

RELATÓRIO FINAL

Nome: Beatriz Leonor Silveira Barbuy

Processo no.: 1999/03744-1

Título: Construção de dois espectrógrafos ópticos para o telescópio SOAR

Vigência: 01/06/2000 a 31/10/2009

Introdução

O objetivo deste longo projeto foi o de construir o primeiro espectrógrafo brasileiro para um grande telescópio, além de participação no espectrógrafo Goodman, a qual foi pequena.

O espectrógrafo SIFS constituiu o instrumento brasileiro de primeira geração, e nos propiciou a ocasião de desenvolvermos nossas aptidões para essa difícil tarefa, através de formação e contratação de pessoal (em particular no Laboratório Nacional de Astrofísica, LNA/MCT), e instalação de laboratórios, que convergiram para serem centralizados no LNA/MCT.

A situação do país na área simplesmente mudou de uma condição insossa, para a situação atual, em que demonstramos agora capacidade de construção de um espectrógrafo complexo, envolvendo fibras ópticas. Em particular temos agora expertise em fibras ópticas, e o LNA/MCT já tem construído unidades de fibras ópticas para Observatórios no exterior.

O espectrógrafo foi transferido ontem (30/11/2009) para o aeroporto de VIRACOPOS, de onde embarcará esta semana para Santiago. A partir de Santiago, o Cerro Tololo Observatory tratará da transferência até o Observatório SOAR. A remontagem do espectrógrafo ocorrerá em 14-18/dezembro/2009, e os primeiros testes de observação ocorrerão a partir de janeiro/2010.

A seguir segue a descrição de todo o processo por que passamos para chegar agora à conclusão do instrumento, e no final deste texto seguem diversas fotos do instrumentos, e espectros de lâmpadas de neônio obtidas no laboratório do LNA, mostrando que o instrumento tem performance muito boa.

O espectrógrafo SIFS

A aprovação da participação do Brasil no projeto do telescópio SOAR de 4 m de diâmetro, após um processo de avaliação conduzido pela FAPESP em 1994, veio acompanhada de uma recomendação de que os pesquisadores do país se envolvessem na construção de parte dos futuros instrumentos do telescópio, de forma a garantir um retorno para o país em termos de desenvolvimento tecnológico. Foi então constituída uma comissão de representantes dos parceiros do telescópio SOAR, o SAC (Scientific Advisory Committee), que analisou cerca de 120 propostas de astrônomos das instituições parceiras, para definir o conjunto inicial de instrumentos do telescópio. O SAC levou em conta as motivações científicas e fez um levantamento do que existia de melhor na época em termos de instrumentação. Foi assim que surgiu a idéia do espectrógrafo de campo integral para o telescópio SOAR, hoje designado pela sigla SIFS (SOAR Integral Field Spectrograph).

O objetivo de um espectrógrafo de campo integral é produzir um espectro de cada ponto da imagem de um objeto astronômico. Assim, por exemplo, a imagem de uma nebulosa ou de uma galáxia é formada sobre um arranjo retangular de microlentes instalado no foco do telescópio. Cada microlente, portanto, recebe a luz de uma pequena parcela do objeto, e a focaliza sobre a entrada de uma fibra óptica. Esta última transporta a luz até o espectrógrafo propriamente dito, que tem como função analisar a

intensidade da luz em função do comprimento de onda, revelando as linhas espectrais presentes. No caso do SIFS, tomamos a decisão de utilizar um arranjo retangular de 26 por 50 microlentes, num total de 1300. Isto significa que a imagem de um objeto acaba sendo transportada por 1300 fibras ópticas. Uma das vantagens dos espectrógrafos que utilizam fibras ópticas é que eles não precisam ficar no foco do telescópio, mas podem ser instalados num lugar mais prático e espaçoso, sem limitações de peso e sem o problema de inclinação que varia com a posição do telescópio. O instrumento se divide naturalmente em duas partes, aquela que tem por objetivo alimentar a entrada das fibras ópticas, a “fore-optics”, instalada no foco do telescópio, e o espectrógrafo de bancada, montado em outro lugar, as duas partes estando interligados pelo cabo de fibras ópticas. No caso do SOAR, o espectrógrafo de bancada é fixado numa parede lateral da estrutura de movimentação altazimutal do telescópio, e o cabo de fibras tem 13 m de comprimento.

Uma das decisões fundamentais para a definição de todo o instrumento foi o diâmetro das fibras. Na entrada do espectrógrafo, ou seja, no lado de saída de luz das fibras, estas são rearranjadas em forma de uma única linha, constituindo o equivalente da fenda de entrada de um espectrógrafo clássico. Ao longo desta linha, as fibras são encostadas umas nas outras quase sem espaçamento. Quanto menor o diâmetro das fibras, menor o comprimento desse alinhamento de fibras, e em consequência, menores serão os componentes ópticos (muitas lentes e redes de difração) que constituem o espectrógrafo. Cabe lembrar que o custo de lentes ópticas depende fortemente de suas dimensões. Havia na época uma divergência de opinião entre grupos de pesquisa que achavam que as fibras não poderiam ter menos de 100 microns de diâmetro, sob pena de apresentarem perdas elevadas, e um grupo da Austrália que garantia que poderiam ser usadas fibras de 50 microns. Decidimos então construir um protótipo com um número menor de fibras, e com um espectrógrafo simples, para testar principalmente a viabilidade da tecnologia de fibras menores. O protótipo funcionou em 2000 no LNA (Laboratório Nacional de Astrofísica), e com isto decidimo-nos pelas fibras de 50 microns (chegando a 75 microns com o revestimento externo). O protótipo foi designado Eucalyptus em homenagem aos australianos que tiveram contribuição importante em sua concepção.

O número de fibras foi determinado principalmente pelas dimensões dos detectores CCD sobre os quais seriam formados os espectros. Os maiores CCDs possuem 2000 linhas de pixels, e construindo um mosaico quadrado de 4 CCDs se conseguiria um total de 4000 linhas. Com cerca de 1300 espectros (mais precisamente 1325, devido a um pequeno arranjo adicional de microlentes para medir o fundo do céu), cada espectro seria analisado por 3 linhas (ou melhor, duas linhas para o espectro de uma fibra e 1 linha de espaçamento entre 2 espectros). Tal grau de adensamento era considerado o limite do que seria viável.

O espectrógrafo é basicamente constituído de um colimador, sistema de lentes que capta a luz na saída das fibras e a concentra num feixe paralelo, de uma rede de difração, que tem por objetivo separar a luz em seus diferentes comprimentos de onda, e de uma câmera, cuja função é focalizar novamente a luz sobre o CCD no qual são registrados os espectros. As especificações recomendadas pelo SAC eram bastante severas, sugerindo que o “rendimento” do espectrógrafo fosse maior que 15% incluindo o efeito somado de todo o sistema, desde o telescópio até o CCD. O rendimento é a razão entre a energia efetivamente aproveitada pelo detector e a energia que incide sobre o espelho do telescópio, na faixa de comprimentos de onda de 350 nm até 1000 nm. Para atingir essa meta, as principais condições a serem preenchidas foram: 1) um excelente projeto de todo o conjunto de lentes, 2) seleção adequada do material das fibras ópticas e cuidados

no polimento e colagem das extremidades das mesmas para evitar “stress” nas fibras, que gera perdas, 3) tratamento anti-reflexivo das lentes, 4) adoção de redes de difração de transmissão do tipo “holográfica”. Faremos a seguir comentários sobre cada um destes itens.

O projeto óptico

Realizar um bom projeto óptico é algo que poucos projetistas no mundo sabem fazer. O colimador e a câmera têm no total 20 lentes, contando os componentes de dubletos ou tripletos de lentes colados entre si, incluindo-se lentes de fluoreto de cálcio. São utilizados dubletos ou tripletos para assegurar a acromaticidade, ou seja, o foco não deve mudar de posição em função do comprimento de onda. Rejeitamos dois projetos propostos inicialmente, porque não eram capazes de assegurar a qualidade da imagem da saída das fibras sobre o CCD para toda a faixa de comprimento de ondas. Foi utilizado o software traçador de raios ópticos ZEMAX para testar o resultado de projetos. O projeto proposto pelo australiano Damien Jones, já conhecido por outros projetos importantes para a astronomia, satisfaz as condições. Também são poucos os fabricantes de lentes capazes de cumprir as tolerâncias que foram especificadas para as lentes, e que se dispõem a fabricar lentes de fluoreto de cálcio, um material difícil de trabalhar e polir, por ser friável. Encontramos na firma Harold Johnson, nos EUA, a competência necessária.

O sistema IFU: microlentes e cabo de fibras ópticas

O cabo de fibras ópticas, com 1300 fibras acopladas de um lado a uma matriz de microlentes, e de outro justapostas ao longo de um linha que forma a fenda de entrada do espectrógrafo, como descrito acima, é a peça mais delicada e tecnologicamente avançada do espectrógrafo SIFS. Chamaremos a seguir esse sub-sistema de IFU (Integral Field Unit).

A construção da IFU foi baseada no conceito da IFU SPIRAL construída no *AAO, Anglo Australian Observatory*. O cabo de fibras ópticas da IFU Eucalyptus que se encontra atualmente em operação no OPD/LNA, e que foi o protótipo para a construção do SIFS, foi montado na Austrália com participação de brasileiros, num programa de colaboração bem sucedido. Enquanto que na IFU Eucalyptus as fibras ópticas são dispostas, no arranjo de entrada de luz, numa matriz de 16 linhas por 32 colunas, no SIFS o arranjo é de 26 linhas por 50 colunas.

O arranjo matricial apresenta-se como uma superfície polida que contém as fibras nas posições corretas. Um arranjo matricial de microlentes de sílica é colado então na superfície do arranjo matricial de fibras, casando cada fibra com uma microlente. O alinhamento em questão tem como objetivo superpor o eixo óptico principal de cada microlente do arranjo com eixo óptico principal de cada extremidade das fibras ópticas. O arranjo matricial de saída por outro lado é feito montando as terminações das fibras ópticas lado a lado, criando assim uma fenda luminosa para o espectrógrafo.

Embora o conceito não tenha sido mudado entre as IFUs SIFS, Eucalyptus e SPIRAL, a IFU SIFS requisitou uma gama imensa de inovações tecnológicas, dado o fato de utilizar 1300 fibras ópticas com 50 microns de diâmetro de *core*. O principal problema apresentado foi dispor as fibras ópticas em arranjos termicamente estáveis, precisos e robustos. No arranjo de saída a solução foi construir a *slit* ou fenda luminosa utilizando pequenos blocos, cada um com 50 fibras, disposto lado a lado integrando uma pequena curva exigida pelo projeto óptico do espectrógrafo. O material escolhido para fazer os blocos foi o Quartzo para evitarmos qualquer problema de expansão térmica, dados os intensos gradientes de temperatura dos observatórios andinos.

Para resolver o mesmo problema no arranjo de entrada, foi necessário substituir as antigas placas de bronze micro perfuradas por um material menos susceptível a

variações térmicas e com melhor aderência no processo de cementação com o arranjo de microlentes. Foi então necessário desenvolver um compósito cujo substrato básico é feito com o próprio epóxi utilizado na cementação das fibras ópticas. O compósito em questão utiliza granulagem de material refratário para se constituir em um material adequado a aderência, polimento e estabilidade térmica. A precisão de disposição das fibras no arranjo matricial de entrada foi conseguida usando um processo de guiagem com máscaras metálicas de níquel, com 100 micros de espessura, obtidas por processos de eletro erosão. O material compósito pode ser perfurado sem muita precisão, já que o que vai garantir a precisão final das fibras será a máscara. Depois da secagem do epóxi, o polimento remove a máscara metálica deixando apenas as fibras polidas, precisamente fixas numa matriz de 25 por 50 pontos. Todo esse processo requereu o desenvolvimento de tecnologia específica de polimento e montagem de fibras ópticas.

A fibra óptica escolhida foi a *Blue fibre Polymicro 50/60/75/200*. A IFU/SIFs foi construída com 1325 segmentos de aproximadamente 15 metros donde 1300 segmentos são dispostos numa matriz coletora de 25 por 50 fibras. Os 25 segmentos restantes são dispostos em uma matriz de 5 por 5 segmentos que compõem o que é chamado de coletor de amostra de céu. O comprimento total do tubo principal da IFU é de aproximadamente 14 metros. Um metro das fibras é acondicionado numa caixa de alívio que segue um desenho mecânico adequado ao alívio de tensão durante o movimento do telescópio. Outro fator característico da fibra óptica é sua degradação focal a qual é expressa pela quantidade de energia que se perde na saída de uma fibra óptica em função da relação entre o $F/\#$ de saída utilizado e a quantidade de luz total que sai da fibra, para um dado $F/\#$ de entrada. Foram feitas medidas de degradação focal efetuadas com várias amostras de fibras escolhidas para nossa IFU, para uma razão focal de entrada de $F/5.5$. O arranjo de microlentes produzido pela empresa alemã LIMO e que utilizamos na IFU tem razão focal de $F/5.5$ o que nos obriga a trabalhar com razão focal $F/5.5$ na saída das fibras. Isso revelou um aproveitamento médio de 80% para as fibras ópticas. Essa variação ocorre devido à degradação focal da fibra óptica. A degradação focal existe devido a dois fatores, o primeiro fator é intrínseco da fibra e o segundo é definido pelo manuseio e trabalho efetuado com a fibra em questão. Dessa forma foi de extrema importância desenvolver tecnologia que nos permitisse manusear as fibras ópticas sem incrementar sua degradação focal natural.

Nossa IFU foi construída de tal forma que os 1325 segmentos de fibras ópticas fossem previamente inseridas em tubos de proteção e condutos flexíveis. Dois tipos de tubos foram utilizados para compor o conduto de fibras. O primeiro é um tubo plástico flexível, fino e de dupla constituição, uma interna de polímero PTF e outra externa de plástico com separação intercapilar de micro-fios de seda. Esse tipo de tubo encerra 50 segmentos de fibras ópticas de aproximadamente 15 metros de comprimento. O segundo tubo é um conduíte com colunas anulares de aço flexível, encapado com malha de aço e serve para conter e proteger os tubos plásticos. Nesse esquema, foram montados 26 tubos do primeiro tipo com 50 fibras cada e 1 tubo com 25 fibras, e todos eles foram inseridos no conduíte de proteção. Conforme o telescópio se movimenta, o conduíte se estende ou se curva para o tipo de movimento. Portanto é de se esperar que as fibras tenham algum tipo de folga para se ajustarem dentro dos tubos plásticos. Para isso foi construída uma caixa de passagem próxima da extremidade de saída da IFU. Dentro da caixa de passagem foi feito um círculo com os conjuntos de fibras ópticas de modo que o alongamento ou encurvamento do conduíte permite que as fibras se ajustem pela diminuição ou aumento do raio do círculo. Cada grupo de fibras forma seu próprio círculo e é separado dos demais por placas de acrílico.

Finalmente, todo um conjunto de dispositivos mecânicos de ajuste de tilt e posição, juntamente com as caixas de proteção e chassis de suporte foi projetado e construído definindo toda a estrutura externa da IFU. Isso garante sua completa instalação no telescópio obedecendo todos os requisitos de engenharia do grupo SOAR.

O projeto mecânico

Na fase de concepção do projeto, foram estudados o formato, dimensões e disposição e dos elementos mecânicos que constituem o “fore-optics” e o “espectrógrafo de bancada”, com auxílio de programas tipo AUTOCAD. Mais tarde o grupo contou com a participação de um engenheiro mecânico brasileiro (Fernando Santoro) que, antes de se aprofundar no projeto do SIFS, realizou um estágio em instrumentação óptica junto ao CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory, no Chile). Ele desenvolveu naquele observatório o ISB (Instrument Selector Box) do SOAR, um bloco que faz a interface entre o telescópio e os diversos instrumentos que ficam montados prontos para o uso. O ISB contém os sistemas de espelhos móveis que permitem jogar o feixe de luz do telescópio para um instrumento selecionado. Com isso, nosso engenheiro se familiarizou com as melhores práticas dos sistemas opto-mecânicos usados em telescópios, como também conheceu em detalhe o ISB e habitat no qual o SIFS seria instalado. De volta ao Brasil, Santoro realizou a transformação de projeto conceitual para projeto detalhado, com todos os problemas resolvidos, e dimensões precisas de cada elemento, ficando o projeto pronto para a fabricação. Esta fase também exigiu criatividade, sendo que várias soluções propostas anteriormente foram alteradas.

Faremos uma breve descrição da parte mecânica das duas partes principais do SIFS, ilustrados nas fotos. O fore-optics contém um sistema de troca do “ganho” da amplificação da imagem, sendo essa troca efetuada por controle remoto, pelo deslocamento da placa no qual estão montados os conjuntos de lentes. Substituindo as lentes que focalizam a imagem do objeto astronômico observado sobre a matriz de microlentes, pode-se optar entre duas magnificações do referido objeto. Isto permite ao astrônomo decidir se ele prefere dar prioridade a um maior campo observado, ou a uma maior resolução espacial. Foi reservado espaço para um terceiro sistema de lentes, caso uma opção adicional de ganho se mostre desejável no futuro. A caixa de “fore-optics” contém também uma roda de filtros, cuja finalidade é eliminar partes da faixa espectral que penetra no espectrógrafo e que poderia gerar superposição de ordens espectrais e confusão de linhas, no espectro final. Contém ainda um sistema óptico munido de uma pequena câmera que permite acertar o foco do telescópio, e os suportes de lentes fixas e dos IFUs principal e de referência do fundo de céu. Todos os suportes de lentes possuem ajustes para o alinhamento das mesmas.

O espectrógrafo de bancada ou “bench spectrograph” é montado sobre uma ampla mesa de 3 m de lado, que é o equivalente de uma bancada de laboratório, no qual estão montados o colimador, o sistema trocador de redes de difração, a câmera e o suporte do “dewar” que contém o mosaico de detectores CCD. O trocador de redes, além de oferecer a possibilidade de escolher a rede a ser usada numa observação, permite ajustar o ângulo da rede com relação ao feixe incidente. Como o feixe é defletido pela rede de difração, a câmera também deve ter sua posição ajustada para cada rede e cada faixa de comprimento de onda que se pretende observar. Ou seja, tanto o trocador de redes quanto a câmera (junto com o suporte do dewar) são montados sobre mesas giratórias controladas por controle remoto. Ambas mesas deslizam sobre trilhos circulares fabricados pela empresa THK. A precisão de posicionamento angular é de 1 miligráu. Novamente, todos os suportes de lentes são ajustáveis, para alinhamento. No apêndice A é dada uma descrição mais detalhada da parte mecânica deste projeto.

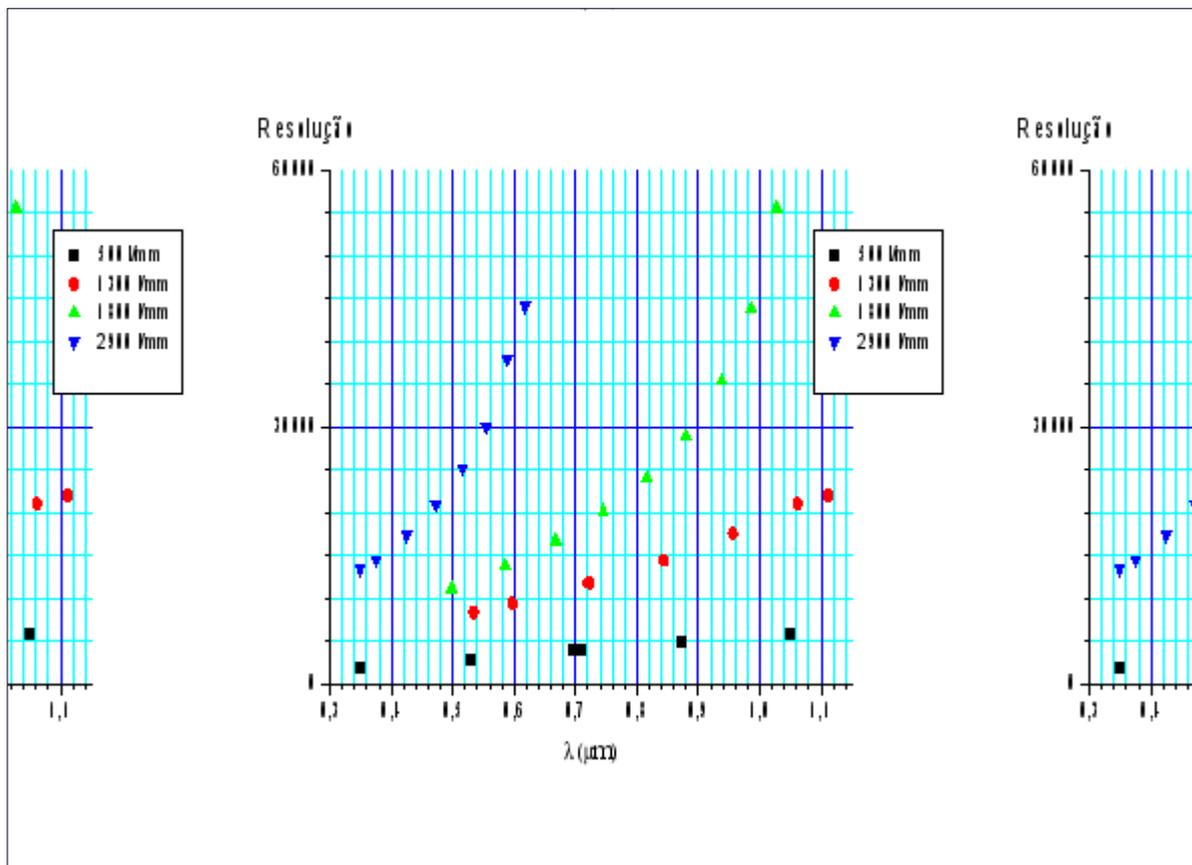
Redes de difração

Foi tomada a decisão de se usar redes de difração do tipo Volume Phase Holographic (VPH), para serem utilizadas no SIFS, tendo em vista seu alto desempenho, embora essas redes fossem uma novidade e existissem apenas dois fabricantes na época,

funcionando ainda numa base experimental. As redes VPH são construídas por um processo fotográfico no qual se produz franjas de interferência sobre uma superfície gelatinosa, que registra as mesmas, produzindo alternância de regiões com maior ou menor índice de refração. As redes operam no regime da lei de Bragg, onde o ângulo de deflexão, é igual ao ângulo de incidência. Isto implica que o deslocamento angular da câmera, com relação ao feixe vindo do colimador, será o dobro do deslocamento da rede de difração.

Usando o programa Gsolver, que usa o tratamento RCWA (Rigorous Coupled Wave Analysis), foram simuladas as redes. Uma vez escolhida a frequência da rede, e seu período, d , existem outros parâmetros que influenciam a curva de eficiência: a amplitude de modulação do índice de refração do material fotossensível, Δn , e a espessura deste material, D . No trabalho de simulação foi procurada a melhor combinação de Δn e D . Todos estes parâmetros foram passados para o fabricante, na especificação da rede.

Cada rede, especificada principalmente pelo número de linhas por milímetro, apresenta uma resolução que varia rapidamente com o comprimento de onda. Foi isto que nos levou a necessidade de oferecer várias redes, de forma que se pudesse encontrar uma que tivesse a resolução desejada, numa dada faixa de comprimento de onda. No final, as redes conseguem cobrir todo o espectro de maneira satisfatória: proporcionam alta eficiência e ampla faixa de resoluções, como ilustrado na figura.



Dificuldades e causas de atraso

Num projeto desta dimensão, com duração de vários anos, é normal que aconteçam dificuldades para se manter a equipe, além de imprevistos. Por exemplo um sério

prejuízo para o projeto ocorreu quando, devido a alta do dólar, a FAPESP parou todas as importações por cerca de 1 ano e meio. Isto aconteceu justamente quando estávamos na fase de importação de componentes ópticos (lentes, redes de difração, fibras ópticas). Numa época posterior tivemos dificuldades com uma firma de São José dos Campos, com a qual tínhamos contratado a realização dos desenhos mecânicos detalhados e a fabricação das partes mecânicas. A firma quis aumentar por um fator importante seus preços depois de um ano de andamento do contrato, e nós não aceitamos. Houve um longo período de negociações até que a firma aceitasse entregar o que já tinha sido construído. Num outro momento, a descoberta de que a plataforma sobre a qual seria instalado o espectrógrafo, no telescópio, não possuía a rigidez necessária, obrigou a um redesenho de parte do suporte. Problemas de saúde e vencimento de contratos temporários completaram o quadro de dificuldades.

Principais responsabilidades

Responsável frente à FAPESP: Beatriz Barbuy (IAG-USP)

PIs (fase inicial) Jacques Lepine (IAG-USP) e Clemens Gneiding (LNA)

Responsável pelo projeto mecânico : Fernando Santoro (LNA)

Responsável pela construção do IFU e cabo de fibras ópticas: Antônio Cesar de Oliveira (LNA)

Concepção mecânica inicial, calculo das redes de difração: Militão Figueredo (IAG-USP)

Sistema de controle das partes móveis: Francisco Rodrigues

Gerenciamento do projeto na fase final: Keith Taylor e Antônio César de Oliveira

Software de redução de dados: Antônio Kanaan (UFSC)

Apêndice A- Descrição mais detalhada da parte mecânica

O projeto mecânico do SIFS foi inicialmente conceituado pelo PI do projeto e pelo físico Militão Figueredo, contratado no IAG-USP para o projeto. Entretanto, dada a alta complexidade requerida no seu projeto opto-mecânico, ou seja, no desenvolvimento dos suportes de seus componentes ópticos, o projeto completo foi realizado por engenheiros do LNA, sob a direção de Fernando Santoro. Assim, seguindo a conceituação inicial do SIFS, este foi então dividido em três partes principais. Primeiro, o módulo do “fore-optics” que pode ser instalado em qualquer uma das portas laterais da caixa seletora de instrumentos do telescópio SOAR (“Instrument Selector Box” ou ISB) ou ainda na porta de instrumento visitante do instrumento SAM (“SOAR Adaptive Module”). Segundo, a IFU propriamente dita, que interfaceia com a parte traseira do chassi do “fore-optics”, percorre seu caminho ao redor da caixa seletora de instrumentos, desce através da plataforma Nasmyth e é convenientemente direcionado para o espectrógrafo de bancada suportado na lateral da estrutura de movimentação altazimutal do telescópio. Os componentes ópticos do “fore-optics” estão montados internamente a uma estrutura mecânica que tem as funções de: interface entre a ISB (através da sua flange de montagem) e a caixa de entrada da IFU (posicionada na sua tampa traseira); suporte estrutural para sub-conjuntos e mecanismos internos (o requisito primordial é estabilidade mecânica visto que o “fore-optics” pode ser rotacionado em até 360 graus durante operação); camera para isolamento térmico e de luz; e posicionamento de referências para alinhamento. Os componentes relativos a IFU principal estão posicionados no eixo óptico do instrumento. A IFU de fundo de céu é posicionada acima deste. Ambas IFUs são compostas por um conjunto de filtros, lente de magnificação, lente de campo e máscara. O projeto mecânico do “fore-optics” possibilita a reconfiguração do SIFS com até três magnificações diferentes. Os filtros são montados em um mecanismo de posicionamento linear possibilitando o intercâmbio

de até três filtros por IFU. Segue um mecanismo de posicionamento linear das lentes de magnificação e campo, e o mecanismo de máscaras das IFU montado logo a seguir. O alinhamento óptico do “fore-optics” foi facilmente alcançado com laser e luneta auto-colimadora.

O projeto mecânico do cabo de fibras da IFU e de seus suportes de interface com o telescópio inclui uma caixa de entrada, uma caixa de saída e o cabo de fibras com 14 m de comprimento. Este projeto é bastante complexo principalmente devido ao movimento angular de derrotação de campo da ISB. Tal movimento de rotação exige que o cabo de fibras seja parcialmente enrolado ao redor do suporte estrutural da ISB antes de ser direcionado através da plataforma Nasmyth. O projeto mecânico permite uma completa integridade das fibras ópticas. Foram ainda incluídos uma caixa de alívio de tensões e uma unidade de ajuste de comprimento das fibras ópticas.

O projeto mecânico do espectrógrafo de bancada foi estruturado a partir de seis sub-conjuntos, de acordo com funções bastante particulares no instrumento. Tais partes funcionais são descritas como segue.

(a)- Estrutura suporte da bancada: os componentes opto-mecânicos e de movimento estão montados sobre uma bancada óptica de precisão. A interface entre bancada e telescópio é dada por uma estrutura suporte que tem as funções de fornecer, ao instrumento, um ambiente estável e livre de vibrações sobre sua superfície de trabalho, ser de baixo peso, com centro de gravidade baixo e com posições definidas para acesso aos componentes internos para inspeção e montagem, ser suficientemente rígida e estável termicamente. A fim de garantir espaço adicional de acesso ao instrumento e alta rigidez com baixo peso, definiu-se uma bancada de seção octagonal de 2,4m de lado, projetada a partir de materiais compostos.

(b)- Sistema de movimento angular: Sobre a bancada óptica pode-se identificar quatro sub-conjuntos principais: dois de óptica fixa e dois de óptica móvel. Os conjuntos fixos são o conjunto colimador e o módulo de saída da IFU. Os conjuntos móveis são os mecanismos da camera-obturador (shutter)-criostato (Dewar) e o mecanismos das redes VPH. Os movimentos principais dos conjuntos móveis são duas rotações independentes em torno de um eixo vertical, passando pelo centro da bancada. Desta forma, adotou-se o uso de duas plataformas para a montagem dos componentes opto-mecânicos de cada conjunto. Tais plataformas são pivoteadas ao centro, solidárias ao seu respectivo sistema de movimento rotacional (em número de dois), e engastadas na outra extremidade, onde pode deslizar sobre uma guia circular. A rotação do sistema de movimento do conjunto camera-obturador-criostato é de duas vezes a rotação do sistema de movimento das redes.

(c)- Conjunto colimador: É composto por um espelho e três lentes. Sendo um sistema catadióptrico fora de eixo e com razão focal dois, o alinhamento de seus elementos foi considerado como altamente crítico, o que quer dizer que não seria prudente esperar que se possa alcançar a precisão necessária como resultado do processo de fabricação. Ao contrário, todos os seus elementos necessitam se ajustados após montagem. Ajuste de descentragem foram incluídos no projeto.

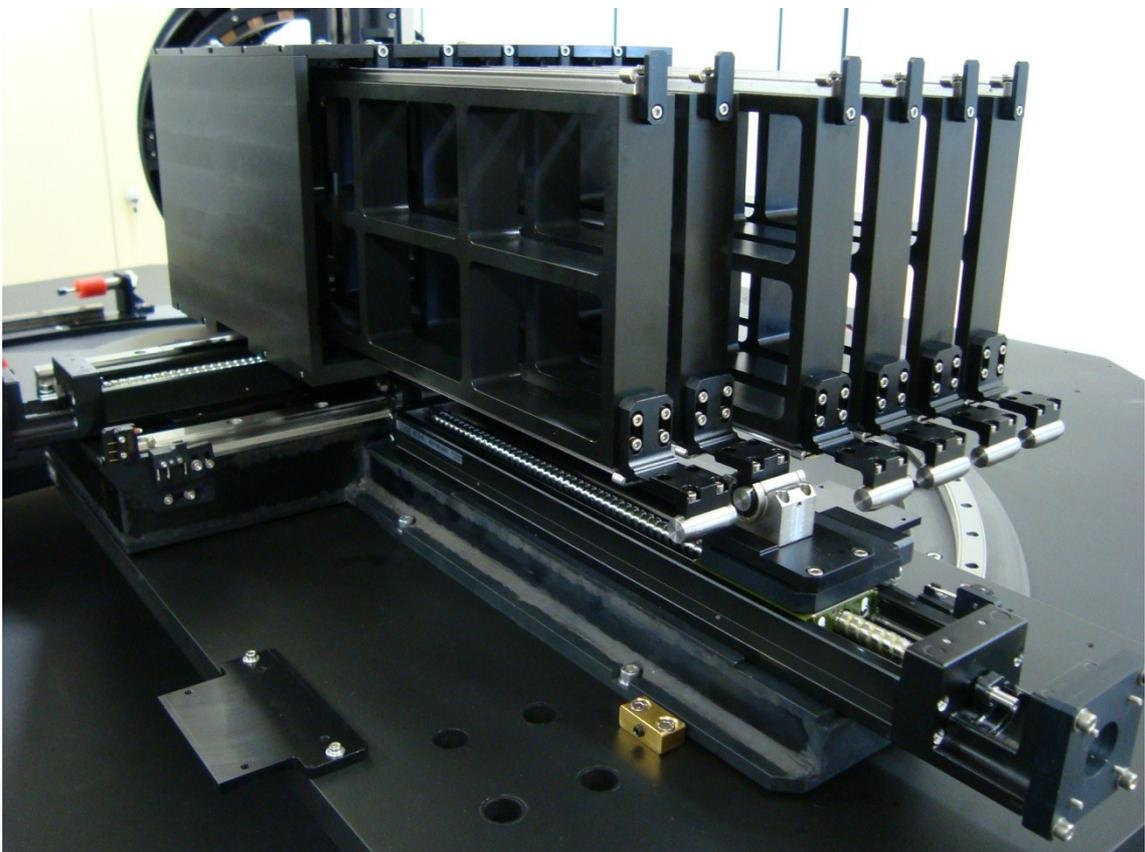
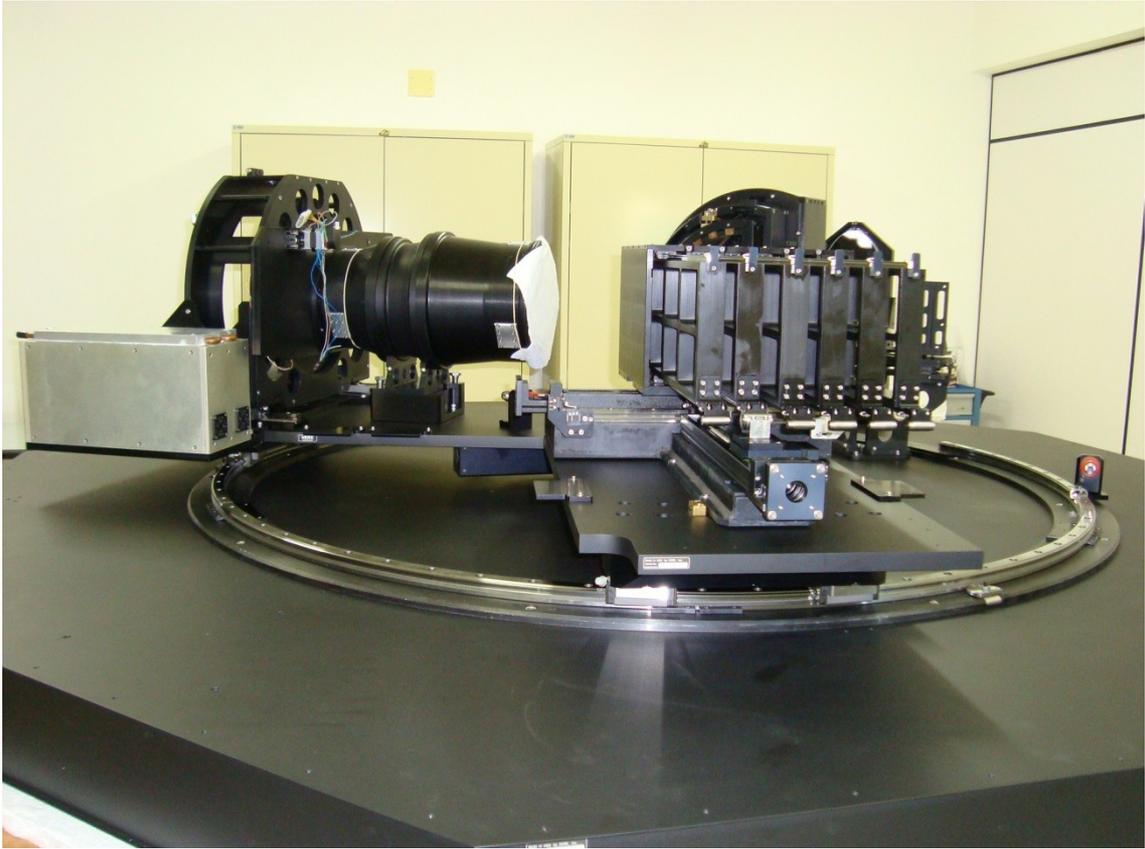
(d)- Conjunto camera-obturador-criostato: O conjunto é fixado sobre uma plataforma rígida, tendo liberdade de rotação sincronizada com o conjunto das redes VPH. A camera possui cinco componentes de diversos materiais, incluindo fluoreto de cálcio. O conjunto obturador, com acionamento remoto, é posicionado entre as lentes da camera. O criostato é posicionado a seguir, sendo montado sobre um sistema de movimento linear que permite ajustes remotos de foco.

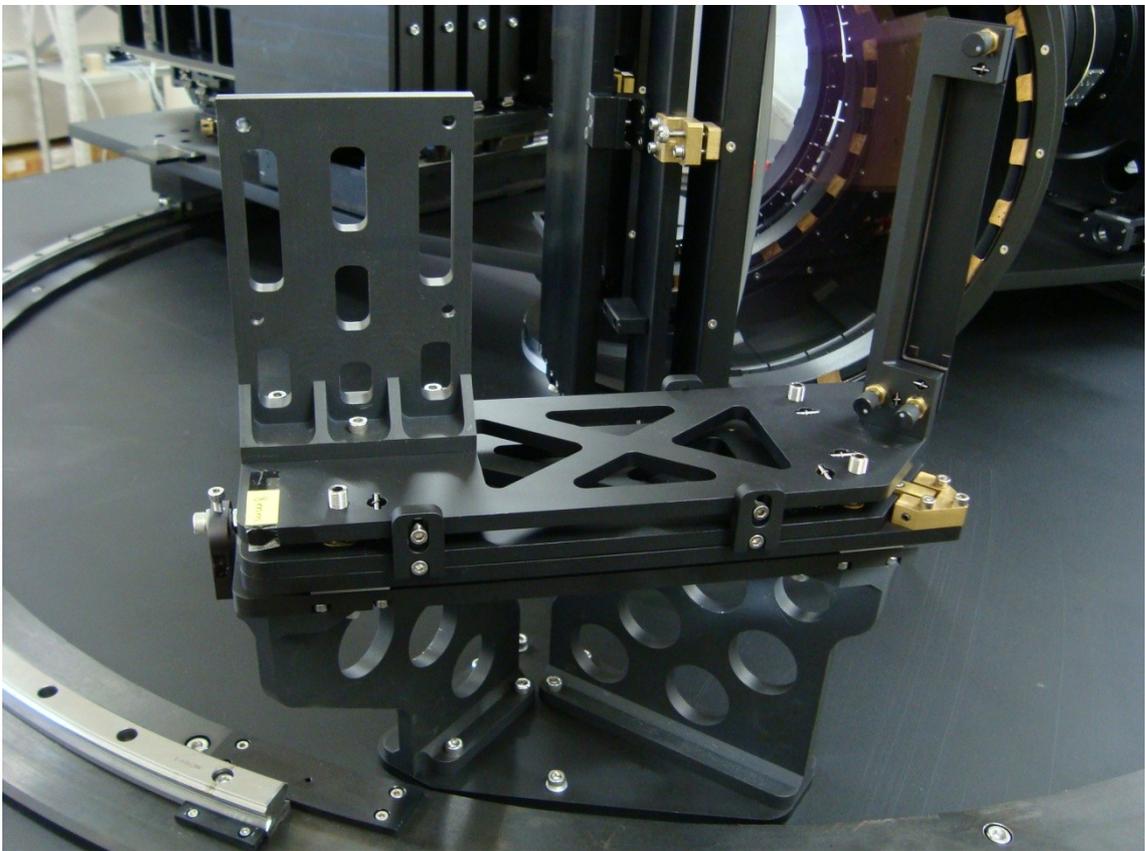
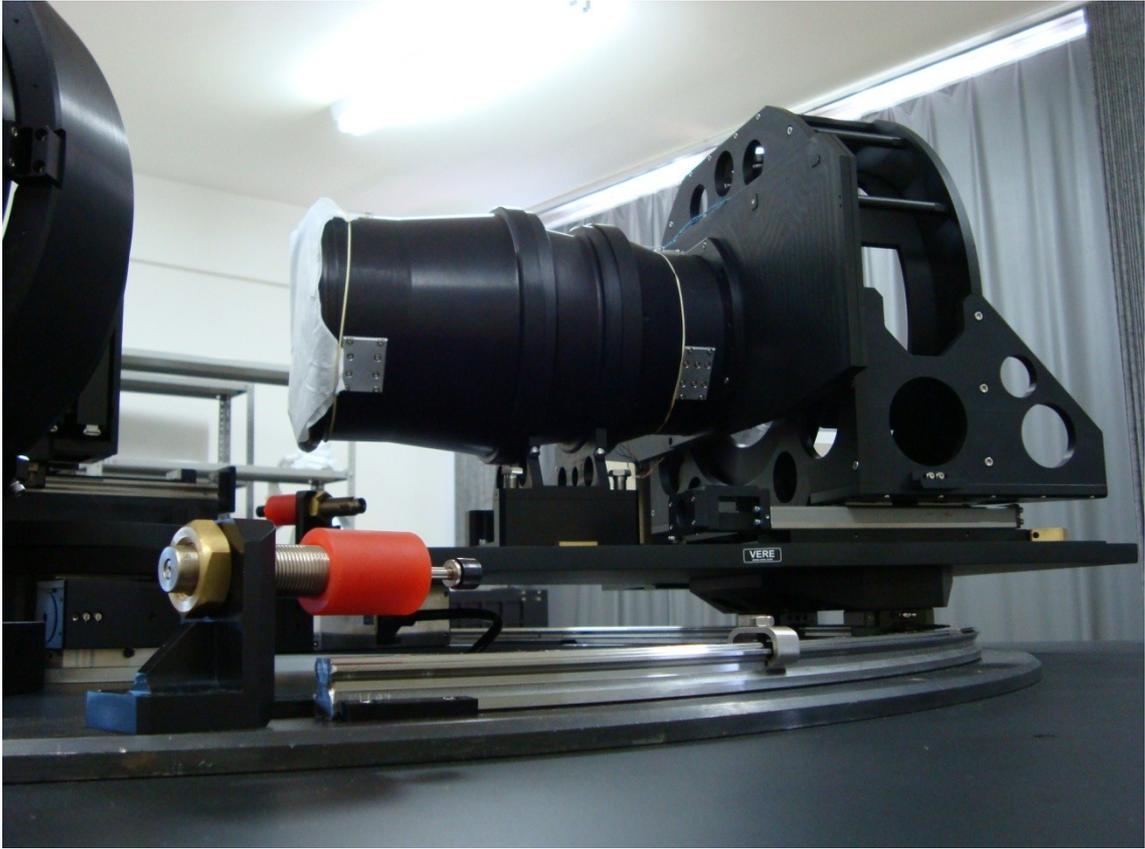
(e)- Mecanismo de intercâmbio das redes VPH: Este mecanismo é composto por três sistemas de movimento, controlados remotamente, sendo dois lineares e um angular. O

primeiro, linear, é o mecanismo de intercâmbio das redes. É responsável por selecionar uma dentre as seis redes que estão disponíveis dentro de um magazine porta redes. O segundo, também linear, é um mecanismo responsável por posicionar a rede selecionada no centro da bancada, perfeitamente alinhada com os conjuntos camera-obturador-criostato e colimador. É requisito de projeto que tal posicionamento seja preciso e estável no que diz respeito ao posicionamento rede a rede, ou seja, as seis redes terão suas linhas ajustadas para serem coincidentes uma com relação às outras e todas com relação ao eixo óptico do espectrógrafo. O terceiro sistema de movimento, rotacional, permite que a rede selecionada mantenha um ângulo correto com relação aos conjuntos câmera-obturador-criostato e colimador (giro em torno do eixo central da bancada). É desta forma então que os conjuntos lineares serão montados sobre uma plataforma que, por sua vez, será montada sobre um estágio de rotação, em uma de suas extremidades. A outra extremidade será suportada por uma guia circular.

(f)- Cobertura: O telescópio SOAR está localizado em um sítio sujeito a rajadas de ventos. Estas rajadas carregam impurezas de diversas naturezas, exigindo que tanto os componentes ópticos de precisão, quanto os instrumentos periféricos sejam protegidos. Proteção contra contaminação de luz externa é uma exigência natural para a instrumentação científica, sendo conseguida através de armadilhas de luz. Para o espectrógrafo de bancada SIFS, dadas suas dimensões e posição de operação sobre a plataforma lateral do Telescópio SOAR, foi requisitado o desenvolvimento de projeto de uma cobertura com especificações bastante particulares. De uma forma geral, esta cobertura foi projetado como sendo leve, com razoável rigidez e com armadilhas de luz e poeira entre todas as peças que são passíveis de serem movidas. Além disto, permite fácil acesso a todos os componentes internos e possuir inércia térmica alta, visto que o espectrógrafo não deverá possuir controle térmico automatizado.

Seguem fotos do instrumento tiradas recentemente, após montagem final no LNA/MCT.



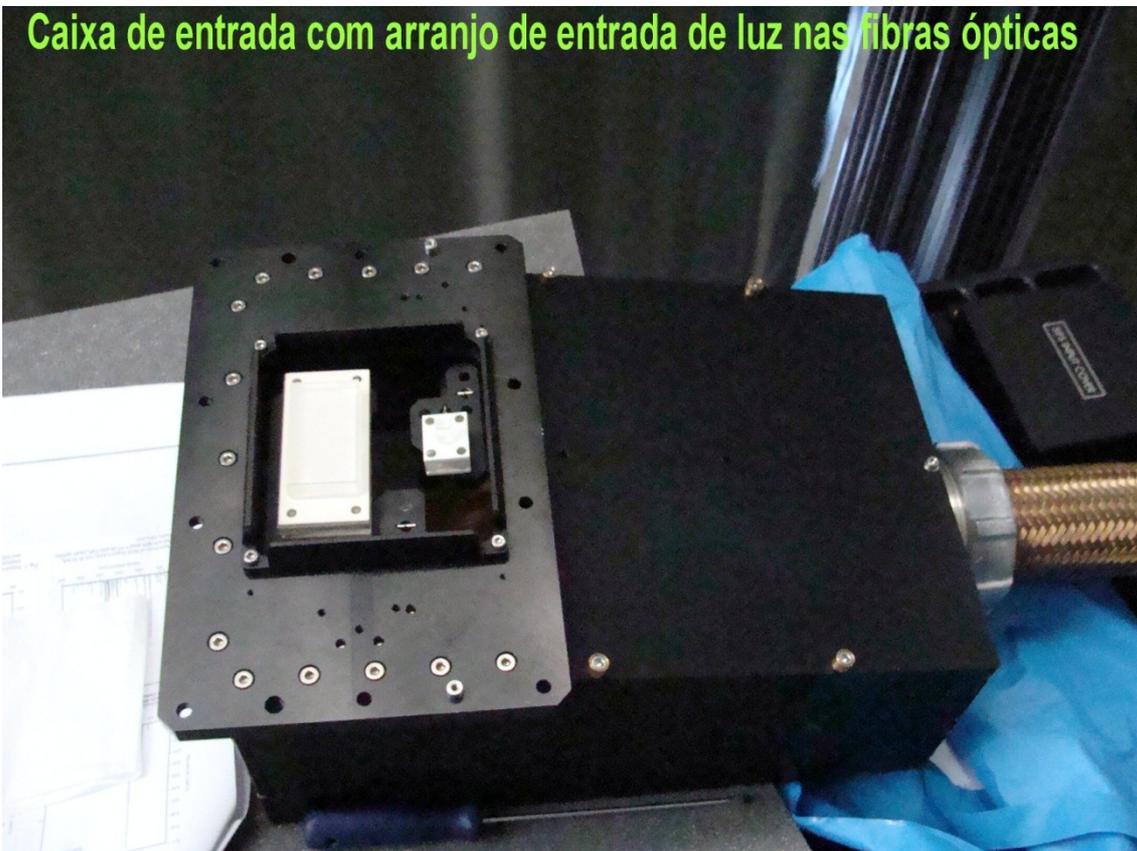




Caixa de entrada montada já com os arranjos de microlentes acoplados ao arranjo de fibras ópticas



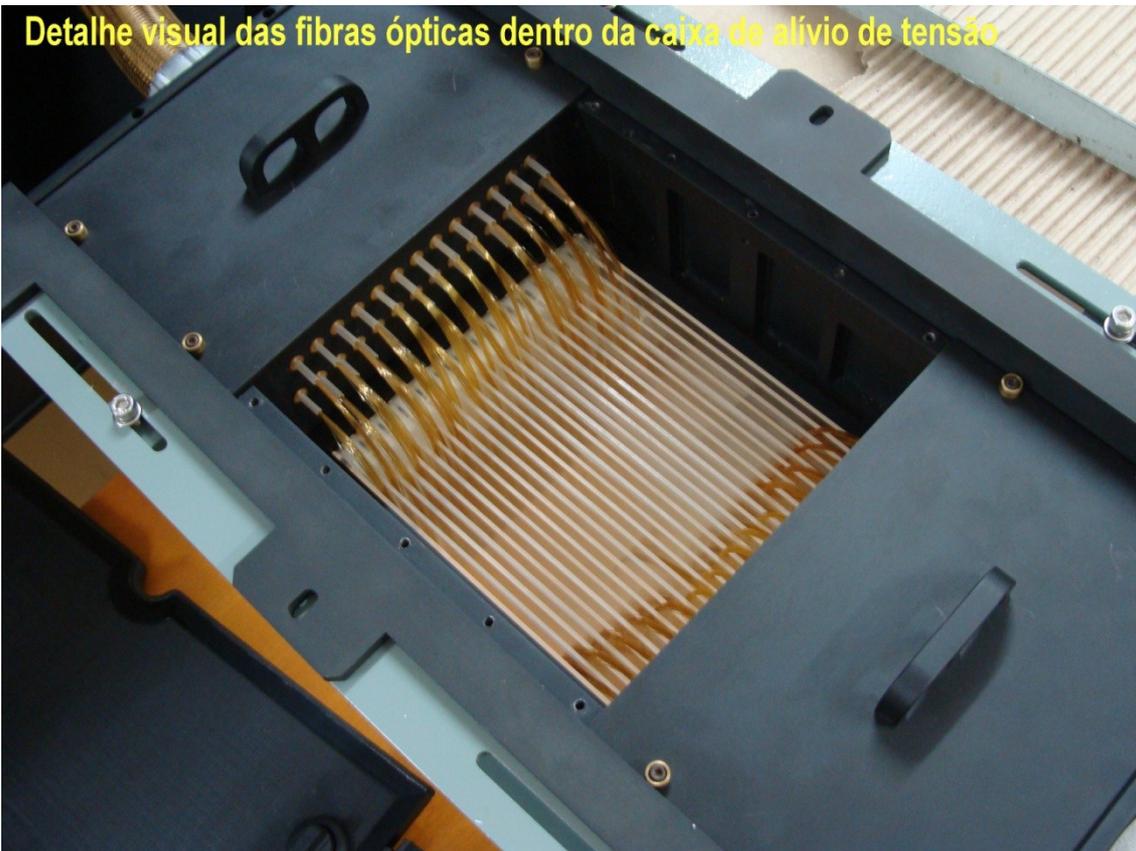
Caixa de entrada com arranjo de entrada de luz nas fibras ópticas



Caixa de alívio de tensão dos grupos de fibras ópticas da IFU SIFs



Detalhe visual das fibras ópticas dentro da caixa de alívio de tensão



Caixa de alívio de tensão para os grupos de fibras ópticas

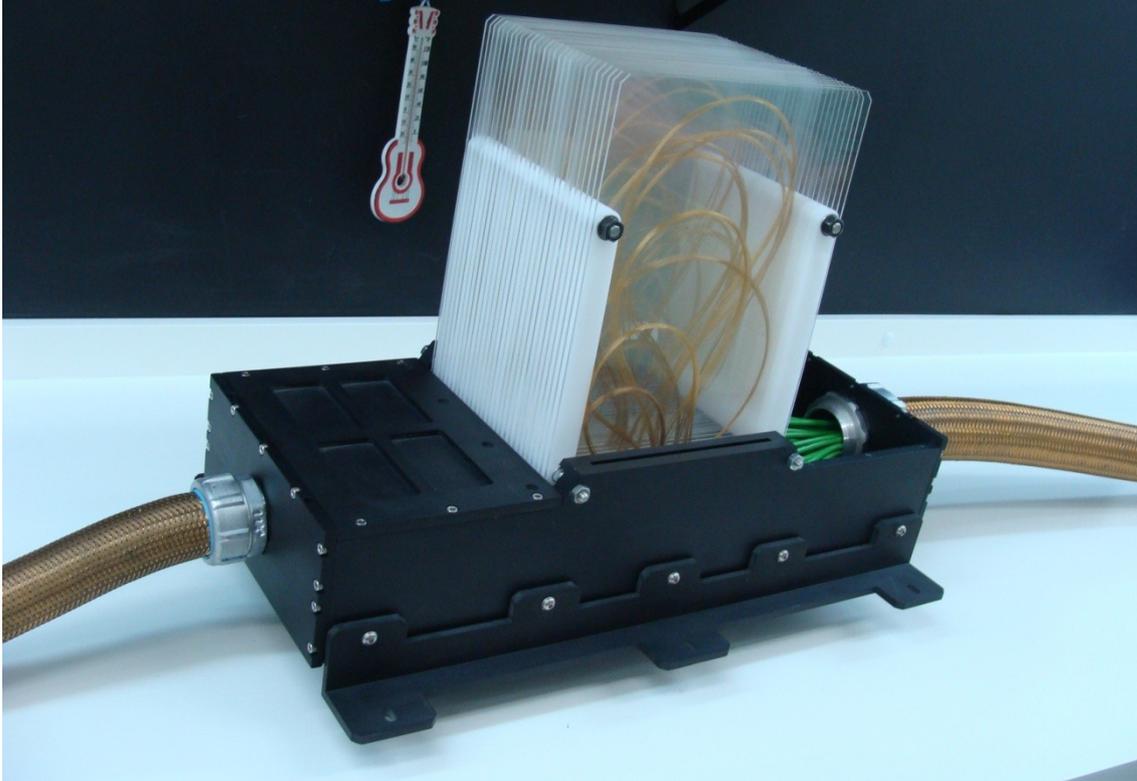




Imagem da IFU SIFs mostrando a caixa de alívio e a caixa de saída



Imagem da caixa de entrada fechada, onde se situa o arranjo de microlentes acopladas as fibras ópticas

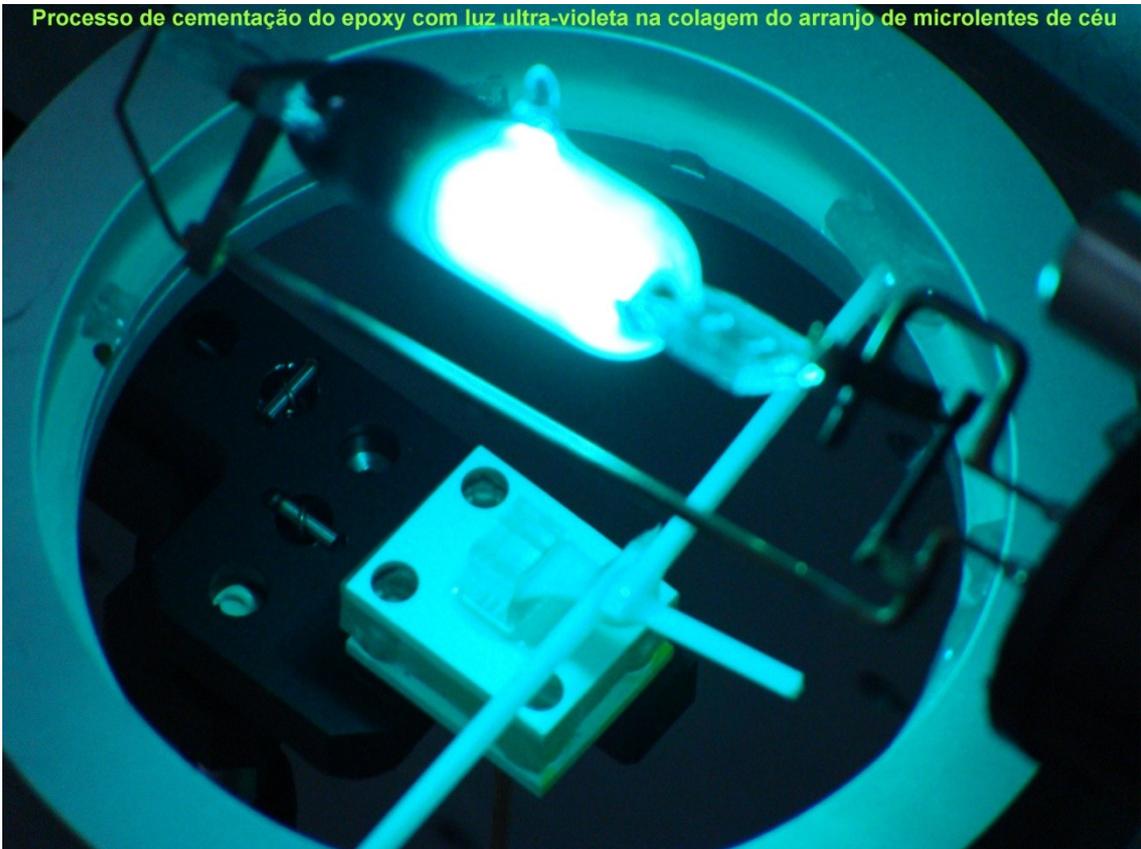
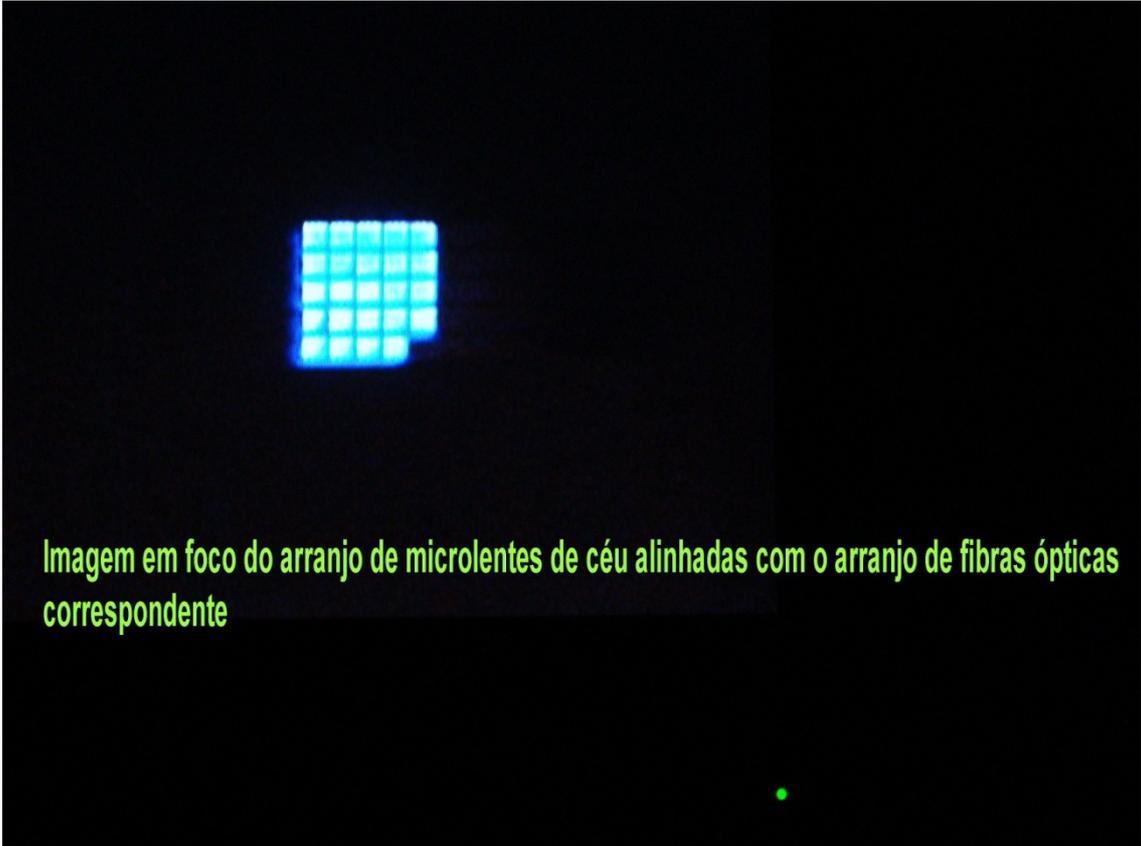


Arranjo de microlentes sendo colado no arranjo de fibras ópticas

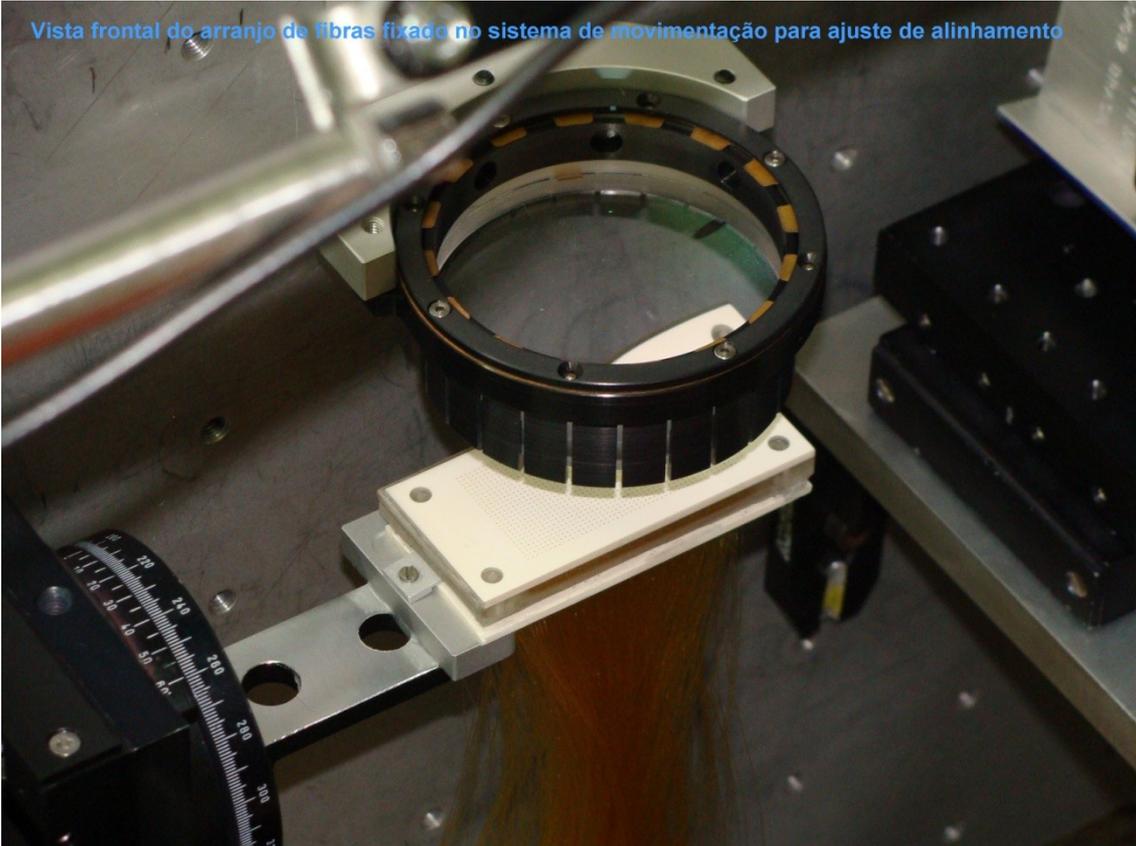


Imagem em foco do arranjo de microlentes alinhadas com o arranjo de fibras ópticas correspondente

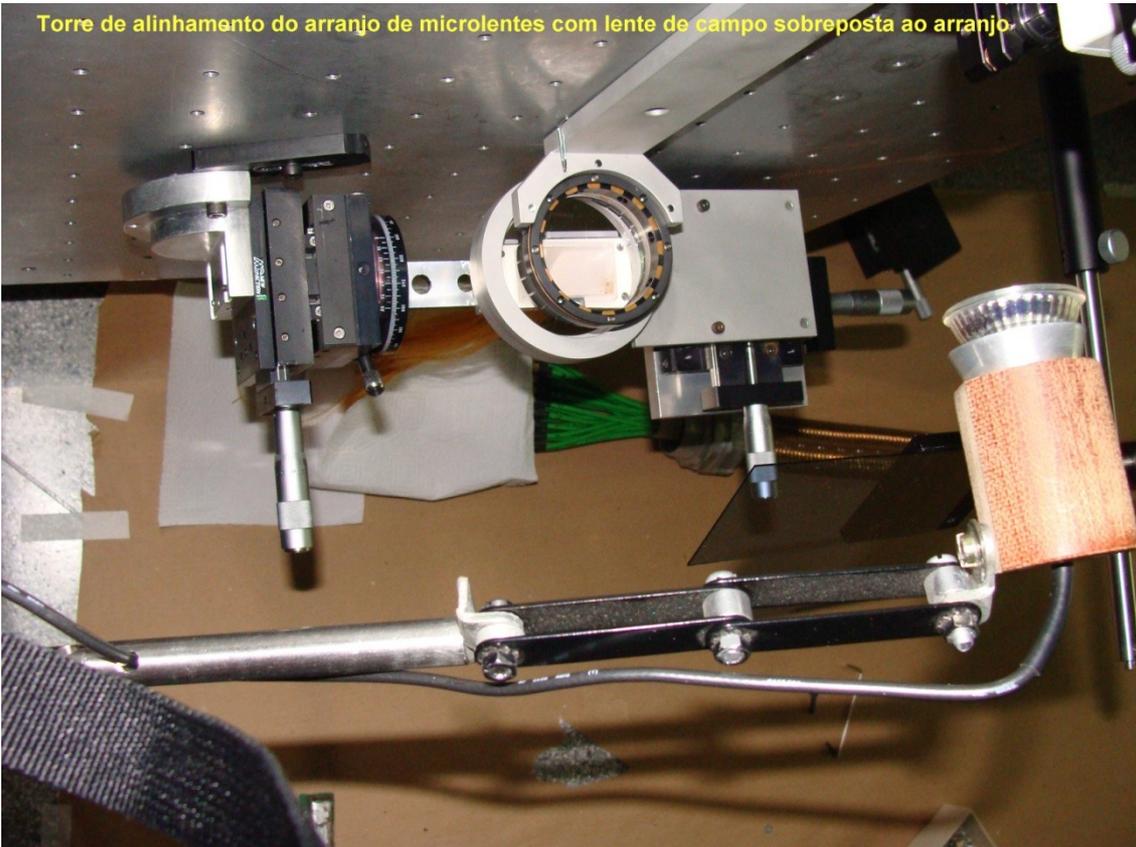




Vista frontal do arranjo de fibras fixado no sistema de movimentação para ajuste de alinhamento

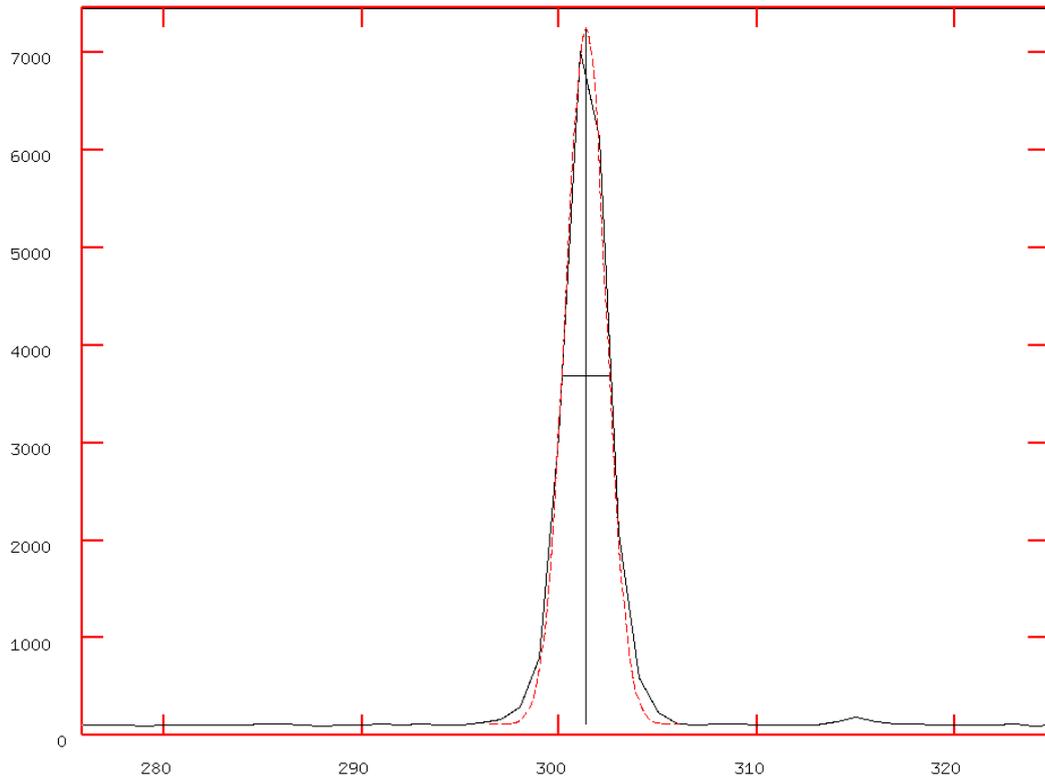


Torre de alinhamento do arranjo de microlentes com lente de campo sobreposta ao arranjo.

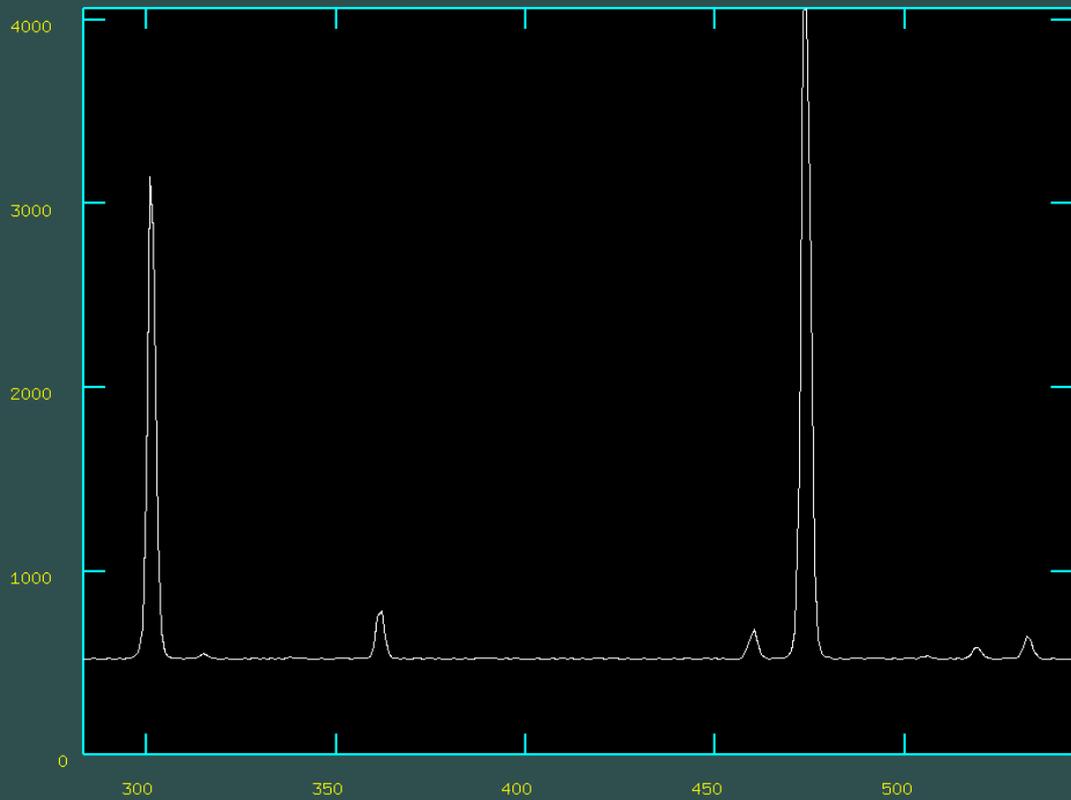


A seguir: espectros obtidos com o espectrógrafo SIFS, no LNA, com medida de lâmpada de neônio.

NOAO/IRAF V2.14.1 Pessoal@Pessoal-PC Sat 14:24:51 21-Nov-2009
[r1.fits[*],462,1]]: 0.5 ap:462 beam:0



NOAO/IRAF V2.14.1 Pessoal@Pessoal-PC Sat 17:19:16 21-Nov-2009
[r1[*],462,1]]: 0.5 ap:462 beam:0



Participação Brasileira no Large Synoptic Survey Telescope

Kepler Oliveira

O LSST, Large Synoptic Survey Telescope, é um telescópio de 6,4m de diâmetro, de grande campo, que está sendo construído por um consórcio de parceiros americanos para ser instalado no Chile, no Cerro Pachon, ao lado do SOAR e Gemini, para fazer um levantamento fotométrico em 6 bandas fotométricas, até magnitude 26.5 final, mas atingindo magnitude 24 em 15s, e cobrindo todo o céu visível (10 000 graus quadrados) do local a cada 3 dias. Ele gerará 30 terabytes de dados por noite. Serão 200 mil imagens por ano, num total de 1.28 petabytes. A previsão de início de operações (primeira luz) é para janeiro/2015. Embora os dados tratados estarão disponíveis ao público, o acesso de alta velocidade às imagens, e a possibilidade de manter uma base de dados completa, será restrita aos parceiros. Neste momento somente instituições americanas, e o Chile, país onde será instalado o telescópio, são parceiras. A corporação está solicitando à National Science Foundation, dos Estados Unidos, o total de US\$ 389 milhões, sendo \$170 milhões para a construção do telescópio. Somente após o fim do US Decadal Survey, em abril de 2010, serão discutidas as possibilidades de parcerias internacionais. Fundos para operações serão considerados para parcerias internacionais, assim como parcerias para calibrações de dados. A corporação tem interesse que as parcerias internacionais sejam abrangentes em cada país, sem o favorecimento de um grupo em detrimento de outros. A maior dificuldade para o projeto será a transferência, manipulação, armazenamento e distribuição da imensa quantidade de dados, ponto em que o Brasil pode participar, se houver preparação e fundos adequados. A rápida escala de tempo de aquisição de dados e cobertura de todo o céu será crucial na detecção de asteróides que passam próximo à Terra e têm possibilidade de colidir com a Terra no futuro, além do estudo da variabilidade temporal de estrelas, galáxias e quasares. A profundidade das imagens também permitirá o estudo estatístico de nossa Galáxia e de outras galáxias, crucial para o estudo da matéria e energia escuras. Como o telescópio será instalado ao lado do Soar e Gemini sul, será de grande interesse de ampla parte da comunidade astronômica brasileira, desde o estudo de asteróides até do Universo como um todo, que poderá fazer estudos dos dados obtidos pelo telescópio diretamente, bem como realizar estudos detalhados posteriores com o Gemini e Soar, além dos telescópios menores no Brasil, se for o caso. Há portanto grande interesse de um grande número de pesquisadores de várias áreas na participação brasileira no projeto, tanto para ter acesso aos dados, quanto para capacitar o país a ter um centro de dados do projeto. Para o acesso à grande quantidade de dados diários, será necessário uma linha dedicada capaz de transferir os 30 terabytes diários desde o Chile até um centro de processamento de dados no Brasil, além de grande capacidade de armazenamento e processamento de dados.