do espelho principal fazer as regulações necessárias para que possamos ver a imagem da aranha que sustenta o espelho secundário totalmente centralizada no espelho secundário.

Abaixo temos imagens mostrando o processo e as possíveis imperfeições no alinhamento.

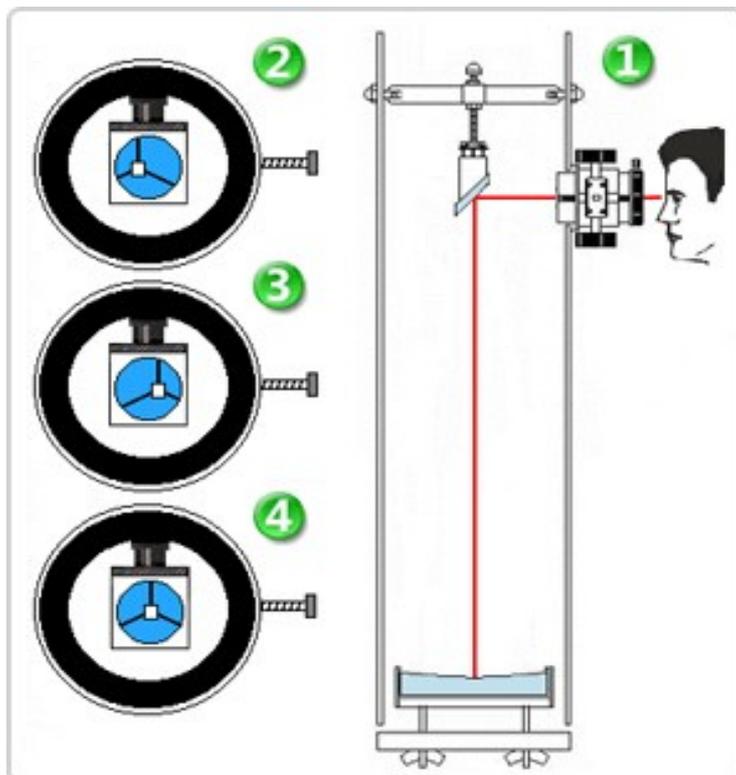


Fig.25

Na imagem 25 vemos que o espelho principal está recolocado em seu lugar . O ponto 1 é o ponto de observação, nos ponto 2 e 3 temos o espelho ainda desalinhado e no ponto 4 o espelho está alinhado, colimado. Na fig.26 temos uma imagem do espelho desalinhado e na Fig.27 o espelho está colimado. Para saber se o espelho está na altura correta, coloque a ocular no lugar e poderá ver um ponto luminoso no meio dela. Alinhe esse ponto com o centro da ocular.

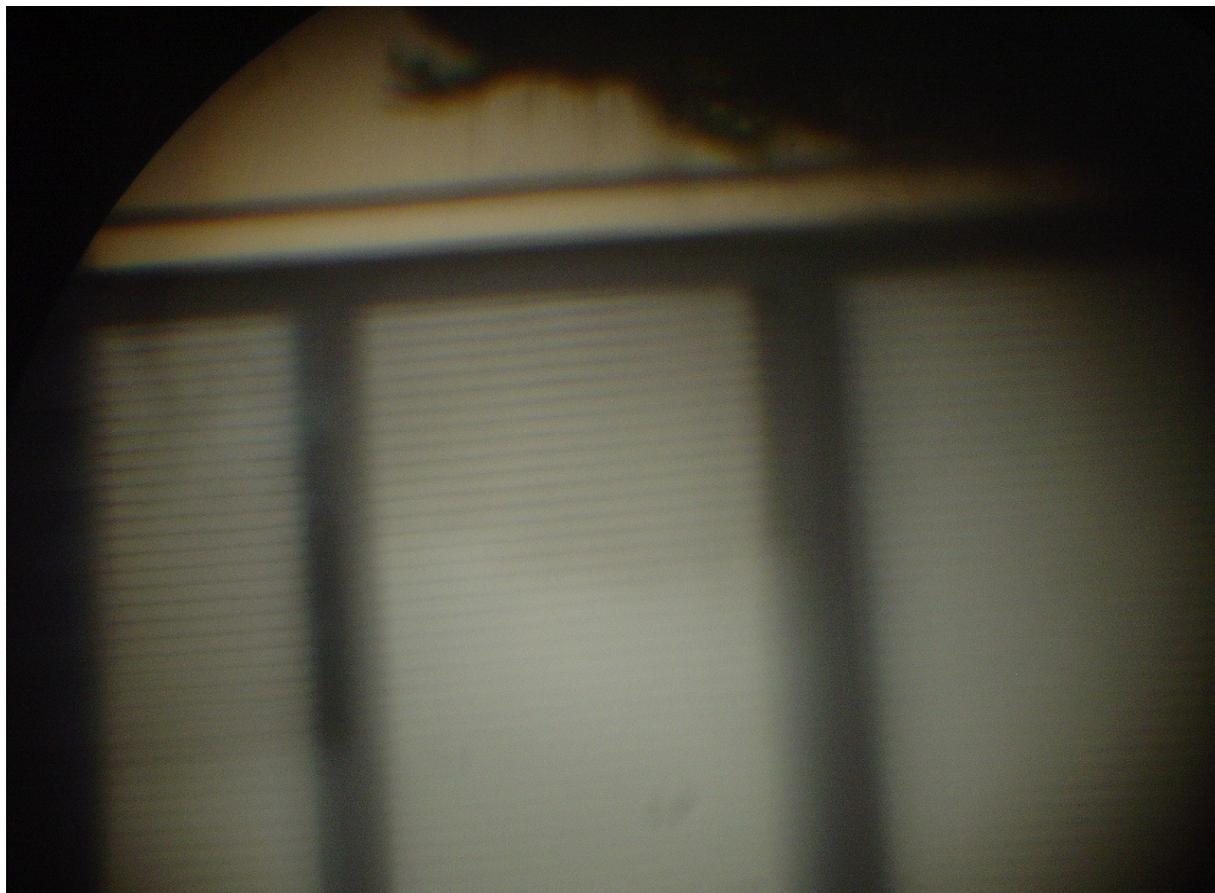


**Fig.26**



**Fig.27**

Após termos refeito algumas partes do telescópio, como mancais, aranha, focador, base giratório e ter colimado o aparelho, ainda sem as correções necessárias no espelho, a imagem que obtivemos com essas modificações está na Fig.28. Lembrando que como a imagem foi obtida com uma câmera que não é própria para isto, não consegui obter a mesma qualidade de imagem que estava observando, mas podemos ter uma idéia de como está o aparelho.



**Fig.28**

Bem, agora partimos para o retoque do espelho.

Como sua superfície está bastante irregular, não iremos fazer nenhum movimento específica para correção de uma região, mas sim voltar ao abrasivo 600 e trabalhar como se estivéssemos começando. O movimento usado é uma espécie de W, como mostrado na Fig.09, com um curso entre 3 e 5 cm. A sequência do movimento é mostrado nas próximas figuras, onde podemos ver a amplitude dos movimentos. Para que não tenhamos alteração na distancia focal, devemos alterar a posição do espelho e da ferramenta cada 10 minutos, hora trabalhando com o espelho nas mãos, hora trabalhando com a ferramenta, lembrando que ferramenta é o outro disco de vidro que usamos para confeccionar o espelho.

Usamos o abrasivo 600 por aproximadamente uma hora, tempo que leva para toda a superfície ficar igualmente trabalhada. Este tempo pode variar, faça observações e veja como está a superfície. Depois usaremos o abrasivo 1000 por aproximadamente o mesmo tempo e logo em seguida o 1500.

A superfície deve ser desbastada igualmente, vá observando se isto acontece fazendo observações com uma lupa. O que quero dizer desbastada por igual, é se o meio está sendo desbastado ao mesmo tempo que as bordas, se o processo está uniforme em toda a superfície. Para que isto aconteça, trabalhe sem pressionar a ferramenta sobre o espelho, apenas apoie a mão e deixe com que um deslize sobre o outro. Para que isto aconteça, não devemos deixar faltar água junto com o abrasivo, mas também não deve haver água em excesso.

Esta parte do trabalho deve durar aproximadamente umas 5 horas de bancada, que seriam 5 horas de movimento, não confunda isto com o tempo corrido, pois durante este processo, há paradas

para lavar o espelho e verificar como está o polimento, uma paradinha pra tomar um café e descaçar pois este trabalho é muito desgastante devido ao movimento repetitivo.



**Fig.29**



**Fig.30**



Fig.31



Fig.32

Nas figuras abaixo temos a bancada usada, com o espelho e ferramenta, lupa para verificação da superfície, copo com água e copo com o abrasivo. Note que a bancada está coberta com papel alumínio para que esteja sem sujeiras pois se algum tipo de cisco cair no espelho durante o nosso trabalho, ele irá danificar o mesmo, fazendo vários riscos. O disco de madeira sob a ferramenta é usado para que a superfície fique bem firme e plana. Quando estamos trabalhando, fazendo o W, devemos lembrar de não pressionar, e a cada W feito, devemos girar o espelho que está em nossas mãos, para que outra parte deste passe a tocar a ferramenta e garanta a uniformidade do trabalho.



**Fig.33**



**Fig.34**

Quando terminamos o polimento com os três abrasivos e verificamos que o espelho está realmente uniforme, estamos no ponto de começar o polimento, abaixo temos a imagem do espelho após o desgastante com os abrasivos.



**Fig.35**

Agora, devemos fazer nossa ferramenta para polimento.

Podemos fazê-la de duas formas, colando pastilhas de breu com cera de abelha, ou fazendo uma camada por inteira com o breu e a cera sobre a ferramenta. O que eu usei foram as pastilhas.

Faça forminhas de silicone quadradas, de aproximadamente 3 cm, derreta o breu com a cera e despeje nas forminhas. Depois, pegue as pastilhas de breu, aqueça um dos lados com fogo, até derreter um pouco, mas faça isso bem rápido para que não amoleça a pastilha, apenas derreta um pouco uma das superfícies, colando logo em seguida na ferramenta. Após ter colado pastilhas por toda a superfície, aqueça a parte de cima, apenas para amolecer um pouco, cubra com uma telinha, tipo mosquiteiro e ponha o espelho sobre a ferramenta e pressione levemente para que o breu tome a forma do espelho.

O espelho deve estar aquecido para que não tenha risco de trincar com o choque térmico e também devemos passar uma camada de detergente sobre o mesmo para que não grude no breu. Pronto, fizemos nossa ferramenta, agora é só ter muita paciência e repetir o mesmo movimento usado para desbastar o espelho.

O processo de polimento é o mais demorado e deve levar aproximadamente 25, 30 horas de bancada, pois estaremos trabalhando com um pó muito fino que é o óxido de cério e devemos sempre ter muito cuidado para que não riscamos nosso espelho.

Pequenos riscos são toleráveis, mas não podem ser muito profundos e nem em excesso.

Até o presente momento ainda estou trabalhando com o meu espelho no processo de polimento, mas já em fase de finalização, faltando aproximadamente 15 horas de bancada. Abaixo temos a imagem da ferramenta com as pastilhas de breu.



**Fig.36**

## **5- Princípios Físicos Aplicados ao Problema**

Na realização deste trabalho foram necessários os conhecimentos de vários conceitos de ótica, para termos conhecimento do aumento, posicionamento e medidas das lentes e espelhos. Também é necessário conhecimento de vácuo para a deposição de alumínio no espelho.

## **6 – Resultados Obtidos**

Depois das modificações realizadas no equipamentos, temos hoje um telescópio mais firme, com maior facilidade de ajustes e como percebido nas observações com o espelho ainda sem correções, um equipamento que funciona muito bem.

Com o equipamento de Foucault, sabemos agora a distancia focal correta da nossa objetiva, algo que não tínhamos com tanta precisão da primeira vez em que foi apresentado o projeto e sabemos como está a superfície do espelho e o que deve ser modificado para a formação de imagens perfeitas para observação.

## **7 – Conclusão**

A importância do Teste de Foucault para a confecção do espelho é enorme, pois sem este não podemos ver as imperfeições e correções que são necessárias no espelho. Não há como ter um bom espelho sem o acompanhamento do Teste de Foucault, fato que foi ignorado na primeira vez que foi apresentado o telescópio.

Também pude perceber que a forma correta de trabalhar com o espelho tem sim muita

relevância e que não adianta querer usar máquinas para acelerar o processo. Temos que realmente fazer tudo manualmente e ter muita paciência, percebi isso quando estava fazendo a correção do espelho, ainda usando os abrasivos, quando vi que o espelho estava sendo desgastado por igual, desde o centro até as bordas, o que não acontecia usando uma mesa giratória, onde primeiro era desgastado o centro e depois as bordas.

A correta colimação também é muito importante, pois mesmo sem um bom espelho, percebi que a colimação estando perfeita, podemos fazer observações. Na primeira fase, estava fazendo de forma errada a colimação no espelho secundário.

O mais importante é não ignorar nenhum dos pontos citados e segui-los corretamente pois pequenos detalhes na montagem e regulagem fazem uma diferença muito significativa no resultado final e acima de tudo, tenha muita, mas muita paciência na confecção do espelho.

## **8 - Referências**

Foram feitas várias pesquisas na internet, mas tirei resultados mais proveitosos dos seguintes sites:

[http://paginas.terra.com.br/arte/observatoriophoenix/j\\_tele/j\\_01.htm](http://paginas.terra.com.br/arte/observatoriophoenix/j_tele/j_01.htm) ;

[http://www.stellafane.com/atm/atm\\_main.htm](http://www.stellafane.com/atm/atm_main.htm) ;

[http://moutinho.astrodatabase.net/artigos/aspectos\\_basicos\\_newt.htm#\\_Toc33183857](http://moutinho.astrodatabase.net/artigos/aspectos_basicos_newt.htm#_Toc33183857) ;

Os sites citados acima são excelentes para pesquisa, com um ótimo conteúdo sobre o assunto, muito detalhados e com muitos exemplos ilustrados, tanto em português como em inglês. Use como palavra chave para o assunto **ATM**, que quer dizer amateur telescope maker.