

3

Espectrógrafo Coudé

Neste capítulo estão descritos procedimentos específicos para observações com o espectrógrafo Coudé; como o anterior, ele supõe que você já tenha lido o capítulo 1 deste manual. Aqui são também apresentadas as diferentes configurações possíveis para esse instrumento, e também dicas para otimizar suas observações neste modo. Uma biblioteca de mapas de linhas para as lâmpadas de calibração disponíveis encontra-se ao final deste capítulo.

O espectrógrafo Coudé é um instrumento que fornece resolução espectral moderadamente alta com grande estabilidade e performance boa em termos de transmissão óptica. Ele está alojado sob o pilar da montagem equatorial do telescópio, em uma sala com acesso pela cúpula.

A figura 3.1 mostra um esquema do espectrógrafo. Para economizar espaço é omitido o colimador. O esquema não mostra o espelho a 45° que existe entre o espelho da câmara (7) e o detector (8).

As dimensões relevantes são:

| | |
|---|-----------------|
| <i>Distância focal do colimador (F2).....</i> | <i>713 cm</i> |
| <i>Distância focal da câmara (F3).....</i> | <i>91,4 cm</i> |
| <i>Escala no plano focal (na fenda).....</i> | <i>4,13"/mm</i> |

Tabela 3.1 Configuração atual do espectrógrafo Coudé.

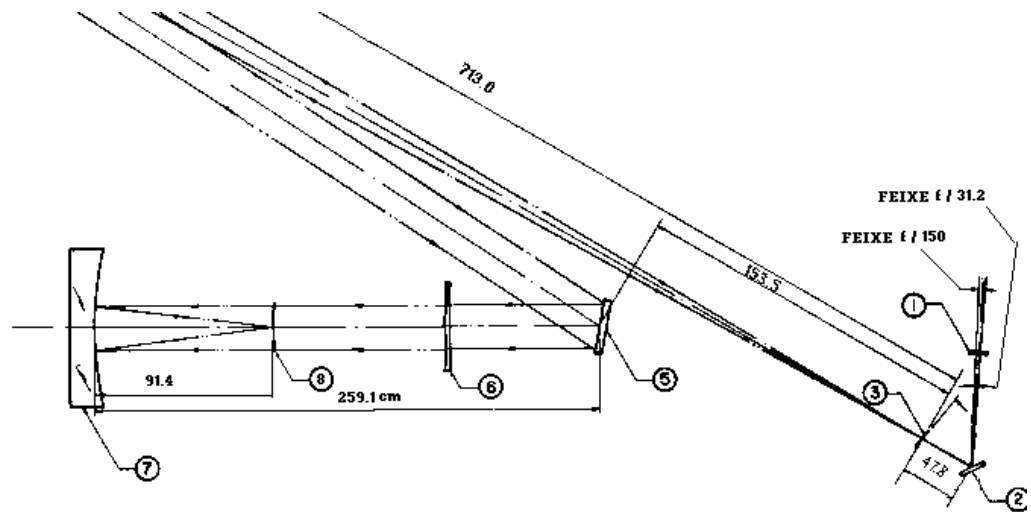


Figura 3.1 O esquema óptico do espectrógrafo Coudé no telescópio de 1.6 m do OPD/LNA:

- 1 - Lente de conversão (f/150 - f/31.2)**
- 2 - Espelho 5**
- 3 - Fenda**
- 4 - Colimador (f/31.2)**
- 5 - Rede**
- 6 - Corretor Schmidt**
- 7 - Espelho da câmara (f/4)**
- 8 - Detector**

A configuração Coudé utiliza torres de três espelhos com refletividades otimizadas em 3 bandas espectrais tanto no secundário como nos espelhos 3 e 4.

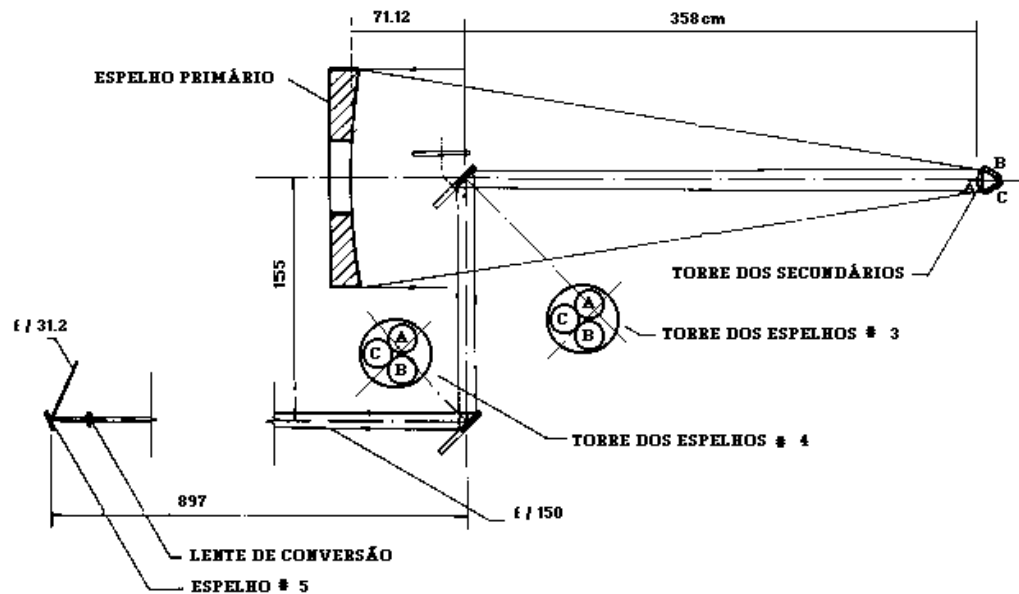


Figura 3.2 O esquema óptico do espectrógrafo Coudé externamente ao instrumento. Note que a distância ao espelho (5) não está em escala.

Redes de Difração

Há duas redes disponíveis para o espectrógrafo Coudé: de 600 e de 1800 1/mm (esta última é holográfica). As tabelas abaixo fornecem valores úteis para o planejamento de uma observação. Os valores referem-se à primeira ordem direta, em 650 nm. Para a segunda e terceira ordens diretas a dispersão fica 2 ou 3 vezes maior. Naturalmente a cobertura fica menor pelos mesmos fatores. A resolução é dada como a largura a meia altura para uma fenda de 1", ou 242 μm .

O espectrógrafo tem sido utilizado também com a rede de 600 1/mm invertida, embora a eficiência seja menor. Neste caso, a dispersão é 1,85 nm/mm, 0,89 nm/mm e 0,59 nm/mm para a 1^a., 2^a. e 3^a. ordens, respectivamente em 650 nm, no CCD #098. Em particular, além das 1^a.s ordens diretas, neste manual serão (em breve) mostradas as performances da 2^a. ordem direta e da 4^a. ordem invertida, que têm sido bem utilizadas em observações no OPD.

| | Rede 1/mm – λ_c (nm) | CCD | Cobertura (nm) | Dispersão (nm/pixel) | Resolução (FWHM, Å) |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----|-------------------|-------------------------|------------------------|
| 1. ^a ORDEM DIRETA | 0600 - 650 | 098 | 113,0 | 0,025 | 0,50 |
| | 1800 - 650 | 098 | 35,3 | 0,008 | 0,20 |
| 1. ^a ORDEM INVERSA | 0600 - 650 | 098 | 99,7 | 0,022 | 0,22 |
| | 1800 - 650 | 098 | 22,1 | 0,005 | 0,12 |
| 2. ^a ORDEM DIRETA | 0600 - 650 | 098 | 56,3 | 0,012 | 0,24 |
| 4. ^a ORDEM INVERSA | 0600 - 650 | 098 | 9,1 | 0,002 | 0,06 |

Valores calculados através do programa REDE.EXE, e utilizando uma fenda de 250 μm , e um comprimento de onda central de 650 nm. O CCD #098 é atualmente o preferido para observações no Coudé.

O Coudé, por permitir a observação em várias ordens, incluindo a inversa, vale-se muito da utilização de filtros de corte de superposição de ordem. A figura na página seguinte (3.3) mostra como ocorre a superposição. Logo abaixo, estão mostrados os filtros disponíveis que podem ser utilizados nas observações. Eles estão também descritos na tabela 2.3, à página 22 (capítulo 2 deste manual).

No exemplo da figura 3.3, o observador deseja observar em 2.^a ordem direta o comprimento de onda central de 8000 Å, o que corresponde a um ângulo da rede de difração de aproximadamente 600. No entanto, esse ângulo provoca a superposição de ordens mais elevadas (3.^a e 4.^a basicamente) com contribuições espectrais em comprimentos de onda menores que ~ 5200 Å. Um filtro ou mais filtros capazes de cortar tais regiões espectrais, escolhido(s) da tabela 2.3, se faz então necessário.

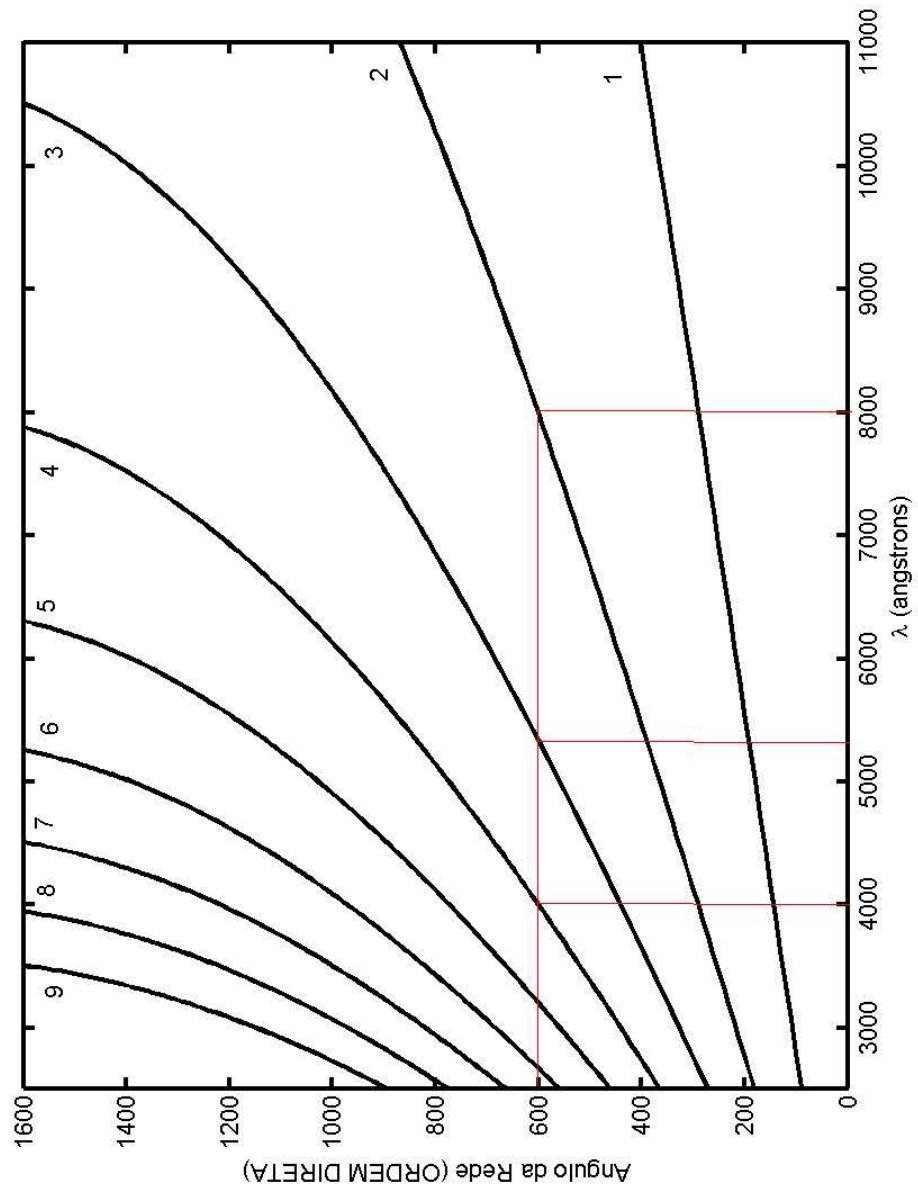


Figura 3.3 Relação ordem direta vs. comprimento de onda, mostrando a superposição de ordens. O exemplo (linha vermelha) mostra a superposição de ordens mais elevadas no caso de uma observação em 2ª. ordem direta centrada em 8000 Å.

Eficiência dos Espelhos

A sensibilidade do espectrógrafo para cada um dos três espelhos, aqui somente no CCD #048 e para as duas redes disponíveis, são as seguintes:

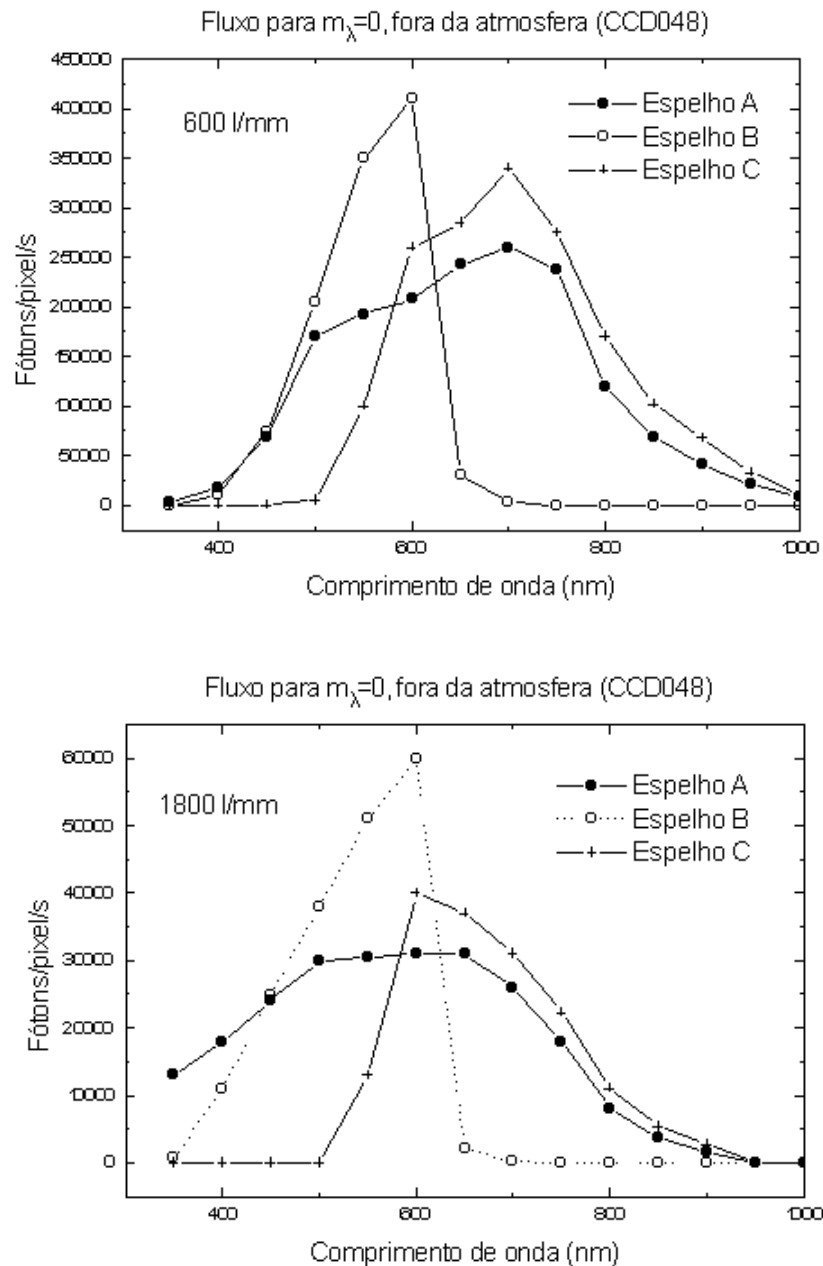


Figura 3.4 Eficiência dos espelhos para o CCD #048 nas duas redes de dispersão disponíveis. Eficiências para o CCD #098 estão sendo levantadas.

Procedimento observacional

- Verifique a folha de configuração deixada pelos técnicos do observatório sobre a bancada da sala de controle; lá você terá todas as informações sobre a montagem do instrumento.
- Vá para a ante-sala do Coudé, cuja entrada fica acessível pela cúpula (porta amarela-clara, ao lado da sala de controle).
- Verifique se espectrógrafo está configurado com os parâmetros desejados, seguindo os passos a seguir. Note que o astrônomo só deverá preocupar-se com parâmetros que possam ser ajustados na ante-sala do espectrógrafo Coudé, a saber: espelho selecionado, ângulo da rede, ajuste da fenda, filtros, lâmpadas de *flat-field* interno e de calibração em comprimento de onda.

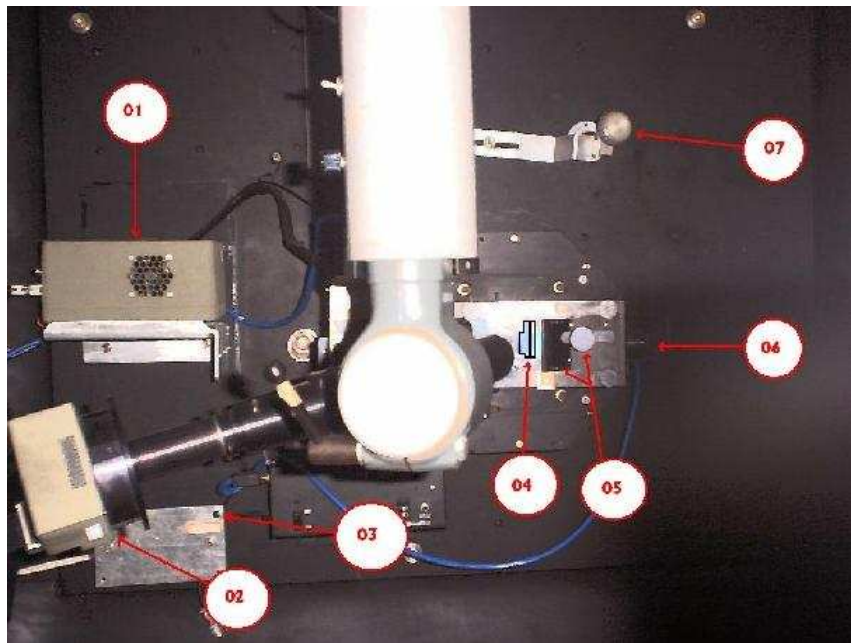


Figura 3.5 Botões de controle do espectrógrafo na ante-sala do espectrógrafo Coudé.

- 01 - Controlador do CCD de guiagem**
- 02 - CCD de guiagem**
- 03 - Chave liga/desliga lâmpada halógena do *flat field* interno**
- 04 - Fenda do espectrógrafo**
- 05 - Espelho das lâmpadas de comparação**
- 06 - Controle da abertura da fenda**
- 07 - Seletor do ângulo da rede de difração (ajuste fino)**



Figura 3.6 Detalhe do console de controle do Coudé (ajuste do espelho A, B ou C).



Figura 3.7 Detalhe do seletor de ajuste fino do ângulo da rede de difração (nota: a caixa com botões amarelo e verde ao lado direito – não visível nesta figura – serve para um ajuste mais grosseiro).

- Verifique se o espelho (A, B ou C) que está configurado é o correto (Figura 3.6). A escolha deve ser baseada na eficiência de cada um deles no comprimento de onda de observação, dada pelo programa REDE.EXE.
- Regule a largura da fenda ($250\mu\text{m}$ correspondem a aproximadamente $1''$) e verifique se o espelho que direciona a luz do espectrógrafo está retraído, de modo a mandar o sinal do telescópio ao Coudé (a figura 3.8 mostra o espelho posicionado no modo de calibração; a outra configuração é obtida girando-se o botão preto para a direita).
- Verifique o ângulo da rede de difração. Um ajuste fino pode ser feito através da maçaneta mostrada na figura 3.7, enquanto o ajuste mais grosseiro é feito através dos botões amarelo e verde situados numa caixa, ao lado direito da mesma.

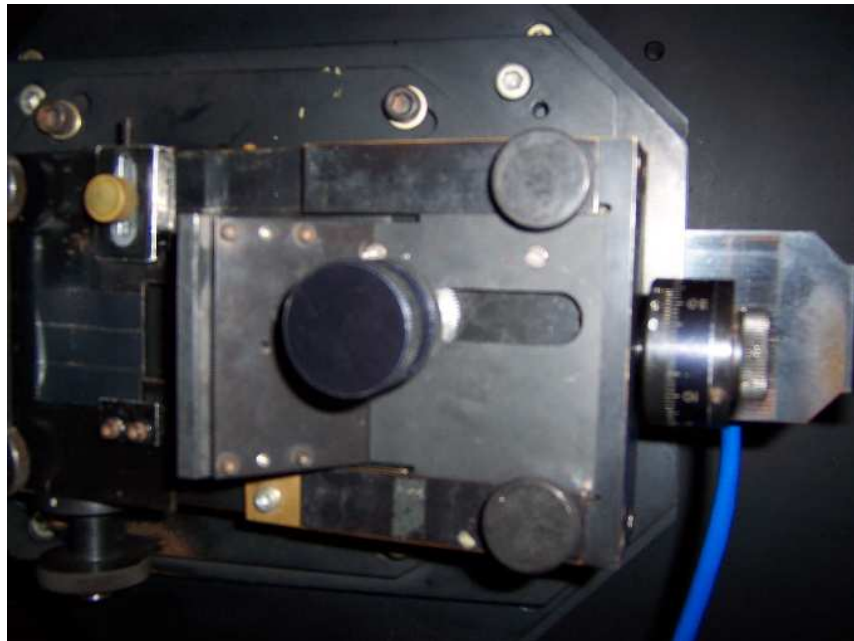


Figura 3.8 Botão posicionador do espelho que envia a luz do telescópio ou das lâmpadas de calibração ao espectrógrafo.

- Suas observações requerem um filtro para cortar a superposição de outras ordens? Se assim for, insira na frente da fenda aquele indicado pelo programa REDE.EXE ou pelo pessoal responsável pela montagem do instrumento (figura 3.9).

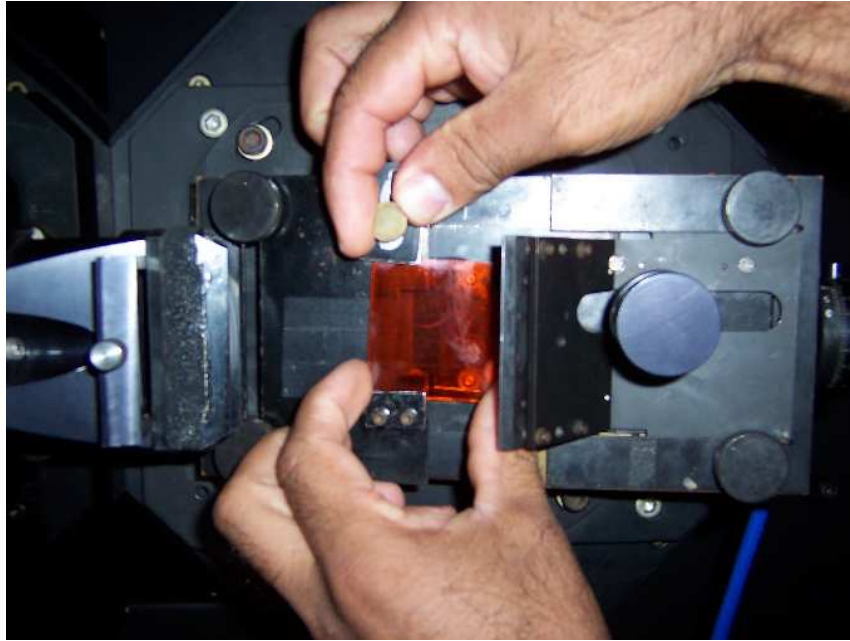


Figura 3.9 Inserção de filtros. Verifique junto ao corpo técnico qual é o mais indicado para suas observações.



Figura 3.10 Imagem tripla da estrela de guiagem formada por causa de reflexões no(s) filtro(s). O objeto escolhido deve ser sempre o “do meio”.

- Ajustados os parâmetros do espectrógrafo, aponte para uma estrela SAO/FK4 para fazer foco, conforme instruções do capítulo 1. Se sua observação for feita com filtro(s), você poderá obter uma imagem triplicada no programa de guiagem, devido a reflexões pelo filtro; neste caso, escolha sempre a estrela do meio para fazer foco e guiar os seus objetos (figura 3.10).
- Aponte para o objeto desejado através do PC de aquisição: clique Comandos ⇒ Apontamento ⇒ Precessão ao dia ↵ ENTER. Entre com as coordenadas do objeto e a respectiva data de precessão, conforme pedido pelo programa. Por fim, confirme o apontamento, para que o telescópio se mova (atenção: a plataforma deve estar abaixada!). O foco varia bastante no modo Coudé, por isso deverá ser verificado algumas vezes ao longo da noite e ajustado, se necessário. Nota: o foco do Coudé sofre variação significativa com a utilização dos espelhos A, B ou C.
- Uma vez que o telescópio esteja em foco, suas observações podem começar. Recomenda-se ter em mãos cartas do céu de uma escala adequada ao campo da guiagem, de aproximadamente 2 a 3 minutos de arco, pois o apontamento do telescópio não é muito bom no modo Coudé. Esse problema também pode ser minimizado fazendo-se a calagem do telescópio através de uma estrela SAO/FK4 próxima ao objeto-alvo.
- Devido ao fato do Coudé ser um instrumento que não sofre flexão para diferentes posições do telescópio (diferentemente do Cassegrain, por exemplo), espectros de calibração em comprimento de onda precisam ser tomados somente algumas vezes durante a noite, para compensar possíveis efeitos de mudanças de temperatura, etc, sobre a calibração final (caso contrário, o erro pode chegar a uma dezena de km/s, segundo usuários do instrumento). A tomada de calibrações para cada apontamento do telescópio é aconselhada apenas em trabalhos que requeiram grande precisão na determinação de velocidades radiais. A figura 3.11 mostra o interruptor da lâmpada de ThAr e NeAr (botões *on* e *off* mostrados); se ela não ligar imediatamente, verifique se o interruptor sob a inscrição “HOLLOW CATHODE” também está ligado, dentro da caixa de força azul na parede, à esquerda (figura 3.12). Para regiões com baixa densidade de linhas como por volta de 6500 Å do ThAr, pode-se optar pela lâmpada de NeAr, girando-se a chave preta pra baixo. Lembre-se sempre de tomar tais espectros com a fenda estreita, e de posicionar corretamente o espelho direcionador do feixe, conforme já falado.



Figura 3.11 (ao lado) Localização do interruptor das lâmpadas de ThAr e de NeAr. A chave deve estar girada para cima no primeiro caso e para baixo no segundo. A chave girada para a direita é a configuração para a tomada de flat-field interno.

Figura 3.12 (abaixo) Interruptor da fonte das lâmpadas de calibração.



- O interruptor para as lâmpadas de *flat-field* de cúpula encontra-se no console, sobre a plataforma, atrás da porta direita (veja figura 3.13). Ele aciona lâmpadas mais potentes instaladas próximas à tela branca da cúpula (figura 3.14).
- A tomada de *flats* internos é opcional no modo Coudé, com a lâmpada halógena podendo ser acionada através do interruptor mostrado na figura 3.15. A chave preta mostrada na figura 3.11 deve ser colocada na posição horizontal, e o espelho que dirige o feixe ao Coudé, posicionado do mesmo modo que para a tomada de espectros de lâmpadas de calibração.



Figura 3.13 Localização do interruptor das lâmpadas de flat-field de cúpula.



Figura 3.14 Lâmpadas de flat-field da cúpula acionadas.

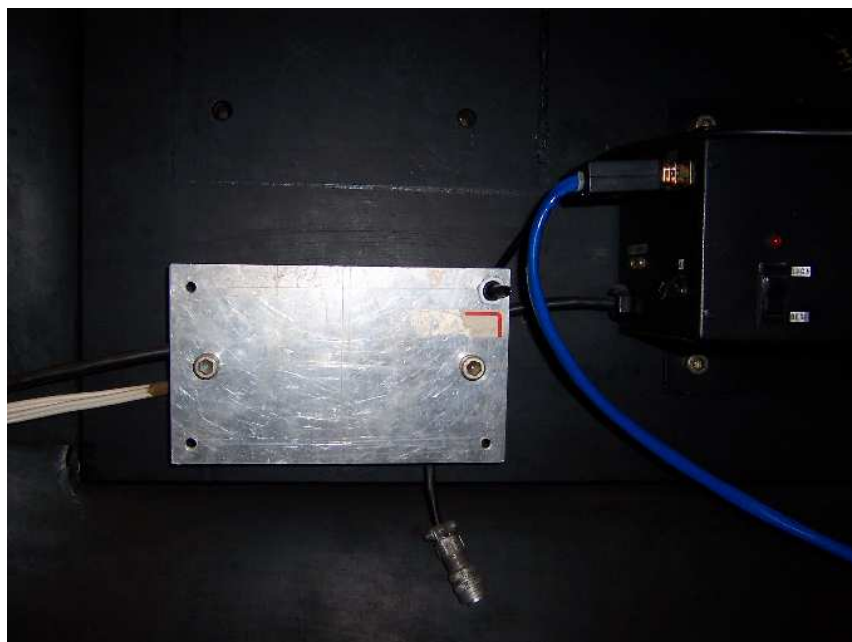
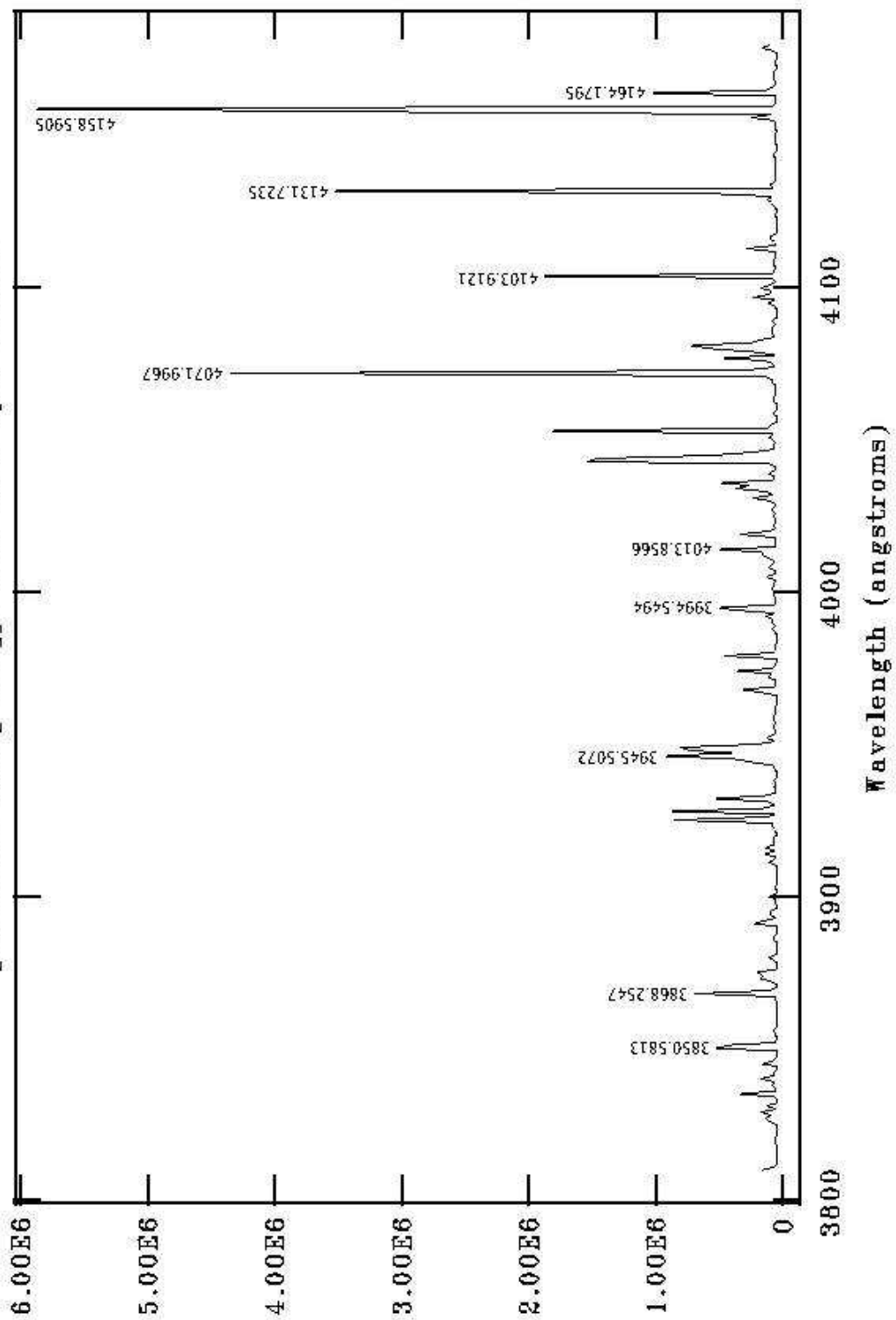


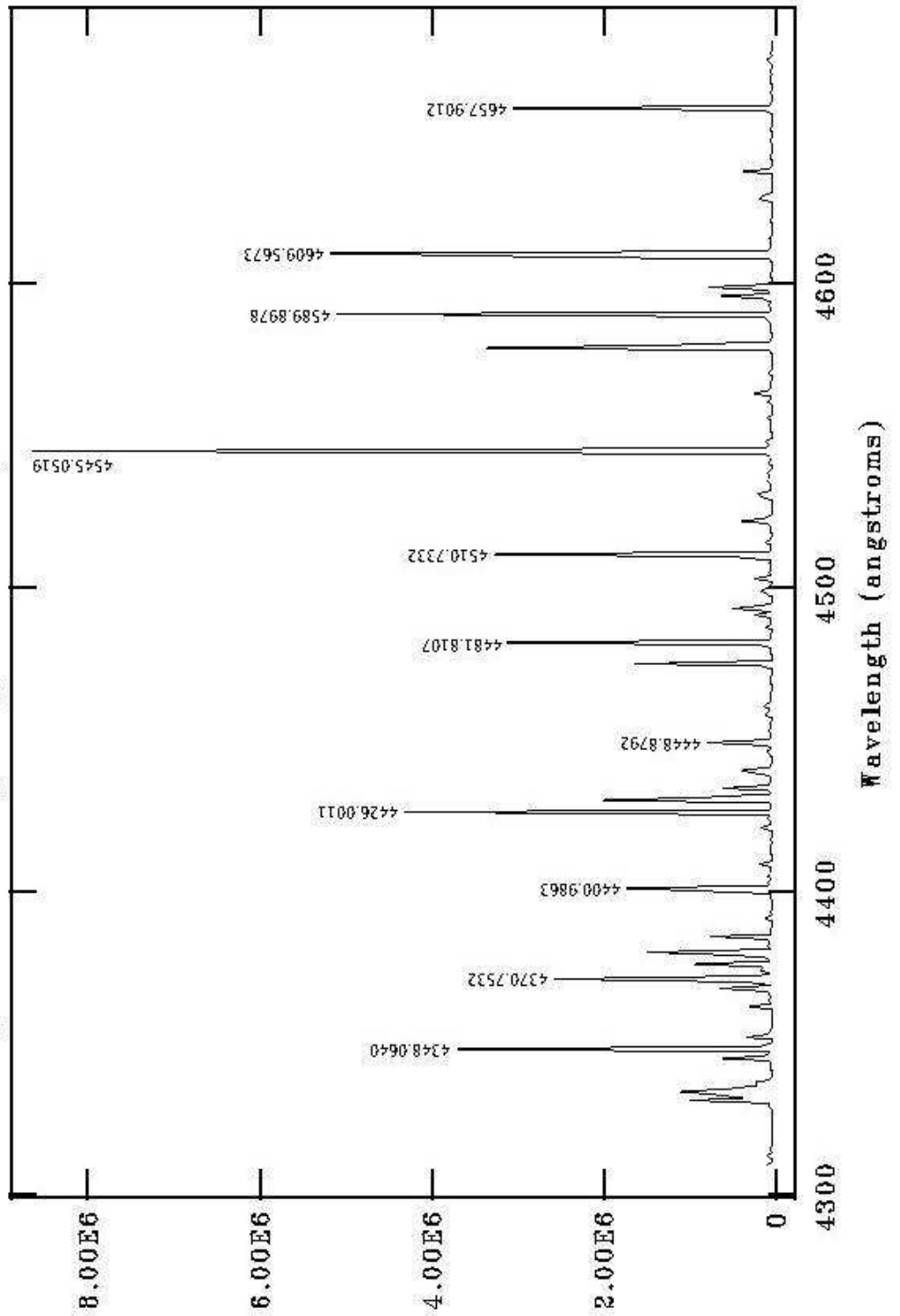
Figura 3.15 Interruptor da lâmpada halógena para flat-field interno, na ante-sala do espectrógrafo Coudé.

NOAO/IRAF V2.12.2a - EXPORT aurea@aurea Fri 14:08:33 18-Nov-2005
[CAL_3810_4180[*],1,1]: ThAr 120. ap:1 beam:1



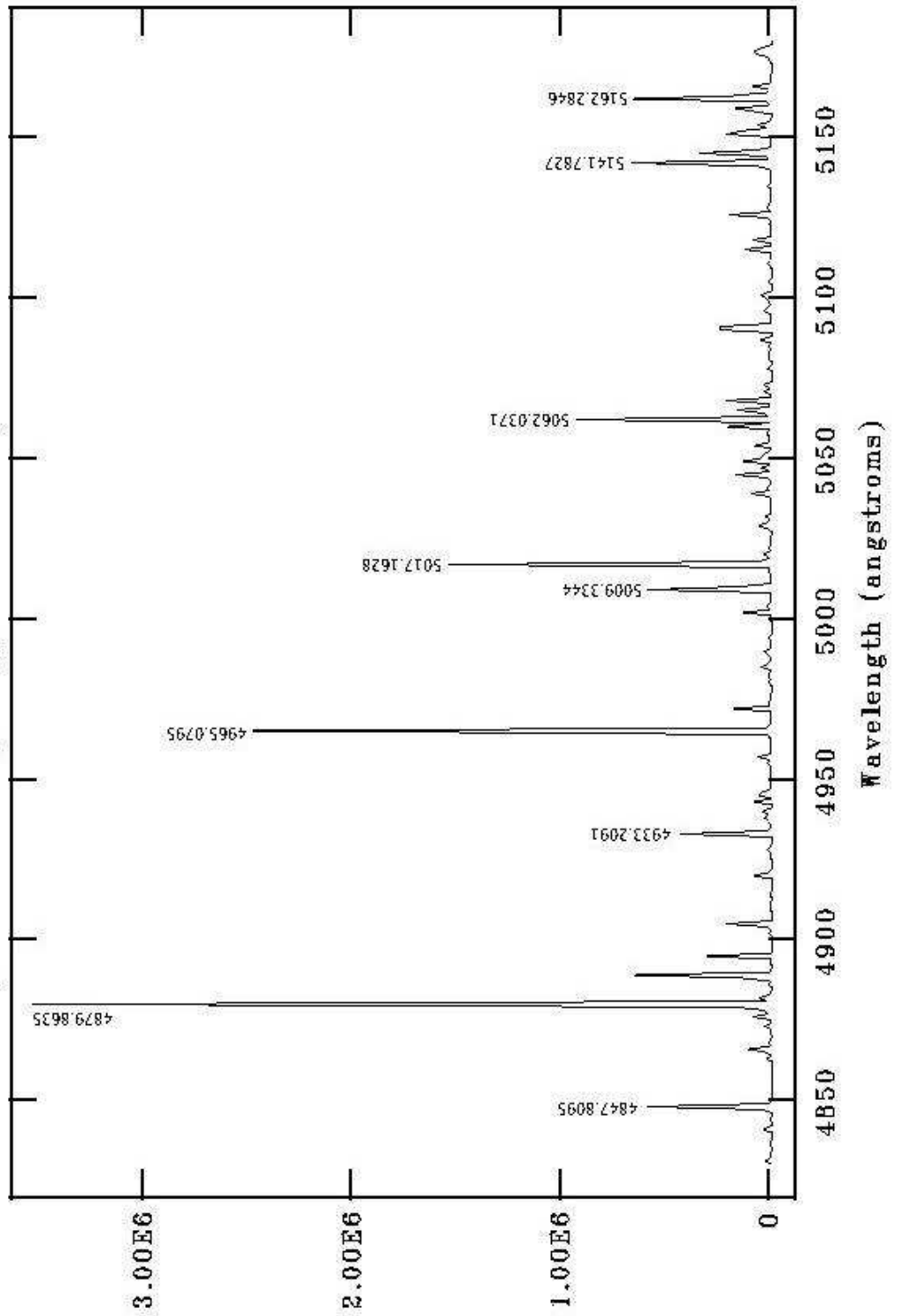
Lâmpada de ThAr, 3810-4180Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.04

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT aurea@aurea Mon 07:35:54 21-Nov-2005
[CAL_4310_4680[*],1,1]]: ThAr 120. ap:1 beam:1



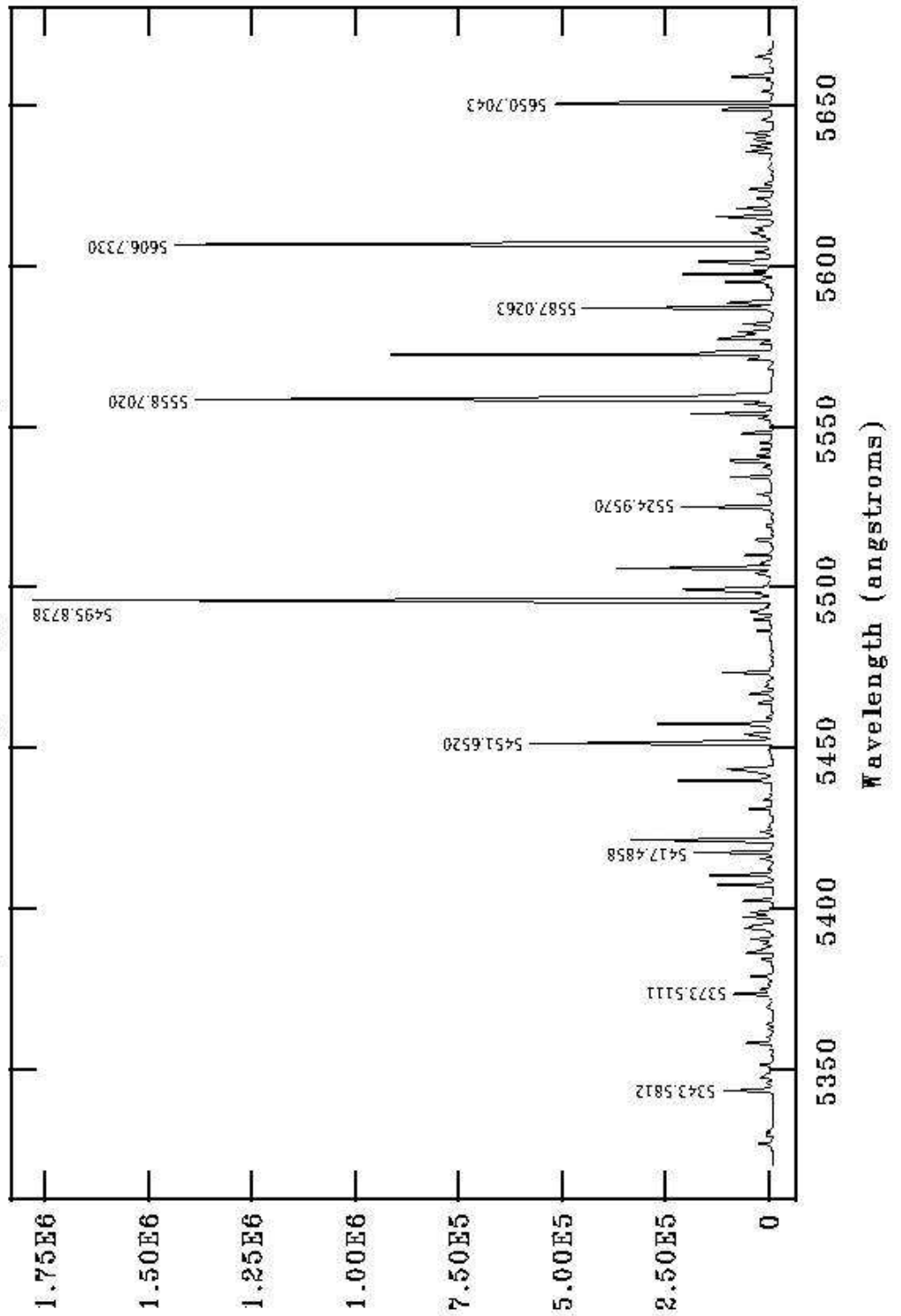
Lâmpada de ThAr, 4310-4680Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.007

NOAO/IRAF V2.12.2a - EXPORT aurea@aurea Mon 09:12:45 21-Nov-2005
[CAL_4830_5180[*],1,1]]: ThAr 120. ap:1 beam:1



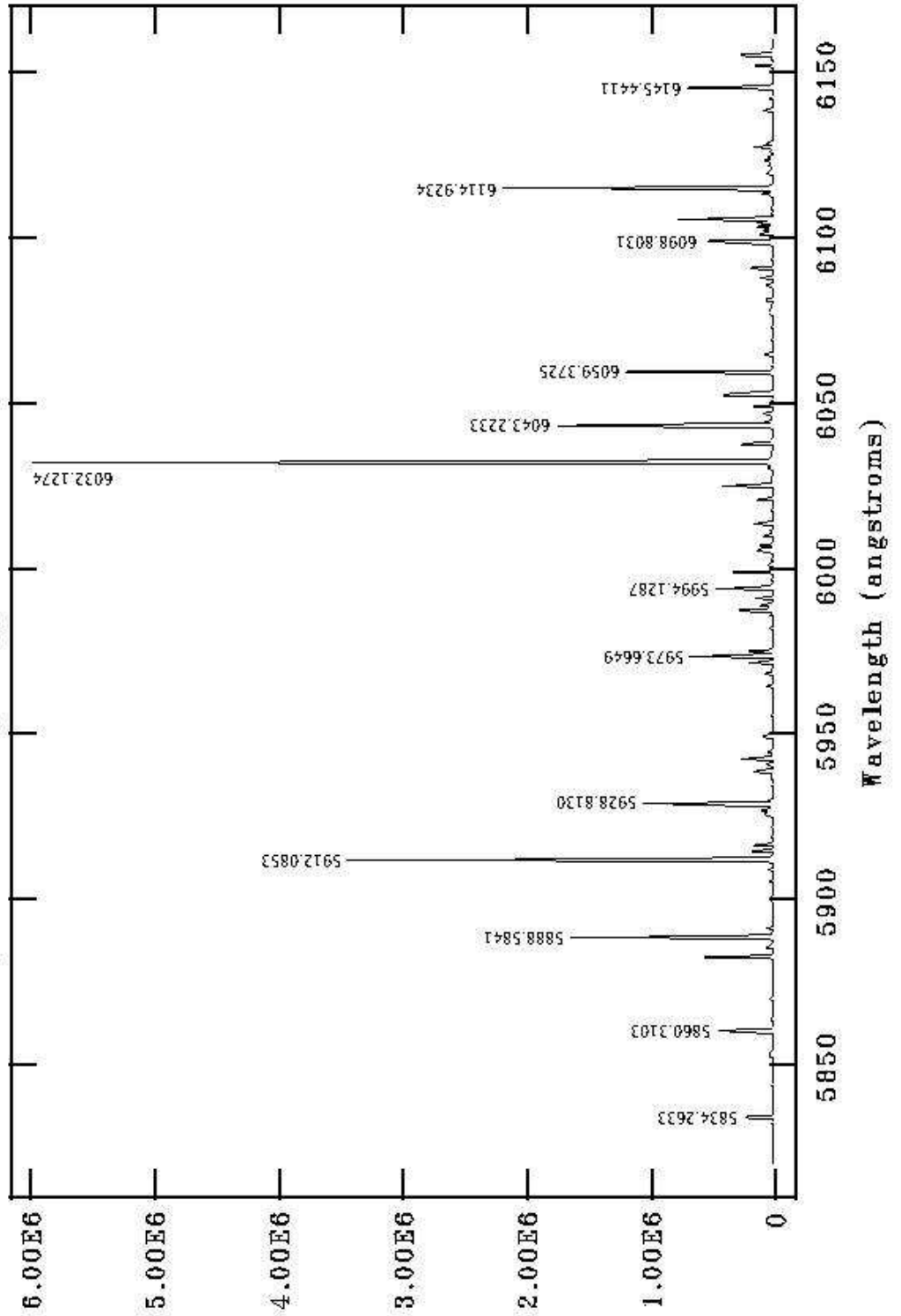
Lâmpada de ThAr, 4830-5180Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.002

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT aurea@aurea Mon 10:15:21 21-Nov-2005
[CAL_5320_5670[*],1,1]]: ThAr 120. ap:1 beam:1



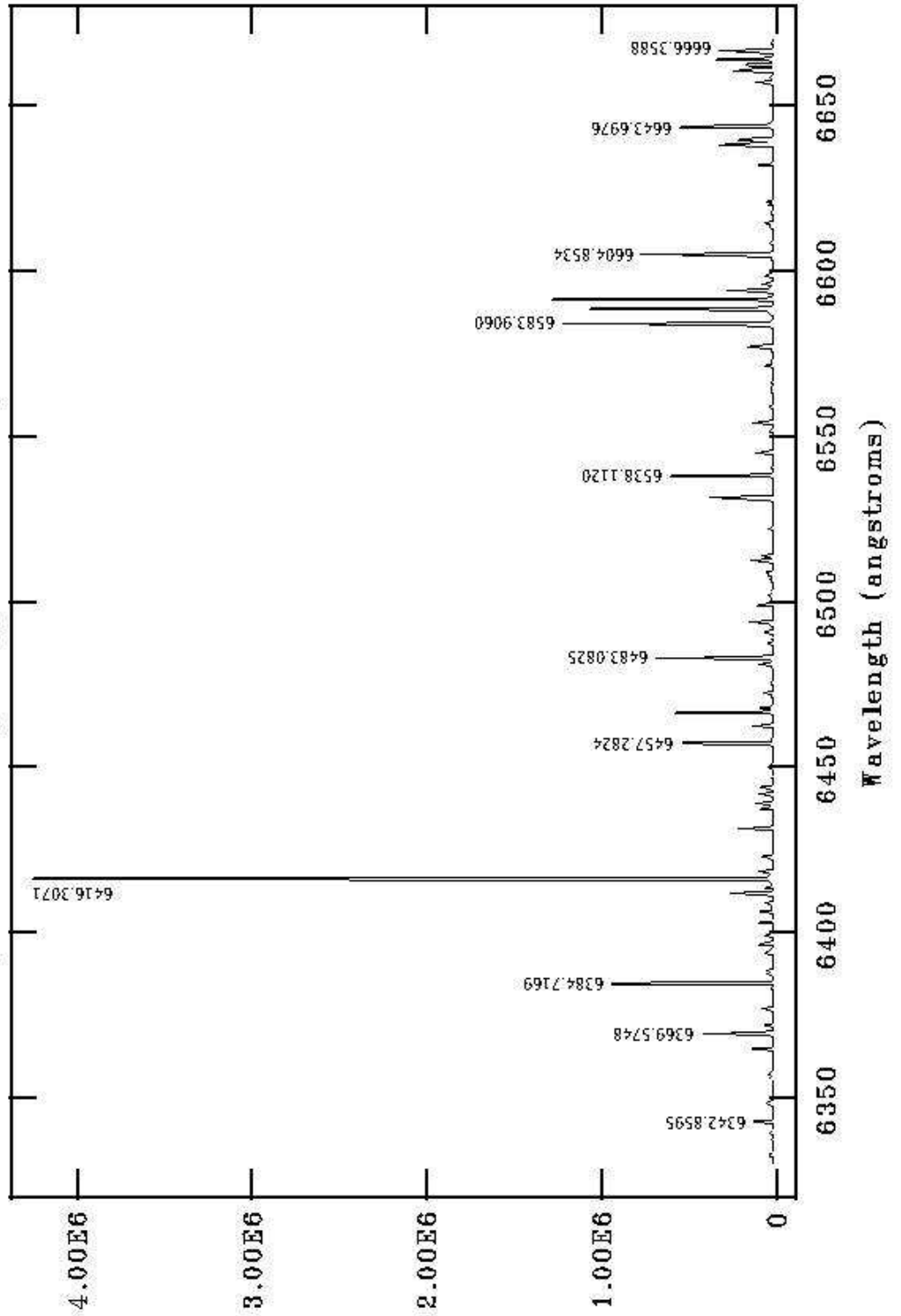
Lâmpada de ThAr, 5320-5670Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.005

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT aurea@aurea Mon 13:19:09 21-Nov-2005
[CAL_5820_6160[*],1,1]]: ThAr 120. ap:1 beam:1



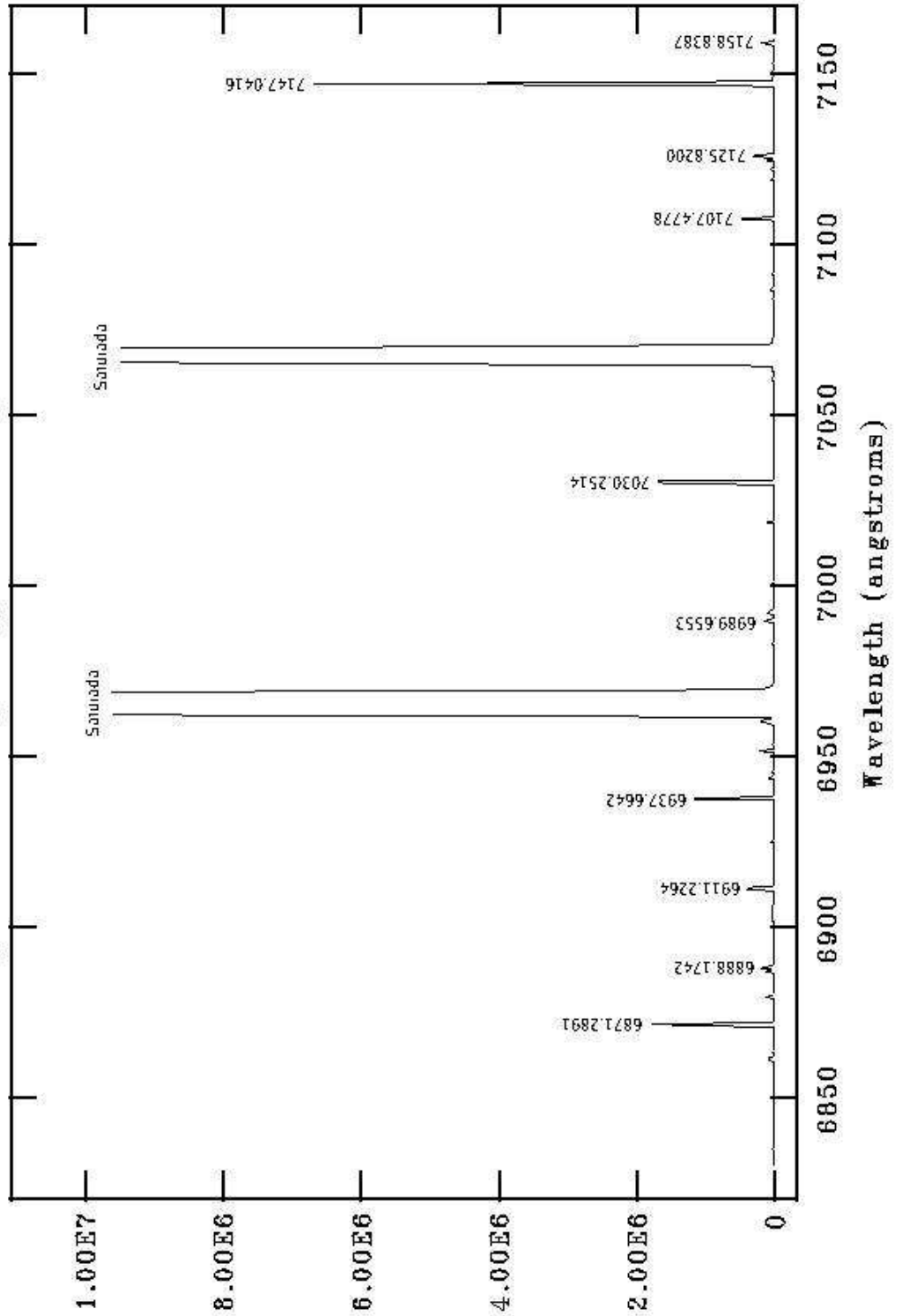
Lâmpada de ThAr, 5820-6160Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.003

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT aurea@aurea Mon 13:52:11 21-Nov-2005
[CAL_6330_6670[*],1,1]]: ThAr 120. ap:1 beam:1



Lâmpada de ThAr, 6330-6670Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.003

NOAO/IRAF V2.12.2a - EXPORT aurea@aurea Mon 14:52:29 21-Nov-2005
[CAL_6830_7160[*],1,1]]: ThAr 60. ap:1 beam:1



Lâmpada de ThAr, 6830-7160Å, Rede 1800 l/mm, RMS < 0.002