

Notas Técnicas do Laboratório Nacional de Astrofísica

Projeto mecânico da unidade de entrada de fibra óptica do espectrógrafo MUSICOS

Márcio Vital de Arruda

LNA/NT/2019-18

Jul/2019

Projeto mecânico da unidade de entrada de fibra óptica do espectrógrafo MUSICOS

Márcio Vital de Arruda¹

¹*Laboratório Nacional de Astrofísica, marruda@lna.br*

Resumo: A grande maioria dos projetos optomecânicos do Laboratório Nacional de Astrofísica são de grande porte, como componentes ópticos e peças mecânicas. Esta nota apresenta o projeto conceitual, desde sua concepção, de um subconjunto do espectrógrafo MUSICOS que tem pequenas dimensões se comparado aos espectrógrafos para Astronomia, mostrando detalhes das montagens cinemáticas utilizadas. As dificuldades e limitações de espaço são apresentadas e mitigadas, tornando-o inovador.

Abstract: *Most of National Astrophysical Laboratory instrument designs have large dimensions, like optical components and mechanical parts. This white paper presents the conceptual design of a new MUSICOS Spectrograph subcomponent which is considerably smaller comparing to usual spectrographes for Astronomy, presenting all kinematic mounts used. The difficulties and space limitations were described and mitigated.*

Palavras-chave/keywords: MUSICOS; projeto mecânico; fore-optics; unidade de fibra óptica / *MUSICOS; mechanical design; optical fiber unit*

Submetido em: Jul/2019.

Revisado por:

Décio Ferreira

Flávio Felipe Ribeiro

Josimar Aparecido Rosa

Sumário

Acrônimos e definições	4
Escopo do documento	4
1 Introdução	5
2 Estado da Arte	5
3 Requisitos de projeto	7
3.1 Funcional	7
3.2 Interfaces	7
4 Projeto mecânico	8
4.1 Concepção passo a passo	9
4.2 Refinamento	10
4.3 Execução do projeto final	12
5 Conclusões	12
Referências	13

Lista de Figuras

2.1 Vista em corte da <i>fore-optics</i> original	6
4.1 Conjunto de calibração e entrada	8
4.2 Projeto óptico da <i>fore-optics</i>	9
4.3 Concepção inicial	10
4.4 Transladador linear	11
4.5 Transladador tipo "zoom"	11
4.6 Suporte lente diafragma	12
4.7 Montagem na unidade de calibração	12

Acrônimos e definições

LNA	Laboratório Nacional de Astrofísica
MUSICOS	<i>MUlti SIte COntinuous Spectroscopy</i>
CAD	<i>Computer Aided Drawing</i>

Escopo do documento

Este nota técnica tem por objetivo preservar a memória do projeto mecânico do dispositivo descrito no título deste documento. Assim, o autor preocupou-se em apresentar como o subconjunto foi concebido desde os requisitos até o projeto final.

Não é de responsabilidade do autor descrever ou apresentar o projeto óptico.

1 Introdução

O espectrógrafo *MUSICOS* – *M*ulti *S*ite *C*ontinuous *S*pectroscopy, construído em 1990/1991, instalado no telescópio *Bernard Lyot* no *Pic du Midi Observatory*, foi doado ao Brasil em 2010 para ser integrado no Observatório Pico dos Dias em Brazópolis – MG.

Este espectrógrafo é um equipamento de bancada alimentado por fibras ópticas¹. Assim, como a razão focal de ambos os telescópios *Bernard Lyot* e o *Perkin-Elmer* 1,60cm do Pico dos Dias são diferentes, haveria necessidade de uma *fore-optics* específica para o telescópio 1,60 cm.

Esta nota técnica descreve o projeto mecânico da *fore-optics* do espectrógrafo *MUSICOS* de aplicação específica para o telescópio *Perkin-Elmer* 1,60 cm.

2 Estado da Arte

O autor desta nota técnica utilizou os desenhos de fabricação da unidade de entrada de fibra óptica do espectrógrafo *MUSICOS* originais (a *fore-optics* original), enviado pelo responsável pelo projeto na França, como requisitos de entrada. A *fore-optics* original possuía limitações dimensionais devido ao espaço interno do conjunto de calibração e entrada². Nesta fase o trabalho maior foi o levantamento dimensional real, pela comparação entre medidas apresentadas nos desenhos de fabricação e as medidas tomadas das peças originais. Esta comparação foi necessária porque o autor do projeto original havia comentado que não era possível confiar nos desenhos de fabricação, uma vez que, alguns subconjuntos do espectrógrafo *MUSICOS* haviam sido atualizados.

A Figura 2.1 apresenta a *fore-optics* original em CAD 3D vista em corte. Lista-se abaixo os pontos importantes sobre o projeto original:

1. Esta *fore-optics* não possui qualquer ajuste para alinhamento do eixo ótico da fibra e do diafragma. Este sistema só não é perfeitamente fixo porque existe um ajuste grosseiro, sem auxílio de atuadores, para colocar o diafragma na altura correta, distante 65 mm da interface de fixação (Ver desenho da Figura 2.1).
2. A dimensão 65 mm na Figura 2.1 é crítica, não pode ter variações. A face inferior, que define a cota, é a interface da *fore-optics* com o conjunto de calibração e entrada (Ver imagem do conjunto de calibração no Figura 4.1).

¹Pode ser alimentado por cabo de uma fibra ou duas fibras.

²Conjunto maior o qual contempla a *fore-optics* e unidades de calibração utilizadas no *MUSICOS*

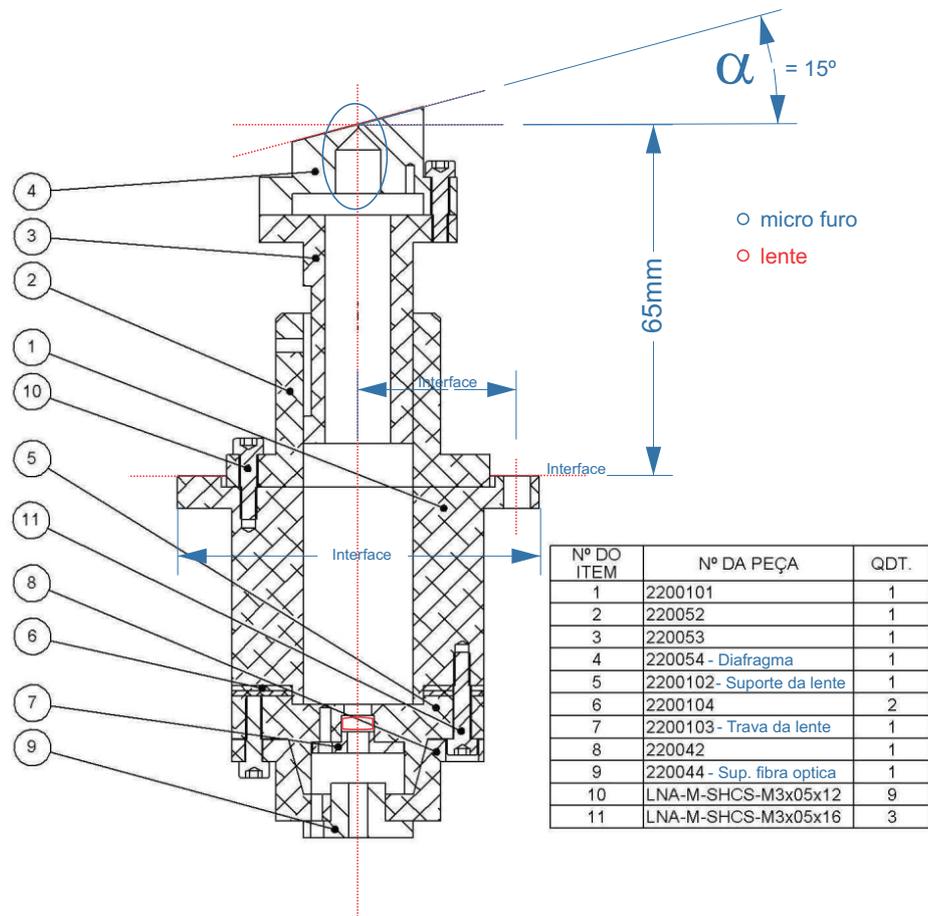


Figura 2.1: Vista em corte da *fore-optics* original

FONTE: Arquivo do autor.

3. A face inclinada da peça 4, o diafragma, é uma superfície polida para poder visualizar a imagem em uma câmera dentro do conjunto de calibração e entrada. A inclinação da peça 4 também é importante. Observa-se também nesta peça, um grande furo de broca de profundidade limitada e bem próxima a superfície inclinada (indicado pelo círculo azul na Figura 2.1), sugerindo um alívio de material para guiar a micro broca responsável pelo micro furo.
4. As interfaces estão indicadas na Figura 2.1 em azul.
5. A lente, indicada em vermelho no desenho da Figura 2.1, é mantida em posição por meio de duas peças, a peça 5 e a peça 7.

3 Requisitos de projeto

A nova *fore-optics* seguiu os seguintes requisitos mecânicos³ definidos abaixo:

3.1 Funcional

REQ-1: *fore-optics* com ajustes de foco $\sim 4mm$ e centragem $\sim 1mm$ da fibra na lente.

Análise Racional: Ajustes de foco e centragem auxiliam na eficiência do dispositivo. Em óptica, a mínima variação em relação a posição nominal modifica a imagem.
--

Método de validação: Inspeção do projeto

REQ-2: Ângulo da face do diafragma: $\alpha = 15^\circ$

Análise Racional: A imagem é refletida por esta face para uma câmera de guiagem.

Método de validação: Inspeção do projeto

REQ-3: Fácil instalação e montagem rápida na unidade de calibração e entrada.

Análise Racional: Este requisito auxilia no processo de troca de instrumento no telescópio.
--

Método de validação: Inspeção do projeto

3.2 Interfaces

REQ-4: Respeito as interfaces entre a *fore-optics* e o conjunto de calibração e entrada. O volume ocupado pelo projeto original deve ser mantido.

Partindo das interfaces, o volume não pode ultrapassar $\phi 66 mm \times 65 mm$ (*dia* \times *alt*)

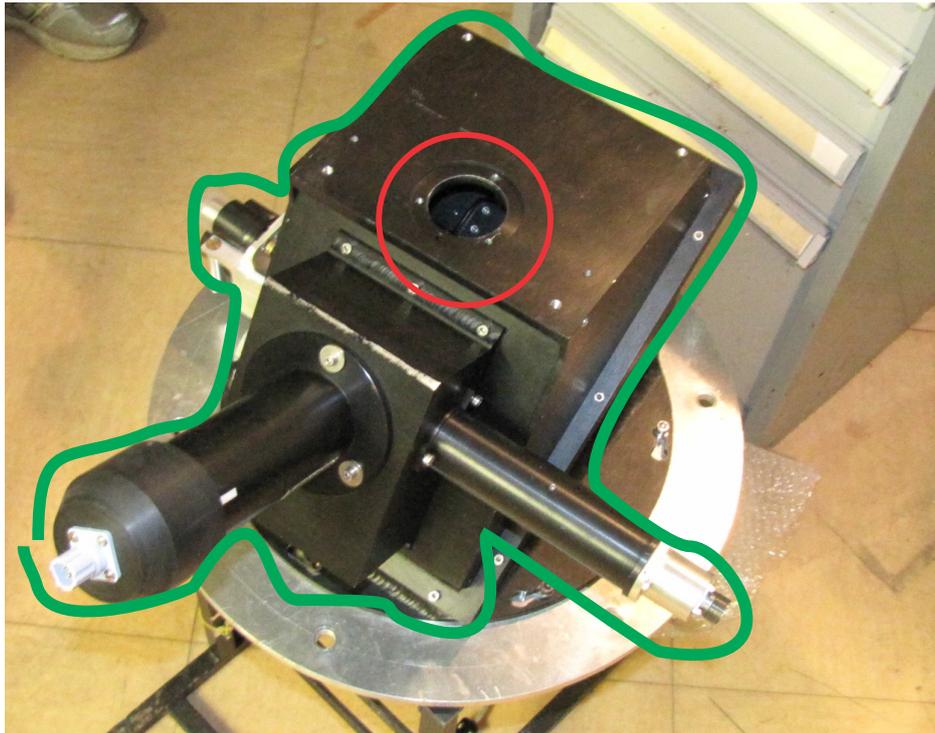
Análise Racional: Para que não haja interferências mecânicas no conjunto de calibração e entrada.
--

Método de validação: Inspeção do projeto

³Não é objetivo desta nota apresentar os requisitos ópticos.

4 Projeto mecânico

A *fore-optics*, é um subconjunto localizado dentro da unidade de calibração e entrada do espectrógrafo MUSICOS. A Figura 4.1 apresenta a unidade de calibração e entrada de baixo para cima, mostrando em detalhe o orifício onde a *fore-optics* é montada.



○ unidade de calibração e entrada ○ entrada *fore-optics*

Figura 4.1: Conjunto de calibração e entrada.

FONTE: Arquivo do autor.

O subconjunto *fore-optics* original não possuía nenhum ajuste de foco e posicionamento da fibra no eixo do diafragma (Figura 2.1), tal forma que, qualquer compensação de montagem era solucionada utilizando calços. A nova *fore-optics*, por sua vez, permite ajustes de foco e centragem, conforme requisito **REQ-1**.

Devido a necessidade de ajustes, o sistema foi concebido partindo das medidas externas, criando um volume o qual não poderia ser ultrapassado, conforme requisito **REQ-4**.

Por fim, o requisito **REQ-2** permanece idêntico ao projeto original inclusive a distância da interface até a fenda.

4.1 Concepção passo a passo

Todo projeto desta natureza depende estritamente de um projeto óptico para definir as distâncias básicas da face da lente e os pontos de interesse. A Figura 4.2 apresenta um esboço do projeto óptico onde o ponto mais distante, o ponto A, é o diafragma e o ponto mais perto, o ponto B, a posição da ponta da fibra óptica.

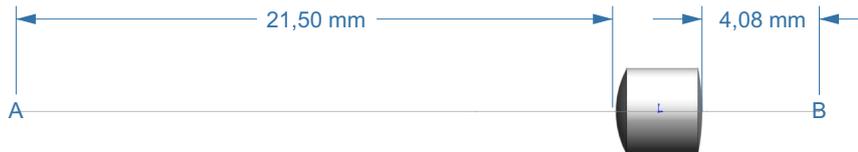


Figura 4.2: Projeto óptico da *fore-optics*

FONTE: Arquivo do autor.

O próximo passo no desenvolvimento é posicionar a lente com o diafragma e elaborar um dispositivo para acomodar a lente. Uma vez posicionado, segue-se posicionando o suporte de fibra óptica, cuja peça é do projeto original, seguido do desenvolvimento do transladador de posição linear XY capaz de realizar o movimento suave do suporte de fibra. Neste ponto, não se preocupa com as dimensões físicas do transladador linear. Por último, a concepção de um atuador de posicionamento vertical que possua uma grande abertura no centro para passagem da fibra óptica.

A Figura 4.3, apresenta esta metodologia detalhadamente. É interessante notar que o autor não se preocupa com interferências do volume disponível para o projeto, pois a concepção passará por refinamentos. De acordo com a imagem da Figura 4.3, nota-se que todos os pontos abordados nos requisitos foram perfeitamente alcançados, a excessão da região de interferência, que será resolvido e comentado no refinamento do projeto, Seção 4.2.

Ainda falta, até este ponto, uma flange que será a interface com a unidade de calibração e entrada. Esta flange por ser extremamente simples será apresentada no final do processo de desenvolvimento conceitual.

Nesta fase de desenvolvimento, então, é apresentada aos interessados os pontos que não permitem que o desenvolvimento prossiga. A sugestão do autor foi de retirar os atuadores lineares com *knob* (cabeça para ajustar), substituindo por um atuador linear sem cabeça, e arredondar os cantos do transladador até encaixar dentro do volume disponível. Utilizar atuadores lineares sem cabeça implica na necessidade de uso de chaves para alcança-los, e isto não era possível devido a posição do subconjunto *fore-*

optics dentro da unidade de calibração e entrada, e obviamente, a falta de espaço para manipulação das chaves. Assim, optou-se por manter os atuadores lineares com *knob*

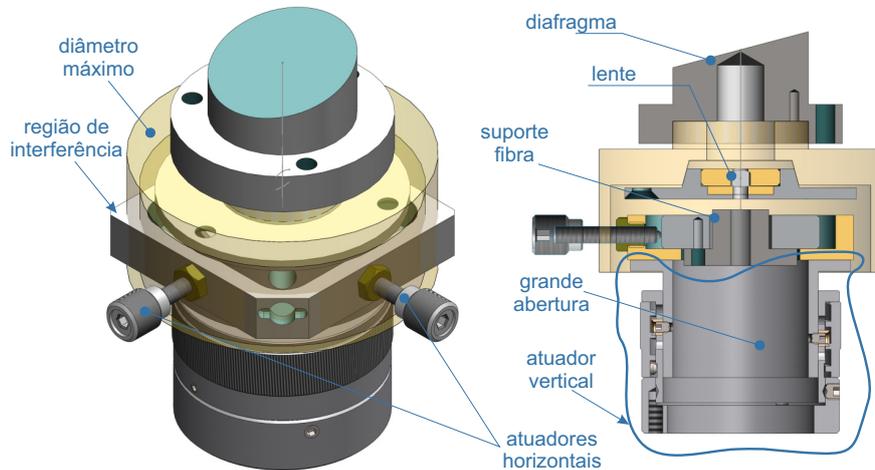


Figura 4.3: Concepção inicial dos transladadores e suporte de lente com relação ao projeto optico.

FONTE: Arquivo do autor.

4.2 Refinamento

Nesta fase, inicia-se:

- A eliminação das interferências.
- O desenvolvimento das fixações dos subconjuntos:
 - Transladador linear.
 - Atuador vertical com a fixação no transladador linear XY .
 - Suporte de lente e diafragma na base fixa.
 - Flange de montagem na unidade de calibração e entrada.

O resultado do refinamento do transladador linear é apresentado na imagem da Figura 4.4. Seu funcionamento é do tipo *push-pull* muito comum em projetos opto-mecânicos, onde os parafusos movimentam em direção contrária a força de mola. Uma trava foi localizada na parte posterior para travar a peça móvel evitando qualquer movimentação caso, por algum descuido, alguém toque nos atuadores.

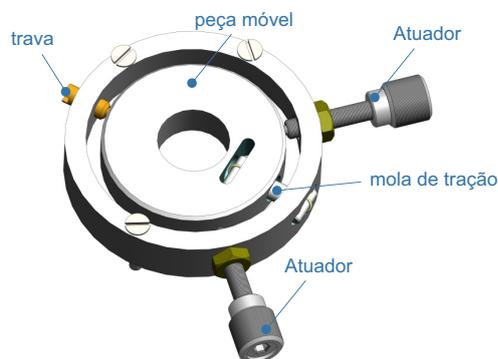


Figura 4.4: Transladador linear tipo *push-pull*.

FONTE: Arquivo do autor.

O atuador vertical é um sistema do tipo *zoom* de cameras fotográficas. Seu funcionamento é simples e tem a vantagem de não girar a peça central, fazendo o movimento linear na direção do eixo. Também possui fácil acesso ao parafuso de fixação do suporte de fibra óptica. Detalhes na imagem da Figura 4.5.

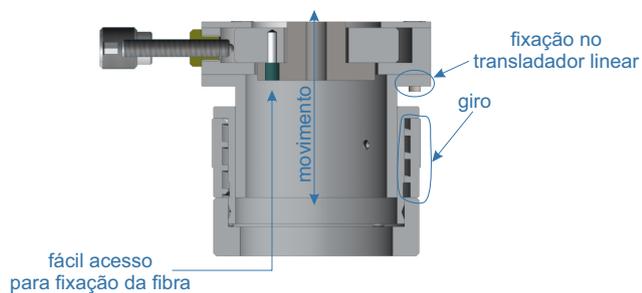


Figura 4.5: Transladador tipo "zoom" de camera fotográficas.

FONTE: Arquivo do autor.

O conjunto lente diafragma, é um conjunto fixo. Ver imagem da Figura 4.6.

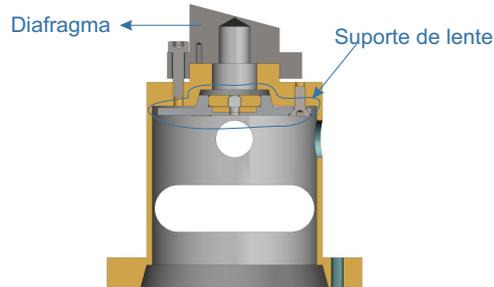


Figura 4.6: Suporte lente diafragma, o conjunto fixo.

FONTE: Arquivo do autor.

A flange de montagem por sua vez é a principal responsável por integrar todos os subconjuntos da *fore-optics* na unidade de calibração, **REQ-3**. A Figura 4.7 apresenta em detalhes toda *fore-optics* montada na unidade de calibração, visto em corte.

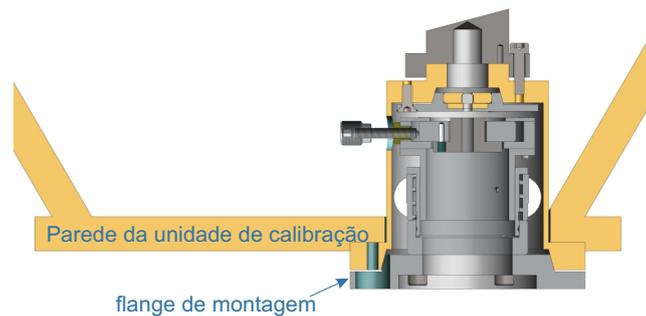


Figura 4.7: Montagem na unidade de calibração.

FONTE: Arquivo do autor.

Não foi possível a eliminação dos atuadores com *knob* do projeto, sendo necessário a sua remoção para montagem do conjunto na unidade de calibração.

4.3 Execução do projeto final

Todas as peças deste projeto foram produzidas, verificadas e testadas na Instituição. Os itens comerciais, que o LNA não produz, foram os parafusos de passo fino (atuadores), a lente e o diafragma. A montagem deste conjunto foi simples e permitiu rápida integração do espectrógrafo MUSICOS no Observatório Pico dos Dias em Brazópolis.

5 Conclusões

Este é um projeto de aplicação muito específica, o espectrógrafo MUSICOS. Sua particularidade é a dimensão física reduzida que o torna um projeto de grande dificuldade. Em parte, a dificuldade está em encontrar elementos comerciais que não sejam importados, como por exemplo parafusos fora do padrão na indústria brasileira. Por isso, tem forte potencial inovador.

Por ser todo produzido nas dependências da Instituição, capacitou o corpo técnico na produção de conjuntos de pequeno porte com razoável tolerância e precisão.

Referências

- [1] THE MUSICOS PROJECT: MULTI-SITE CONTINUOUS SPECTROSCOPY, http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1993ASPC...40..662C&defaultprint=YES&filetype=.pdf, acessado em: agosto de 2019.