

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

RAPHAEL MALAGOLI THEREZA

CONSTRUÇÃO DE TELESCÓPIO DIDÁTICO PARA
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau Licenciado em Física.

Rio Claro - SP

2015

RAPHAEL MALAGOLI THEREZA

CONSTRUÇÃO DE TELESCÓPIO DIDÁTICO PARA
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

ORIENTADOR

Prof. Dr. Dario Antonio Donatti UNESP – Rio Claro

Rio Claro, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

RESUMO

Voltado para aqueles que pensam na importância da divulgação científica como uma forma de contribuir para a transformação e inovação da ciência, atraindo pessoas e desmistificando conceitos, este trabalho tem como eixo central demonstrar passo a passo a confecção completa de um telescópio newtoniano didático, discutindo detalhadamente os processos envolvidos. Apresenta ainda, dentre as inúmeras possibilidades no ensino de física e ciências, o uso do instrumento construído na extensão universitária, atuando como uma via de acesso popular ao conhecimento científico.

Palavras chave: Telescópio Newtoniano, Divulgação Científica, Ensino, Extensão Universitária.

ABSTRACT

This research is dedicated at those who think about the importance of science teaching as a way to contribute to the transformation and innovation of science, attracting people and demystifying concepts, the main objective of this research is the demonstration step by step the complete process to manufacture of didactic Newtonian telescope, discussing in detail all the processes involved .Additionally, it has been shown that the proposed instrument it can be applied in and promote the popular access to scientific knowledge.

Keywords: Newtonian Telescope, Science Communication, Physics Teaching, University Extension.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais e familiares que com os anos de dedicação me possibilitaram a conclusão do curso de física.

Ao orientador Dario pela liberdade de escolha do tema e por todo apoio fornecido durante a execução do trabalho.

Ao departamento de Física por disponibilizar a oficina para confecção do telescópio e aos técnicos que na boa vontade forneceram inúmeras dicas que sempre foram de grande ajuda

Aos amigos em especial as diferentes gerações de estudantes da moradia estudantil da UNESP de Rio Claro, residentes na casa 7, pelos cinco anos de convivência e experiências.

Ao grupo de astronomia M104 – Los Sombreros, em especial ao João Eduardo por participar da minha inserção na astronomia e por toda parceria durante a caminhada da graduação.

SUMÁRIO

1 Introdução	06
2 Instrumentos Astronômicos	07
2.1 Alterando o caminho da luz	10
3. Materiais e Métodos	14
3.1 Escolha do telescópio e algumas considerações iniciais.....	14
3.2 Materiais Utilizador.....	15
Etapa 1: A Objetiva.....	15
Teste da Qualidade Ótica.....	16
Etapa 2: A Célula.....	16
Etapa 3: O Tubo.....	17
Etapa 4: Focalizador e Suporte Secundário.....	17
3.2.2. Construção Passo a Passo	18
4 Resultados	32
5 Discussão Acerca do Uso	35
6 Referências Bibliográficas	38

1. INTRODUÇÃO

O homem como observador da natureza deslumbrou inúmeros processos que transformaram seu entendimento e sobre o funcionamento deste meio, chegando ao ponto de conseguir definir padrões para este comportamento. Segundo AMARAL (2008) [1] A astronomia foi a primeira forma que o ser humano encontrou de sistematizar conhecimento.

Sendo esta sistematização possível apenas através da observação da luz proveniente do céu. Logo a observação do céu possibilitou ao ser humano expandir o campo perceptivo de sua mente partindo desde explicações como a de “Demócrito (c470 – 360 a.C.), um atomista que julgava que o aroma do pão era devido a partículas que saltavam do pão ao entrarem no nariz, considerava que a luz tinha origem semelhante, objetos visíveis emitiam *véus de matéria* da espessura de um átomo, que retêm a sua forma, voam em todas as direções e são percebidas pelos nossos olhos” (SALVETTI, 2008, p.18) [2], até o entendimento aprofundado do espectro eletromagnético

Um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de conceitos na ciência é a difusão do conhecimento, se não fosse este aspecto, todas as futuras gerações necessitariam inventar a roda novamente. No campo da astronomia, quem se propõe a divulgar e difundir este conhecimento enfrenta um desafio multidisciplinar uma vez que a ciência mais antiga abrange conceitos em: História, Filosofia, Geografia, Mitologia, Física, Química, Matemática, Biologia, Geologia, Meteorologia, Cosmologia entre outros (AMARAL, 2008) [1].

Um dos viés que encontra-se para vencer a dificuldade de se difundir esse conhecimento é a divulgação científica, que pode ser feita de várias maneiras, como o CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural) da USP *Campus* de São Carlos, Planetários, Museus de Ciência como o Catavento em São Paulo.

Outra estratégia de difusão da astronomia na rede de ensino é a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), onde alunos são incentivados a compreender a astronomia e examinar seus conhecimentos através de um teste nacional. É uma tentativa de inserir a astronomia no ensino médio regular de maneira a dar visibilidade para o tema,

e nem que por um pequeno intervalo de tempo acender a chama da curiosidade nos estudantes.

Nestes trabalhos iremos enfatizar um importante método de divulgação científica conhecido como extensão universitária. Segundo (SAVIANNI, 1981) [3] a extensão universitária é função fundamental da universidade fazendo parte de um indissociável tripé, ensino, pesquisa e extensão. Esta não pode se transformar em uma das outras devido a especificidade que cumpre, onde longe de um caráter assistencialista, a extensão faz parte da dinâmica de uma instituição pública de ensino superior, como uma forma de fazer ciência, de difundir-la trabalhando com o público que contribui para o sustento da universidade e não tem o privilégio do acesso.

No caso da UNESP *Campus* de Rio Claro, no campo da astronomia existe o Projeto de extensão “Escola dos Astros” que visa difundir tal ciência por meio de palestras, oficinas e observações do céu, atuando com escolas públicas dos diferentes níveis de ensino. Outro projeto de extensão também desta instituição que contribui para a difusão da astronomia é o Cursinho ATHO, atuando na divulgação e no despertar do espírito científico, colocando, neste caso, os estudantes em contato com um dos componentes da gênese do exercício investigativo humano, observar o céu.

A partir deste viés como integrante de um grupo de astronomia amadora conhecido como “M104 – Los Sombreros” resolvi formalizar a técnica de construção de um telescópio didático como uma monografia, discutindo passo a passo os processos envolvidos e sugerindo seu uso para a difusão do conhecimento científico

2. INSTRUMENTOS ASTRONÔMICOS

Não se conhece ao certo a origem da técnica que auxilia o ser humano a compreender o céu ao seu redor, o que se sabe apenas é que o instrumento mais antigo, vem da civilização egípcia, este é o *merkhet* um instrumento bem simples que usa uma trigonometria básica para medir o que posteriormente foi chamado de azimute de um astro. “**Azimute (A):** é o ângulo medido sobre o horizonte, no sentido horário (NLSO), com origem no norte e fim no círculo vertical do astro. O azimute varia entre 0° e 360°.” (FILHO, 2004, p.12) [4].

Os instrumentos mais conhecidos antes do desenvolvimento de novos com a capacidade de alterar o caminho percorrido pela luz, são o astrolábio, o quadrante (fig.1) e o sextante.

Todos estes têm funções parecidas, tomando como base a medida da altura de um astro em relação ao horizonte, ou em relação ao zênite. “**Altura (h):** “é o ângulo medido sobre o círculo vertical de um astro, com origem no horizonte e fim no astro. A altura varia entre $+90^\circ$ e -90° . O complemento da altura se chama distância zenital [...] (FILHO, 2004, p.12) [4]. “**Zenite:** é o ponto no qual a vertical do lugar intercepta a esfera celeste, acima do observador.” (FILHO, 2004, p.8).



Figura 1 - Quadrante portátil. Ref. [9]

O funcionamento do quadrante (Fig. 02) consiste em alinhar a haste direita com o astro desejado e com o auxílio do pendulo medir o ângulo de inclinação. Com quadrantes mais precisos é possível medir até o diâmetro do astro. Quanto maior o quadrante mais preciso ele será.

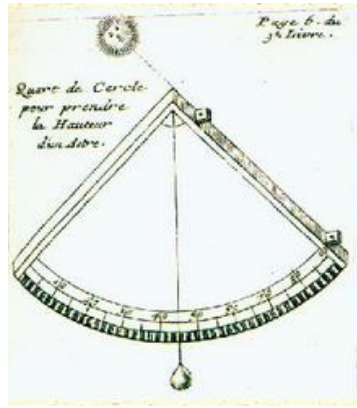


Figura 2 - Funcionamento do Quadrante, Alinha-se a haste direita com o astro e mede-se a altura zenital do astro. Ref [10]



Figura 3 - Ilustração do quadrante mural de Tycho Brahe. Ref [11]

Os grandes quadrantes são chamados de murais pois ficam presos a muros, o mais famoso entre os quadrantes é o utilizado por Tycho Brahe (fig. 3) com 2 metros de raio possibilitando medir um diâmetro de 30 minutos de arco para a lua cheia.

Todos esses instrumentos tiveram grande importância no desenvolvimento da navegação, pois ao criar um novo sistema de coordenadas a partir das estrelas, permitia que os navegantes se localizassem em qualquer lugar do oceano, desde que tivessem conhecimentos de sobre a esfera celeste.

Podemos verificar essa ideia a partir do entendimento da fig. 4.

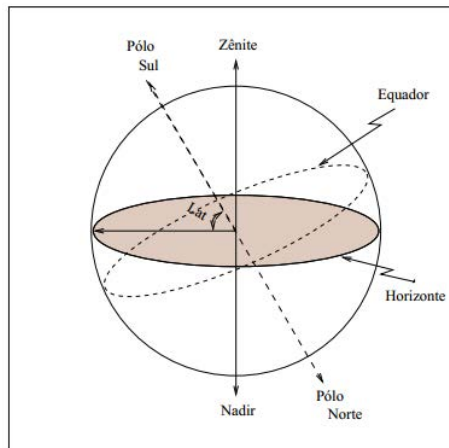


Figura 4 - Coordenadas Astronômicas (latitude). Ref [12]

Se um navegante está no plano em destaque e aponta seu quadrante para o polo sul celeste, o ângulo formado entre ele e a altura do astro é chamado latitude, assim se o navegante medir uma latitude acima da desejada ele sabe que está mais ao sul, e caso meça uma latitude menor do que a desejada sabe que está mais ao norte. **“Polo Sul Celeste:** é o ponto em que o prolongamento do eixo de rotação da terra intercepta a esfera celeste, no hemisfério sul” (FILHO, 2004, p.9) [4].

2.1. Alterando o caminho da luz

Os objetos de observação celeste acima citados não tinham a capacidade de alterar o caminho percorrido pela luz até que

[...] em 1608, um alemão – holandês fabricante de lentes chamado Jan Lippershey de Middelburg requisita uma patente ao governo holandês para um novo aparelho que permitia ver objetos distantes como se eles estivessem próximos. [...] o governo holandês nega a patente a Lippershey pois outros fabricantes de lentes também disputavam a patente ou então se diziam verdadeiros inventores do telescópio, a nomear: os holandeses Jacob Metius de Alkmaar e Sacharias Janssen de Middelburg [...] (KARAM, 2012, p.40) [5].

Assim temos início a uma longa jornada de inovações com jogos de lentes para a fabricação de instrumentos óticos, diante desse universo de possibilidades, nesse capítulo

apenas abordaremos de uma maneira sintetizada os mais relevantes para este trabalho que são o de Galileu Galilei, Johannes Kepler, Cristian Huygens e Sir Isaac Newton. Não irei aqui contextualizar a importância que cada cientista abordado teve para o desenvolvimento da ciência irei apenas enfatizar as contribuições para a produção de instrumentos astronômicos.

Nossa trajetória tem início em **Galileu Galilei** (1564 – 1630), este entre 1609 e 1610 reproduziu a invenção de Jan Lippershey e a otimizou trabalhando com diferentes lentes e arranjos até obter o esquema da fig.(5). Em Síntese, os raios de luz de um astro infinitamente distante do telescópio toca paralelamente na primeira lente chamada objetiva que converge os raios para a segunda lente chamada ocular. Os focos f_1 e f_2 devem estar sobrepostos para que os raios saiam paralelos da ocular e o observador consiga sua imagem nítida. A ampliação deste modelo é dada pela razão f_1 por f_2 sendo este esquema capaz de ampliar 6x.

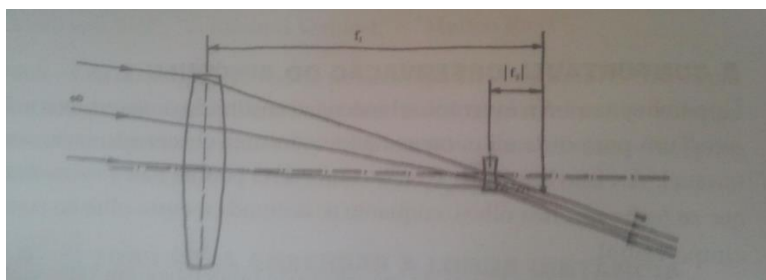


Figura 5 - Esquema óptico do telescópio de Galileu. Ref [13]

Segundo (KARAM, 2012) [5] otimizando este modelo Galileu conseguiu observar a via láctea, o formato dos planetas, a deformação da superfície da lua, as luas de Júpiter, e as fases de Vênus, rompendo com vários conceitos pré-estabelecidos pelo conhecimento passado como o Geocentrismo.

Quanto à **Johannes Kepler** (1571 – 1630), contemporâneo de Galileu.

“[...] Quando um dos exemplares do telescópio de Galileu lhe caiu nas mãos, como presente de um príncipe, pode realizar observações criteriosas realizadas em equipe. E mais pode estudar o aparelho em si, e assim entender e descrever seu princípio de funcionamento. Como resultado [...] criou a ciência da ótica geométrica [...] Também idealizou e descreveu um tipo

de telescópio totalmente novo, constituído de duas lentes convergentes, o telescópio de Kepler, mais fácil de se construir e mais poderoso que o telescópio de Galileu. O telescópio de Kepler possibilitou de forma inédita

1. Aumentar o campo de visão do telescópio
2. Aumentar a qualidade da imagem e sua definição
3. Projetar imagens com qualidade superior [...]"
(KARAM, 2012, p. 50) [5]

Podemos visualizar o esquema óptico do telescópio de Kepler através da figura 6. Onde o aumento do telescópio é dado pela razão f_1/f_2 .

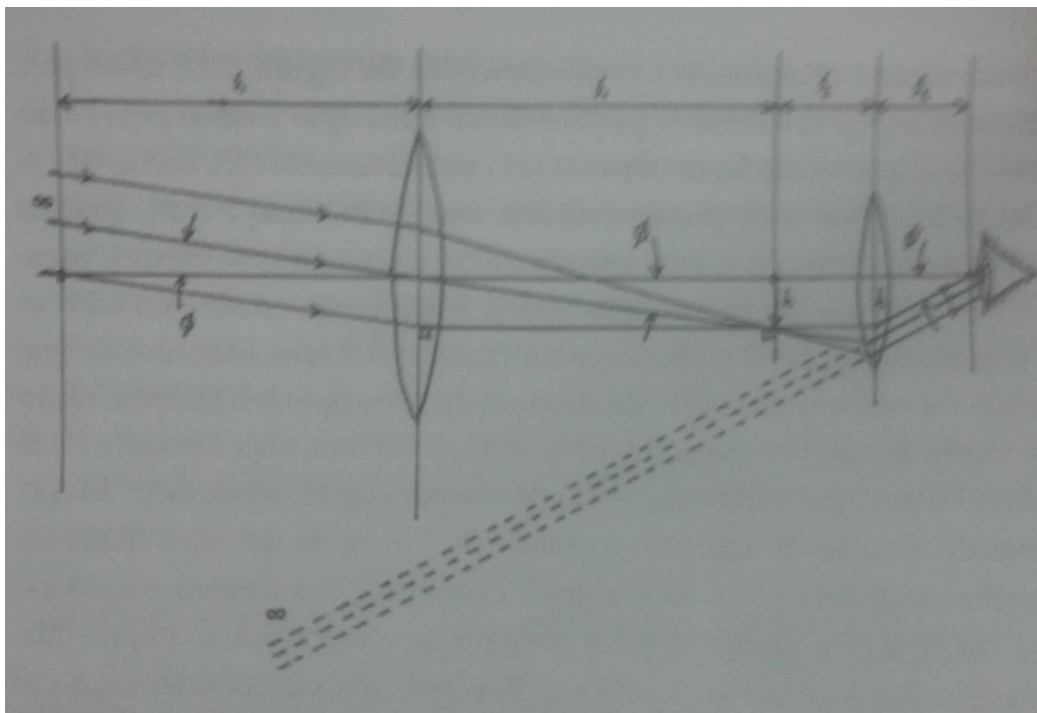


Figura 6 - Esquema óptico do telescópio de Kepler [14]

Continuando nossa revisão com **Christiaan Huygens** (1627 – 1695): Com grandes contribuições e reconhecimento aos campos da Ciência, da astronomia, da ótica, da matemática e da precisão de medidas de tempo. De acordo com (KARAM, 2012) [5] Huygens melhorou muito o telescópio refrator, retirando o tubo e colocando a sua nova objetiva com dezenas de metros de distância focal em cima de um mastro, criando seu famoso telescópio aéreo (fig 7). Chegou com a ajuda de seu irmão a polir lentes de até

37,5m de distância focal, evidenciou os anéis de Saturno algo extremamente polêmico na época e descobriu Titã, seu maior satélite. Em 1690 publicou o *Traité de la Lumiere* (tratado sobre a luz) propondo que esta era um resultado de um movimento ondulatório de algo bem tênue chamado éter explicando a refração e reflexão da luz pelo modelo que ficou conhecido como Construção de Huygens.



Figura 7 - Esquema Ilustrativo do telescópio de Huygens. Ref [15]

Por fim, **Sir Isaac Newton** (1642 – 1727) dentre suas astronômicas contribuições para a ciência também dedicou parte de sua vida para a construção de telescópios. Segundo (KARAM, 2012) [5] Newton resolveu o problema da aberração cromática transformando telescópios refratores em refletores, melhorando substancialmente a qualidade das imagens.

Este modelo de telescópio ficou conhecido como telescópio newtoniano (fig. 8) e consiste basicamente em 2 espelhos, um primário côncavo focando os raios de luz provenientes do infinito para um espelho plano secundário a 45° com a relação ao eixo do espelho primário

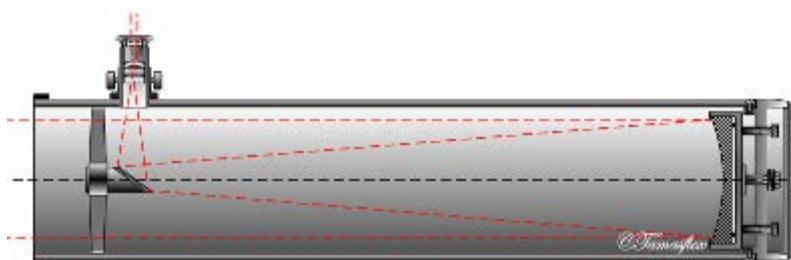


Figura 8 - Esquema óptico do telescópio newtoniano - o raio de luz em vermelho bate no espelho côncavo ao final do tubo e foca no espelho secundário localizado ao eixo do espelho primário. Ref [16]

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. A escolha do telescópio e algumas considerações iniciais

Escolheu-se para esse trabalho, dentre todos os modelos citados no item 2.1, a construção de um telescópio Newtoniano devido ao custo benefício (um dos pontos chave deste trabalho) e por ser um equipamento simples de excelente desempenho e manuseio

Para realizar a construção trabalhou-se passo a passo o desenvolvimento proposto pelo *Observatório Phoenix*¹[6] complementado pela obra de (KARAM, 2012) [5]. Algumas adaptações foram feitas e serão aqui também discutidas quando necessário.

¹ Observatório de astronomia amadora, voltado para a divulgação científica, disponibiliza um modelo para construção de telescópios no seu site: <http://www.observatorio-phoenix.org/>, último acesso em 23/01/2015

Interessante ressaltar a importância de um conceito da técnica envolvida na construção de telescópios chamado Razão Focal (F/D). Segundo (KARAM 2012) [5] este conceito é a razão entre a distância focal da lente ou espelho utilizado e o diâmetro dos mesmos.

Esta relação está inversamente conectada com o diâmetro pupilar da imagem formada, em outras palavras, se a razão focal for grande o diâmetro pupilar da imagem será pequeno e vice e versa. Telescópios com grande diâmetro pupilar são feitos para astrofotometria e telescópios com baixo diâmetro pupilar (menos que 7mm) são feitos para os olhos. A proposta desta construção é um telescópio com razão focal 12.

Dentre toda a complexidade que envolve a construção, sintetiza-se de maneira esclarecedora os principais pontos envolvidos na construção. Os pontos que não forem citados e o leitor estiver com dúvidas poderão ser encontrados na bibliografia. Estes principais pontos chamo de esqueleto do telescópio e são eles:

1. OBJETIVA
2. TESTE DE QUALIDADE DA OBJETIVA
3. CELULA
4. TUBO
5. FOCALIZADOR & SECUNDÁRIO

Cada item será melhor abordado no próximo tópico.

3.2. Materiais Utilizados e Construção Passo a Passo

Esta seção descreve a metodologia de construção do telescópio seguindo os processos apresentados na seção anterior

3.2.1. Materiais.

Etapa 1: A objetiva

Corte dos blocos de vidro:

- Dois pedaços de vidro de 0,019 m de espessura x 0,22 m de lados iguais

- 1 kg de carbureto de Silício nº 80, em forma de “lama” (misturado com água)
- Um cano de aço mannesmann com 0,15 m de diâmetro (o diâmetro deve ser o do vidro desejado) x 0,002 m de espessura e 0,15 m de altura
- Uma chapa de aço carbono com 0,19 m de diâmetro e 0,005 m de espessura
- Uma furadeira de bancada (oficina de apoio da UNESP *Campus* de Rio Claro)

Desbaste, Ajustagem, Polimento e Retoque:

Serão utilizados respectivamente os abrasivos em pó:

- 300 g carbureto de silício nº 80 (Desbaste)
- 200 g carbureto de silício nº 220 e 100 g óxido de alumínio nº 500 (Ajustagem)
- 100 g óxido de alumínio nº 1000 e 100 g carbureto de silício nº 1500 (Ajustagem)
- 100 g zirconita (Polimento e Retoque)

Teste da Qualidade da Objetiva

- Uma fonte de luz forte (led alto brilho ou lanterna)
- Uma fenda de abertura 0,05 mm
- Uma base para o espelho
- Uma rede de difração de Ronchi (comprada em lojas especializadas)

Etapa 2: Célula:

- Uma madeira circular de dimensões $r = 0,2$ m; $L = 1$ ”;
- Uma madeira circular de dimensões $r = 0,15$ m; $L = 1$ ”.
- 3 parafusos e porcas de 6/8” com knob.
- 3 parafusos 1/8” auto roscáveis.
- 3 molas de válvula automotiva (ou similar)

Etapa 3: O Tubo

- 3 canos de explosão de $L = 1,0$ m e $D = 1''$
- 12 parafusos allen de $1/4''$
- 6 guias de inox de $L = 0,1$ m e $D = 1''1/8''$
- 3 parafusos allen de $1/4''$ sem cabeça.
- 1 Tubo de PVC de $L=1,2$ m x $d = 0,2$ m

Etapa 4: O Focalizador e o Suporte Diagonal:

Neste caso, o focalizador foi adquirido como presente do grupo de astronomia amadora M104 Los Sombreros, sendo assim, não será descrito a construção do mesmo, apenas como acoplá-lo no tubo. E para isso utiliza-se

- 4 parafusos allen de $1/8''$
- 4 porcas de $1/8''$
- Focalizador

Quanto ao suporte diagonal, este é olhando a figura 7 o suporte que sustenta o espelho secundário. Este espelho foi adquirido com dimensões $0,02\text{m} \times 0,028\text{m}$ devido ao alto grau de complexidade de se fazer um espelho plano com a superfície refletora na primeira camada. A dimensão do espelho secundário foi calculada através de um software e é o máximo tamanho possível para a sombra deste não tampar o primário. (O software usado será melhor discutido no capítulo 4)

Mas o suporte foi construído e para isso utiliza-se:

- 1 fita de alumínio de dimensões $0,22$ m x $0,04$ m x $0,002$ m
- 1 parafusos allen de $1/4''$
- 1 roela de pressão
- 1 pedaço de nylon cilíndrico de dimensões $r = 0,02$ m e $h = 0,05$ m
- Uma fita dupla face VHB

3.2.2. Construção Passo a Passo

O primeiro passo é a construção da objetiva. A superfície que coleta a luz e a dirige para o foco, onde forma uma imagem real do objeto observado. É necessário a construção um refletor côncavo, espelhado na primeira superfície. Para construir, a objetiva pode ser dividida em duas partes, o corte dos blocos de vidro e o polimento.

Passo 1: Construir uma ferramenta de cortar vidro, para isso solda-se a chapa de metal no topo do cano

Passo 2: Soldar um pino de aço carbono no centro da chapa para poder adaptá-la a furadeira de bancada. (A marcação do centro da chapa foi feita no torno de bancada)

Passo 3: fazer umas ranhuras com esmeril no final do cano com separação de 0,02 m e 0,04 m de profundidade. Assim Obter o esquema da figura 09.



Figura 9 - Fresa pronta para o corte dos vidros

Passo 4: Forrar o bloco de vidro com o abrasivo em forma de lama que vai ser usado para cortar o vidro

Passo 5: ligar a furadeira a 400 rpm e cortar os dois vidro (cerca de 8 minutos por peça). Após cortados, os vidros ficarão semelhantes ao da figura 10.



Figura 10 - Vidro cortado

Passo 6: escolher o vidro que ficou melhor acabado para ser o espelho e o outro será a ferramenta. Para o desbaste devemos usar o abrasivo misturado com água (uma colher de chá para cada xícara de água). O espelho irá em cima da ferramenta.

Passo 7: Colocar a ferramenta sobre a bancada. Em cima da ferramenta uma colher de abrasivo diluído conforme o passo 6. Então colocar o espelho em cima da ferramenta de forma que a borda do espelho esteja no centro da superfície da ferramenta (não ultrapassar este limite, pois pode haver desequilíbrio e eventuais lascas). Iniciar um movimento hexagonal conforme a figura 11

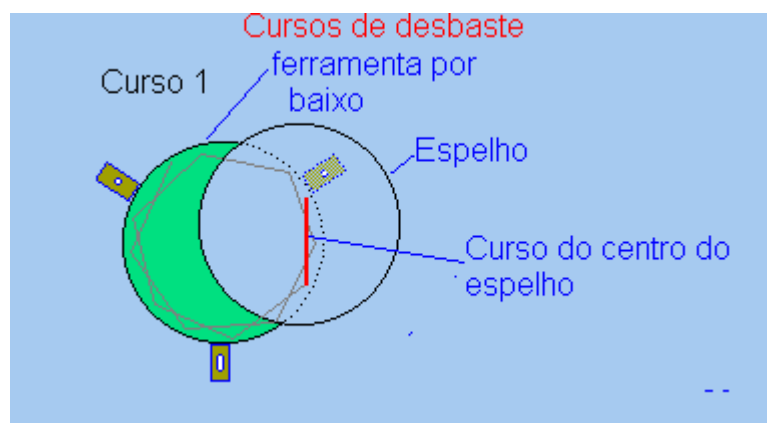


Figura 11 - Desbaste, curso 1. Ref [17]

Este curso deixará o espelho côncavo e a ferramenta convexa, um será o negativo do outro. Completar o curso 1 aproximadamente 3 vezes e então fazer o curso 2 conforme a figura 12.

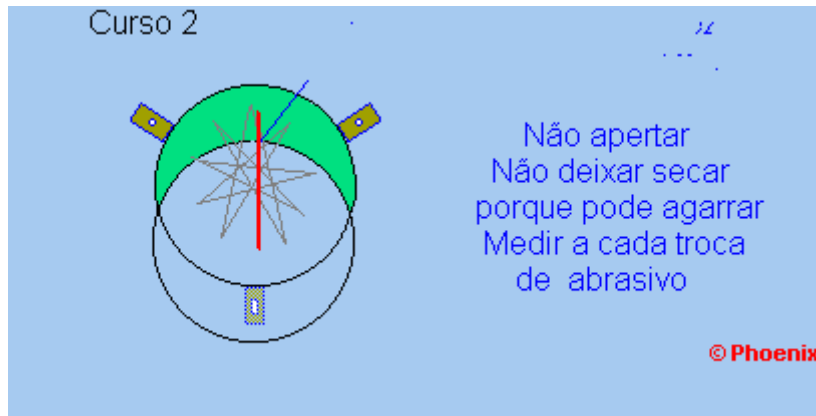


Figura 12 - Desbaste, curso 2. Ref [18]

O curso 2 é um movimento em estrela de 12 pontas, e serve para retirar astigmatismo. A parte vermelha indica o movimento do centro do espelho.

Quando perceber que está ficando seco, jogar apenas água, a troca do abrasivo é feita de ouvido, quando o ruído de desbaste “roc roc” for diminuído deve-se acrescentar mais mistura (água/abrasivo).

Passo 8: A cada substituição de abrasivo velho por abrasivo novo, deve-se medir a distância focal para se fazer esta medida é necessário um instrumento chamado esferômetro (fig.13) capaz de medir raios de curvatura. No caso deste trabalho em parceria com o grupo de astronomia amadora M104 Los Sombreros construímos um esferômetro com o auxílio da oficina de apoio da UNESP *Campus* de Rio Claro



Figura 13 – Esferômetro

Ao colocar o esferômetro em cima do espelho, o pino central do relógio comparador é empurrado para cima levando a uma leitura no relógio. Para calcular a distância focal utilizei a seguinte equação

$$\frac{2h}{r^2} = \frac{1}{R}$$

Aonde h é a leitura do relógio; r é a constante do esferômetro; e R é o raio de curvatura do espelho. A medida é feita em 3 locais diferentes do espelho para garantir a precisão e eventuais deformações

Terminado a fase de Desbaste (aproximadamente 4h), se inicia a fase de ajustagem. O procedimento que descreverei é padrão para os 4 abrasivos desta etapa.

Neste trabalho construiu-se um espelho com razão focal 12, uma vez que este tem 0,15m de diâmetro sua distância focal deverá ser de 1,8m, um telescópio um tanto quanto grande (a solução para este problema de dimensão será apresentada no item 3.2.3)

Passo 9: fazer a solução descrita no passo 6 com o abrasivo carbureto de silício nº 200 e então iniciar o processo de ajustagem, coloca-se a ferramenta sobre a bancada, a mistura água/abrasivo sobre ela e inicia-se um movimento com o espelho por cima. Então repete-se o procedimento do curso 2 e a cada 3 ciclos do curso 2 iniciamos um novo movimento de vai e vem (fig. 14) para uniformizar a superfície. E a cada 3 ciclos do curso 3 voltar para o curso 2 e assim o procedimento deve se repetir por aproximadamente 5h

Lembrando que a cada 1h deve-se limpar o espelho e medir a distância focal novamente para ver se houve mudanças. Caso tenha sofrido alterações inverta a posição (ferramenta/espelho) e faça o mesmo movimento até voltar ao raio original.

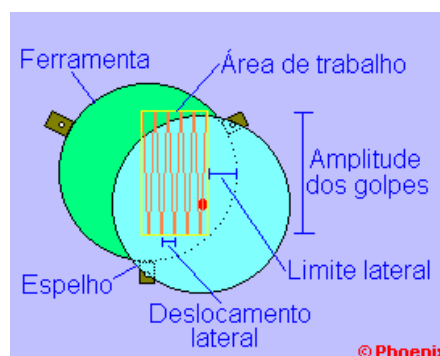


Figura 14 - Curso 3. Ref. [19]

Repete-se este procedimento para os próximos 4 abrasivos. Até entrar na fase de polimento.

Passo 10: para a realização do polimento precisamos construir uma ferramenta específica feita de piche derretido (fig. 15). Sendo esta uma ferramenta com ranhuras de forma xadrez com aproximadamente 1" de espaçamento entre elas. Como requer um nível de detalhamento que depende da visualização do procedimento, o link para acesso está disponível na Referência [7].



Figura 15 - Ferramenta de piche pronta (já usada)

Agora é só repetir o procedimento do passo 9 durante aproximadamente 20h. E o espelho está pronto para ser aluminizado (fig. 16).



Figura 16 - Espelho aluminizado

Uma das etapas mais importantes da confecção de um espelho côncavo é assegurar a qualidade da superfície, pois se a superfície apresentar deformações não será possível a formação de uma imagem nítida para o observador.

Para realizar este teste utiliza-se um esquema conhecido como “Teste de Ronchi”. Sendo necessário:

O esquema a seguir (fig.17) chamado “Banco de Foucault” ilustra como se deve ficar ajustados os materiais.

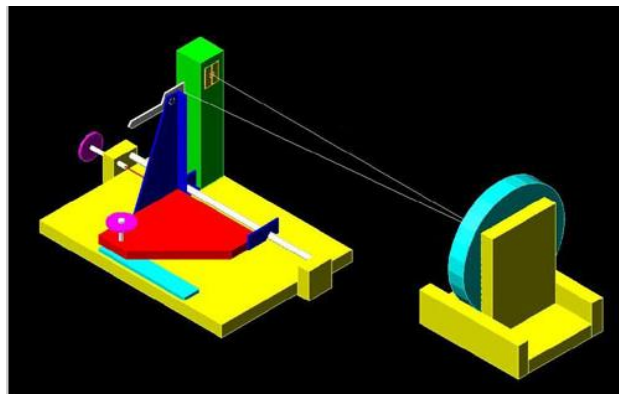


Figura 17 - Banco de Foucault. Ref [20]

O espelho deve estar distante da fonte de luz, o dobro de sua distância focal, neste caso, 3,6 m, o observador deve colocar o olho a aproximadamente 5 cm da rede de difração conforme a figura 18.

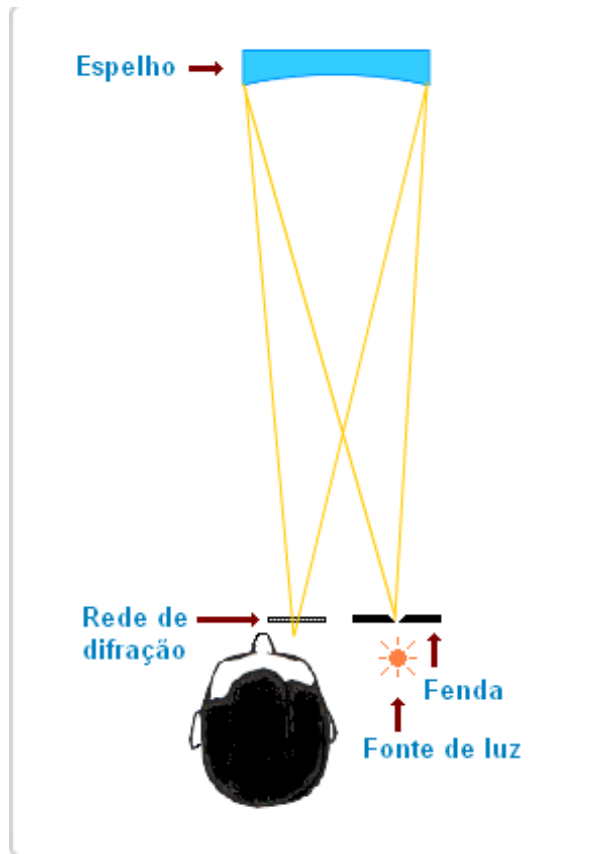


Figura 18 - Esquema óptico do teste de qualidade Ref. [21]

Montado este esquema, existem algumas aberrações óticas mais comuns na superfície do espelho. A figura 18. Ilustra quais são estas

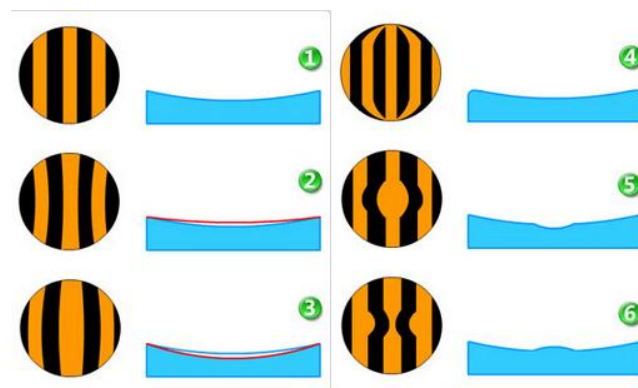


Figura 19 - Deformações mais comuns (a figura em azul está exagerada, não é possível perceber o defeito a olho nu) Ref. [22]

1. Padrão esférico, espelho sem aberrações
2. Esferóide Oblato, as linhas de interferência se curvam em direção ao centro do espelho

3. Parabolóide, as linhas de interferência se curvam em direção a borda do espelho.
4. Borda caída, as linhas de interferência se curvam bastante na região da borda
5. Depressão central no espelho
6. Elevação central no espelho

Para o presente trabalho considera-se o erro de maior risco o número 3, pois como é um espelho de grande distância focal, sua curvatura é pequena, podendo um erro como este passar despercebido, criando assim um fenômeno de aberração esférica (fig. 20), sendo esta uma variação no foco do espelho para diferentes pontos da superfície.

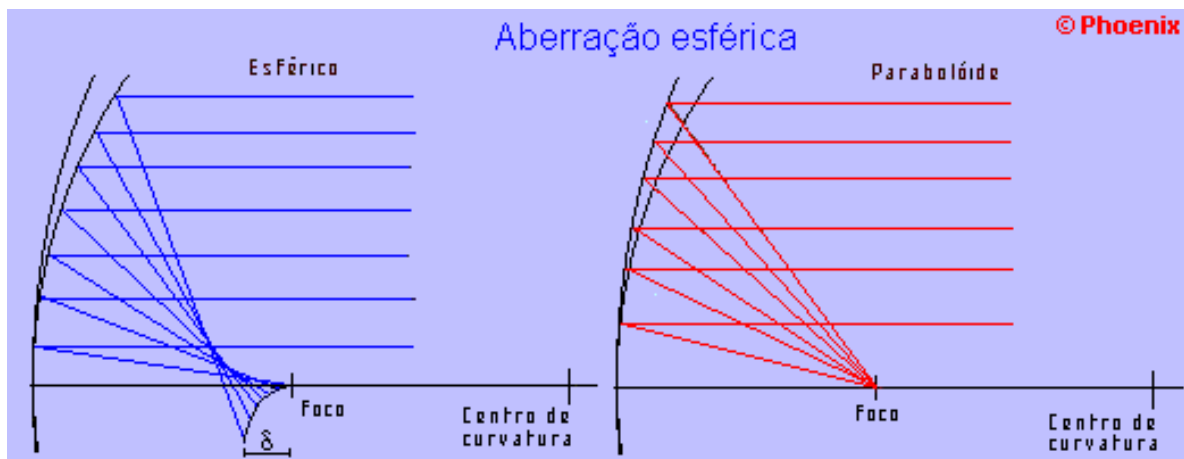


Figura 20 - Aberração Esférica. Ref [23]

Para a correção desses defeitos deve-se seguir o modelo da figura 21.

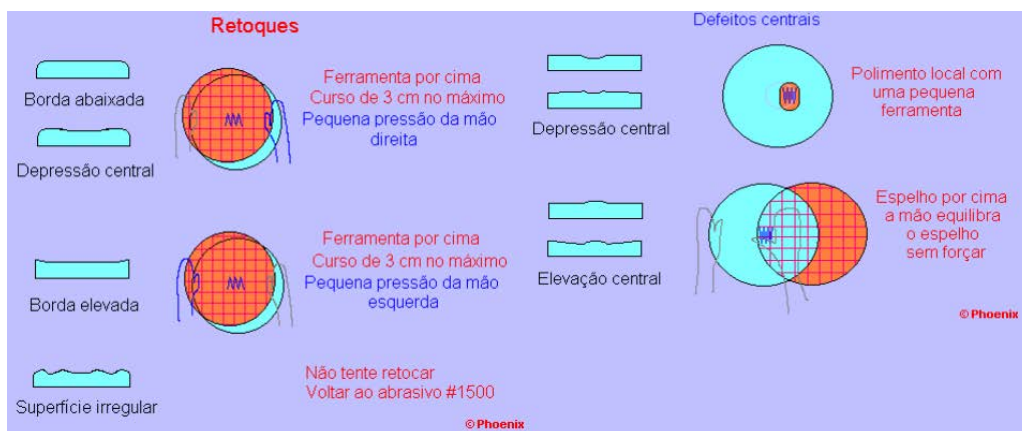


Figura 21 - Correções para aberrações na superfície ótica. Ref. [24]

O novo desafio agora é a montagem da célula, o suporte para o espelho primário (Objetiva) do telescópio. Para isso precisaremos

Passo 11: como é difícil encontrar a madeira circular, esta foi torneada (fig. 22) a partir de uma placa para obter o diâmetro desejado.



Figura 22 - Torneando as madeiras

Passo 12: fazer um furo concêntrico (fig. 23) nas duas madeiras e a furação para os parafusos.

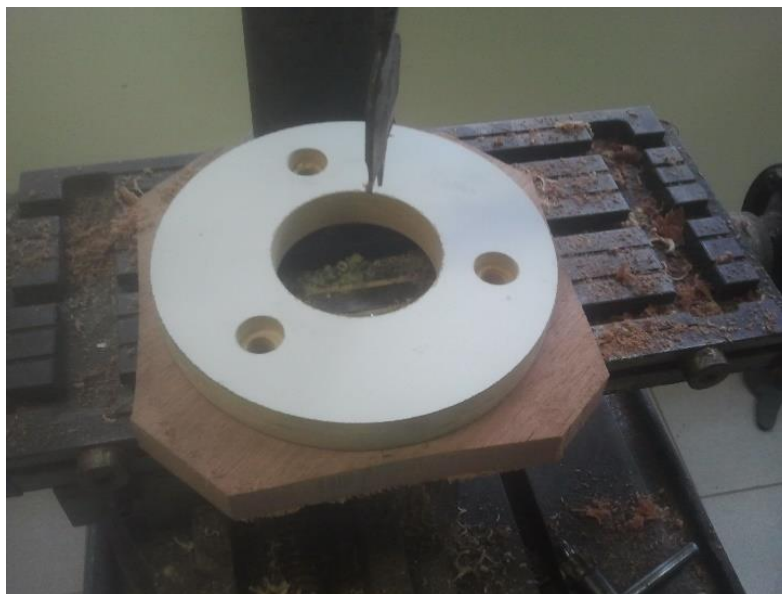


Figura 23 - Placas furadas

Passo 13: introduzir os parafusos na de modo a passar pelas 2 placas de madeira e travá-los com porcas. A mola deve estar entre as placas (fig. 24) pois é com ela que vamos colimar o espelho.

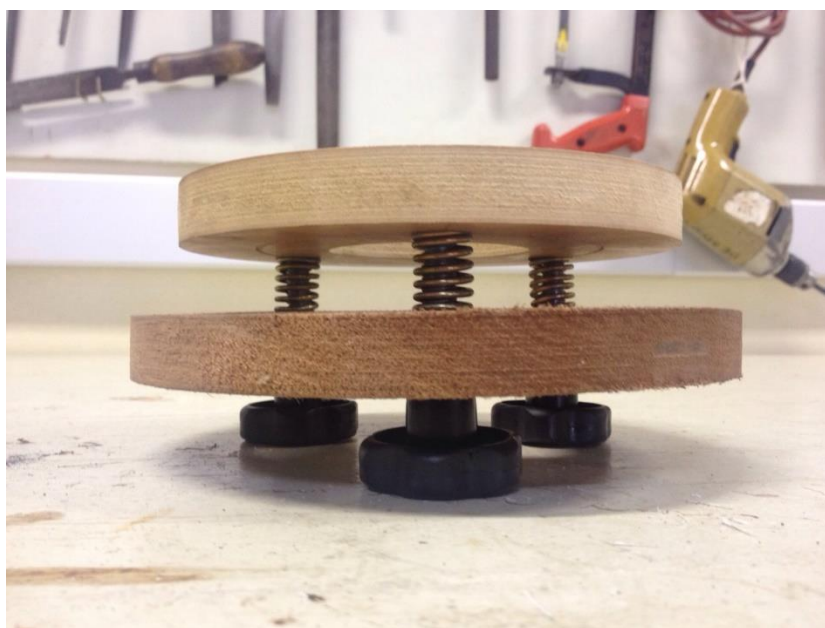


Figura 24 - célula pronta

O espelho deve se alocar na madeira de cima e os knobs ficarão para fora do telescópio. Os 3 parafusos de 1/8" auto roscáveis que ainda faltam ser utilizados são para parafusar a célula no tubo do telescópio. O furo concêntrico é para dissipação de calor.

Após isso foram acoplados 3 suportes em “L” na madeira superior (fig. 25) para fixação do espelho na célula, revista o suporte com silicone pois não pode haver contato com a lamina de alumínio do espelho e o suporte.

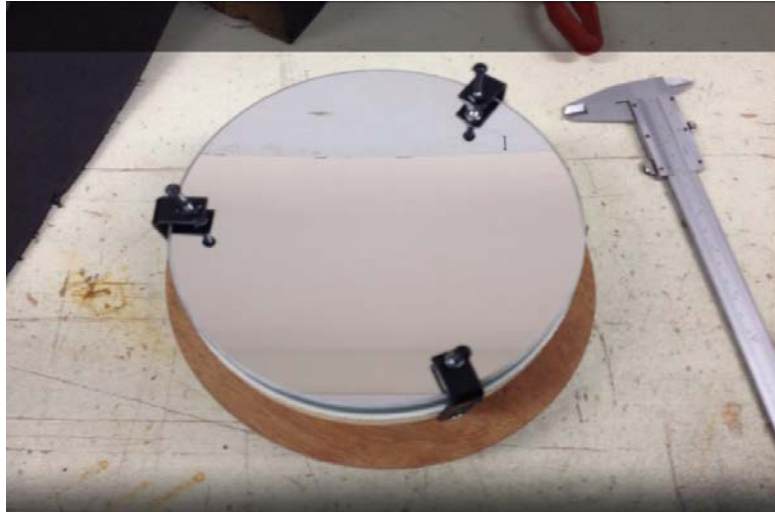


Figura 25 - célula com espelho

A penúltima etapa é a construção do tubo. A maioria dos telescópios não apresenta dificuldades nessa etapa, simplesmente compra-se um tubo de PVC do diâmetro da célula e comprimento compatível com a razão focal. Neste caso, deveria ter o comprimento de 1,8m. Uma vez que é inviável o transporte deste telescópio e o seu uso é para divulgação científica, ou seja, deve-se move-lo com facilidade. Desenvolve-se então um telescópio retrátil.

Passo 14: Cortar o tubo em 0,15m a partir do topo. Separando-o em uma parte de 1,05m e outra de 0,15m a parte pequena é aonde ficará o espelho secundário e o focalizador. A parte grande é aonde ficará a célula

Passo 15: Anexar as guias fixas ao tubo. As guias fixas são as que o cano de explosão será preso e imóvel. Comece furando as guias igualmente espaçadas e faça os furos para encaixá-las na parte superior do tubo como mostra a fig. 26.



Figura 26 - Início da montagem do tubo

Talvez seja intuitivo pensar que as outras duas hastes estarão a 120° umas das outras para completar o círculo perfeito, porém duas destas hastes deve ser colocada a 90° uma da outra para poder aumentar a sustentação aonde irá o focalizador para não ocorrer envergamento do tubo o que descolimará o telescópio.

Passo 16: fixou-se então os outros dois canos (hastes) na parte de cima e também faça-os passar pelas guias instaladas no meio da parte de baixo do tubo. Assim o tubo finalizado deve ficar como mostra a figura 27.



Figura 27 - Tubo Montado

Nas guias da parte inferior do tubo deve haver um terceiro furo apontado para fora, por este passará um parafuso allen de 1/4" que irá travar o cano na hora que atingir a altura desejada para a distância focal do espelho. (Esta é uma das vantagens deste telescópio, trabalhar com diferentes distâncias focais e será melhor discutida no último capítulo).

Nota: O tubo deve ser revestido internamente com EVA preto preto para evitar reflexões indesejáveis.

O focalizador (fig. 28) deve se encontrar na parte superior do tubo, simetricamente entre as hastes que estão a 90° uma das outras.



Figura 28 - Focalizador

Passo 17: Fazer 4 furos no tubo com a broca de 1/8" simétricos com os furos já existentes no focalizador. (fig. 29)



Figura 29 – Acoplando Focalizador

Passo 18: Faça um corte no centro do nylon com 45° para criar uma superfície para o espelho secundário, e então acople esse nylon na parte inferior da fita de alumínio usando o parafuso e a roela de pressão. Enfim faça um corte central no tubo da parte superior do telescópio e encaixe a fita conforme a fig. 30.

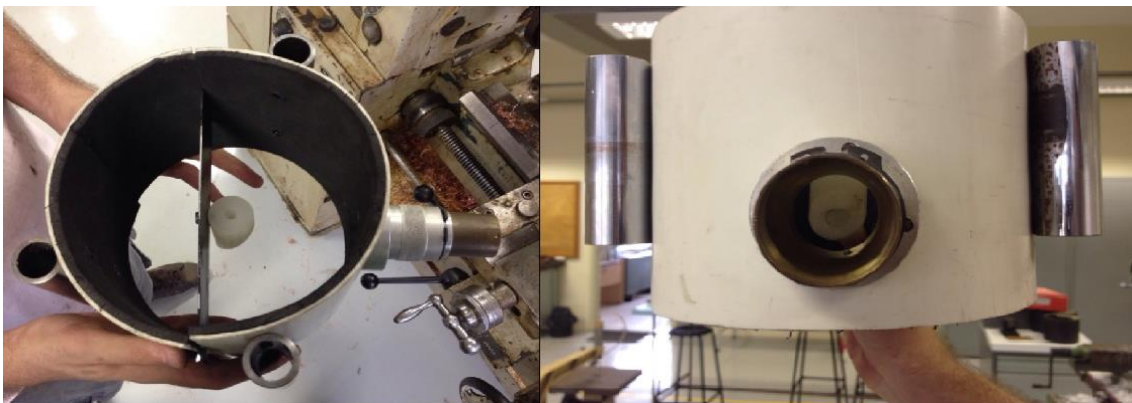


Figura 30- Focalizador com Suporte Diagonal

E com isso o telescópio cru está finalizado. Qualquer item adicionado ao telescópio a partir daqui será meramente estético ou irrelevante para seu bom funcionamento, não tendo importância para este trabalho.

4. RESULTADOS

4.1. Da parte técnica

Para a concretização deste projeto foi importante o uso de um software chamado TelCalcNewton 2.0 que calcula todos os parâmetros pertinentes a um telescópio newtoniano como ampliação, luminosidade, razão focal, etc. Os mais relevantes estão nos gráficos e tabelas abaixo (figs. 31, 32, 33 e 34).

Existe um problema na confecção de espelhos esféricos conhecido como aberração esférica este acontece quando todos os raios de um objeto puntiforme no infinito não estão focalizados num único ponto. Para não ocorrer este problema é preciso obedecer a equação empírica das lunetas e telescópios sendo esta:

$$f^3 \geq 3,49 D^4$$

Sendo f a distância focal e D o diâmetro da lente/espelho. Neste caso

$$F^3 = 5,832 \times 10^9 \text{ mm}$$

$$3,49 D^4 = 1,7668125 \times 10^9 \text{ mm}$$

Então neste espelho não ocorrerá aberração esférica. Possibilitando formar uma imagem nítida dos astros observados. Avaliando o gráfico da figura 33 também podemos visualizar esta relação. Agora com novos parâmetros, espessura e diâmetro da lente.

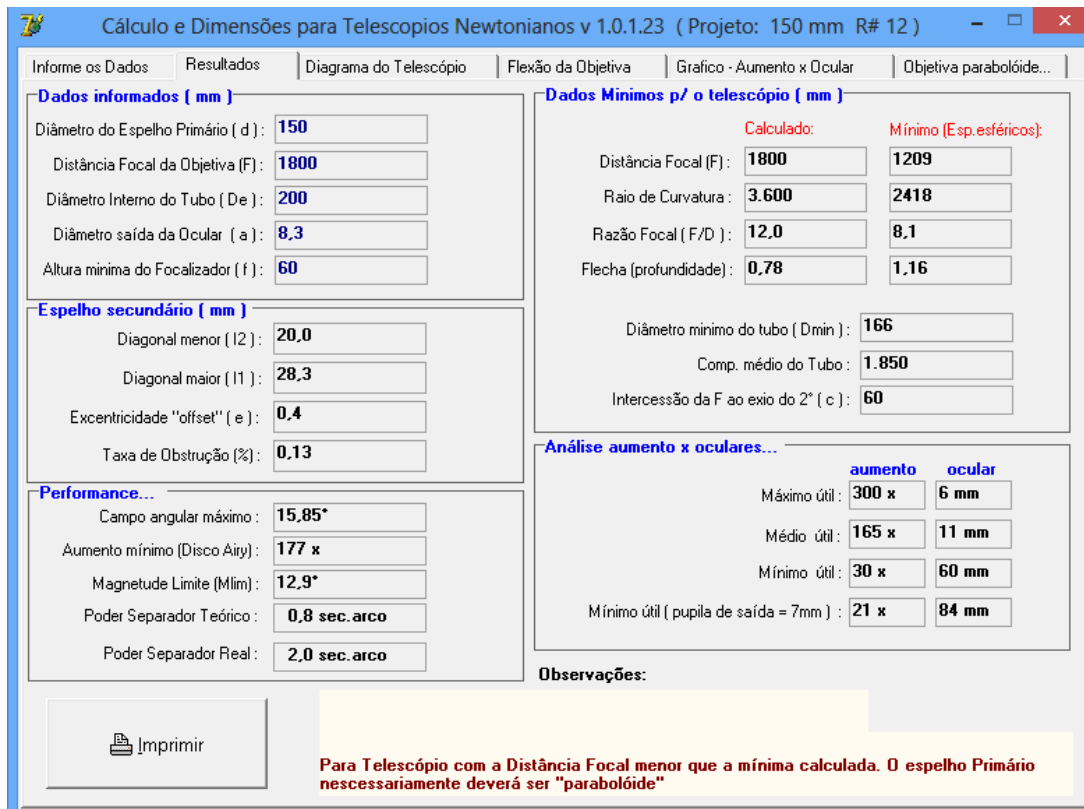


Figura 31 - especificações técnicas 1

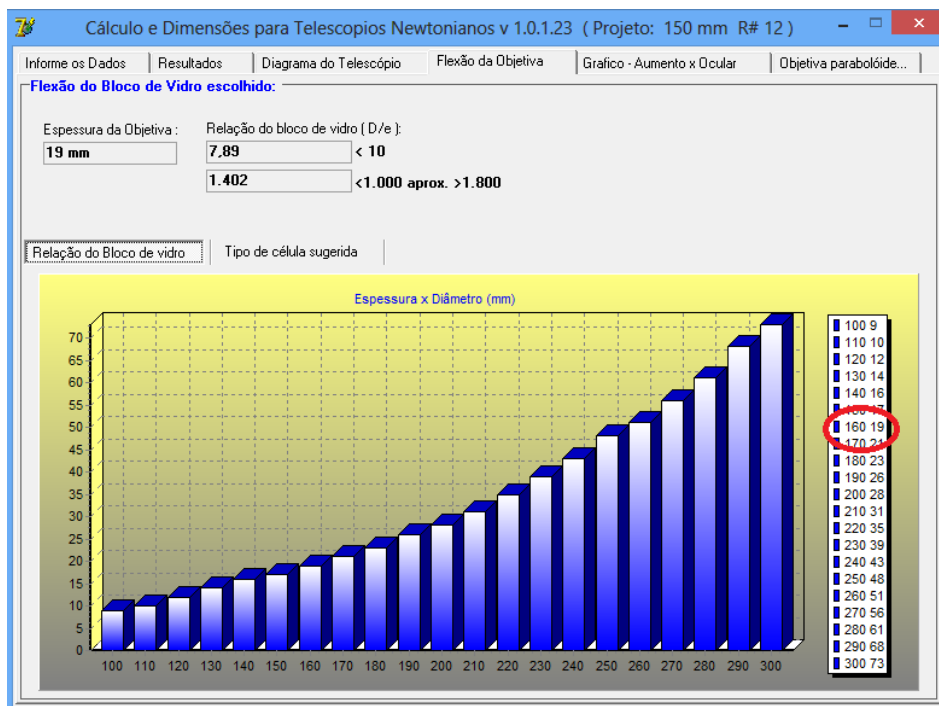


Figura 32 - Espessura x Diâmetro. Para uma espessura de 19mm o diâmetro máximo deve ser de 160mm

Também pode-se observar qual o aumento máximo (fig. 34) que um telescópio com as características apresentadas nas figs. 31 e 32 pode ter.

Cálculo e Dimensões para Telescópios Newtonianos v 1.0.1.23 (Projeto: 150 mm R# 12)

Informe os Dados | Resultados | Diagrama do Telescópio | Flexão da Objetiva | Gráfico - Aumento x Ocular | Objetiva parabolóide...

Oculares ... Gráfico - Aumento x Oculares | Campo de Visão de algumas Oculares

Barlows (x) ...
 Barlow 01 : 2.00 Barlow 02 : 3.00 Usar Barlows Restaurar Padrões...

Oculares (mm) ...

Oculares (mm)	C.Apar. AFOV	Aum.Simples (x)	C.Real RFOV	Barlow 2,00 (x)	Barlow 3,00 (x)
Ocular 1: 4,0	0,0	=> 450,00	000,0	m/arc 900,00	1.350,00
Ocular 2: 8,0	0,0	=> 225,00	000,0	m/arc 450,00	675,00
Ocular 3: 10,0	67,0	=> 180,00	128,0	m/arc 360,00	540,00
Ocular 4: 12,0	50,0	=> 150,00	095,5	m/arc 300,00	450,00
Ocular 5: 15,0	65,0	=> 120,00	124,2	m/arc 240,00	360,00
Ocular 6: 20,0	75,0	=> 90,00	143,3	m/arc 180,00	270,00
Ocular 7: 23,0	81,0	=> 78,26	154,7	m/arc 156,52	234,78
Ocular 8: 25,0	42,0	=> 72,00	080,2	m/arc 144,00	216,00
Ocular 9: 28,0	50,0	=> 64,29	095,5	m/arc 128,57	192,86
Ocular 10: 32,0	50,0	=> 56,25	095,5	m/arc 112,50	168,75
Ocular 11: 40,0	43,0	=> 45,00	082,1	m/arc 90,00	135,00
Ocular 12: 50,0	35,0	=> 36,00	066,8	m/arc 72,00	108,00

Figura 33 - Aumentos provenientes de diferentes oculares

E por fim um panorama geral do esqueleto do telescópio.

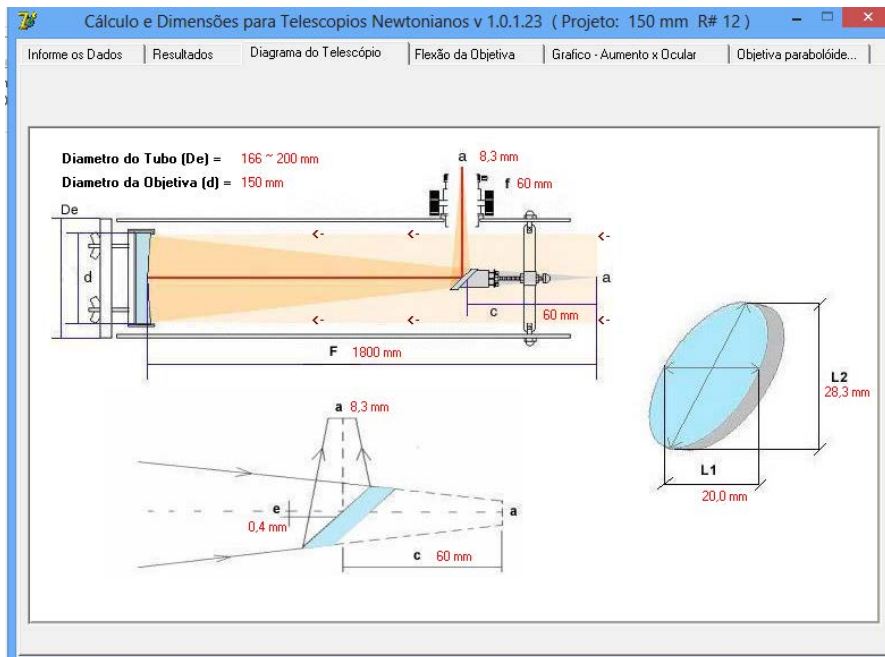


Figura 34 - Diagrama do telescópio

5. DICUSSÕES ACERCA DO USO.

Como se trata de um telescópio didático, este deve ser utilizado para fins de ensino e divulgação científica, existem inúmeras possibilidades de atuação dentro destas finalidades, aulas (no caso de professores), palestras, feiras de ciências, observatórios, museus de ciências, etc.

Modelos como este telescópio e outros construídos com a mesma técnica deste já foram utilizados em inúmeros eventos, como palestras em escolas, semanas de estudos, e no evento que acontece anualmente na UNESP *Campus* de Rio Claro encabeçado pelo grupo de astronomia “M104 – Los Sombreros” com o apoio do Departamento da Física e do IGCE – Instituto de Geociências e Ciências Exatas chamado “Mostra Astronômica”.

O importante é o uso desse instrumento estar conectado com o exercício de aguçar o espírito científico das pessoas, trazer mais mentes para a ciência é com certeza uma maneira de contribuir para o seu desenvolvimento e inovação.

Nas imagens abaixo (figs. 35, 36, 37, 38) apresento alguns exemplos de possibilidades de ações com esse tipo de instrumento.



Figura 35 – Observação do céu noturno após palestra com escolas trazidas à universidade pelo projeto de extensão “Escola dos Astros”



Figura 36 – Atividade de formação de professores na E.E. Joaquim Ribeiro na cidade de Rio Claro-SP.26



Figura 37 – Observação do Sol com os alunos da E.E. Marciano Toledo Pizza na cidade de Rio Claro-SP



Figura 38 – Palestra pré observação do sol com a E.E. Marciano Toledo Pizza na cidade de Rio Claro-SP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMARAL, P. Ensino de Astronomia nas Séries Finais do Ensino Fundamental: Uma Proposta de Material Didático de Apoio ao Professor. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciência) – Instituto de Física, Química e Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2008.
- [2] SALVETTI, A.R. A História da Luz. 2 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008. 205 p. il.
- [3] SAVIANI, D. Extensão universitária: uma abordagem não extensionista. In: Educação e Sociedade. São Paulo, n.º 8, Cortez Ed., 1981.
- [4] FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. 2 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 557 p. il.
- [5] KARAM, H. A. Telescópios Amadores: Técnicas de Construção e Configuração Ótica. São Paulo: Livraria da Física, 2012, 251 p. il.
- [6] Moura, M. M. Faça Seu Próprio Telescópio. Disponível em: www.observatorio-phoenix.org
- [7] COLETTI, S. Construção de Telescópios: Ferramenta de Pich Lap <https://www.youtube.com/watch?v=9p1t6Jx4ZN8>. Acesso em 20 de outubro de 2014.
- [8] FILHO, S.S. Testes Óticos. Disponível em: www.telescópiosastronomicos.com.br/testes. Acesso em 29/01/2015.
- [9] Quadrante Portátil. Retirado de: <http://www.mat.uc.pt/~helios/Mestre/H21merid.htm>. Acesso em 16 de outubro de 2014.
- [10] Funcionamento do Quadrante. Retirado de: http://www.museutec.org.br/previewmuseologico/o_quadrante.htm. Acesso em 16 de outubro de 2014.

- [11] Quadrante Mural de Tycho Brahe. Retirado de:
<http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/tycho-rs/tycho-rs.htm>. Acesso em 16 de outubro de 2014.
- [12] Coordenadas Astronômicas (Latitude). Retirado de (FILHO, 2004, p.10)
- [13] Esquema Ótico do Telescópio de Galileu. Retirado de (KARAM, 2012, p.46)
- [14] Esquema Ótico do Telescópio de Kepler. Retirado de (KARAM, 2012, p.52)
- [15] Esquema ilustrativo do telescópio de Hyugens. Retirado de <http://www.observatorio.ufmg.br/Pas90.htm>. Acesso em 16 de outubro de 2014.
- [16] Esquema Ótico do Telescópio Newtoniano. Retirado de Retirado e adaptado de <http://www.siteastronomia.com/wp-content/uploads/2013/11/telesc%C3%B3pio-newton.png?ea0d25>
- [17] Desbaste, Curso 01. Retirado de <http://www.observatorio-phoenix.org/> Acesso em 05 de novembro de 2014
- [18] Desbaste, Curso 02. Retirado de <http://www.observatorio-phoenix.org/> Acesso em 05 de novembro de 2014
- [19] Curso 03. Retirado de <http://www.observatorio-phoenix.org/> Acesso em 05 de novembro de 2014
- [20] Banco de Foucault. Retirado de <http://www.observatorio-phoenix.org/>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015
- [21] Esquema Ótico do Teste de Qualidade. Retirado de:
<http://www.telescopiosastronomicos.com.br/testes.html>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015
- [22] Deformações Mais Comuns. Retirado de:
<http://www.telescopiosastronomicos.com.br/testes.html>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015

[23] Aberração Esférica. Retirado de <http://www.observatorio-phoenix.org/>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015

[24] Correções Para Aberrações na Superfície Ótica. Retirado de:

<http://www.observatorio-phoenix.org/>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015