

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos / SECTPR

RELATÓRIO FINAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Título do Projeto: Recuperação e modernização do Brazilian Solar
Spectroscope (BSS)

Bolsista: Thiago Almeida Ribeiro

Orientador: Dr. José Roberto Cecatto

Processo Número: 105379/2005-0

Período: Agosto/2005 – Julho/2006

Bolsa de Iniciação Científica suportada pelo Programa
Nacional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq,
desenvolvida junto à Divisão de Astrofísica – DAS/INPE.

Título do Projeto: Recuperação e Modernização do Brazilian Solar Spectroscop
(BSS).

Bolsista: _____ Data S.J. Campos
Thiago Almeida Ribeiro Local

Orientador: _____ Data S.J. Campos
Dr. José Roberto Cecatto Local

SUMÁRIO

Resumo	4
Introdução	4
Explosões solares tipo-III decimétricas	4
Instrumentação	7
O Brazilian Solar Spectroscope (BSS)	7
Sistema atual de análise e visualização de dados do BSS	8
Atividades desenvolvidas e resultados obtidos até o presente	9
Testes com o atual sistema de aquisição de dados para definição do novo sistema	12
Tratamento de dados do BSS.....	14
Conclusão	14
Referência	15

Resumo

O principal objetivo deste projeto de Iniciação Científica é a participação no projeto de Recuperação e Modernização do Brazilian Solar Spectroscope – BSS, aprovado pelo CNPq e que iniciou em 2005. O projeto envolve a modernização completa do sistema de aquisição digital de dados do BSS, incluindo a troca da placa de digitalização, a substituição do microcomputador de aquisição de dados, a adaptação do software de aquisição de dados e instalação do código de aquisição de tempo de GPS através de antena receptora já adquirida. Portanto, o bolsista terá a oportunidade de participar de todos estes desenvolvimentos e testes do novo sistema, que devem melhorar significativamente o desempenho, confiabilidade e eficiência do instrumento, nas observações e investigações de fenômenos solares na banda de ondas de rádio decimétricas, particularmente com relação à precisão de tempo absoluto dos dados adquiridos e à ampliação da capacidade de digitalização, armazenamento e processamento dos dados de explosões solares registrados. Foi efetuado um estudo do atual sistema de aquisição de dados, realizados testes de operação e determinadas suas necessidades. Atualmente, estão sendo adquiridos os materiais necessários, inclusive está sendo providenciado a importação de um item essencial ao projeto.

Introdução

Desde a década de 60, as observações solares em rádio frequências métricas, decimétricas e milimétricas têm contribuído para um melhor entendimento sobre questões associadas aos “flares” solares. Na faixa decimétrica, as emissões solares são geradas basicamente por dois processos: emissão de plasma e emissão girossincrotrônica em banda larga - contínuo (Pick et al., 1990 e Bastian et al., 1998a).

Contudo, apenas com as observações do experimento *Skylab*, mostrando que os “flares” solares em raios-X moles são originados em regiões da atmosfera solar ($> 2 \times 10^4$ km acima da fotosfera), correspondentes a densidades eletrônicas da ordem de 10^9 - 10^{10} cm^{-3} , é que ficou evidenciado que a aceleração das partículas e/ou o aquecimento ocorrem próximos às regiões onde são geradas as explosões decimétricas (Moore et al., 1980). Tais evidências foram confirmadas através de imagens em raios-X de alta resolução do Yohkoh (Ohyama e Shibata, 1999). Portanto, as observações solares em frequências decimétricas são essenciais como ferramenta para investigar os problemas fundamentais da Física solar tais como a liberação de energia e a aceleração e propagação de partículas durante os flares solares (Bastian et al., 1998b).

Sendo assim, tem-se buscado aprimorar as observações solares nesta faixa de frequências. Por este motivo, a linha de pesquisas de Física do Meio Interplanetário (FMI) do INPE, no começo da década de 90 iniciou o projeto de desenvolvimento de um espectrógrafo solar digital decimétrico de banda larga (200-2500) MHz, capaz de operar com alta resolução e alta sensibilidade. Aquele instrumento ficou conhecido como BSS (do inglês, Brazilian Solar Spectroscope) e, até o presente, já foi responsável por 4 dissertações de mestrado, 1 tese de doutorado e mais de 2 dezenas de artigos publicados em periódicos internacionais com revisores. Atualmente, o BSS está passando por um processo de atualização e modernização.

Explosões solares tipo-III decimétricas

Explosões solares são fenômenos que ocorrem na atmosfera solar (alta cromosfera, baixa coroa), em locais conhecidos como regiões ativas, dentro de configurações bipolares ou multipolares de campo magnético chamados de arcos (“loops”) magnéticos – vide Figura 1 para exemplo. Nessas regiões o campo magnético, temperatura e densidade das partículas são elevados, relativamente aos valores no meio ambiente circundante. Esses fenômenos correspondem à liberação de grandes

quantidades de energia ($10^{27} - 10^{32}$ erg), com duração de poucos minutos a até cerca de 2 horas - para os fenômenos mais energéticos, distribuída ao longo de um amplo espectro eletromagnético que pode ir desde as ondas de rádio, passando pelo ótico e ultravioleta, até os raios-X e raios-gama.

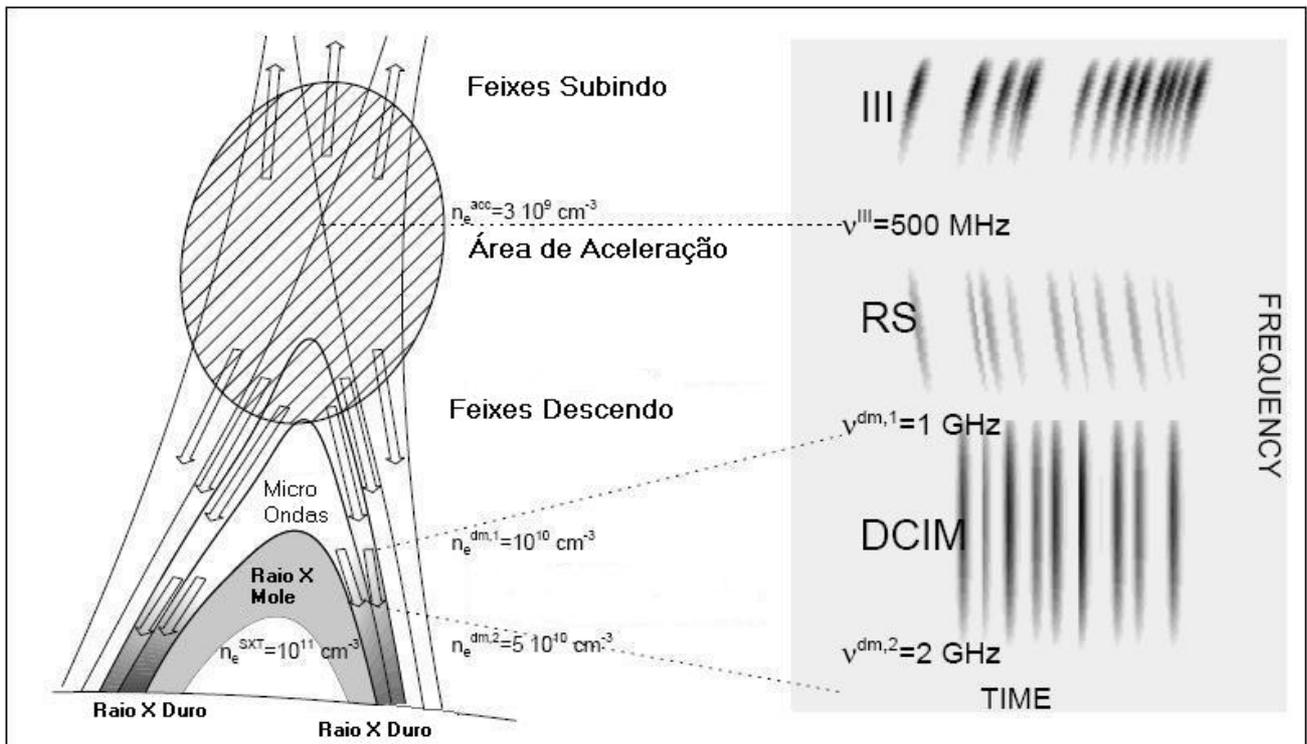


Figura 1 – Diagrama representativo dos arcos magnéticos (regiões ativas) da atmosfera solar onde são geradas as explosões solares e emissão rádio associada dentro da faixa decimétrica (Aschwanden & Benz, 1997).

Uma explosão solar pode apresentar até 3 fases: pré-flare ou precursora, impulsiva e gradual ou extensa. A Figura 2 mostra os perfis típicos de explosões solares em várias bandas do espectro eletromagnético.

A **fase precursora** é caracterizada por um rápido aquecimento de uma parte restrita da atmosfera solar, pois o campo magnético torna-se instável, possivelmente em resposta à interação ou emergência de tubos de fluxo magnético, que sofrem um rearranjo levando ao aquecimento das regiões vizinhas (McLean e Labrum, 1985; Tandberg-Hanssen e Emslie, 1992), com o aumento das emissões em H- α , raios-X moles e ondas de rádio centimétricas, com duração da ordem de alguns minutos antes da fase impulsiva.

A **fase impulsiva**, presente em 90% dos “flares”, é caracterizada pela intensa radiação altamente variável emitida por explosões de alta energia, como raios- γ e raios-X duros, também associada à emissão no EUV e ótico resultantes da resposta térmica da atmosfera aos processos de energização associados a esta fase (Kane et al., 1980a; Tandberg-Hanssen e Emslie, 1992).

A fase impulsiva representa uma súbita liberação da energia magnética armazenada de várias formas: principalmente aceleração de partículas, aquecimento do plasma, ejeção de matéria e enriquecimento do campo de radiação e tem uma duração da ordem de 5-10 minutos, sendo a energia das partículas da ordem de 10-200keV (Tandberg-Hanssen e Emslie, 1992).

A produção de emissões impulsivas em raios-X duros e em rádio frequências (explosões de microondas e tipo-III) indica a presença de elétrons energéticos não térmicos (~ 10 -200 keV) na região dos “flares”. A aceleração de partículas é o aspecto mais característico da fase impulsiva e representa uma grande fração da energia total liberada pelo “flare”.

A **fase gradual** é caracterizada pelo aumento gradual e subsequente decaimento lento da intensidade das emissões em diversos comprimentos de onda, devido a termalização dos elétrons energéticos. As partículas atingem energias da ordem de MeV (Sturrock, 1980; Kosugi et al., 1988) e o “flare” atinge sua maior área e energia liberada, principalmente em raios-X moles devido ao plasma aquecido na fase anterior (Kundu e Vlahos, 1982; McLean e Labrum, 1985).

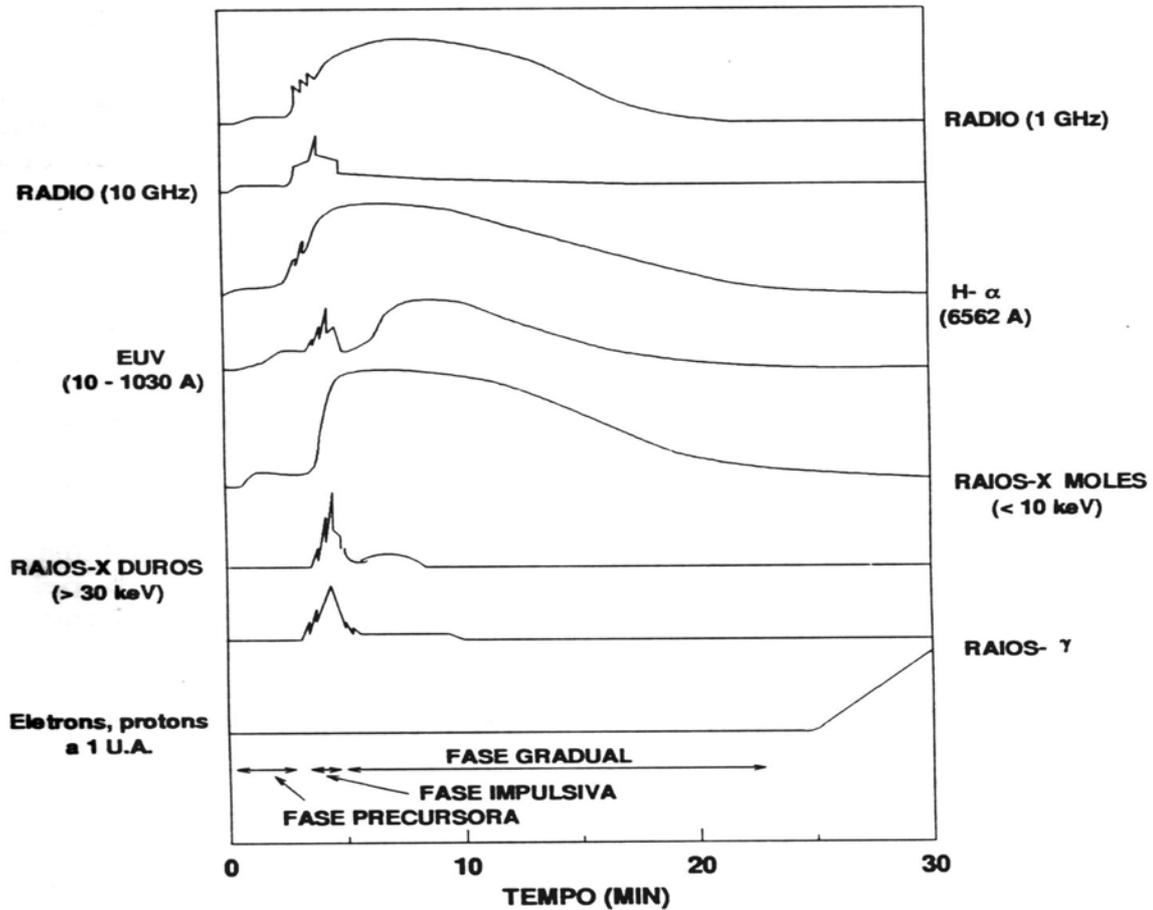


Figura 2 – Perfis temporais típicos em vários comprimentos de onda (rádio a raios-X e gama) e fases de uma explosão solar (Adaptada de Svestka, 1976, P.3).

Os problemas fundamentais a serem investigados na Física Solar são:

- 1- Como toda essa energia é armazenada?
- 2- O que causa sua liberação rápida e em grande quantidade?
- 3- De que forma são energizadas as partículas?
- 4- Qual o mecanismo de transporte de toda essa energia a partir da região onde foi liberada?

Para investigar essas questões básicas são construídos vários instrumentos, por exemplo, na banda de rádio, para operação em solo, e na banda dos raios-X, para operação à bordo de satélites artificiais em órbita da Terra. Deve ser ressaltado que a investigação dos fenômenos solares tem se tornado cada vez mais importante nos últimos anos, principalmente dos fenômenos relacionados com o chamado clima espacial.

Na faixa de ondas de rádio decimétricas (300 – 3000 MHz), onde normalmente são observadas as chamadas explosões tipo-III, possuímos o espectrógrafo brasileiro chamado de “Brazilian Solar Spectroscop” (BSS), que opera no INPE - São José dos Campos para investigação dessas questões básicas.

As explosões tipo-III são geradas por feixes de partículas energéticas viajando, pelo interior dos arcos magnéticos coronais, com velocidades de frações da velocidade da luz, que interagem com o plasma (grosseiramente, gás ionizado) local gerando a conversão de ondas de plasma – na frequência de plasma local e seus primeiros harmônicos – em ondas eletromagnéticas na banda de rádio. Sabe-se que a frequência de plasma depende da densidade das partículas do plasma ambiente e que esta última cai com a altura na atmosfera solar. Essa densidade ambiente no interior dos arcos é tal que corresponde à emissão na faixa de ondas de rádio decimétricas. Além disso, sabe-se que as emissões decimétricas ocorrem próximo do local de aceleração de partículas (Moore et al., 1980). Portanto, a investigação espectroscópica numa determinada banda, dentro da faixa decimétrica, permite investigar a geração de ondas eletromagnéticas ao longo de uma dada faixa de alturas na atmosfera solar. Neste caso, é extremamente importante a investigação das explosões solares, que ocorrem nesta faixa do espectro, para um melhor entendimento das questões fundamentais da Física Solar.

Instrumentação

Brazilian Solar Spectroscope (BSS)

O espectrógrafo, já em sua configuração de banda larga, entrou em operação em maio de 1996, com observações iniciais principalmente para testes do funcionamento do sistema, da aquisição digital dos dados e aquisição do código de tempo.

A partir de 1998, com o início do máximo de atividade do atual ciclo solar, foram iniciadas as observações solares sistemáticas com o instrumento batizado de Brazilian Solar Spectroscope (BSS) (Fernandes, 1997; Sawant et al., 2000; Fernandes et al., 2000; Sawant et al., 2001). O BSS opera em conjunto com uma antena parabólica de 9 m de diâmetro, instalada no campus do INPE, em São José dos Campos (Figura 3). A Figura 4 mostra o diagrama representando todo o sistema de recepção e aquisição de dados do BSS. Já a Tabela 1 apresenta suas principais características.



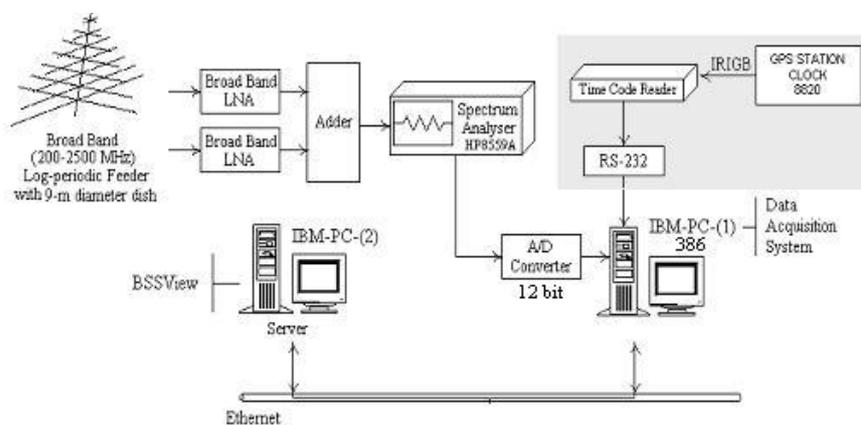
Figura 3 – Visão da antena de 9 metros de diâmetro do BSS.

Os principais aspectos operacionais do BSS são:

- a) Visualização dos dados em tempo quase-real na forma de espectro dinâmico, o que possibilita a mudança dos parâmetros de observação de acordo com a atividade solar;

- b) Flexibilidade na escolha das resoluções temporal e espectral e da banda de frequências de observação, dependendo das fontes observadas;
- c) Precisão de tempo absoluta < 3ms, o que possibilita estudos multi-espectrais a partir de dados de observações simultâneas realizadas por outros observatórios;
- d) Único espectrógrafo digital do hemisfério ocidental Sul com observações solares na faixa de ondas decimétricas cobrindo o intervalo de tempo de 11-19 UT.

Figura 4 – Diagrama de blocos do sistema atual do BSS. O sub-sistema de aquisição do sinal de tempo do GPS via linha telefônica (porção cinza)



está atualmente fora de operação devido a avarias.

Sistema atual de análise e visualização de dados do BSS

Conforme mostrado na Figura 4, os dados provenientes do analisador de espectros – que faz a varredura do sinal na faixa de frequências e com as resoluções selecionadas – são digitalizados no microcomputador IBM-PC1 e armazenados e visualizados num segundo microcomputador IBM-PC2. O Monitoramento contínuo da atividade solar através do BSS é feito diariamente durante cerca de 8 horas (11-19 UT) o que gera um volume de cerca de 120 Mbytes de dados diários. Atualmente, devido a limitações de memória, os dados, após triagem e seleção de arquivos correspondendo a explosões solares, são armazenados em uma workstation. Atualmente, estamos iniciando a criação de um banco de imagens, (espectros dinâmicos) a partir dos dados de explosões solares do BSS, com recursos de busca via Internet.

Tabela 1 – Principais características do BSS

Antena /Montagem	9 metros / polar
Alimentador	log-periódico cruzado
Faixa de frequências	1000-2500 MHz
Resolução temporal	10 , 20 , 50 , 100 , 500 ou 1000 ms
Resolução espectral	3 MHz
Precisão tempo absoluta	3 ms
Sensibilidade	~2-3 sfu
Número de canais	25 ou 50 ou 100
Visualização	Tempo quase-real
Campo de visada	todo o disco solar
Intervalo de observação	11:00-19:00 UT

O sistema de aquisição de dados atual do BSS é responsável por digitalizar o sinal proveniente do analisador espectral, através de uma placa digitalizadora ADDA de 12 bits conectada ao microcomputador IBM-PC-01 (386). O sinal correspondente às potências do espectro varrido é amostrado em até 100 canais de frequências, com resolução temporal variando de 10 a 1000 ms. Os dados digitalizados são armazenados localmente em memória RAM, em períodos de 1, 5, 10, 15, ou 20 minutos, previamente escolhidos, e são enviados para o microcomputador IBM-PC-02 (Athlon) para tratamento e visualização em tempo quase-real, podendo ser posteriormente recuperados para visualização e análise preliminares. Este sistema foi desenvolvido em linguagem PASCAL pela disponibilidade de rotinas anteriormente desenvolvidas para controle da placa digitalizadora ADDA-12 (12 bits). Os softwares BSSView (Faria, 1999) e BSSData (Martinon, 2000), para visualização e análise preliminar de dados espectrais, foram desenvolvidos por membros do grupo de Física do Meio Interplanetário (FMI) e estão em uso atualmente. No entanto, este sistema necessita de modernização para recuperar a eficiência e desempenho bem como garantir operação ininterrupta.

Cabe ressaltar que o BSS é o único espectrógrafo do continente americano dedicado exclusivamente ao monitoramento da atividade solar na faixa de ondas decimétricas e está em operação há mais de 10 anos (em diferentes configurações). Portanto, este instrumento está necessitando de modernização principalmente do sistema de aquisição digital, que não sofreu nenhuma atualização desde que entrou em operação nesta configuração, há quase 10 anos, sendo que, devido ao desgaste natural, atualmente vem apresentando problemas para funcionamento contínuo durante as 8 horas de observações diárias. A modernização inclui a troca da placa de digitalização e adaptação do software de aquisição de dados e instalação do código de aquisição do tempo e GPS através da antena receptora já adquirida. Isto porque o sistema tem apresentado falhas freqüentes de operação, devido ao envelhecimento natural dos equipamentos do sistema e à obsolescência do sistema operacional (Windows 3.11) que serve de plataforma para o funcionamento do programa de aquisição de dados.

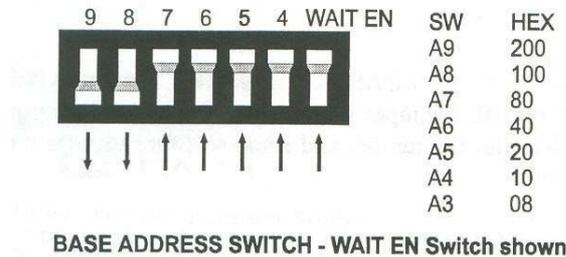
Foram iniciadas as atividades deste projeto, também com o início da participação de um bolsista de Iniciação Científica e de um técnico da Divisão de Astrofísica (DAS-INPE) no projeto.

Até o presente, foi realizado um levantamento das necessidades do projeto e um conhecimento de todo o sistema de aquisição de dados por parte do bolsista e do técnico. Além disso, já foram estudadas as alternativas mais adequadas e definidas as características do novo sistema de aquisição de dados. Também foram identificadas as necessidades em termos de hardware, que deverá ser substituído bem como do novo software de aquisição que já está sendo desenvolvido. Foi tentado um sistema operando com o software gerenciador HP-VEE controlando a placa ISA digitalizadora CIO-DAS 1602/16 de 16 bits. Entretanto, os microcomputadores existentes no mercado comum atualmente não mais possuem slots de padrão ISA apenas de padrão PCI. Portanto, haveria necessidade de adquirir um microcomputador industrial para o aproveitamento daquela placa já existente. Entretanto, uma tomada de preços mostrou que o microcomputador industrial possui um custo inviável para o orçamento aprovado para o projeto (o mais barato encontrado custa cerca de R\$ 10 mil). A alternativa encontrada foi a substituição da placa digitalizadora por um dispositivo USB que digitaliza os dados com 14 bits a uma taxa de 48 kbits/segundo, o que atende bem as necessidades do projeto. Este dispositivo está sendo importado.

Atividades desenvolvidas e resultados obtidos até o presente

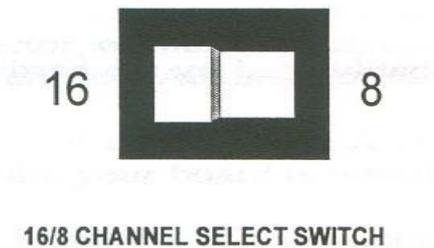
Inicialmente, o bolsista e o técnico fizeram testes com a placa de aquisição de dados já existente, CIO – DAS 1602/16, na qual foi instalado o software InstaCal que veio em um CD-ROM com a placa contendo o driver de instalação e um programa de teste para conhecer e verificar o funcionamento da placa.

As configurações da placas, tais como a seleção de canais, endereço de base, bipolar ou unipolar, etc; foram ajustadas no modo padrão da placa atual, ou seja, de acordo com as indicações do manual da placa como mostram as figuras 5 a 7 abaixo.



BASE ADDRESS SWITCH - WAIT EN Switch shown
 Figura 5 – Configuração do endereço da placa.

O endereço de base é uma numeração da placa que indica sua localização no computador - vide Figura 5. Esse processo de identificar a placa é utilizado para que não haja duas placas com o mesmo endereço. Isso causaria um problema e a placa não funcionaria. A menos que exista uma placa no sistema com o endereço 300 (Hexadecimal), essa configuração pode ficar desta maneira.



16/8 CHANNEL SELECT SWITCH
 Figura 6 – Configuração dos canais da placa

Os canais podem ser configurados em 16 ou 8 entradas analógicas, como mostra a Figura 6. Neste exemplo, está sendo utilizado a opção de 16 entradas analógicas.

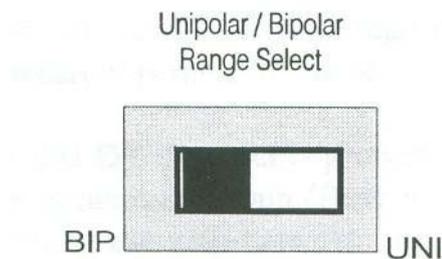


Figura 7 – Configuração de unipolar e bipolar

Como mostra a Figura 7, esta configuração permite escolher se a voltagem utilizada terá somente um pólo (unipolar – 0 à 5 Volts) ou dois pólos (bipolar - +/- 5 Volts). Neste exemplo, a opção “bipolar” está selecionada.

O procedimento para a instalação da placa é feito da seguinte maneira:

- Primeiro, o software de instalação da placa deve ser instalado no computador que será utilizado;
- Depois se insere a placa de aquisição de dados no microcomputador;
- E por último, adiciona-se a placa no software InstaCal, através do menu Install, Add Board.

Obs.: As configurações ajustadas na placa também deverão ser ajustadas neste programa, através do menu Install, Configure (vide Figura 8).

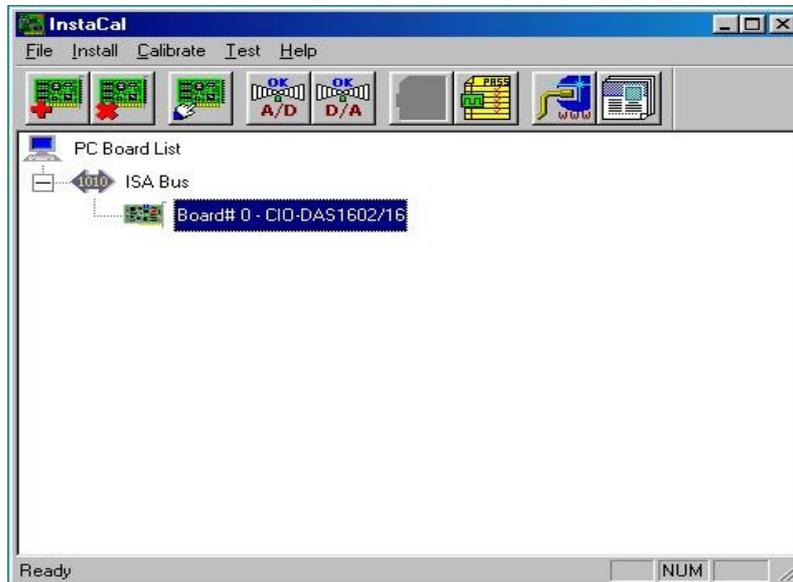


Figura 8 – Tela principal do InstaCal

Através da Figura 8 podemos observar a tela inicial do programa. É nesta tela que deve ser adicionada a placa e ajustadas as suas configurações.

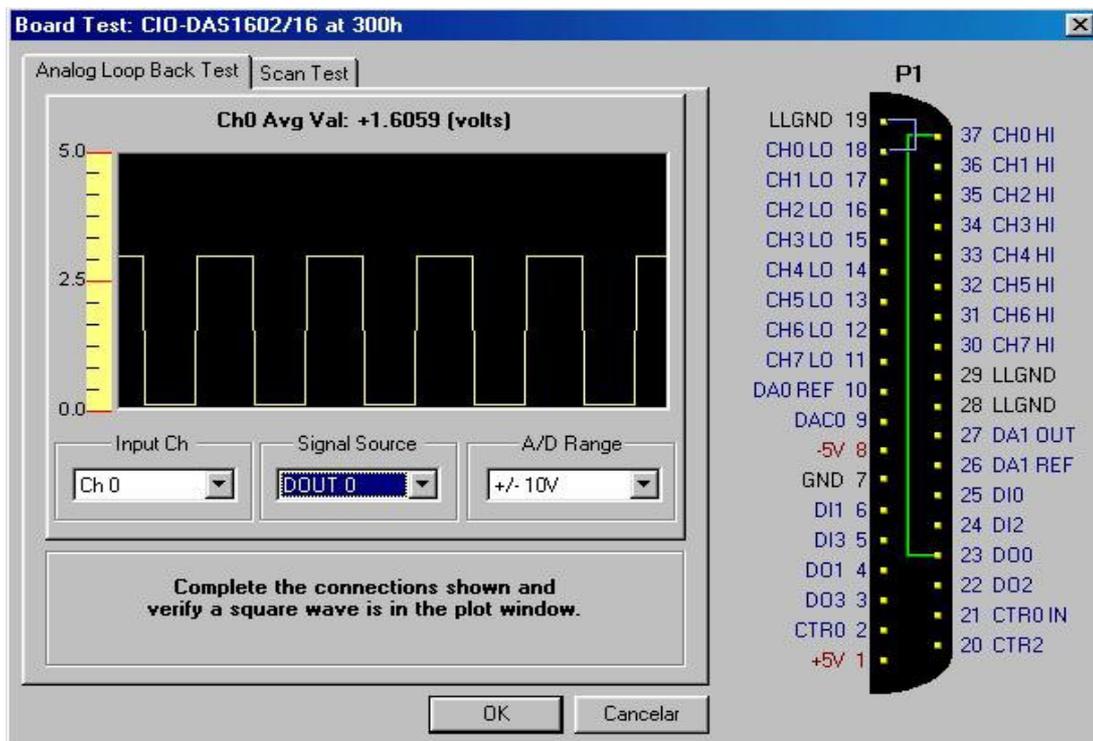


Figura 9 – Tela de testes da placa

Como mostrado na Figura 9, onde é exibida a tela de testes da placa, fios foram ligados em alguns pinos do conector onde o sinal é mostrado na tela. Neste exemplo, o pino 23 envia um sinal digital para o pino 37 e o sinal do pulso é mostrado na tela do programa. Através deste teste, podemos

observar que a placa estava funcionando. Na Figura 10 abaixo, segue a especificação da pinagem da placa.

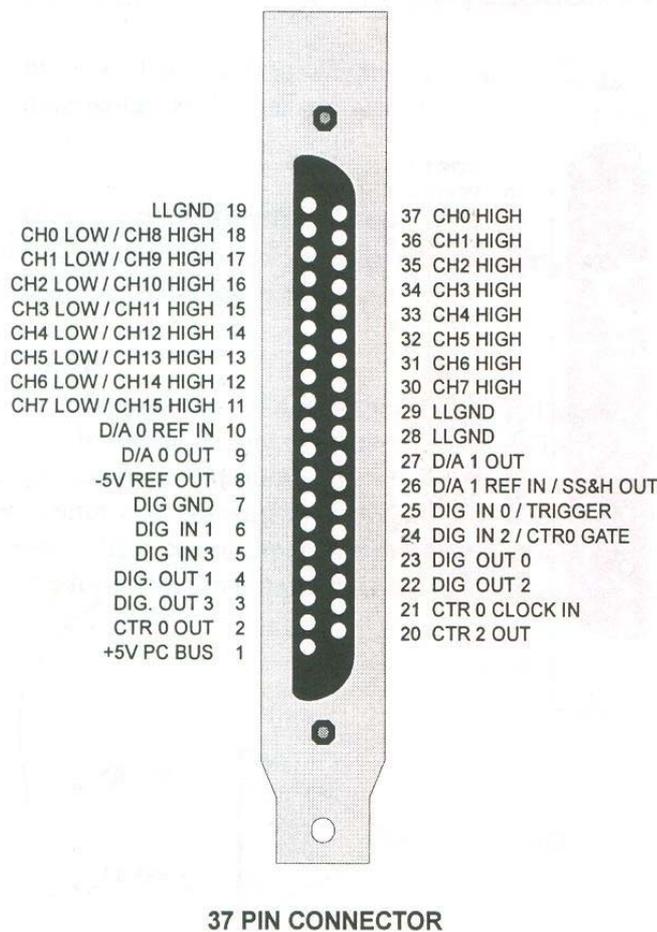


Fig. 10 – Pinagem da placa

Para começar a utilizar a placa e fazer testes com alguma linguagem de programação, o driver da placa de aquisição de dados teve que ser instalado juntamente com a biblioteca universal (universal Library) para que o software pudesse se comunicar com a placa.

Com a necessidade de controlar a placa via software, foi recomendado utilizar a linguagem HP VEE (Hewlett – Packard’s Visual Engineering Environment) que possui boa compatibilidade com a biblioteca da placa. Por se tratar de uma linguagem de alto nível, a programação é feita em diagramas de bloco, ao contrário de uma linguagem de baixo nível como o PASCAL por exemplo, onde o programador deve digitar cada linha de comando.

Utilizando esta linguagem, foram desenvolvidos alguns programas de teste para a placa.

Testes com o atual sistema de aquisição de dados para definição do novo sistema

A finalidade deste primeiro teste (Figura 11), foi de adquirir (ler) uma varredura do analisador de espectros. Para que isto aconteça o programa carrega a biblioteca (universal library) para que o software possa utilizar as funções da placa e em seguida faz uma varredura coletando os dados e mostrando na tela gráfica.

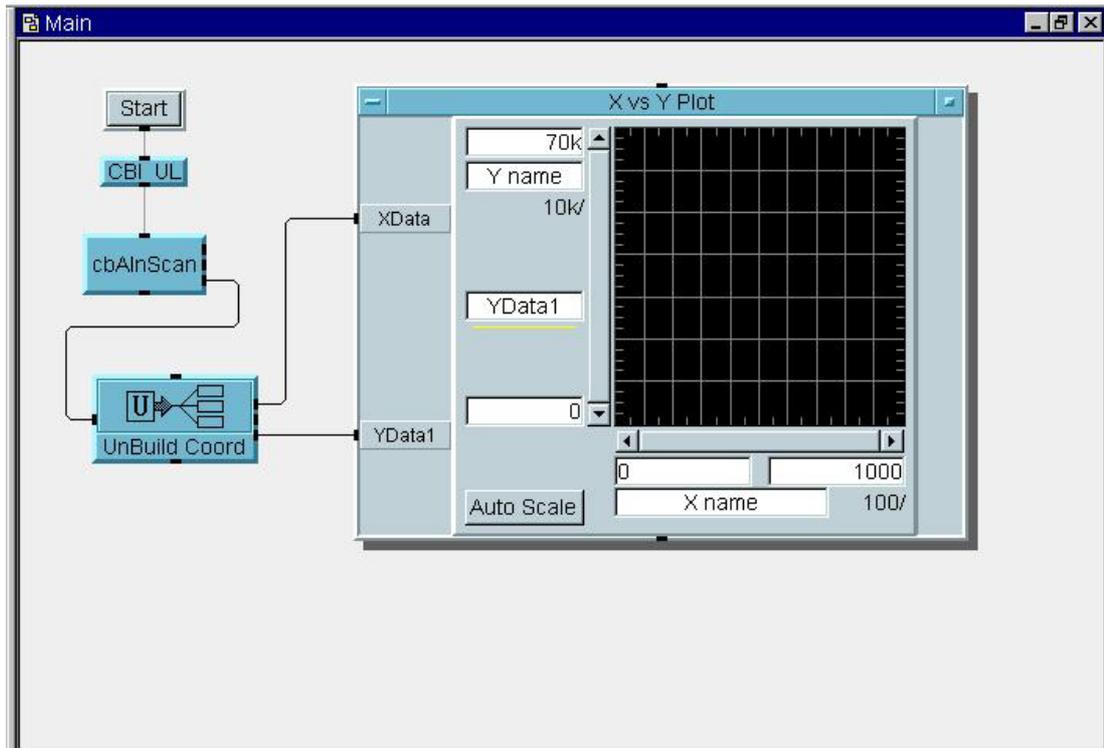


Figura 11 – Tela de programação do HP VEE

Já neste outro teste (Figura 12), a idéia é praticamente a mesma. Porém, o que desejamos fazer é adquirir várias varreduras seqüenciadas uma depois da outra. O processo inicial é o mesmo, a única diferença é que foi colocado um “for count” (uma estrutura de repetição) para fazer mais de uma varredura por vez e mostrá-las na tela gráfica semelhante a um osciloscópio.

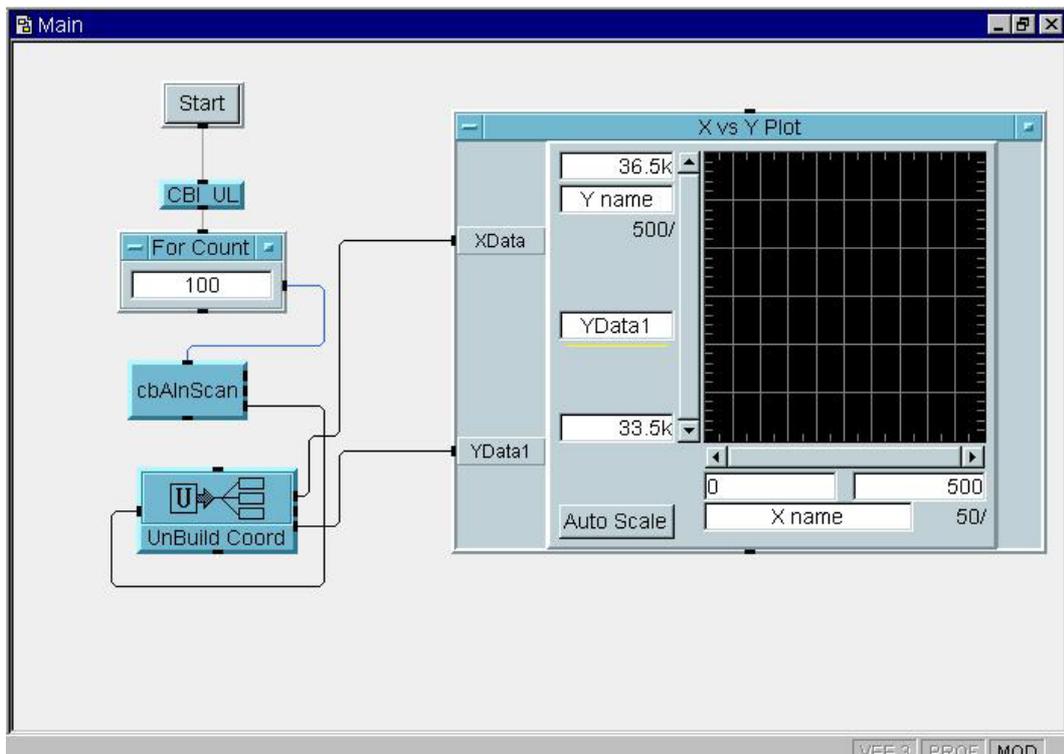


Figura 12 – Tela de programação do HP VEE

Depois destes testes e suas variantes, descobrimos alguns problemas, como por exemplo, quando acionamos o programa para fazer varreduras de dados, percebemos alguns atrasos quando este está funcionando, ou seja, o tempo necessário para adquirir os dados está um pouco lento em relação ao que deveria ser.

Há também um outro problema relacionado ao trigger da placa; quando esta faz várias varreduras, uma ou outra varredura perdem o sincronismo do “trigger”

Além disso, a idéia inicial era aproveitar esta placa, pois já se encontrava disponível e pronta para ser utilizada, além do que reduziria os gastos, pois uma placa como esta tem um custo relativamente elevado. Porém, por se tratar de uma placa com “slot” ISA, a utilização se torna impossível uma vez que os computadores atuais não possuem mais esse “slot”.

Uma alternativa seria adquirir um computador industrial, já que este possui o “slot” ISA necessário para a placa. Porém, o custo de um computador industrial é muito maior. Então, foi definida a aquisição de uma nova placa ou dispositivo para aquisição/digitalização dos dados com os requisitos necessários para o sistema, já que o custo é quase 10 vezes menor do que aquele de uma máquina industrial.

Tratamento de dados do BSS

Durante um período da bolsa, foram realizados trabalhos com o tratamento e visualização de dados do BSS utilizando o programa BSSView, desenvolvido em IDL. A partir desses trabalhos foram construídos os espectros dinâmicos de explosões solares na banda decimétrica. A Figura 13 (a, b) mostra dois exemplos de espectros dinâmicos que foram obtidos.

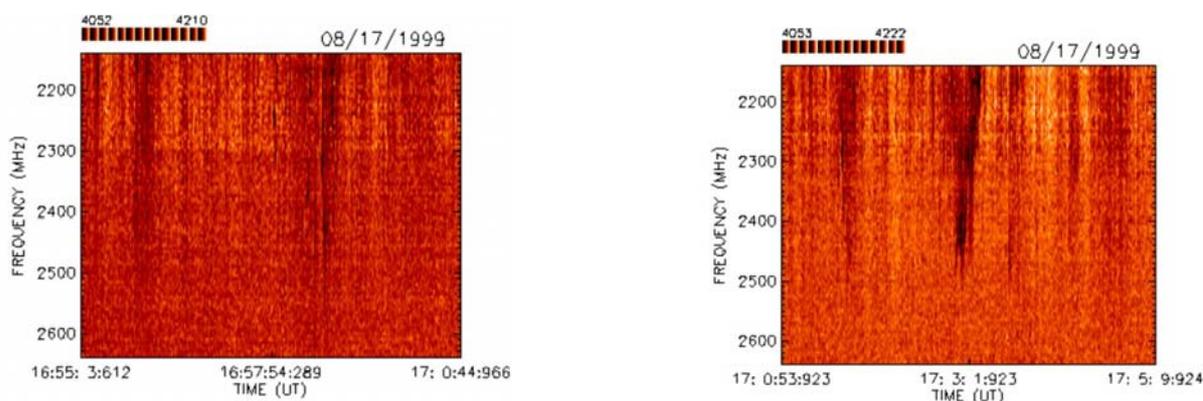


Figura 13 – (a) Espectro dinâmico gerado com o software BSSView para o evento solar observado no dia 17 de Agosto de 1999, às ~ 16:58 UT. (b) Espectro dinâmico para o evento observado no dia 17 de Agosto de 1999, às ~ 17:03 UT.

Conclusão

Após esses vários testes e pesquisas feitas em manuais e guias de usuário, deduzimos que o problema está relacionado com a placa e o software, ou seja, parece que a placa não é totalmente compatível com a biblioteca de funções que estamos utilizando, uma vez que essa biblioteca é válida para vários tipos diferentes de placa.

Por se tratar de uma placa ISA, um modelo não muito utilizado atualmente, além de que os computadores atuais disponíveis no mercado não possuem mais esse slot, será necessário adquirir uma nova placa modelo PCI ou USB. Além disso, isto justifica plenamente a compra de 2 novas máquinas

disponíveis no mercado com slots PCI e USB, em substituição à máquina industrial, que possui slots ISA, mas com um custo de pelo menos 4 a 5 vezes maior.

Também, foi definido que uma nova placa de digitalização e aquisição de dados deve ser adquirida para realizar, junto com a nova máquina, a aquisição e digitalização dos dados do BSS. Conseqüentemente, um novo software de controle da placa deverá ser adquirido ou desenvolvido para realizar esta tarefa de acordo com o sistema que foi planejado, que provavelmente será uma placa externa conectada ao microcomputador via conexão USB (NI USB-6009). Deve ser ressaltado que este novo hardware dedicado para realizar a digitalização dos dados apresentou um custo muito elevado no Brasil, comparado ao preço levantado no exterior. Neste caso, este item está sendo adquirido via importação direta.

Em breve, espera-se instalar o hardware do novo sistema de aquisição/digitalização de dados do BSS e implementar o novo software para a realização desta tarefa. Desta maneira, estaremos recuperando a operacionalidade e competitividade do espectroscópio e também modernizando sua infra-estrutura.

Referências

Aschwanden, M.J.; Benz, A.O. Electron Densities in Solar Flare Loops, Chromospheric Evaporation Upflows, and Acceleration Sites *Astrophysical Journal* v.480:825-837, 1997.

Bastian, T.S.; Benz, A.O.; Gary, D.E. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 36, 131, 1998a.

Bastian, T.S.; ; Gary, D.E., White, S. Report to the Astronomy and Astrophysics Survey Committee (<http://solar.njit.edu/fasrt/Panel99r.html>), 1998b.

Faria, C., Dissertação de Mestrado, INPE, 1999 - INPE-8036-TDI/752.

Fernandes, F.C.R., Tese de Doutorado, INPE, 1997 - INPE-6396-TDI/612.

Fernandes, F.C.R. et al., *Boletim da SAB*, 20(2): 33-46, 2000.

Kane, S.R. et al., Impulsive Phase of Solar Flares In: Sturrock, P.A., ed. **Solar Flares: A monograph from Skylab solar Workshop II. Report of NASA Skylab Workshop on Solar Flares.** Boulder, Colorado University Press, 1980a. Cap.5 p.187-229.

Kosugi, T.; Dennis, B.R.; Kai, K. Energetic electrons in impulsive and extended solar flares as deduced from flux correlations between hard X-rays and microwaves. *Astrophysical Journal*, 324(2): 1118-1131, Jan. 1988.

Kundu, M.R.; Vlahos, L. Solar microwave bursts – A review. *Space Sciences Review*, 32(4): 405-462, 1982

Martinon, A.R.F., Dissertação de Mestrado, INPE, 2003. Em processo de publicação.

McLean, D.J.; Labrum, N.R., ed. **Solar radiophysics: studies of emission from the sun at metre wavelengths.** Cambridge, Cambridge University Press, 1985. 376p.

Moore, R. et al. **The Thermal X-Ray Flare Plasma**. In: Sturrock, P.A., ed. **Solar flares: A monograph from Skylab Solar Workshop II. Report of NASA Skylab Workshop on Solar Flares**. Boulder, Colorado University Press, 1980. Cap. 8, p.341-409

Ohyama, M.; Shibata, K. Proceedings of Nobeyama Symposium, NRO Report 479., 367-370, 1999.

Pick.; Klein, K.L.; Trotter, G. Meter-decimeter and microwave radio observations of solar flares. **The Astrophysical Journal-Supplement Series**, 73(1): 165-175, June.1990

Sawant, H.S.; Subramanian, K.R.; Faria, C.; Fernandes, F.C.R.; Sobral, J.H.A.; Cecatto, J.R. ; Rosa, R.R.; Vats, H.O.; Neri, J.A.C.F. ; Alonso, E.M.B.; Mesquita, F.P.V. ; Portezani, V.A. and Martinon, A.R.F. **Solar Physics**, 200: 167 – 176, 2001.

Sturrock, P.A., ed. **Solar Flares: A monograph from Skylab solar Workshop II. Report of NASA Skylab Workshop on Solar Flares**. Boulder, Colorado University Press, 1980.

Svestka, K. **Solar Flares**. Dordrecht, D. Reidel, 1976. 400p.

Tandberg-Hanssen, E.; Emslie, A.G. **The physics of solar flares**, Cambridge, Cambridge University Press, 1992. 248p.