

SELEÇÃO, ANÁLISE PRELIMINAR SISTEMÁTICA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES DECIMÉTRICAS

Carlos Magno de Souza Candinho

Aluno da UNIVAP – PIBIC/CNPq

Orientadores: Dr. Hanumant S. Sawant - Pesquisador Titular - DAS

Dr. Francisco C. R. Fernandes - Pós-Doutorando / PCI-DTI (CNPq) – DAS

Em abril de 1998, entrou em operação regular, no INPE, em São José dos Campos, SP, um rádio espectrógrafo dedicado às observações solares, batizado recentemente de “Brazilian Solar Spectroscop – BSS”, desenvolvido pela linha de pesquisa de Física do Meio Interplanetário (FMI). O BSS opera, em conjunto com uma antena parabólica de 9 m de diâmetro, em banda larga de frequência (200-2500 MHz), com alta sensibilidade (~2 sfu), altas resoluções espectral (3 MHz) e temporal (10-1000 ms) e precisão de tempo absoluta de 3 mseg. Os dados são digitalizados entre 25 e 100 canais de frequência e um programa (BSSView), em linguagem IDL, permite a visualização em tempo real dos espectro dinâmico (frequência x intensidade x tempo) e a análise das observações registradas.

O objetivo das observações solares realizadas é investigar fenômenos associados com a liberação da energia dos “flares” solares, através da análise das explosões solares decimétricas, particularmente, explosões tipo III e suas variantes, spikes e patches, observados principalmente acima de 1000 MHz, com altas resoluções temporal e espectral e também através de investigações multi-espectrais de “flares” solares observados simultaneamente em diferentes comprimentos de onda (raios-X, ondas de rádio, etc.).

O Sol atualmente está na fase de subida do seu ciclo (ciclo 23) de atividade, cujo máximo está previsto para (2000-2001). Durante esta fase a taxa de ocorrência de explosões solares é grande, de modo que, desde 1998, a linha de pesquisa de FMI tem intensificando esforços para promover observações solares sistemáticas com o BSS, principalmente através da participação em campanhas internacionais de observação.

Por esta razão, foi desenvolvido este projeto de Iniciação Científica, com o objetivo da implementação de uma metodologia de seleção e análise preliminar sistemática de dados e das explosões solares decimétricas observadas pelo BSS, e também para um acompanhamento da interpretação destas análises na investigação dos processos físicos envolvidos.

Inicialmente foi realizada uma revisão das características físicas do sol e um aprendizado dos conceitos básicos relacionados com os processos de emissões solares em ondas de rádio. Tomou-se conhecimento também do funcionamento global do BSS e dos processos de aquisição e armazenamento (digital e analógico) dos dados.

Em seguida, foi feita a identificação e seleção das explosões solares decimétricas registradas pelo BSS seguindo os seguintes passos:

- a) inspeção dos registros observacionais dia-a-dia, na procura de aumento da emissão durante a observação. Primeiro no registro em papel, depois identificação em filme e nos arquivos digitais, utilizando o programa BSSView;
- b) identificação de estruturas (possíveis eventos) nos dados registrados;
- c) levantamento da atividade solar registrada por diversos observatórios, entre eles, o satélite *Yohkoh*, e os espectrógrafos *Phoenix2* e *Ondrejov*. A listagem diária da atividade associada é obtida através da internet: gopher://solar.sec.noaa.gov. Nestas listagens é possível extrair informações como tipo de atividade, frequência de observação, horário de ocorrência, região ativa associada, entre outros;
- d) comparação da atividade associada com os registros do BSS;
- e) seleção dos eventos registrados associados ou não com observações de outros observatórios;
- f) catalogação preliminar das explosões observadas.

Através deste procedimento, a partir dos registros de dados do BSS, foram identificadas cerca de 130 de explosões solares observadas entre abril e dezembro de 1998. Um exemplo é

**SELEÇÃO, ANÁLISE PRELIMINAR SISTEMÁTICA
E INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE EXPLOSÕES
SOLARES DECIMÉTRICAS**

BOLSISTA:

Carlos M G Candinho

CARLOS MAGNO DE SOUZA CANDINHO

ORIENTADORES:

Sawant
29/06/99

DR. HANUMANT S. SAWANT

Fernandes

DR. FRANCISCO C. R. FERNANDES

**São José dos Campos
29/06/1999**

RESUMO

Neste relatório é apresentada uma descrição das atividades realizadas durante o projeto de Iniciação Científica, no período de setembro de 1998 até junho de 1999, cujo principal objetivo foi a implementação de uma metodologia de seleção e análise preliminar sistemática de dados e das explosões solares observadas pelo "Brazilian Solar Spectroscope – BSS", (1200 - 1700 MHz), em operação regular no INPE, desde abril de 1998, e também para um acompanhamento da interpretação destas análises na investigação dos processos físicos envolvidos. Inicialmente foi realizada uma revisão das características físicas do sol e um aprendizado dos conceitos básicos relacionados com os processos de emissões solares em ondas de rádio. Tomou-se conhecimento também do funcionamento global do BSS e dos processos de aquisição e armazenamento (digital e analógico) dos dados. Em seguida, foi feita a identificação e seleção das explosões solares decimétricas registradas. A partir dos registros de dados do BSS, foram identificadas cerca de 130 rádio emissões solares observadas entre abril de 1998 e dezembro de 1998. Através dos registros do livro de observação, foi feito também um levantamento do total de dias e horas de observação. No mesmo período, foram realizadas mais de 1000 horas de observações (diariamente aproximadamente das 9:00 às 15:00 horas, i.e., 12:00 às 18:00 UT). O resumo das observações realizadas e das explosões identificadas, incluindo exemplos das emissões, são apresentados.

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO

RESUMO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Leituras

Discussões

Trabalhos em Reuniões Científicas

1 - O SOL E ATIVIDADE SOLAR

2 - ESPECTRÓGRAFO DIGITAL DECIMÉTRICO

2.1 - Descrição geral do instrumento

2.2 - Descrição geral do funcionamento

2.3 - Aquisição de dados

2.4 - Programa de visualização e tratamento dos dados

3 - OBSERVAÇÕES SOLARES

4 - SELEÇÃO DAS EXPLOSÕES SOLARES OBSERVADAS

5 – CONCLUSÕES

ANEXO1: LISTAGEM DAS EXPLOSÕES IDENTIFICADAS – 1998

ANEXO 2: RESUMOS DOS TRABALHOS A SEREM APRESENTADOS EM REUNIÕES CIENTÍFICAS

INTRODUÇÃO

Em abril de 1998, entrou em operação regular, no INPE, em São José dos Campos, SP, um rádio espectrógrafo, batizado recentemente de "Brazilian Solar Spectroscop – BSS", desenvolvido pela linha de pesquisa de Física do Meio Interplanetário (FMI). O BSS é dedicado às observações solares, em banda larga de frequência (200-2500 MHz), com altas resoluções espectral e temporal.

O objetivo das observações solares realizadas é investigar fenômenos associados com a liberação da energia dos "flares" solares, através da análise das explosões solares decimétricas, observadas principalmente acima de 1000 MHz, com altas resoluções temporal e espectral, pois as explosões decimétricas têm origem próximo às regiões de aceleração de partículas durante os flares.

O Sol atualmente está na fase de subida do seu ciclo (ciclo 23) de atividade, cujo máximo está previsto para (2000-2001) (Figura 1). Durante esta fase, a taxa de ocorrência de explosões solares é grande, de modo que, desde 1998, a linha de pesquisa de FMI tem intensificando esforços para promover observações solares sistemáticas com o BSS, principalmente através da participação em campanhas internacionais de observação.

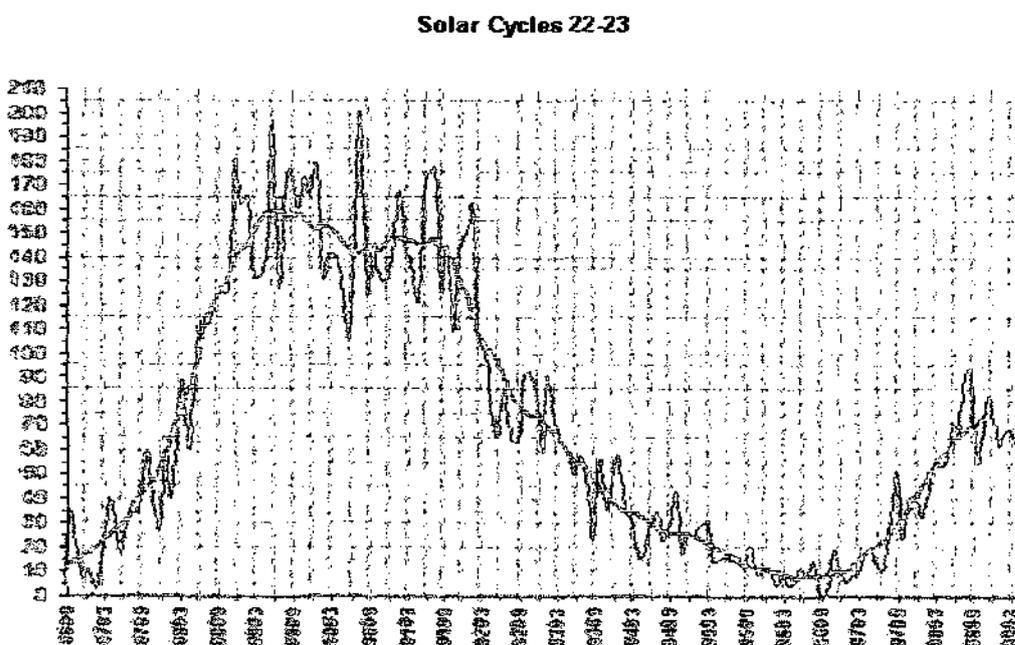


Fig. 1 – Evolução dos ciclos 22 e 23 de atividade solar. O ciclo 23 iniciou em maio de 1996 e seu máximo está previsto para ocorrer em 2000-2001.

Desta forma, foi desenvolvido este projeto de Iniciação Científica, com o objetivo da implementação de uma metodologia de seleção e análise preliminar sistemática de dados e das explosões solares decimétricas observadas pelo BSS, visto que o volume de dados adquiridos é bastante grande em cerca de 8 horas diárias de observação.

Neste sentido, inicialmente foi realizada uma revisão dos principais aspectos da física solar e dos principais tipos de explosões observadas na faixa de frequência decimétrica, apresentada no Capítulo 1. Foi realizada também uma revisão da constituição e do funcionamento do BSS, feita através de leituras, discussões com os orientadores e acompanhamento das observações, apresentada no Capítulo 2. Após familiarização com o sistema em faixa de frequências 1200 - 1700 MHz, foi realizado um levantamento das observações realizadas regularmente desde abril de 1998 (Capítulo 3) e finalmente a identificação e seleção preliminar das explosões registradas pelo BSS, juntamente com um levantamento da atividade associada em outros comprimentos de onda (Capítulo 4) e um acompanhamento da classificação preliminar destas explosões.

RESUMO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Abaixo são relacionadas as principais atividades realizadas durante a vigência do projeto.

- a) Revisão das características físicas do sol e aprendizado dos conceitos básicos relacionados com os processos de emissões solares decimétricas registradas pelo BSS.
- b) Conhecimento dos elementos que constituem a instrumentação do BSS.
- c) Conhecimento do funcionamento global do BSS.
- d) Aprendizado dos processos de aquisição e armazenamento (digital e analógico) dos dados obtidos pelo BSS.
- e) Identificação e seleção das explosões solares decimétricas registradas pelo BSS, utilizando dados de registros analógicos.
- f) Levantamento da atividade associada registrada por outros observatórios.
- g) Elaboração periódica de uma listagem das explosões solares ocorridas contendo informações preliminares e a identificação do arquivo digital contendo os dados e a atividade associada.
- h) Obtenção de gráficos e imagens dos registros digitais das explosões selecionadas.
- i) Aprendizado da utilização do programa de visualização e tratamento de dados do BSS.

Leituras

- a) Tese de doutorado, INPE, Francisco C. R. Fernandes, 1997
"Espectrógrafo Digital Decimétrico de Banda Larga e investigações de flares solares em ondas decimétricas e raios - X"
Capítulo 1 - "Introdução"
Capítulo 2 - "Espectrógrafo Decimétrico"
Capítulo 3 - "Explosões solares decimétricas"
- b) Monografia preparatória para a campanha de observação do eclipse solar total (03/11/94), José R. Cecatto, 1994
"Radioastronomia Solar"
- c) Relatório Final de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq - INPE, Paulo E. A. Targa, 1998
"Desenvolvimento de software e hardware para aquisição e tratamento de dados de polarizações de explosões solares decimétricas"
- d) Dissertação de Mestrado, INPE, Francisco C. R. Fernandes, 1992
"Espectrógrafo Decimétrico de alta sensibilidade e resolução: análise preliminar de explosões solares"
Capítulo 3 - "Observações"
Capítulo 4 - "Análise preliminar das explosões solares"
- e) Página na Internet: <http://www.if.ufrgs.br>
"O Sol"
- f) Proposta de dissertação de mestrado, INPE, Claudio Faria, 1998
"Software para visualização e tratamento de dados espectrais"
- g) Relatório parcial de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq - INPE, Carlos M. S. Candinho, 1999
"Seleção, análise preliminar sistemática e interpretação de dados de explosões solares decimétricas"

Discussões

Foram realizados encontros periódicos com os orientadores, através dos quais foram discutidos assuntos relacionados com as atividades em andamento, bem como sobre conceitos básicos ligados ao projeto e às pesquisas realizadas e abordados nos materiais bibliográficos utilizados nas leituras.

Os principais temas discutidos foram:

- estrutura solar, suas características e sua atividade
- estatísticas do Sol
- filmes do Sol e eclipses
- funcionamento global do BSS e familiarização com os procedimentos de aquisição dos dados e dos registros das observações
- identificação e seleção das explosões solares decimétricas registradas pelo BSS
- processos físicos envolvidos nas explosões solares
- utilização do programa de visualização e tratamento (BSSView)

Trabalhos em Reuniões Científicas

Dois trabalhos, abaixo listados, a respeito do BSS, incluindo resultados obtidos através das atividades de identificação e seleção de explosões solares observadas, foram aceitos para apresentação em reuniões científicas. Os resumos destes trabalhos estão no Anexo 2

1) ESPECTÓGRAFO DIGITAL DECIMÉTRICO SOLAR: RESULTADOS RECENTES

Francisco C. R. Fernandes, Cláudio Faria, José R. Cecatto, Eduardo M. B. Alonso, Vitor A. Portezani, **Carlos M. S. Candinho**, Hanumant S. Sawant
51a. Reunião Anual da SBPC, 11-16 de julho de 1999, Porto Alegre - RS

2) CATÁLOGO DE EXPLOSÕES SOLARES DECIMÉTRICAS OBSERVADAS NO INPE

Francisco C. R. Fernandes, **Carlos M. S. Candinho**, Vitor A. Portezani, Hanumant S. Sawant
XXV Reunião Anual da SAB, 01-05 de agosto de 1999, Caxambú - MG

CAPÍTULO 1

O SOL E ATIVIDADE O SOL

O Sol é o objeto mais proeminente em nosso sistema solar. É o maior objeto e contém aproximadamente 98% da massa total do sistema solar. A área de cento e nove Terras seria necessária para cobrir o disco do Sol, e em seu interior caberiam 1,3 milhões de planetas iguais ao nosso.

O Sol aparentemente está "vivo" há 4,6 bilhões de anos e tem combustível suficiente para continuar por aproximadamente mais cerca de cinco bilhões de anos. No fim de sua vida, o Sol começará a fundir o hélio em elementos mais pesados e se expandirá, finalmente crescendo tanto que engolirá a Terra. Após um bilhão de anos como uma gigante vermelha, ele rapidamente colapsará em uma anã branca, aproximadamente como o produto final de uma estrela como a nossa. Pode levar um trilhão de anos para se esfriar completamente.

A energia solar é gerada no núcleo do Sol. Lá, a temperatura (15.000.000°C) e a pressão (340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar) são tão intensas que ocorrem reações nucleares. Estas reações transformam quatro prótons ou núcleos de átomos de hidrogênio em uma partícula alfa, que é o núcleo de um átomo de hélio. A partícula alfa é aproximadamente 0,7% menos massiva do que quatro prótons. A diferença em massa é expelida como energia e carregada até a superfície do Sol, através de um processo conhecido como convecção, e é liberada em forma de luz e calor. A energia gerada no interior do Sol leva um milhão de anos para chegar à superfície. A cada segundo 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidos em cinzas de hélio. Durante este processo 5 milhões de toneladas de energia pura são liberadas; portanto, com o passar do tempo, o Sol está se tornando mais leve.

A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, e tem uma temperatura de cerca de 6.000°C. Esta camada tem uma aparência turbulenta (ou granular) devido ao processo convectivo.

Manchas solares são regiões mais escuras presentes na fotosfera, e estão associadas com os pés de arcos magnéticos que emergem da superfície. A aparência mais escura se deve ao fato de sua temperatura típica ser de 4.000°C e portanto, mais baixa que a vizinhança

A cromosfera está acima da fotosfera. A energia solar passa através desta região em seu caminho desde o centro do Sol. Fáculas e explosões (flares) se levantam da cromosfera. Fáculas são nuvens brilhantes de hidrogênio que aparecem em regiões onde manchas solares logo se formarão. Flares solares são fenômenos explosivos que liberam grandes quantidades de

energia e emissões em diversos comprimentos de onda e são associados aos filamentos brilhantes de gás quente emergindo das regiões das manchas.

A coroa é a parte mais externa da atmosfera do Sol. É nesta região que as proeminências aparecem. Proeminências são imensas nuvens de gás aquecido e brilhante que explodem da alta cromosfera. Durante os flares solares ocorre liberação de uma grande quantidade de energia, na forma de radiação e de partículas energéticas. Durante os flares são geradas rádio emissões observadas na faixa de ondas decimétricas, como aquelas registradas pelo BSS, do INPE. Portanto, o principal objetivo das pesquisas realizadas é observar estas emissões decimétricas para estudar o armazenamento e a liberação de energia durante os flares solares. A Figura 2 mostra um esquema das várias camadas do Sol .

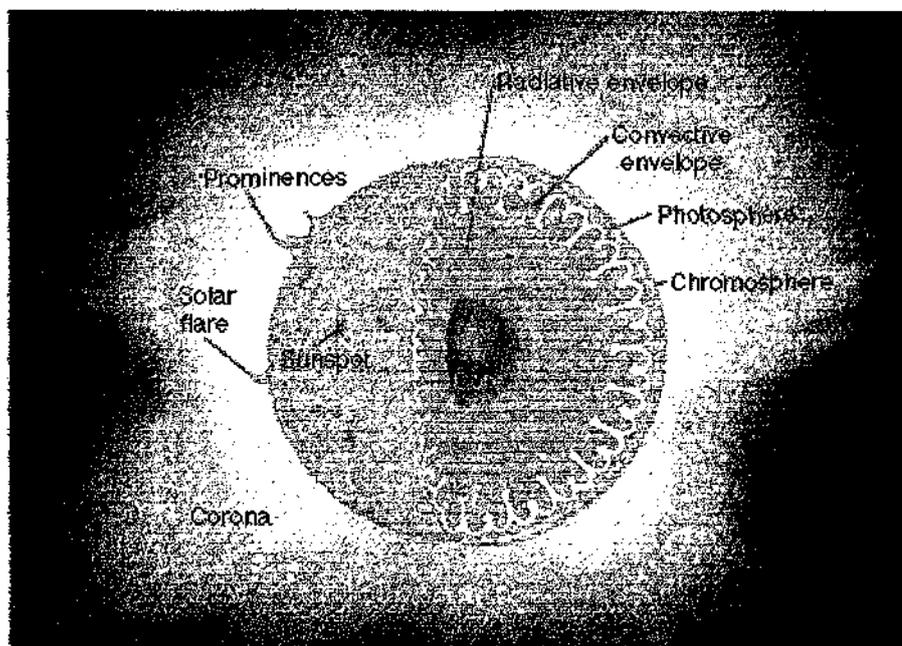


Fig. 2 – Esquema representando as diversas camadas do Sol: núcleo ("core"), zona radiativa ("radiative envelope"), zona convectiva ("convective envelope"), fotosfera ("photosphere"), cromosfera ("chromosphere"), coroa ("corona") e diferentes aspectos da atividade solar, como manchas solares ("sunspot"), proeminências ("prominences") e erupções solares ("flares").

CAPÍTULO 2

ESPECTRÓGRAFO DIGITAL DECIMÉTRICO

2.1 - DESCRIÇÃO GERAL DO INSTRUMENTO

O espectrógrafo decimétrico de banda larga do INPE, foi recentemente batizado de "Brazilian Solar Spectroscope – BSS", estando em operação regular desde abril de 1998. As principais características do BSS são apresentadas na Tabela 1. Um diagrama de blocos mostrando todo o sistema do BSS é apresentado na Figura 3 e a antena parabólica de 9 m de diâmetro é mostrada na Figura 4.

TABELA 1 – Características do BSS

Antena	9 metros de diâmetro
Montagem	polar
Alimentador	log-periódico cruzado
Banda de Frequência	200-2500 MHz
Resolução temporal	0,01 - 1 s
Resolução espectral	1 - 3 MHz
Precisão tempo absoluta	0,003 s
Sensibilidade	~2-3 sfu
Número de canais	25 - 100
Visualização	tempo real
Observação	11:30-18:30 UT

O BSS do INPE destaca-se por apresentar uma flexibilidade de escolha da banda de frequência em observação entre 200 e 2500 MHz e das resoluções temporal e espectral, permitindo com isso observar pela primeira vez no INPE, explosões solares decimétricas com resolução temporal de 10 ms e com aquisição entre 25 e 100 canais digitais de frequência.

Através das observações realizadas com BSS, a linha de pesquisa de FMI pretende investigar fenômenos associados com a liberação de energia dos "flares" solares, através da análise das explosões solares decimétricas acima de 1000 MHz, particularmente emissões tipo III, e estruturas finas, que apresentam uma banda estreita em frequência e curta duração ($t \leq 1$ s).

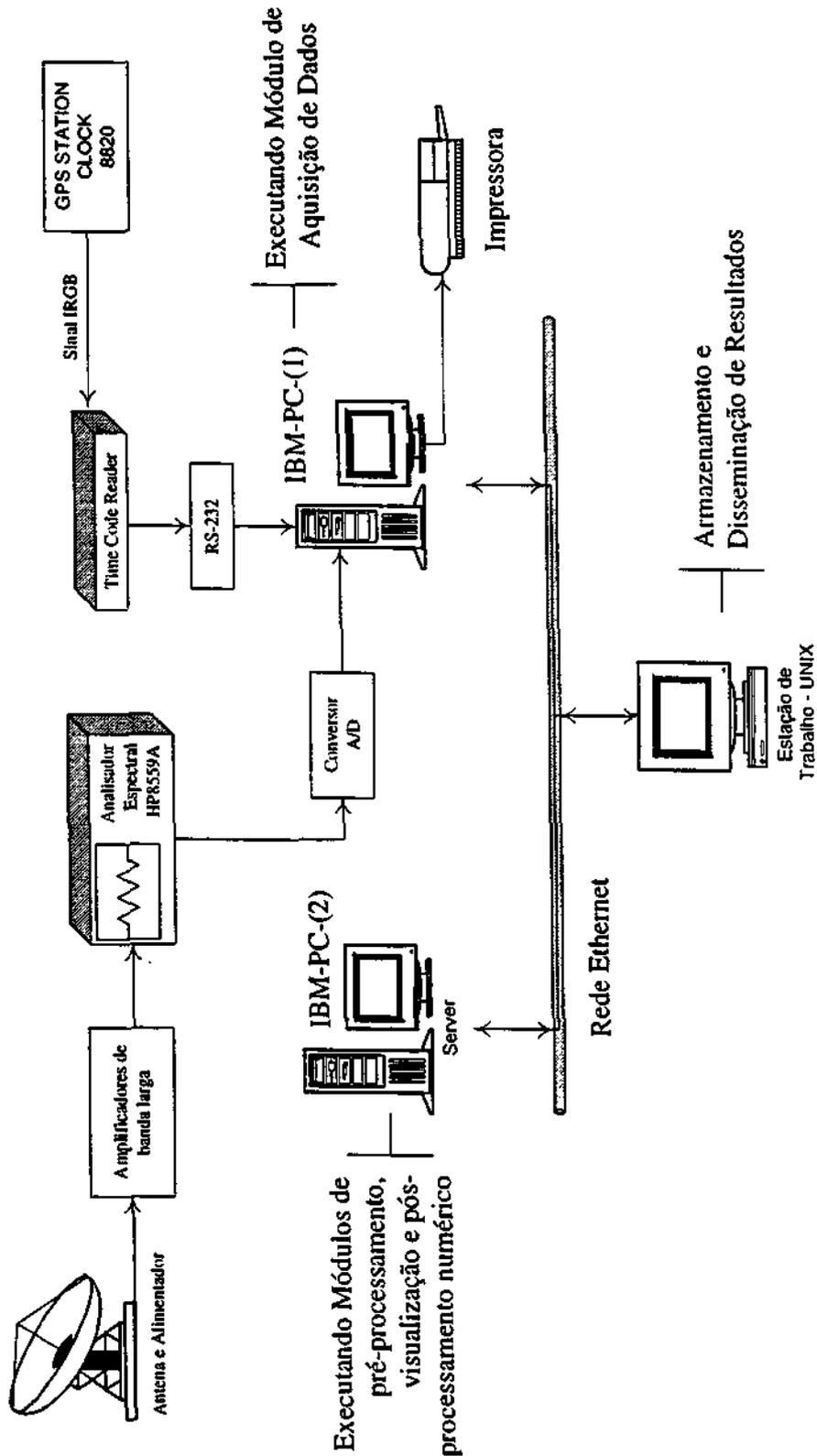


Fig. 3 - Diagrama de blocos representando o "Brazilian Solar Spectroscopy - BSS" de alta sensibilidade (~ 2 ufs), alta resolução espectral (3 MHz) e alta resolução temporal (10 - 1000 ms).

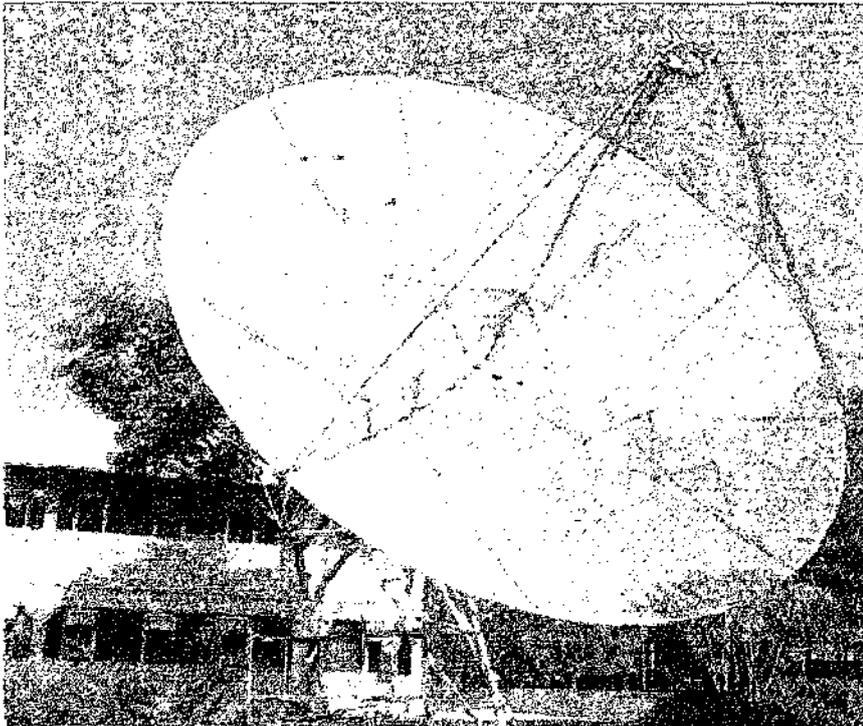


Fig. 4 - Antena parabólica de 9 metros de diâmetro, construído em malha de alumínio, em cujo foco foi instalado um alimentador de banda larga (200 - 2500 MHz) composto por um par de antenas log - periódicas cruzadas.

O BSS do INPE destaca-se por apresentar uma flexibilidade de escolha da banda de frequência em observação entre 200 e 2500 MHz e das resoluções temporal e espectral, permitindo com isso observar pela primeira vez no INPE, explosões solares decimétricas com resolução temporal de 10 milissegundos.

Através do BSS se pretende investigar fenômenos associados com a liberação de energia dos "flares" solares, através da análise das explosões solares decimétricas acima de 1000 MHz, particularmente emissões tipo III, e estruturas finas, que apresentam uma banda estreita em frequência e curta duração ($t \leq 1$ s).

2.2 - DESCRIÇÃO GERAL DO FUNCIONAMENTO

O sistema receptor é constituído por uma antena parabólica de 9 metros de diâmetro, construída em malha de alumínio, em cujo foco foi instalado um alimentador de banda larga (200 - 2500 MHz) composto por um par de antenas log-periódicas cruzadas (Figura 5), que permitem a recepção das componentes ortogonais (vertical e horizontal) do sinal recebido da fonte (Sol).

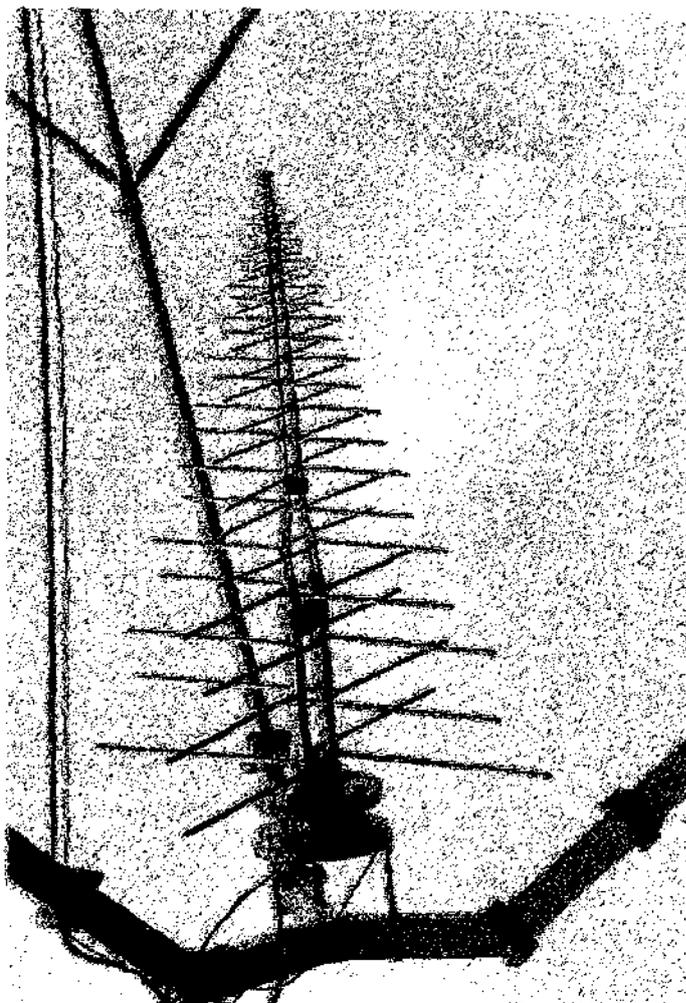


Fig. 5 - Alimentador de banda larga (200 - 2500 MHz) composto por um par de antenas log - periódicas cruzadas.

O sistema possui a saída do alimentador conectada a dois pré-amplificadores (100 - 2000 MHz), que por sua vez estão ligados a um circuito somador de banda larga. Depois de somado, o sinal é introduzido no analisador de espectros onde segue para os sistemas de aquisição e monitoramento.

A Figura 6 mostra uma visão geral do Observatório solar, onde é feita a recepção e varredura do sinal, que é enviado para os sistemas.

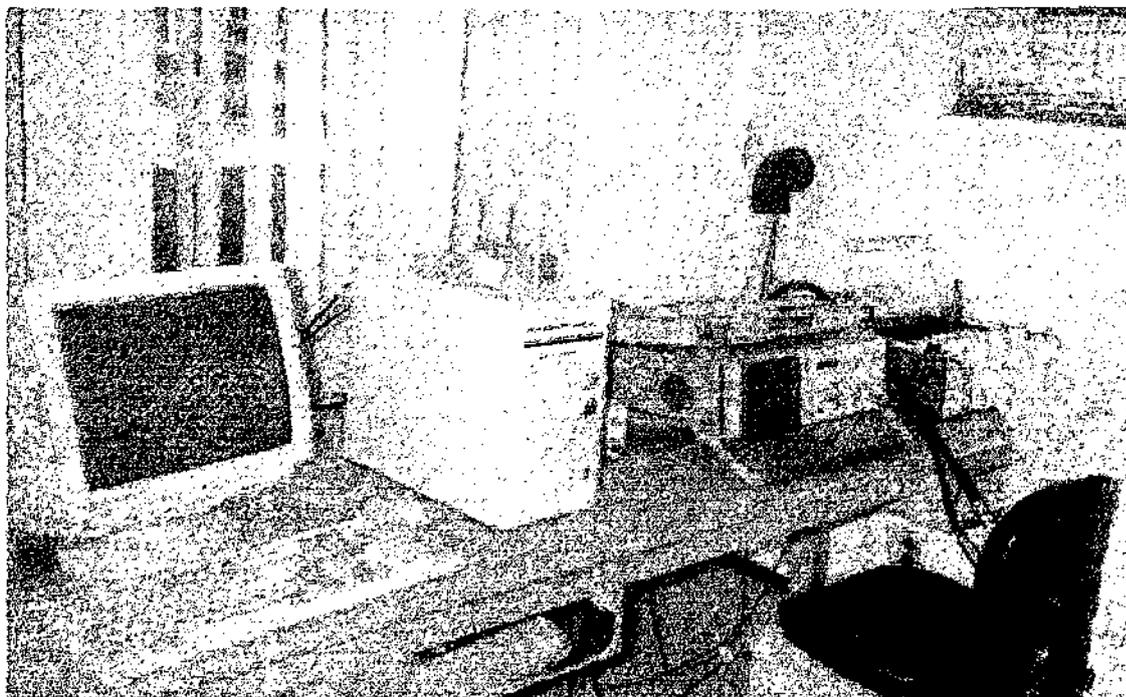


Fig. 6 - Visão geral do Observatório solar, mostrando o analisador de espectros, onde é feita a recepção e varredura do sinal proveniente da antena, o tradutor do código de tempo, o registrador em papel para monitoramento e o microcomputador para aquisição digital.

2.3 - SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição e o monitoramento dos dados registrados pelo BSS e enviados pelo analisador de espectros são feitos simultaneamente por três sistemas:

Registrador de papel

O sinal é integrado no tempo (~1 seg) e em frequência (banda de observação selecionada) e registrado em papel para monitoramento durante as observações (Figura 7).

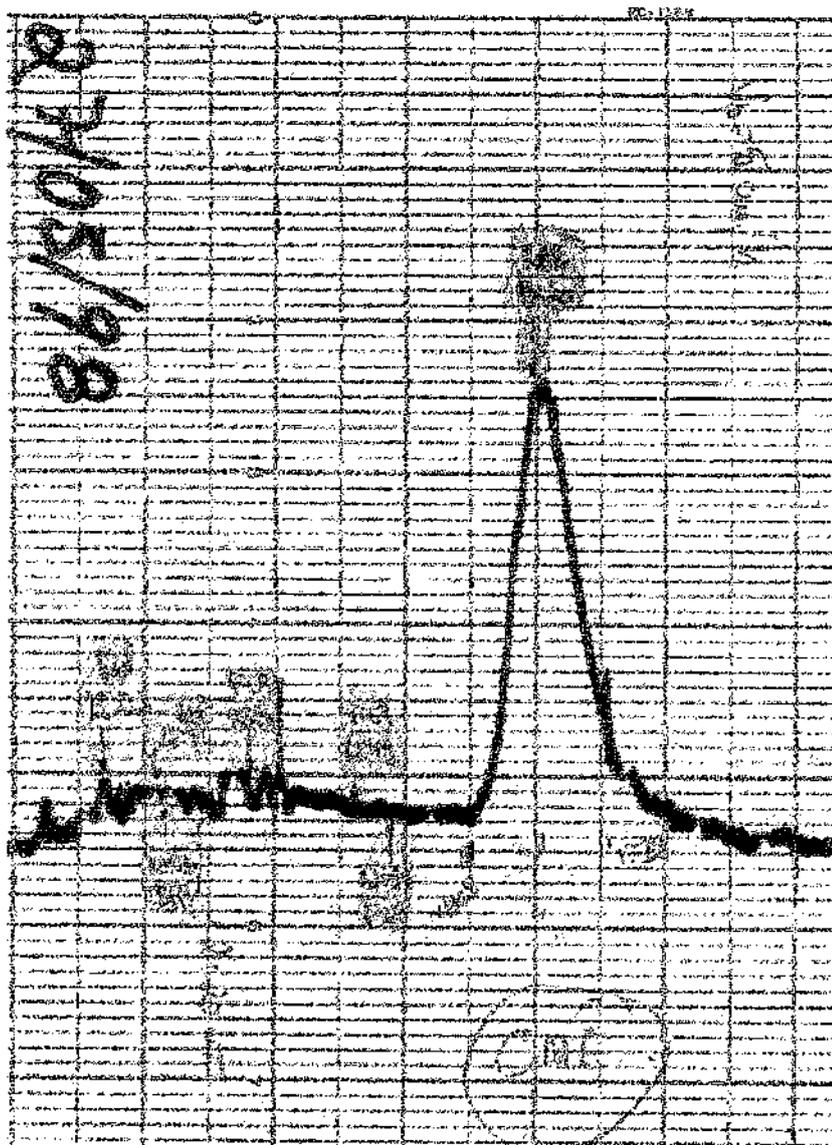


Fig. 7 - Exemplo de registro em papel de observações realizadas pelo BSS em 27/05/98. O registro mostra um evento registrado em torno das 13:20 UT.

Sistema ótico (analógico)

Conforme mostrado na Figura 8, o sinal proveniente do analisador espectral é injetado num osciloscópio sincronizado com as varreduras e com modulação no eixo Z, de forma que, na tela do osciloscópio, o eixo horizontal representa a banda de frequência de observação e o eixo perpendicular à tela representa a intensidade do sinal. Uma câmara filmadora, acoplada ao osciloscópio através de um guia, registra as variações de intensidade de brilho da tela do osciloscópio, em filme preto e branco de 35 mm (Figura 9).

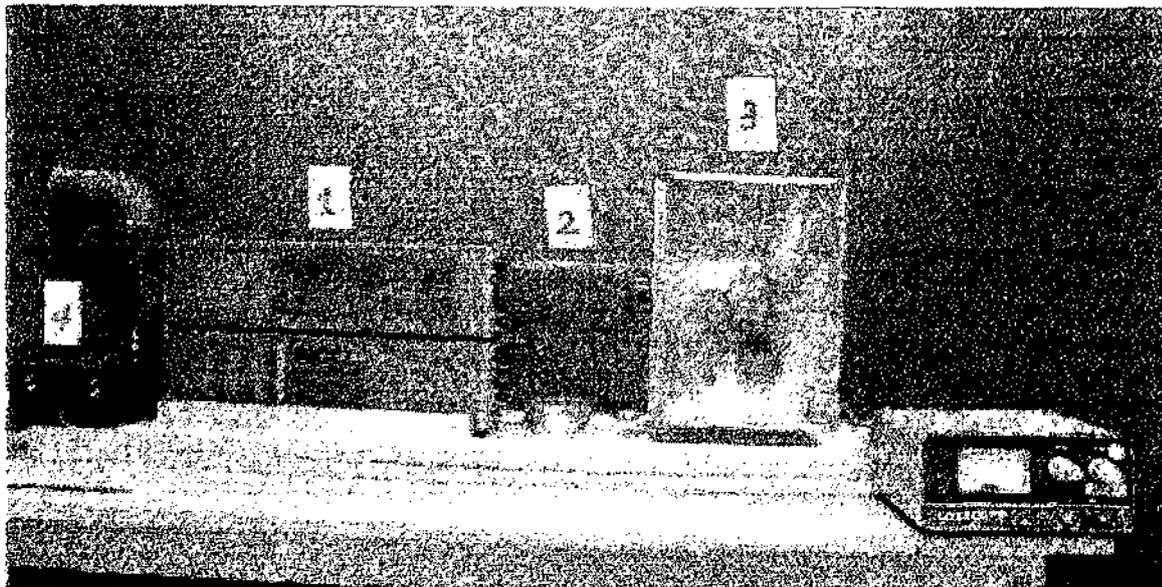


Fig. 8 - Sistema analógico de aquisição dos dados enviados do analisador espectral: (1) osciloscópio (modulado em Z); (2) guia de luz; (3) câmara filmadora; (4) circuito temporizador.

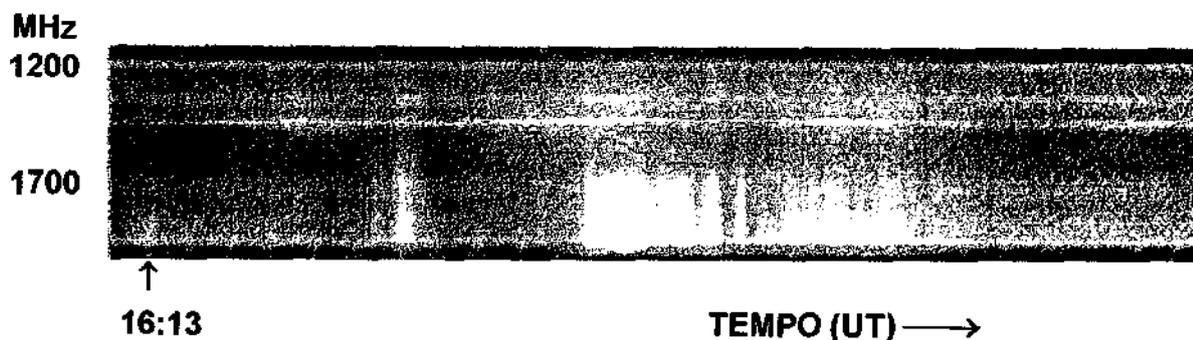


Fig. 9 - Exemplo de registro analógico em filme 35 mm. O registro mostra uma emissão contínua observada pelo BSS, em 29/04/98. Cada marca de tempo na parte inferior do filme corresponde a intervalos de 1 minuto.

Sistema digital

O sinal é digitalizado por uma placa de circuito conversor A/D (analógico-digital) ADDA - 12 bits e captado por um microcomputador PC Pentium 133 MHz. Através de um software desenvolvido especialmente para este sistema, é feita a aquisição digital entre 25 e 100 canais de frequência, com resolução temporal selecionável entre 10 e 1000 ms.

Os dados são transferidos via rede (eternet) para um segundo micricomputador, onde são armazenados na memória e é possível a visualização em tempo real do espectro dinâmico através de um programa de em linguagem IDL. A Figura 10 mostra um exemplo de espectro dinâmico obtido pelo programa de visualização dos dados.

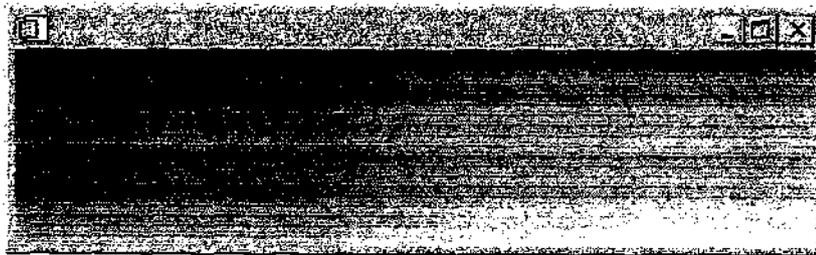


Fig. 10 - Exemplo de registro digital (espectro dinâmico) obtido pelo BSS. O eixo vertical representa a banda em frequência e o horizontal o tempo. A duração total do registro é de 5 minutos, correspondendo a 6000 varreduras, com resolução de 50 ms.

O software armazena também o tempo absoluto no qual são feitas as observações através da aquisição do código de tempo gerado pela GPS "Station Clock", do Centro de Controle de Satélites (CCS) do INPE.

Os dados provenientes do analisador espectral podem ser digitalizados em várias resoluções temporais à escolha do observador. As resoluções disponíveis no sistema implantado são 10, 100, 200, 500 e 1000 ms. Na Tabela 2 tem-se algumas combinações possíveis entre banda de observação, resolução temporal e número de canais em frequência.

Tabela 2 - Números de canais de frequência para diferentes combinações de resoluções temporais e banda de frequência de observação escolhidas.

Resolução Temporal (ms)	Números de Canais	Banda de Frequência de Atuação (MHz)
500	100	1000
100	100	1000
100	100	500
50	100	500
20	50	250
10	25	100

2.4 - PROGRAMA DE VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS - BSSView

Foi desenvolvido, como tema de Mestrado em Computação Aplicada - INPE, sob a co-orientação do Dr. Sawant (C. Faria), um programa de computador padrão, batizado de BSSView, para visualização e tratamento dos dados digitais do BSS, na linguagem IDL ("Interactive Data Language").

Este programa permite a visualização em tempo real do espectro dinâmico das observações e obter representações gráficas dos dados digitalizados (plotagem de perfil temporal de múltiplos canais de frequência, visualização de imagens em escalas de cores e mapas de contorno).

Através da manipulação do BSSView, foi possível, através da visualização do espectro dinâmico das observações, realizar a identificação e seleção das explosões solares observadas.

CAPÍTULO 3

OBSERVAÇÕES SOLARES

As observações solares sistemáticas com o BSS começaram em abril de 1998 (em operação regular, nesta configuração atual), utilizando os três sistemas de aquisição de dados, citados anteriormente. As observações estão sendo realizadas diariamente aproximadamente das 9:00 às 15:00 horas (12:00 às 18:00 UT).

Através dos registros do livro de observação, foi feito um levantamento do total de dias e horas de observação, e também do total de flares registrados. Foram incluídas neste relatório, as observações solares realizadas entre abril e dezembro de 1998. O resumo das observações realizadas é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo das observações solares realizadas entre abril e dezembro de 1998

Mês	Dias	Horas	Flares
Abril	05	17,43	01
Maio	19	106,03	13
Junho	16	90,62	07
Julho	21	113,32	17
Agosto	21	110,60	19
Setembro	17	94,47	18
Outubro	21	164,03	05
Novembro	20	153,53	31
Dezembro	16	130,57	21
Total	156	980,60	132

CAPÍTULO 4

SELEÇÃO DAS EXPLOSÕES SOLARES OBSERVADAS

O principal objetivo deste trabalho foi promover a elaboração (e execução) de uma metodologia para identificação, seleção e visualização das explosões solares observadas pelo BSS. Tal tarefa incluía a inspeção em dados adquiridos desde abril de 1998, até os mais recentes adquiridos atualmente.

A identificação e seleção das explosões solares, foi feita seguindo os seguintes passos:

- a) inspeção dos dados observacionais registrados dia-a-dia pelo BSS, na procura de algum aumento da emissão durante a observação. Primeiro no registro em papel, depois identificação em filme.
- b) identificação de estruturas (possíveis eventos) nos dados registrados em papel.
- c) levantamento da atividade solar registrada por diversos observatórios espalhados no mundo.

A listagem diária da atividade associada é obtida através da internet: (gopher://solar.sec.noaa.gov). Nestas listagens é possível extrair informações como tipo de atividade, frequência de observação, horário de ocorrência, região ativa associada, entre outras.

Foi checada também a associação com explosões observadas em rádio pelo Rádio Observatório Ondrejov, e em raios-X pelo satélite Yohkoh. Os eventos simultaneamente observados são identificados nas listagens anexas.

- d) comparação da atividade associada, registrada por diversos observatórios, com os registros do BSS. A Figura 11 mostra exemplos da comparação da atividade associada com os registros em papel obtidos pelo BSS.
- e) seleção dos eventos registrados associados ou não com observações de outros observatórios.
- f) identificação dos arquivos digitais respectivos a cada evento preliminarmente selecionado.
- g) visualização dos dados digitais utilizando o BSSView e obtenção dos espectros dinâmicos das explosões identificadas. A Figura 12 mostra imagens de espectros dinâmicos de explosões registradas pelo BSS.
- h) classificação preliminar das explosões observadas.

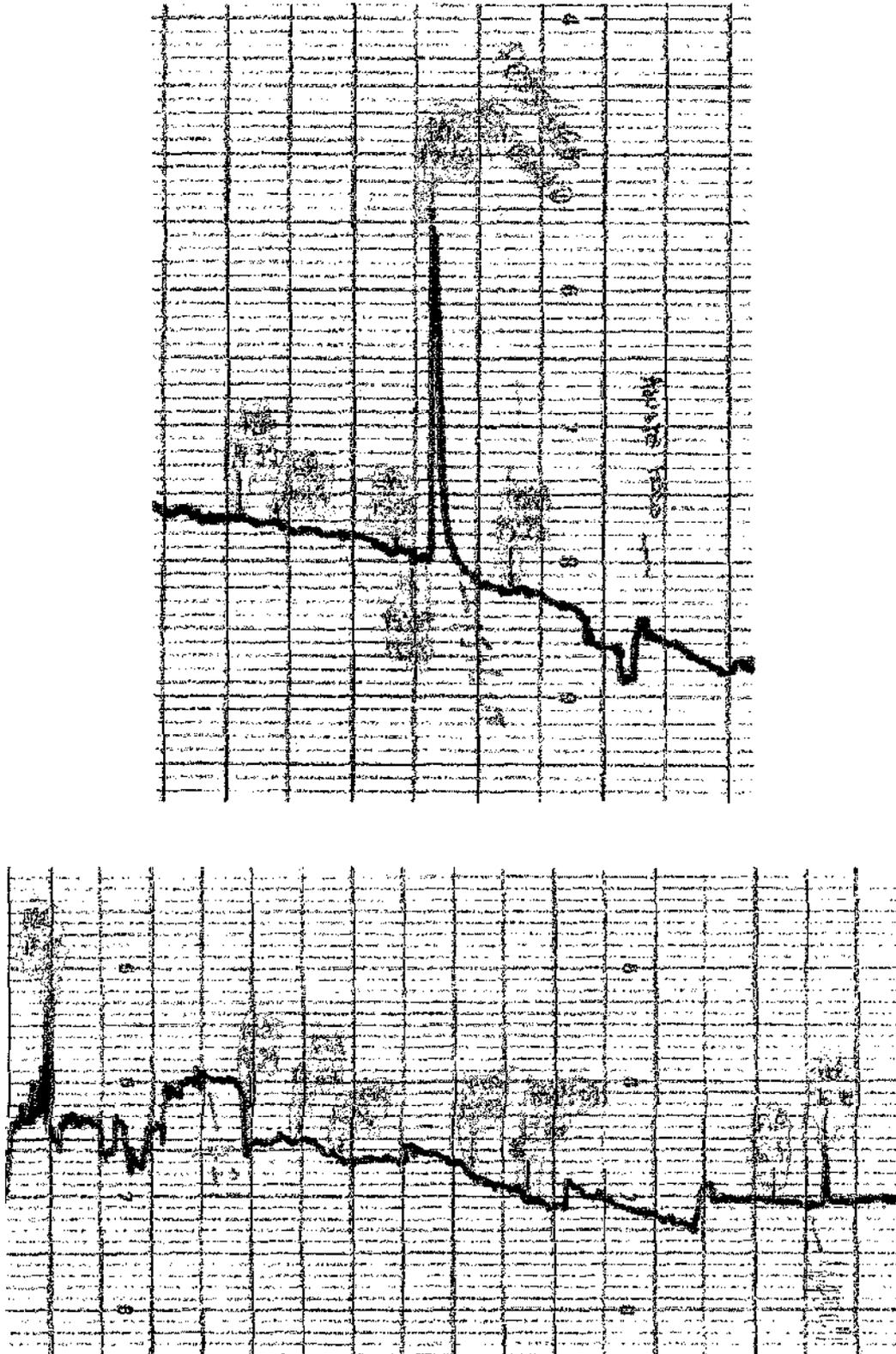


Fig. 11 - Exemplos de registro em papel do monitoramento das observações realizadas pelo BSS, mostrando a identificação da atividade registrada por outros observatórios em comparação com a registrada pelo BSS.

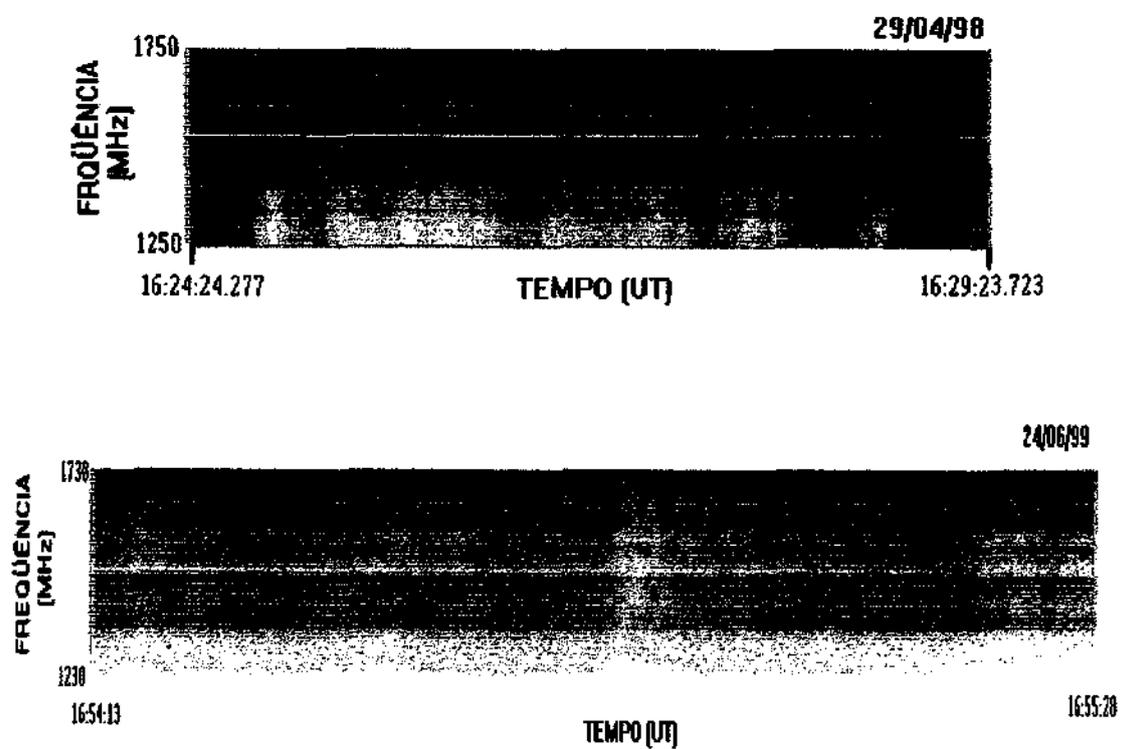


Fig. 12 - Exemplos de espectros dinâmicos de grupos de explosões observadas pelo BSS.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Atividades cumpridas e objetivos atingidos:

- Conhecimento geral da física solar e atividade.
- Conhecimento do funcionamento do BSS e sua importância na investigação da física solar.
- Desenvolvimento de metodologia de identificação, seleção e visualização de explosões solares observadas pelo BSS.
- Aprendizado da utilização de software de tratamento de dados espectrais.

Possibilitou um contato direto com o processo de pesquisa científica, particularmente na aquisição e tratamento (mesmo que preliminar) de dados, tendo o projeto cumprido com a sua principal finalidade de iniciação de universitários no meio do processo científico, incluindo o acompanhamento na elaboração de trabalhos a serem apresentados em reuniões científicas.

ANEXO 1: LISTAGEM DAS EXPLOSÕES IDENTIFICADAS - 1998

DIA	HORA (UT)	TIPO	Ondrejov (GHz)	Yohkoh	ARQUIVO DIGITAL
ABRIL/99					
29	16:23		0,8-4,5	sim	E1-E3
MAIO/99					
05	16:22 18:02	XRA FLA			
06	12:12 13:32 15:12	RSP XRA FLA	0,8-2,0	sim sim sim	A8 C4
14	13:44	XRA			
15	15:36	FLA			E6-E8
19	15:41	XRA			D9-E0
25	12:42	XRA			
27	12:29 13:08/13:20	FLA CME			A7 B5-B7
28	11:46 12:07				A0 A4-A5
29	12:32				A4-A8
JUNHO/99					
02	12:52	FLA			C6-C7
03	13:07 13:54	XRA FLA			D4 B3-B5
05	14:48	RSP			
08	16:00	XRA	0,8-2,0	sim	
23	15:16 15:21	XRA XRA	0,8-2,0 0,8-2,0		
25	12:01				
JULHO/99					
03	14:10	RBR			
06	13:50 16:06	XRA			B4 E1,E2
07	14:47 15:25 17:13	XRA RBR			B5,B6
10	18:23	RSP			H3
13	15:02 17:15 17:51	XRA			D1 F7,F8

15	14:30 15:37	RSP XRA			B5,B6 C1,C2
17	17:18	FLA			F0,F1
20	15:32 17:05 17:28	RSP FLA XRA			C7,C8 E6 F0,F1
22	13:42				B2,B3
28	14:59	RBR			B8,B9
AGOSTO/99					
05	15:00/18:30			sim	
06	13:30/16:00				
07	14:16 15:08/15:15 16:16 16:34 17:05			sim	
10	13:05 13:56 14:14 14:26 16:21/16:27		0,8-2,0		A2,A3 B3,B4 B7 B9,C0 E2,E3
12	15:13				B1,B2
13	12:45/12:50 14:05/14:08		0,8-2,0		A7,A8 C3
19	12:36 14:04		0,8-4,5 0,8-4,5		B2
20	13:10/13:15				A5,A6
21	12:17/12:27				A6,A7,A8
31	15:36		0,8-2,0		C4,C5,C6
SETEMBRO/99					
03	13:04 14:14	FLA XRA,C3.9	0,8-4,5	sim	
04	12:34 13:45	III/3 245 MHz			
10	13:03 14:00	XRA,C1.0			
11	12:24 12:44 13:35				
21	15:04 17:28 17:56 18:12	RSP XRA,B5.9			
22	14:35 17:39/17:40	RSP,RBR			
23	15:06				

24	17:07	FLA			
25	12:40	RSP			
28	16:05	XRA			
29	15:09	RSP			
30	13:08/14:43		0,8-4,5	sim	
OUTUBRO/99					
08	16:21 16:54	FLA FLA			J0 K3
09	13:42	RSP			
15	11:05/11:57 12:02/12:56				A0-B2 B3-D4
16	12:00 16:39	RBR DSF			B5 L8
20	14:21	XRA	0,8-4,5	sim	
27	10:40	BSL			
NOVEMBRO/99					
03	17:53	XRA			
06	12:04 15:10	RBR RBR	0,8-4,5	sim	
10	13:42 16:48	RBR RBR	0,8-2,0		
11	14:23 15:02 15:14 16:00 17:20/18:04	FLA RSP RNS			
13	12:52 11:36/14:00	RSP			
16	13:21	XRA	0,8-4,5	sim	
18	12:23/12:27 17:50	RSP			
20	12:38 12:47 13:40 14:14 15:17				C7 D0-D6 F0-F4 G3-G9 I6-I9
24	12:26/12:31 13:20 12:41/13:35 15:25 15:04/15:25 16:26	RBR RSP RSP RBR			

25	11:33/15:10 12:12 13:14/13:20 14:04 17:48/18:08	RSP XRA RSP RBR		sim sim	
26	16:43 17:34/17:40 17:47	XRA FLA			
27	15:49 16:12				J2 K0-K2
DEZEMBRO/99					
01	13:15 16:20/16:37 17:21/17:42 18:00	XRA XRA			D0-D5 J7-K4 M0-M8 N4-N5
03	17:32	RSP			M3-M4
04	12:23 14:20 16:42	RBR/RSP RBR			
08	13:52			sim	
09	17:34	XRA			
10	15:50	FLA			
14	16:50/17:13 16:54 17:30/18:06	FLA		sim	
17	13:39 14:12 14:16 14:40/14:46 14:58 14:59 17:50 18:12	FLA XRA FLA RBR FLA RBR RBR		sim sim	
18	17:16/17:50 17:17 17:29	RBR RBR		sim	

Classificação preliminar (sec.noaa) observada.

Legenda:

RBR - explosão em radio freqüência fixa

FLA - flare observado em H- α

XRA - flare observado em raios-X

CME - "Coronal Mass Ejection"

RSP - explosão observada em faixa de freqüência (espectro)

RNS - tempestade de ruído

**ANEXO 2: RESUMOS DOS TRABALHOS A SEREM APRESENTADOS
EM REUNIÕES CIENTÍFICAS**

CATÁLOGO DE EXPLOSÕES SOLARES DECIMÉTRICAS OBSERVADAS NO INPE

Francisco C. R. Fernandes (DAS-INPE), Carlos M. S. Candinho (UNIVAP),
Vitor A. Portezani (DAS-INPE), Hanumant S. Sawant (DAS-INPE),

Desde abril de 1998, está em operação regular, no INPE, o Espectrógrafo Decimétrico Digital Solar de banda larga de alta sensibilidade (~ 2 sfu), e altas resoluções espectral (3-10 MHz) e temporal (10-1000 ms), em conjunto com uma antena parabólica de 9 m de diâmetro. O principal objetivo das observações realizadas é investigar fenômenos associados com a liberação da energia dos "flares" solares, através da análise das explosões decimétricas acima de 1000 MHz, particularmente emissões tipo III e estruturas finas observadas com altas resoluções. Desde que as observações sistemáticas com o Espectrógrafo se iniciaram, foram realizadas mais de 1000 horas de observação solar, na faixa de 1200 - 1700 MHz. Neste período, foram registradas cerca de 130 de explosões solares. Um catálogo com as principais explosões classificadas e preliminarmente analisadas será apresentado, juntamente com a atividade solar associada em outros comprimentos de onda registrados.

ESPECTÓGRAFO DIGITAL DECIMÉTRICO SOLAR: RESULTADOS RECENTES

Francisco C. R. Fernandes

Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Cláudio Faria

Lab. Associado de Computação e Matemática Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

José R. Cecatto

Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Eduardo M. B. Alonso

Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Vitor A. Portezani

Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Carlos M. S. Candinho 

Departamento de Física, Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

Hanumant S. Sawant

Divisão de Astrofísica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

INTRODUÇÃO - As observações solares em ondas decimétricas, com altas resoluções temporal e espectral para investigações de fenômenos solares eruptivos, tais como “flares” e fenômenos associados em outros comprimentos de onda, como em raios-X, são fundamentais para um melhor entendimento dos problemas básicos da física solar, como o armazenamento e a liberação de energia. Devido, portanto, à importância de observações solares, principalmente acima de 1000 MHz, a linha de pesquisa de Física do Meio Interplanetário, do INPE, desenvolveu o Espectrógrafo Digital Decimétrico Solar (SoDDS) de banda larga (200-2500) MHz, em operação regular, em São José dos Campos, SP, desde abril de 1998, em conjunto com uma antena parabólica de 9 metros de diâmetro. **METODOLOGIA** - As observações solares, com alta resolução temporal (10-100 ms) e alta resolução espectral (3 MHz), são feitas diariamente (aproximadamente entre 11:00 e 19:00 UT). Os dados são digitalizados em até 100 canais de frequência e com precisão temporal absoluta < 3 ms. O sistema permite a visualização, em tempo real, do espectro dinâmico das emissões decimétricas. **RESULTADOS** - Desde abril de 1998, o sistema está funcionando perfeitamente monitorando a atividade solar na faixa de 1200-1700 MHz. Desde então, foram realizadas mais de 1000 horas de observações, sendo registradas cerca de 130 explosões solares, muitas associadas com emissões em raios-X, H- α , e “coronal mass ejections”. Atualmente, os dados estão sendo analisados através de rotinas desenvolvidas em linguagem IDL. **CONCLUSÃO** - O SoDDS é o único espectrógrafo decimétrico da América Latina, os demais instrumentos operando na faixa decimétrica estão localizados no hemisfério norte, em longitudes que compreendem observações solares até cerca de 16 UT, de modo que entre 16 e 19 UT o monitoramento da atividade solar em ondas decimétricas se restringe às observações do SoDDS, o que o torna importante para um monitoramento contínuo da atividade solar. O SoDDS se destaca também por apresentar uma flexibilidade na escolha da banda de frequência de observação e das resoluções temporal e espectral, o que ocorre apenas com o instrumento suíço. Pela primeira vez, dados de observações solares com resolução temporal de 10 ms estão disponíveis no INPE. As altas resoluções são fundamentais para as investigações de explosões solares decimétricas que apresentam estruturas finas e curta duração da ordem de centenas de milissegundos, tais como, emissões tipo III e suas variantes. A precisão de tempo absoluta < 3 ms permite ainda investigações multi-espectrais das explosões solares, principalmente sua associação com emissões em raios-X. Os principais resultados recentes, incluindo registros digitais das explosões observadas e integração do sistema serão apresentados e discutidos. (INPE, CNPq).