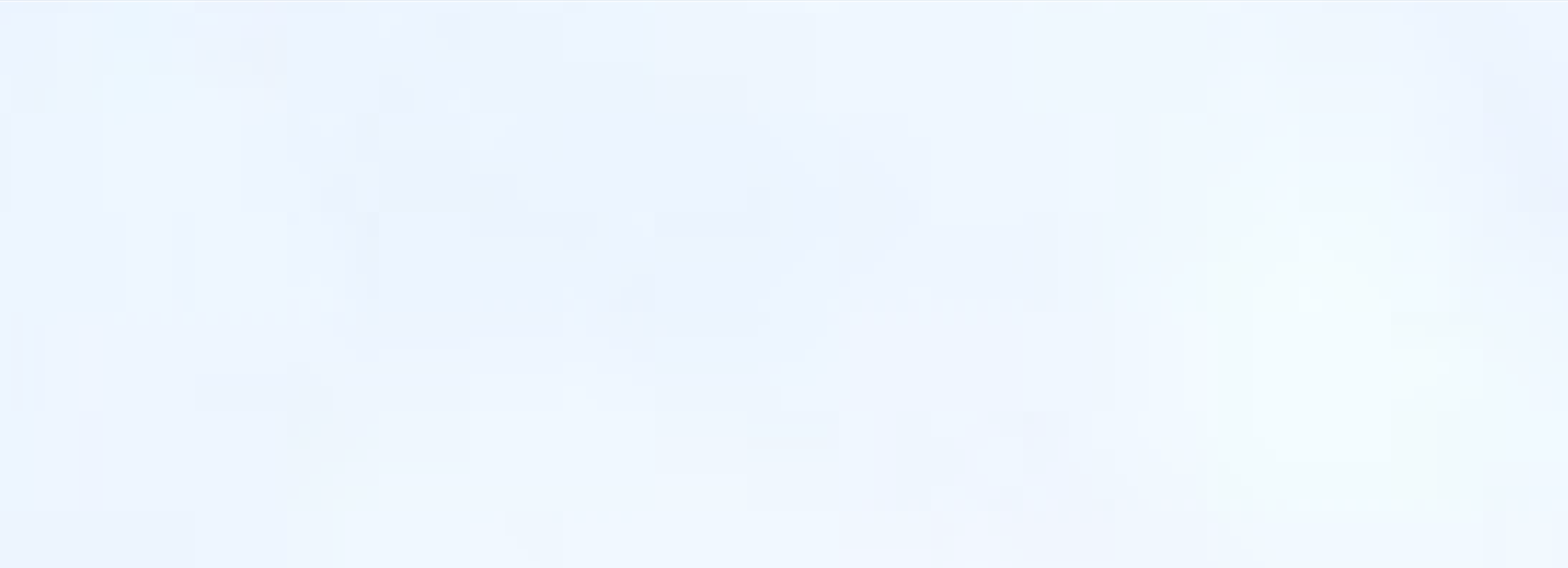




Introdução

O LNA tem como uma de suas metas, acordada com o Ministério de Ciência e Tecnologia no Termo de Compromisso de Gestão, um Plano de Projetos Estratégicos que tem como finalidade a execução de projetos, que não se enquadram nos projetos de instrumentação, e visem melhorar a situação estratégica do LNA e os serviços prestados à comunidade astronômica.

Um dos projetos é a caracterização dos instrumentos Observatório do Pico dos Dias, que opera três telescópios que disponibiliza à comunidade astronômica brasileira para observações noturnas. Outro projeto importante é a melhoria dos instrumentos existentes no observatório para que os mesmos possam se manterem competitivos e oferecer dados de melhor qualidade à comunidade científica brasileira. Para que isto seja feito é necessário um estudo detalhado de cada um dos instrumentos avaliando suas partes óticas para verificar possíveis degradações com o tempo e verificar possíveis melhorias e upgrades que possam ser realizados.

Entre os espectrógrafos óticos disponíveis no Observatório do Pico dos Dias o Coudé é o mais utilizado, sendo responsável por cerca de 25% do tempo de telescópio. Além disto, atualmente verificou-se que algumas de suas características como a linearidade do espectro em uma faixa de cerca de 300 angstroms não esta disponível na maioria dos observatórios, mesmo internacionais como o ESO e o CTIO, onde instrumentos similares foram substituídos por outros mais modernos mas sem esta característica que é extremamente importante para vários projetos astronômicos. Por isto a manutenção e melhoria do espectrógrafo Coudé figura entre as prioridades de planejamento instrumental para o OPD.

Objetivos

Este projeto tem como objetivo estudar dos componentes ópticos do espectrógrafo Coudé do Observatório do Pico dos Dias e propor ações para sua melhoria.

- Estudo do Espectrógrafo – Estudo do material relativo à espectroscopia astronômica, espectrógrafos e seus componentes e a documentação do espectrógrafo coudé.
- Planejamento dos testes – Verificação de quais testes são necessários para cada componente do instrumento e planejamento do cronograma dos mesmos junto ao setor de operações.
- Testes de reflexão e espalhamento dos componentes reflexivos - Utilizando refletômetro verificou-se a condição do maior número possível de espelhos do instrumento e posterior comparação com os dados dos fabricantes, literatura ou valores padrões.
- Teste de eficiências das redes de difração - Utilizando o equipamento desenvolvido para caracterização de redes de transmissão, via algumas modificações, realizou-se testes de eficiência de difração das redes utilizadas.
- Estudo de upgrades e de equipamentos suplementares que podem ser desenvolvidos - Análise de opções de equipamentos e modificações eletro-mecânicas que podem serem feitas para melhorar o espectrógrafo em sua eficiência e/ou operação.
- Análise dos dados e redação da proposta.

Metodologia

Como o instrumento é formado por componentes diferentes para se ter a caracterização geral deste é necessário que se estude minimamente cada um dos componentes separadamente e então só assim ter um melhor entendimento do instrumento como um todo. Portanto foram realizados testes nos seus diferentes componentes. Os principais componentes do espectrógrafo são: espelhos, fenda, lentes e redes de refração. A figura 1 mostra um esquema simplificado do instrumento sem o telescópio.

Devido a evidente diferença entre estes tipos de componentes os testes realizados foram adequados para cada um, *i.e.* diferentes testes para os diferentes partes. Os principais tipos de testes feitos foram os de refletividade e espalhamento, realizados nos espelhos e lentes respectivamente. Grande parte dos testes foram realizados utilizando-se refletômetro: IRIS 908RS, DMO *Optical Solutions*.

Entretanto devido a impossibilidade de contato físico com as redes de difração na realização destas medidas utilizou-se de um meio diferente. Uma montagem foi feita para que se pudesse compará-la com a eficiência de um espelho com características previamente conhecidas. Assim a refletividade da rede foi comparada à refletividade de um espelho com cobertura simples de alumínio, recém aplicada, utilizando-se de um suporte feito para o espelho no espectrógrafo *IFU-Eucalyptus*, que fica instalado na sala principal do espectrógrafo Coudé. Isso pôde ser feito pois as redes utilizadas no *IFU-Eucalyptus* são as mesmas utilizadas no Coudé.

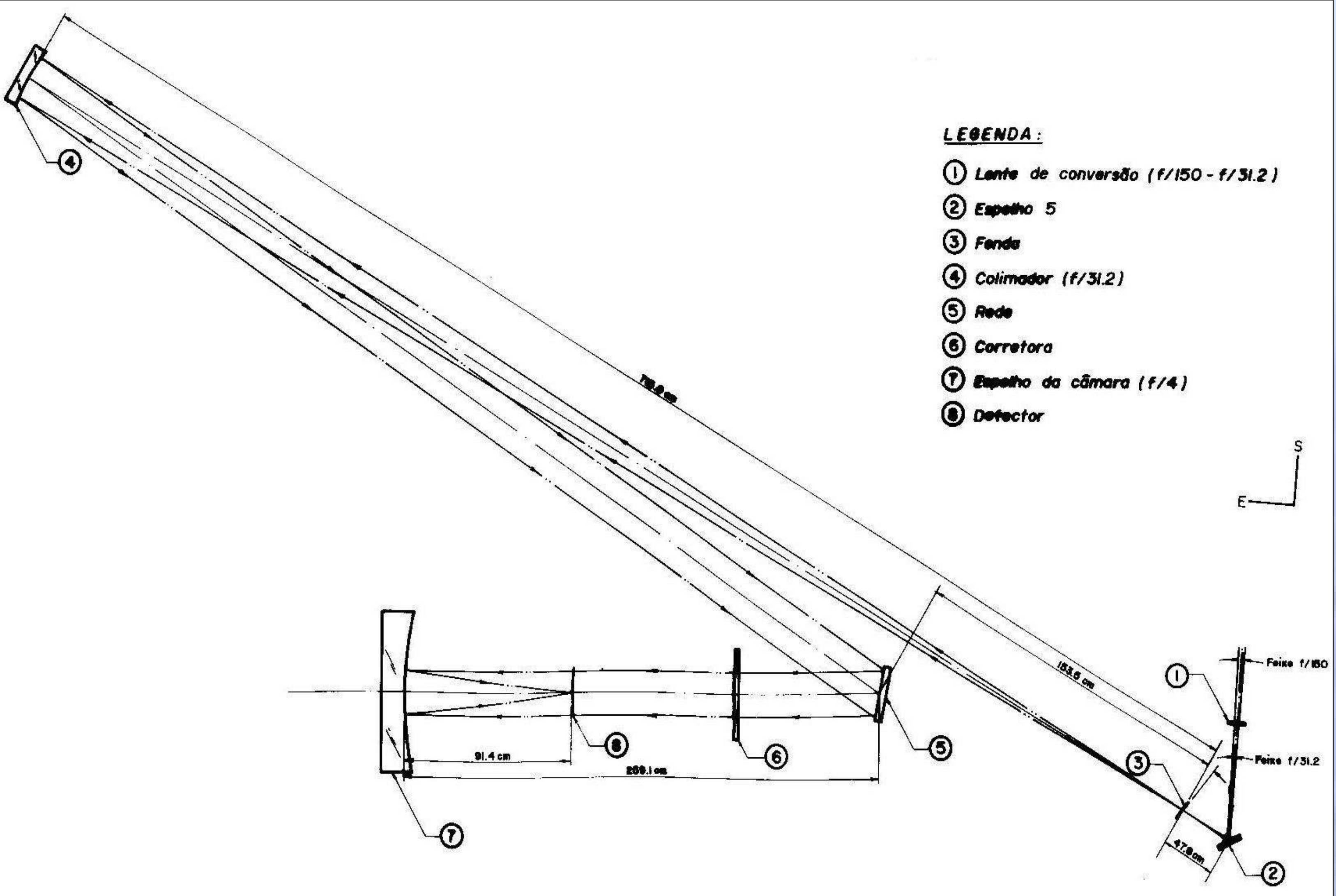


Figura 1 – Diagrama óptico do espectrógrafo Coudé onde o telescápio Perkin-Elmer de 1,60m não é mostrado.

Um limitador do estudo deste instrumento são suas dimensões físicas. Por se tratar de um algo com dimensão de salas inteiras, com peças de massas consideráveis e ao mesmo tempo delicadas e precisas. Portanto a cautela esteve sempre presente durante os testes e por vezes teve-se de fazer estimativas devido a impossibilidade da realização dos teste perante a possibilidade de danificar o instrumento. Outro grande limitador foi o próprio uso do instrumento em si, pois durante a realização das medidas e dos teste os instrumentos do OPD, incluindo o telescópio *Perkin-Elmer* de 1,60m, estavam sendo utilizados pelos pesquisadores, manutenção e engenharia.

Estudo dos componentes ópticos do Observatório do Pico dos Dias

Juarez Barbosa de Carvalho⁽¹⁾, Bruno Vaz Castilho de Souza⁽²⁾

⁽¹⁾UNFEB/LNA, ⁽²⁾LNA

Resultados

A realização destas medidas e testes possibilitou fazer comparações, nos principais espelhos do instrumento, com medições realizadas num intervalo de cerca de um ano e com outras medidas mais antigas ou mesmo com valores teóricos. Assim verificando a degradação destes componentes em períodos relativamente curtos e ao longo do seu tempo de uso, como mostram as figuras 2 e 3 respectivamente. Outra informação relevante obtida nas pesquisas foi o impacto das limpezas periódicas com CO₂ na eficiência dos espelhos. A figura 3 mostra os valores antes e após a limpeza.

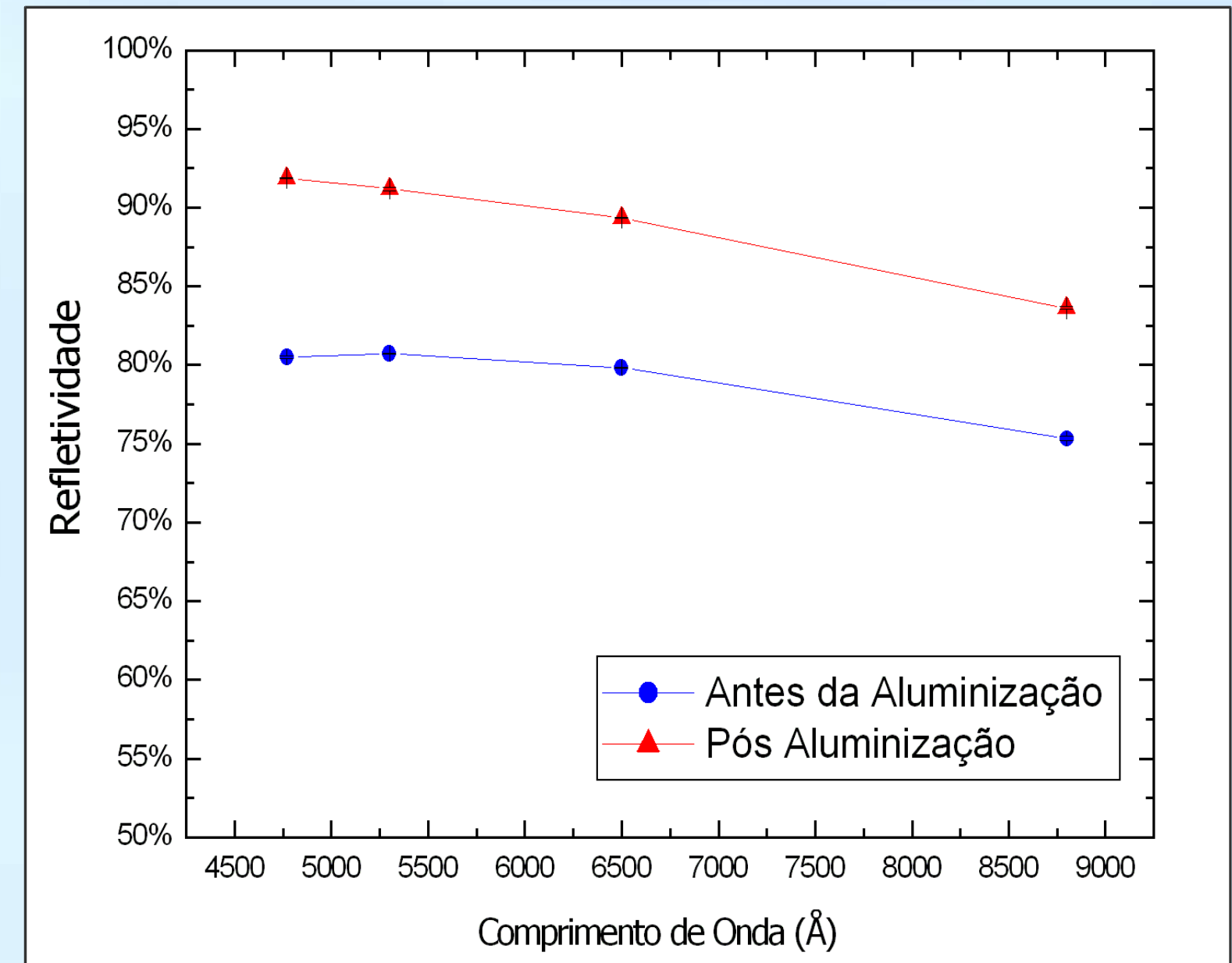


Figura 2 – Refletividade do espelho primário do telescópio PE-1,60m antes e pós processo de aluminização, depois de um período de aproximadamente 1 ano.

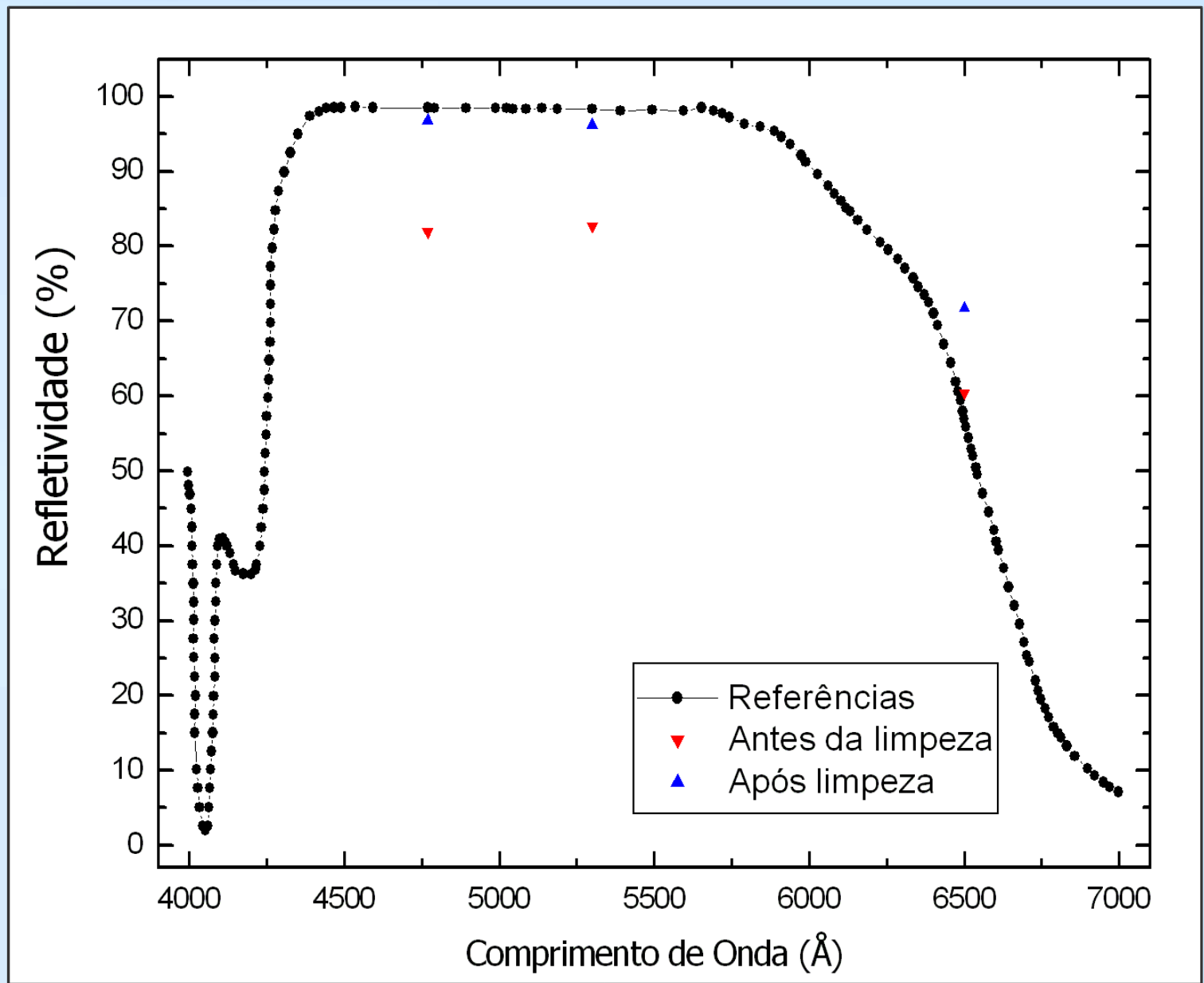


Figura 3 – Degradação do espelho secundário B (região do visível) do telescópio PE-1,60m comparado aos valores da época da montagem do instrumento.

As medidas da eficiência da rede de difração foram realizadas somente para a rede de 600 l/mm, pois a adaptação feita no IFU impossibilitava que se fizesse o mesmo para a rede 1800 l/mm. Os dados obtidos para a espelho e para a rede foram tratados e então analisados utilizando-se a *task* Polyphot do *IRAF* (Image Reduction and Analysis Facility – NOAO). Para as lentes do Coudé foram tomados valores máximos padrões de sílica fundida com *coating* de MgF₂ para o cálculo da eficiência total do instrumento. A eficiência da fenda foi encontrada através da *task* Timespec do *IRAF*. Os parâmetros principais levados em consideração na execução desta tarefa foram: *seeing* e abertura da fenda. O *seeing* para este instrumento gira em torno de 1,5 segundos de arco e o valor de abertura da fenda usada com maior frequência é de 1,0 segundo de arco. Portanto foram usados estes valores para encontrar a eficiência da fenda e para o cálculo da eficiência total do espectrógrafo (figura 4 abaixo).

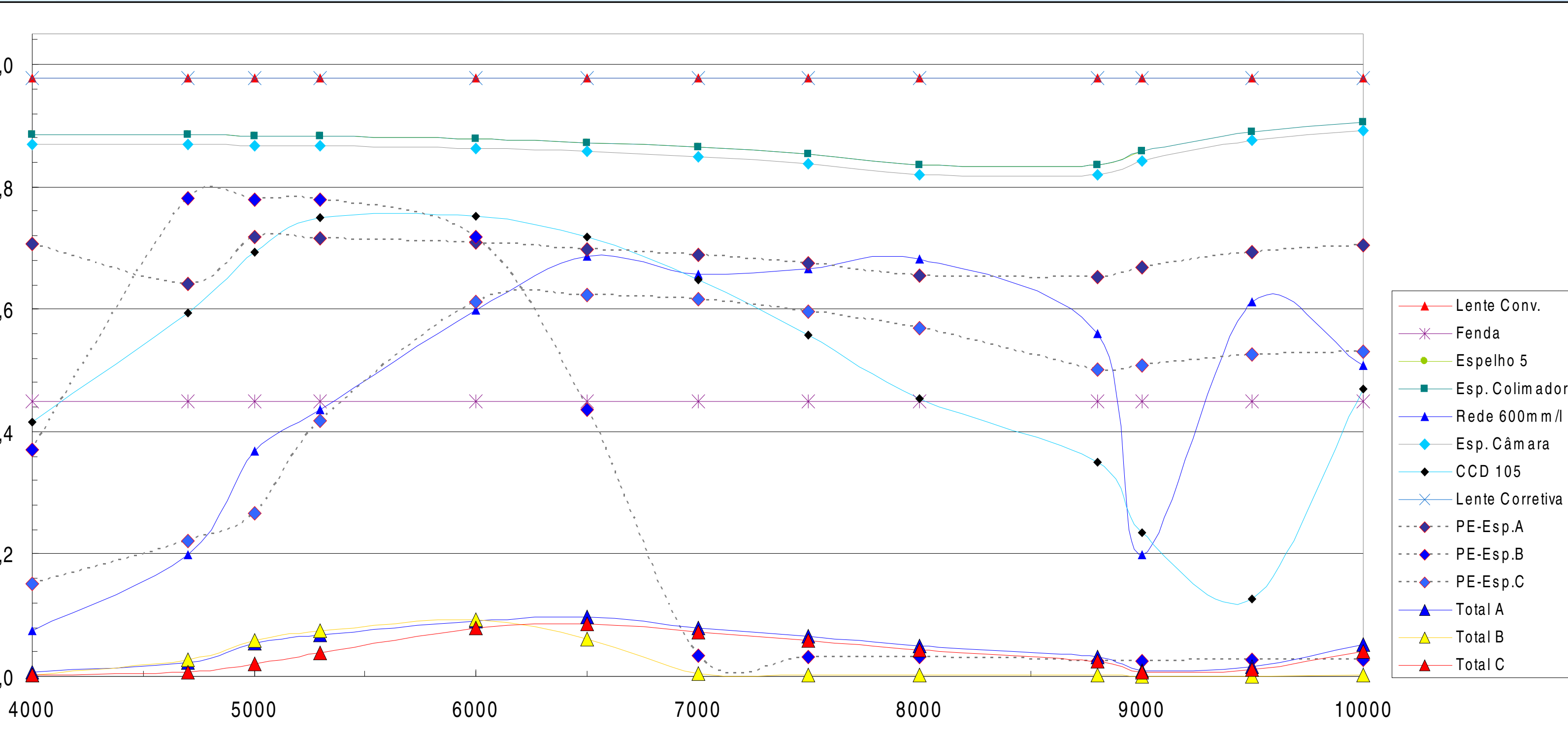


Figura 4 – Gráfico das eficiências do espectrógrafo Coudé, usando a rede de difração de 600 l/mm, com as três configurações possíveis de espelhos. Cada espelho possui *coating* otimizado para uma região do espectro: A – região do azul, B – região do visível e C – vermelho e infra-vermelho próximo.

Conclusão

Os espelhos dos conjuntos A, B e C são os que mais sofreram degradação ao longo do tempo e de maneira diferentes. Os espelhos mais protegidos da ação do tempo realmente sofreram menos perda de eficiência. A degradação também é diferente para comprimentos de ondas diferentes nos diferentes espelhos, sendo assim alguns espelhos sofrem maior perda em determinadas regiões do espectro do que outros, muitas vezes justamente na região do espectro para a qual este foi otimizado. Um fato que merece atenção é que com a degradação dos *coatings* de otimização alguns espelhos passaram a ter características diferentes daquelas esperadas. Provavelmente isso ocorre porque com a perda do *coating* a cobertura simples de alumínio começa a ficar exposta e o espelho passa a se comportar como tal. Portanto é fortemente recomendável que se renove os *coatings* destes espelhos, não só para aumentar a eficiência mas também para que estes não percam finalidade para qual foram desenvolvidos. Também ficou evidente que as limpezas periódicas com CO₂ são essenciais para o aumento e manutenção da eficiências dos espelhos.

Após estudo dos componentes do instrumento, análise e comparação dos dados é evidente que a eficiência deste está relativamente baixa e que algumas melhorias e atualizações podem serem feitas neste sentido. No caso da fenda, por exemplo, onde as pesquisas realizadas mostram que no sítio do OPD, que possui em média um *seeing* de 1,5 segundo de arco, metade da luz dos objetos estudados é perdida. Com uma eficiência de 50% é indicado que se instale um dispositivo *image slicer* como recurso para diminuição de perdas e tempo de exposição, tornando assim o instrumento mais competitivo e otimizando o tempo de observação.

Referências Bibliográficas

PALMER, C. *Diffraction Grating Handbook*. 6. ed. Newport Corporation 2005;

Documentos internos do LNA;

BELY, Pierre. Y. Ed. *The Desing and Construction of Large Optical Telescopes*. Astronomy and Astrophysics Library. Springer. USA, 2003;

LÉNA, P., LEBRUN, F., MIGNAR F. *Observational Astrophysics*. 2. ed. Astronomy and Astrophysics Library. Springer. Germany, 1998;

WILSON, R. N. Ed. *Reflecting Telescope Optics II*. Astronomy and Astrophysics Library. Springer. Germany, 1999;

IRIS 908RS, DMO *Optical Solutions*: <http://www.dmo.be/web/framehtm.htm> – Seção Aplicacion/Surface Inspection/Iris Series. 2009;

KITCHIN, C. R. *Astrophysical Techniques*. 3. ed. Institute of Physics Publish. Bristol, 1998;

Antireflection Coatings of CVI Melles Griots. CVI Melles Griot 2009 Technical Guide. Vol 2, Issue 1. 2009;