



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**TRATAMENTO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES EM
RAIOS-X UTILIZANDO O Solar-Software (SSW)**

Alessandro Guedes Caracini

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica
(PIBIC/CNPq/INPE)

INPE
São José dos Campos
2004



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**TRATAMENTO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES EM
RAIOS-X UTILIZANDO O SolarSoftware (SSW)**

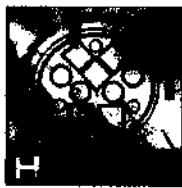
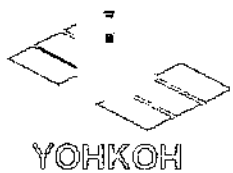
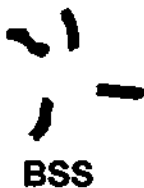
**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

ALESSANDRO GUEDES CARACINI
(UNIP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: alecaracini@das.inpe.br

Dr. Francisco Carlos Rocha Fernandes
(DAS/INPE, Orientador)
E-mail: guga@das.inpe.br

COLABORADOR
MSc. Maria Conceição de Andrade (DAS/INPE)

Maio de 2004



**TRATAMENTO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES EM RAIOS-X
UTILIZANDO O SolarSoftware (SSW)**

BOLSISTA:

ALESSANDRO GUEDES CARACINI

ORIENTADOR:

DR. FRANCISCO C. R. FERNANDES

CO-ORIENTADOR:

MSc. MARIA CONGEIÇÃO DE ANDRADE

**São José dos Campos
31/05/2004**

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO: STATUS ATUAL DO PROJETO.....	4
1 - INTRODUÇÃO	5
2 - RESUMO DAS ATIVIDADES REALIZADAS.....	7
2.1 – LEITURAS.....	8
2.2 – DISCUSSÕES.....	8
3. O PROGRAMA SSW.....	9
4. AS ROTINAS DO GUI (RHESSI)	10
5. SELEÇÃO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES	11
6. ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES	12
6.1 – YOHKOH x BSS.....	12
6.2 – RHESSI X BSS.....	14
6.3 – FLARES NO LIMBO SOLAR.....	20
6.4 - MEGA-FLARE DE 28 DE OUTUBRO DE 2003	24
7. ATIVIDADES PROGRAMADAS.....	27
8. CONCLUSÃO.....	27
APÊNDICES.....	29

RESUMO: STATUS ATUAL DO PROJETO

O projeto que teve início em Novembro de 2002 tem como objetivo principal o tratamento de dados de explosões solares em raios-x observadas pelos satélites Yohkoh e RHESSI associadas com explosões observadas em rádio frequências pelo BSS, utilizando o SSW, incluindo um acompanhamento na instalação e configuração do SSW.

Dentre as atividades propostas, foram realizadas as seguintes:

1. Revisão, através de pesquisa, leituras e discussões dos 3 instrumentos envolvidos no projeto (BSS, YOHKOH e RHESSI), ou seja, aprendi como funcionam os 3 instrumentos, como trabalham, que tipo de dados utilizam e que tipo de ferramentas compõe cada instrumento.
2. Instalação e configuração do SolarSoftWare (SSW - tanto em Windows como em UNIX), onde na parte de configuração foram encontradas algumas dificuldades porque o SSW trabalha com arquivos de SETUP, sendo que cada um desses arquivos apresenta diferentes tipos de configuração. Após finalizada a parte de instalação e configuração, dei início ao aprendizado da utilização do SSW, inicialmente executando as rotinas básicas para visualização e redução dos dados apenas do Satélite YOHKOH.
3. Levantamento e seleção de explosões solares simultâneas em rádio (BSS) e raios-X (YOHKOH) entre 1999 e 2001. A partir dessas seleções obtive os perfis temporais em raios-X duros, curvas de luz de explosões em raios-X, e ainda com o aprendizado na utilização do programa BSSView para tratamentos de dados do BSS, obtive também os espectros dinâmicos dos FLARES (explosões) selecionados.
4. Início do aprendizado de utilização do SSW para o tratamento dos dados do satélite RHESSI, incluindo a obtenção de imagens em raios-X, o acompanhamento dos procedimentos de determinação das dimensões das fontes de raios-X e o ajuste espectral em raios-X.
5. Aperfeiçoamento na utilização dos programas BSSView e BSSData para análise dos dados do BSS.
6. Aprendizado da linguagem IDL, que é uma linguagem que utiliza Orientação a Objeto.
5. Participação com o grupo, na elaboração de trabalhos submetidos e/ou apresentados em reuniões científicas e de publicações internas do INPE.

As atividades descritas acima contribuíram para a elaboração de trabalhos técnico-científicos publicados e submetidos para apresentação em congressos. Além disso, contribuíram efetivamente para minha iniciação em atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico.

Este relatório descreve as atividades realizadas e os resultados, mesmo que parciais, obtidos, dando ênfase ao período de Agosto de 2003 a Maio de 2004. Os resultados anteriores foram detalhados no relatório anterior.

1 - INTRODUÇÃO

Durante a fase impulsiva dos flares solares os elétrons energéticos (não-térmicos) são acelerados e escapam da região de aceleração na cromosfera solar, em direção à coroa ou rumo à fotosfera solar, ao longo das linhas de campo magnético dos loops, produzindo emissões em rádio e emissões em raios-X duros. Ou seja estas emissões estão intrinsecamente relacionadas com a liberação de energia que ocorre durante estes flares solares, de forma que o estudo e investigação das explosões solares registradas em raios-X e em rádio frequências são muito importante para estudar os flares solares.

No entanto, existem ainda poucos estudos baseados em observações com altas resoluções temporal e espectral de explosões solares decimétricas, principalmente acima de 1000 MHz, simultâneas a emissões em raios-X duros registradas com altas resoluções espaciais e espectrais em energia. Assim, a obtenção de informação a respeito da associação entre as emissões decimétricas em raios-X pode auxiliar no discernimento entre as possíveis origens de ambas emissões: uma fonte comum e uma mesma população de partículas, ou duas fontes independentes originadas de um mesmo processo de aceleração, ou ainda de processos distintos (subseqüentes) de aceleração.

A linha de Pesquisa de Física do Meio Interplanetário do INPE vem realizando investigações dos flares solares baseadas em dados de rádio do Brazilian Solar Spectroscopie - BSS e em raios-X dos satélites *Yohkoh* e, mais recentemente do RHESSI (Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager), lançado em 2002, o qual cobre energias de 3 keV a 20 MeV, com resolução angular de até 2 segundos de arco, permitindo imageamento detalhado das estruturas e fenômenos solares.

Desde que entrou em operação regular em Abril de 1998, mais de 350 grupos de explosões solares foram registrados pelo BSS na faixa decimétrica. Muitas destas explosões solares estão associadas com emissões registradas em raios-X observadas pelo satélite *Yohkoh* até 2001.

Os dados em raios-X dos satélites acima mencionados são analisados utilizando o pacote SolarSoftWare (SSW), que integra uma série de rotinas de tratamento de dados. Desta forma, através deste Projeto de Iniciação Científica propusemos a instalação e configuração do SSW para análise dos dados de explosões solares observadas simultaneamente em raios-X e em rádio. Para isto, realizamos uma sistematização na identificação e seleção das explosões simultâneas e de redução de dados das explosões solares em raios-X selecionadas, como análise preliminar para servir de base para as investigações detalhadas realizadas pelos membros da Linha de Pesquisa de FMI.

O projeto teve início em Novembro de 2002, com o objetivo principal de implementar o tratamento de dados de explosões solares em raios-X observadas pelos satélites Yohkoh e RHESSI, no INPE, utilizando o SSW, e treinar um aluno para esta atividade, incluindo ainda uma familiarização com os dados de explosões observadas em rádio frequências pelo BSS.

Apesar de vários problemas e dificuldades encontrados principalmente na configuração e utilização do SSW, foram obtidos resultados significativos: conhecimento das principais características, funcionamento e dados dos instrumentos BSS, Yohkoh e RHESSI, levantamento e seleção de dados de explosões solares (1999-2001), início do aprendizado da linguagem IDL e conhecimento do programa BSSView, instalação, configuração e utilização do SolarSoftWare (SSW) na análise de dados de explosões em raios-X selecionadas.

2 - RESUMO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Com o intuito de dar continuidade ao projeto de Iniciação Científica para tratamento de explosões solares em raios-x (observadas pelos satélites YOHKOH e RHESSI) simultâneas a explosões em ondas decimétricas (observadas pelo Brazilian Solar Spectroscope – BSS), as seguintes atividades foram realizadas referentes ao período de Agosto de 2003 a Maio de 2004:

1. Continuação do aprendizado da utilização do SSW, agora com ênfase nos dados do satélite RHESSI.
2. Participação na seleção de explosões solares em raios-X em regiões ativas no limbo e também um levantamento sobre um dos Mega-flares registrados em 2003.
3. Obtenção de imagens em raios-X do RHESSI, utilizando o SSW, incluindo a configuração de rotinas específicas do SSW para tratamento dos dados do RHESSI.
4. Acompanhamento dos procedimentos de determinação das dimensões das fontes de raios-X.
5. Início do aprendizado para ajuste espectral em raios-X para dados do RHESSI.
6. Aperfeiçoamento na utilização dos programas BSSView e BSSData para análise dos dados do BSS.
7. Participação em discussões sobre a análise multi-espectral das explosões solares.
8. Participação na elaboração de trabalhos submetidos e apresentados.

As atividades descritas acima foram realizadas com mais facilidade, pois o RHESSI oferece um guia interativo (oferecido pelo próprio SSW) que facilita a configuração de seus arquivos de SETUP e a utilização de seus instrumentos, apesar de algumas dificuldades encontradas. Para aperfeiçoar ainda mais o uso do SSW, para o tratamento dos dados do satélite RHESSI, estou lendo manuais e artigos sobre a linguagem IDL, sobre a utilização de rotinas mais complexas do SSW, sobre o RHESSI (como trabalha, que tipo de dados são utilizados, quais os instrumentos utilizados, como transformar esses dados obtidos por ele em informações úteis para o estudo dos flares).

Mesmo dando ênfase ao RHESSI, continuo o aperfeiçoamento na utilização dos dados obtidos pelo satélite YOHKOH, o qual contém 4 tipos diferentes de instrumentos científicos, sendo que cada um apresenta características peculiares no uso e análise dos dados. Esta interação dos diferentes tipos de dados facilita e aperfeiçoa a pesquisa pois, são utilizadas 3 fontes diferentes em conjunto (BSS, YOHKOH e RHESSI), o que resulta na precisão das informações.

2.1 – LEITURAS

- 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”. Cap. 1 à 3.
- Manuais:
IDL, Research Systems, Inc.
Building IDL Applications Version 5.2
IDL Basics - version 4.0 – abr/95
GUI – User Guide para o tratamento de dados do RHESSI
RHESSI Imaging and Spectroscopy (first and second steps)
YOHKOH Analysis Guide, 1994
- Páginas na Internet
<http://www.lmsal.com/solarsoft/>
<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessi/>
<http://www.lmsal.com/SXT/homepage.html>
<http://umbra.nascom.nasa.gov/yohkoh/docs/yag/intro/yag-intro.html>

2.2 – DISCUSSÕES

Foram realizados encontros periódicos com os orientadores, através dos quais foram discutidos assuntos relacionados com as atividades programadas, sobre conceitos básicos ligados ao projeto, tais como aspectos das explosões solares tanto em raios-X quanto em comprimentos de onda em rádio, informações sobre os diferentes dados utilizados e os instrumentos e esclarecimentos sobre os temas abordados nos materiais bibliográficos utilizados nas leituras.

Os principais temas discutidos foram:

- A fenomenologia das explosões solares e suas particularidades para dados em cada faixa de frequência (rádio e raios-X)
- Os procedimentos de configuração e utilização do SSW para os dados do RHESSI e YOHKOH.
- Execução do SSW. Devido a diversos problemas na execução de determinadas rotinas, este tópico foi bastante discutido, sendo que as dúvidas e problemas foram estudados e discutidos em conjunto.
- Utilização do programa de visualização e tratamento de dados BSSView (identificação de estruturas, procedimentos para remoção do sinal de background, obtenção dos espectros dinâmicos, gravação das imagens).

3. O PROGRAMA SSW

O sistema **SolarSoftWare (SSW)** é um conjunto integrado de bibliotecas de software e base de dados, que permite o desenvolvimento de uma programação única e um ambiente comum para análise de dados de física solar. Foi construído a partir de missões como Yohkoh, SOHO, RHESSI, de bibliotecas astronômicas (centro de informações para softwares astronômicos de baixo-nível, escritos na linguagem comercial IDL) e por contribuições de membros destes projetos. É um sistema desenvolvido fundamentalmente em IDL, embora alguns grupos de instrumentos integrem rotinas desenvolvidas em outras linguagens.

O ambiente SSW proporciona uma visão global consistente amplamente distribuída para várias instituições de investigação solar que facilita o intercâmbio de dados e estimula a análise conjunta de dados de observações solares simultâneas provenientes de diferentes instrumentos.

O uso de bibliotecas, de utilitários, de técnicas e de interfaces comuns, minimiza a aprendizagem de investigadores que estejam analisando novos conjuntos de dados do sol, permitindo correlacionar os resultados a partir de experimentos múltiplos ou realizar pesquisas distantes a partir de sua instituição de trabalho.

Uma pequena amostra da capacidade do SSW:

- Análise de séries temporais, conversão de tempo;
- Ajuste espectral;
- Visualização de imagem e de filmes (várias imagens);
- Manipulação de dados em IDL (estrutura, string, array,...);
- E/S de arquivo (binário, ascii, FITS);
- Solar (limb fitting, grid overlay, coordinate transformations...)
- Páginas de WWW (conversão de html, conversão de arquivos);
- Interface cliente-servidor entre o IDL e o WWW, permitindo assim a execução de utilitários do SSW/IDL através da Web;

Os principais objetivos do sistema SSW são:

- a) Fornecer uma vasta biblioteca de software reusável;
Uma biblioteca de software do Yohkoh, do HESSI e de outros observatórios solares, que incorpore como ex.: arquivos de E/S, rotinas comuns em física solar, manipulação de estruturas em IDL, visualização de dados, etc., tarefas estas que já foram desenvolvidas por outras instituições.
- b) Fornecer um sistema que seja altamente independente em termos de hardware, software e sítio (sistema operacional)
- c) Permitir o uso de certos padrões que facilitam a análise de dados coordenados;
- d) Promover um ambiente evolucionário;
- e) Permitir o acesso a bases de dados antigas (como é o caso dos dados do satélite YOHKOH, que deixou de operar desde 2001;
- f) Fornecer um ambiente de análise independente do formato do arquivo;
- g) Fornecer acesso integrado a outros pacotes IDL

4. AS ROTINAS DO RHESSI

Conforme o plano de trabalho do projeto de IC, que previa o uso do SSW para a análise dos dados de explosões solares em raios-X do satélite RHESSI, iniciamos o aprendizado da utilização das rotinas específicas para este fim.

Para dar início na utilização do SSW na análise dos dados do RHESSI, foram feitas discussões com os orientadores, que já possuem certa prática na utilização e principalmente no estudo dos tutoriais e manuais (disponíveis para download na Internet <http://hesperia.gsfc.nasa.gov/rhessidatacenter/software/documentation.html>) (ver anexo 1). No caso das rotinas do RHESSI, existe uma interface gráfica para o usuário (GUI - Graphical User Interface), baseado em janelas e menus (uma descrição geral e resumida do GUI está no anexo 2).

Após o aprendizado de instalação e configuração, foi iniciado o aprendizado para tratamento dos dados de eventos previamente selecionados.

Este treinamento envolveu desde a pesquisa e transferência de arquivos de dados de explosões, bem como a seguir passo a passo os procedimentos para obtenção de imagens (com baixa ou alta resolução) e espectros.

No caso das imagens, o processo é um pouco mais fácil, pois é utilizado o GUI, mesmo assim, muitos parâmetros devem ser ajustados e selecionados (nesta etapa a discussão com os orientadores e usuários mais experientes foi fundamental), pois estas escolhas afetam drasticamente o resultado obtido.

Já para obter os espectros, o procedimento é mais difícil, pois as rotinas envolvem apenas linhas de comando e, da mesma forma, existem parâmetros a serem ajustados.

Todo este processo de aprendizado e treinamento para o tratamento dos dados, tomou bastante tempo e ainda está em andamento, pois não se aprende a utilizar um pacote com tantos recursos em tão pouco tempo.

5. SELEÇÃO DE DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES

Como atividades a serem realizadas neste Projeto de IC, estavam o aprendizado da utilização do SSW para o tratamento dos dados de explosões solares do Yohkoh, RHESSI e BSS. Desta forma, antes de iniciarmos o tratamento, fizemos uma seleção dos dados a serem analisados. Esta seleção consistiu em dados de explosões solares observadas simultaneamente pelo Yohkoh e pelo BSS (ver Relatório anterior), dados de explosões solares observadas simultaneamente pelo RHESSI e pelo BSS, dados de explosões solares localizadas no limbo solar registradas pelo RHESSI e devido ao grande impacto causado nas pesquisas, incluímos um levantamento de dados do mega-flare ocorrido em 28 de outubro de 2003, também registrado pelo BSS.

Dados do satélite Yohkoh

Conforme já apresentado no relatório anterior, foi realizado um levantamento completo das explosões registradas em raios-X pelo satélite Yohkoh simultâneas a explosões registradas pelo BSS. Este levantamento foi realizado para os anos de 1999, 2000 e 2001 (no final de 2001, o satélite Yohkoh deixou de funcionar, por isso não foram levantados dados em comum para o ano de 2002 e 2003).

A partir da listagem completa dos eventos contidos no levantamento, e da comparação com os eventos registrados pelo BSS, no INPE, previamente catalogados e selecionados os flares em comum, foram escolhidos alguns eventos de interesse do grupo para início da obtenção das imagens e ajuste espectral.

Dados do satélite RHESSI

Foi realizado pelo grupo, um levantamento das explosões registradas em raios-X pelo satélite RHESSI simultâneas a explosões registradas pelo BSS desde o seu lançamento (2002). Apenas 5 eventos simultâneos foram selecionados para análise. Além disso foram também selecionados paralelamente dados de flares ocorridos no limbo solar. Estes eventos foram utilizados para aprender os procedimentos de análise.

Dados do mega-flare de 28 de outubro de 2003

Foi feito um levantamento de dados disponíveis relacionados sobre este evento de grande intensidade (um dos maiores neste ciclo solar). Este levantamento visa servir de base para pesquisas futuras sobre este evento.

A análise e os resultados obtidos sobre estas amostras de dados são apresentados nas seções a seguir.

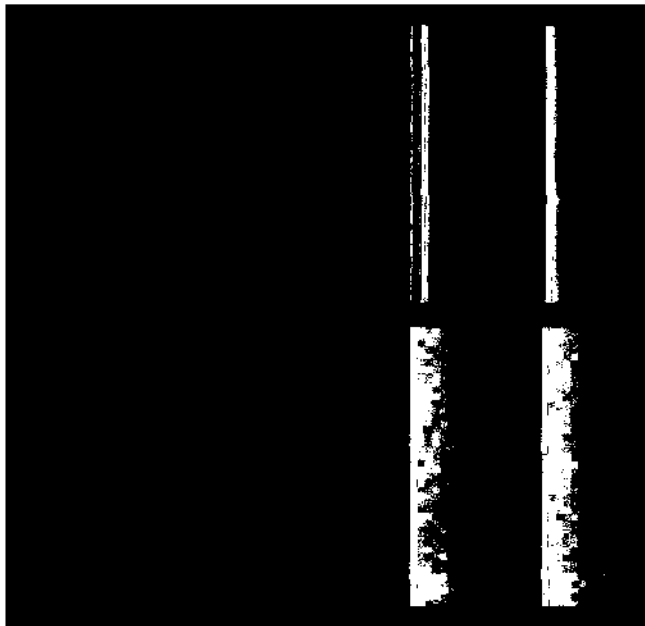
6. ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS DE EXPLOSÕES SOLARES

Cabe aqui enfatizar que as atividades que vem sendo realizadas dentro deste Projeto de Iniciação Científica, têm como principal objetivo dar suporte ao tratamento dos dados de explosões solares através da utilização do SolarSoftware. Desta forma, os resultados destas análises são imagens, espectros, curvas de luz, etc., além do aprendizado dos procedimentos de análise, que servem de base para as investigações do grupo. Uma descrição resumida destas atividades são apresentadas a seguir.

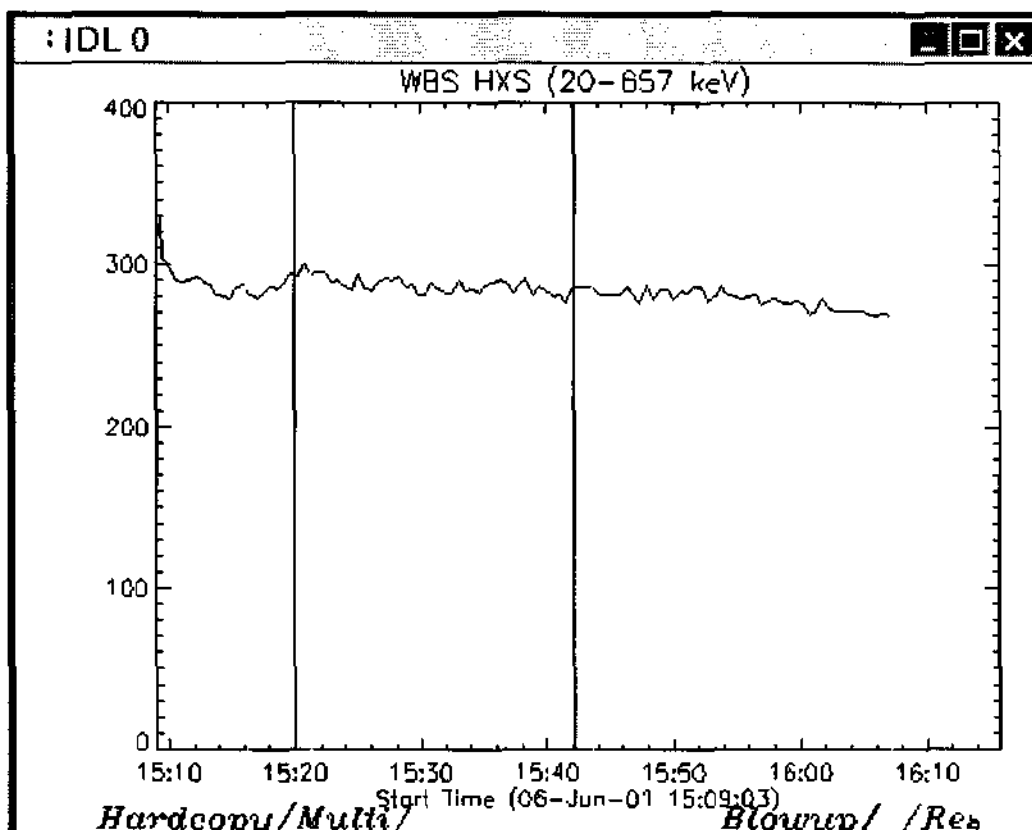
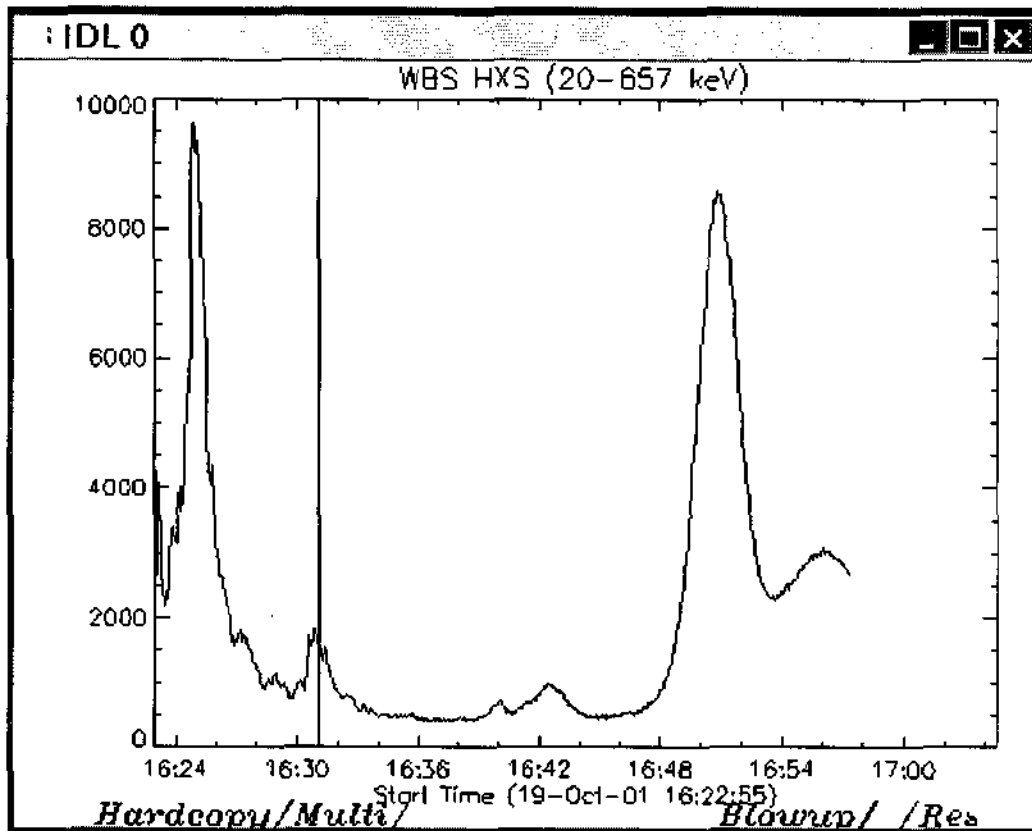
6.1 – YOHKOH x BSS

Foram selecionados alguns eventos para a análise preliminar dos dados das explosões solares observadas simultaneamente em rádio pelo *BSS* e em raios-X pelo *Yohkoh*. Foi realizada inicialmente como treinamento na utilização dos recursos do programa *BSSView* (para tratamento de dados do *BSS*) e das rotinas mais elementares do *SSW* (para visualização dos dados do *Yohkoh*). Neste sentido, foram obtidos os espectros dinâmicos de cada explosão solar em rádio e obtidos os perfis temporais das emissões em raios-X registradas pelo instrumento *HXT* do *Yohkoh*.

As figuras a seguir representam as primeiras tentativas de obtenção de curvas de luz do instrumento *WBS* para 2 eventos selecionados: 06/junho/2001 (15:09 UT) e 19/outubro/2001 (16:22 UT).



Dados em raios-X do evento registrados pelo *Yohkoh* em 06/junho/2001 (15:09 UT).



Curvas de luz (WBS/HXS) dos dados integrados no intervalo de energia de 20-657 keV, dos eventos observados em 19/outubro/2001 (acima) e 06/junho/2001 (abaixo)

6.2 – RHESSI X BSS

Foram selecionadas explosões solares observadas simultaneamente em rádio pelo BSS e em raios-X pelo RHESSI. Foi realizado um treinamento na utilização dos recursos do programa GUI (para visualização das imagens do RHESSI) e também o a interface de linhas de comando (para obtenção dos espectros). Neste sentido, foram obtidos os perfis temporais das emissões em raios-X registradas, as imagens e os espectros de cada explosão solar para diferentes intervalos de tempo. Os eventos simultâneos selecionados estão na Tabela abaixo. Um resumo das características dos 4 eventos selecionados e os espectros em rádio do BSS e os perfis temporais do RHESSI destes eventos estão a seguir.

EXPLOSÕES SOLARES OBSERVADAS PELO RHESSI E BSS

#	DATA	BSS UT	BSS MHz	RHESSI keV
3	04/07/2003	14:41	1250-1750	- 25
1	04/07/2003	16:37	1250-1750	3-25
2	05/08/2003	12:48	1750-2250	3-50
4	24/07/2002	15:38	1000-2000	- 50

RESUMO DA ATIVIDADE PARA OS 4 EVENTOS

EVENTO #1 : 04/JULHO/2003 (16:37UT)

Ausência de flare em raios-X moles GOES

Atividade Associada: emissão em radio frequência 245 a 1415 MHz

EVENTO #2 : 05/AGOSTO/2003 (12:48UT)

Flare em raios-X moles M1.7 (12:43 a 12:51 UT máximo 12:49 UT) AR 0424

Atividade Associada: Óptico flare SN (12:46-12:54 UT) (localização S16E33)

Frequências fixas 606 – 15400 MHz

Tipo II/1 emissão em baixa frequência

EVENTO #3 : 04/JULHO/2003 (14:41UT)

C7.1 X-ray flare (from 14:35 to 15:20 UT peaked at 14:55 UT) AR 0400

Atividade Associada: Óptico flare 1F (14:35-14:39 UT) (localização N05E32)

ERU = Several eruptive centers - fragmentação

Frequências fixas 245 – 2695 MHz

Tipo II/3 após 14:46 UT

EVENTO #4 : 24/JULHO/2002 (15:38UT)

M1.2 X-ray flare (from 15:24 to 16:22 UT peaked at 15:55 UT) AR 0039

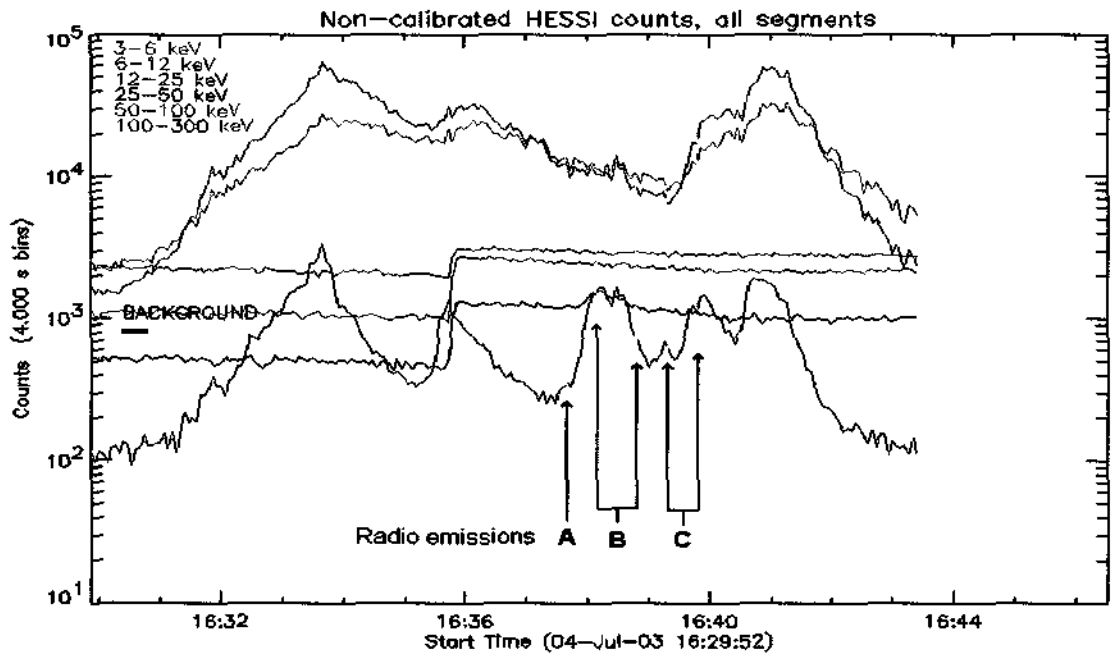
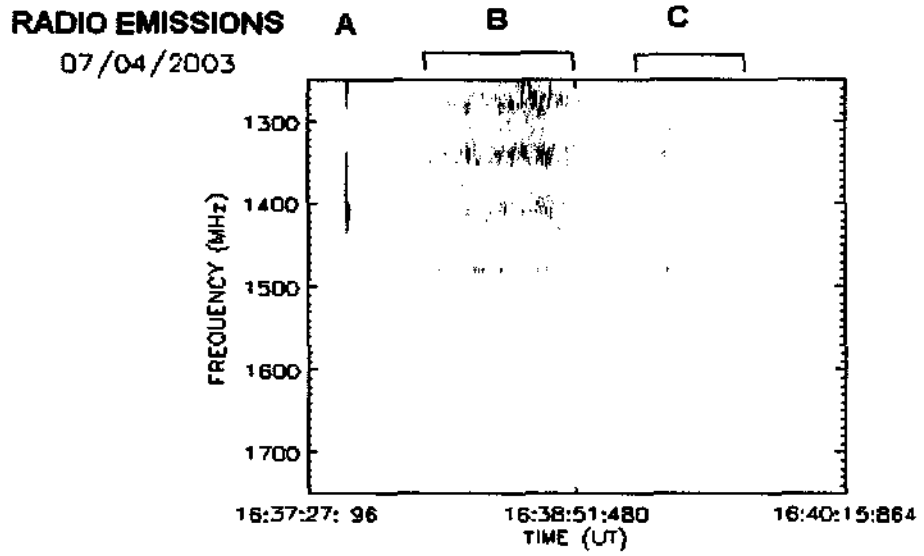
Atividade Associada: Óptico flare 1F (15:14-16:59 UT) (localização S13E49)

ERU = Several eruptive centers - fragmentação

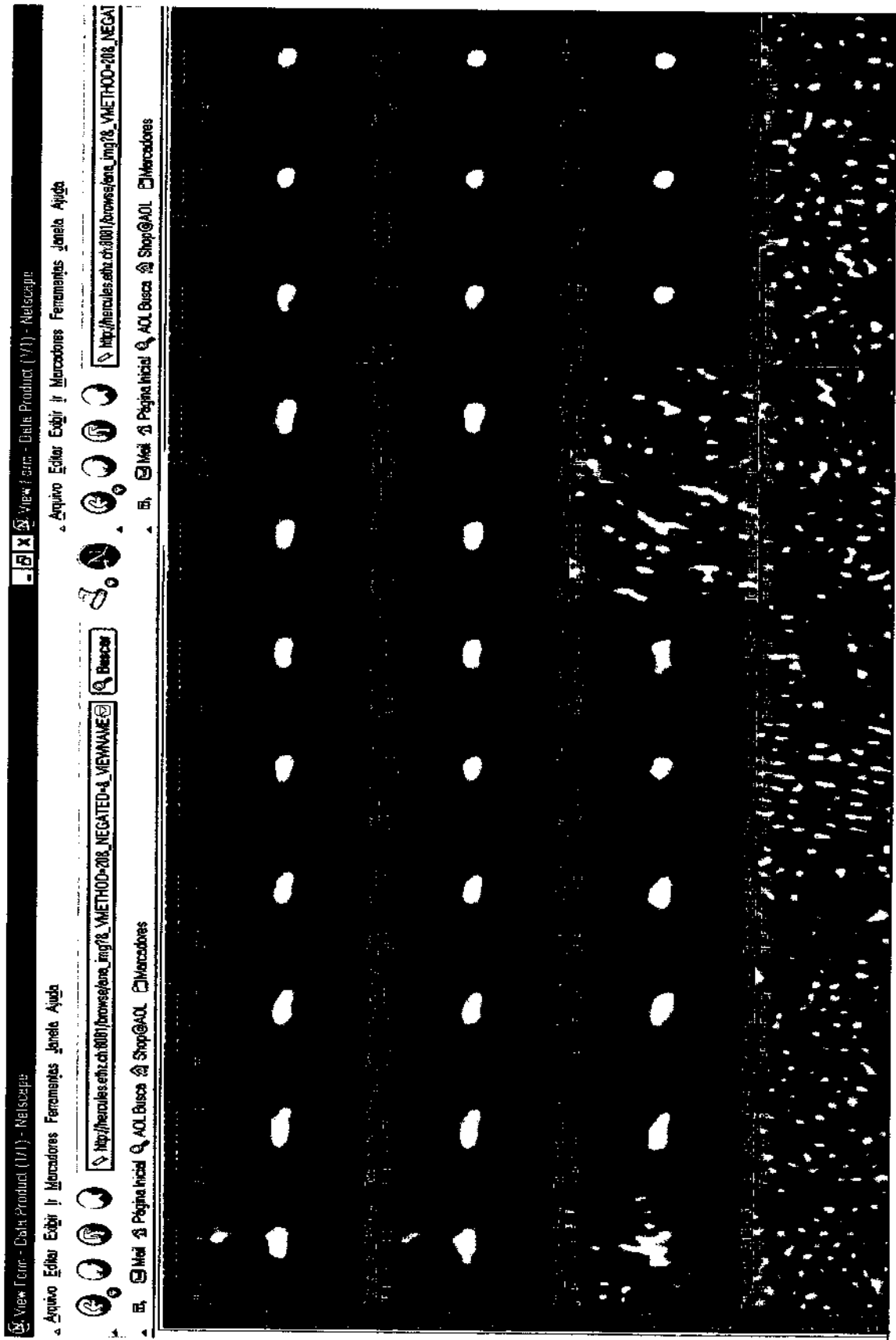
Frequências fixas 410 – 1415 MHz

Tipo IV/1 emissão em baixa frequência

EVENTO 1: 04/JULHO/2003 (16:37UT)

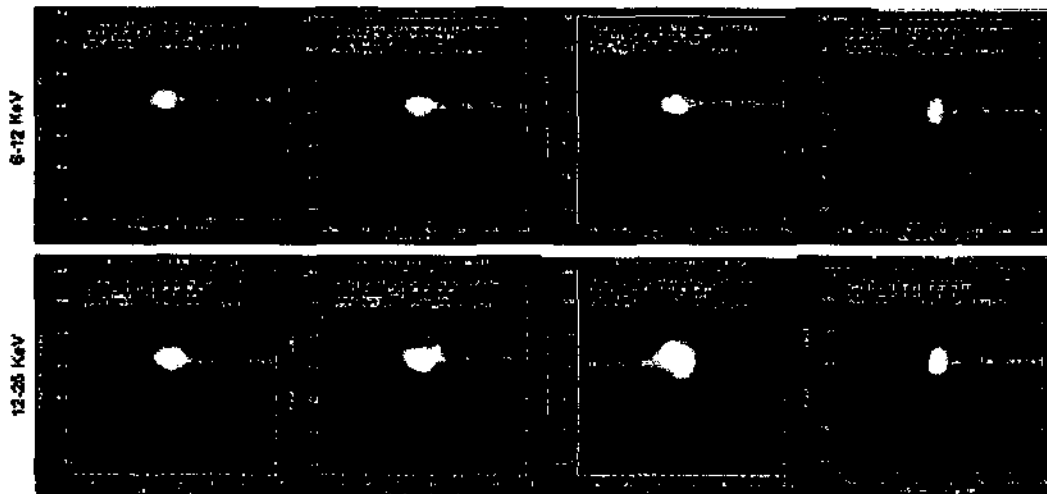
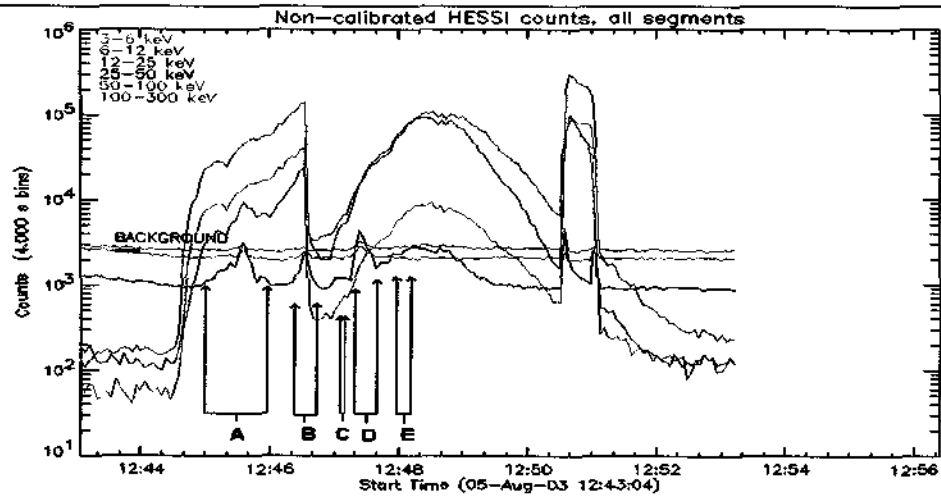
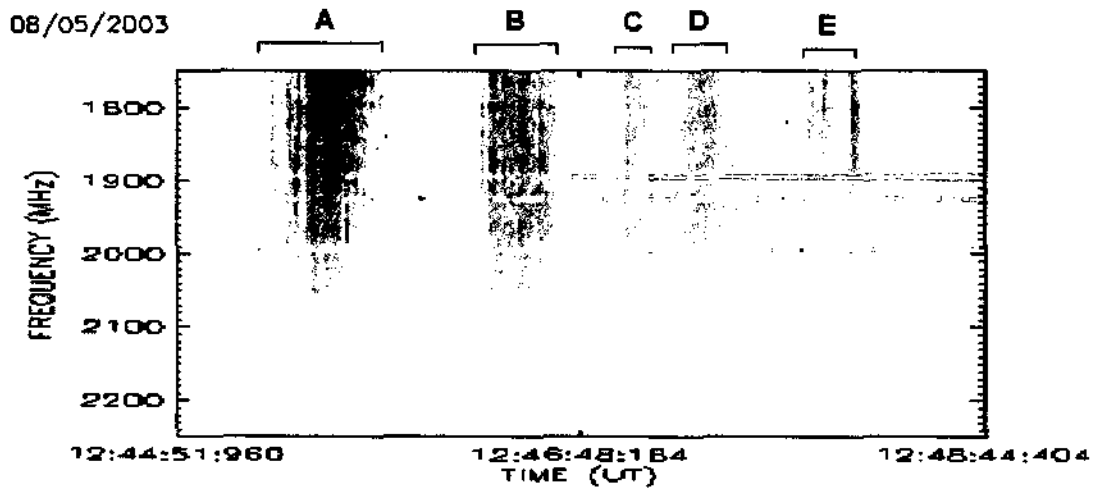


Evento de 04/julho/2003 (16:36 UT): (acima) Espectro dinâmico (1250-1750 MHz);
(abaixo) curvas de luz (3-300 keV).



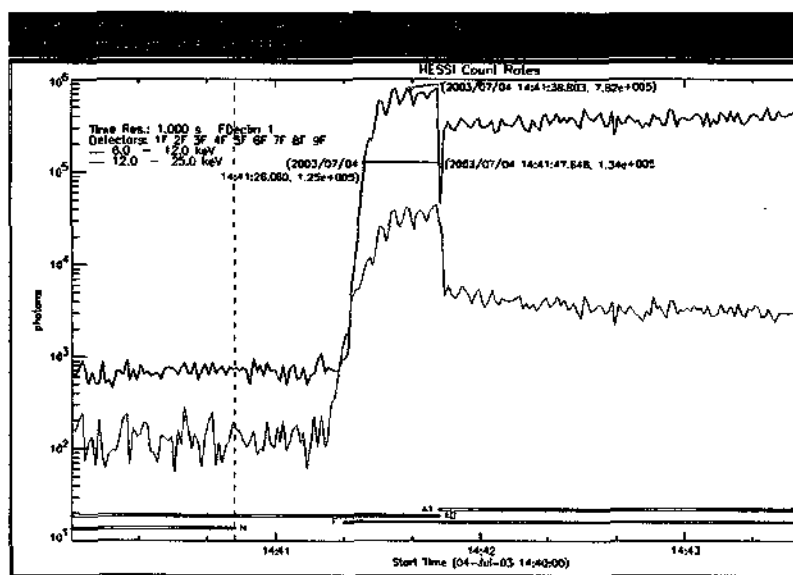
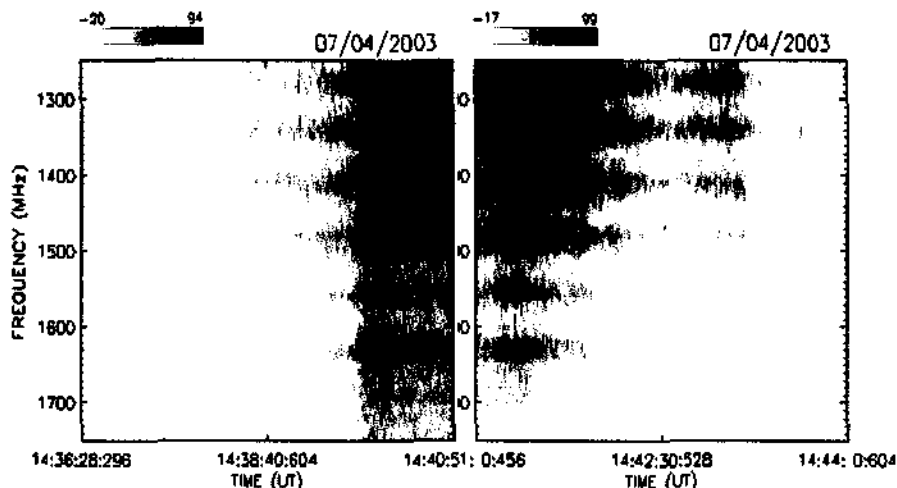
Evolução temporal da fonte de raios-X do evento de 04/julho/2003 (16:31:20-16:41:52 UT).

EVENTO #2 : 05/AGOSTO/2003 (12:48UT)



Evento de 05/agosto/2003 (12:43 UT): (acima) Espectro dinâmico (1750-2250 MHz); (meio) curvas de luz (3-300 keV); (abaixo) evolução temporal da fonte de raios-X (6-12 keV e 12-25 keV).

EVENTO #3 : 04/JULHO/2003 (14:41UT)



6-12 KeV

**4-Jul-03 14:41:25.7 to 14:41:47.5
Detectors: 4F 5F 6F 7F 8F
Back Projection**

14:41:25.7 to 14:41:26.7
Total counts: 5.66E+03

14:41:37.7 to 14:41:38.7
Total counts: 3.01E+04

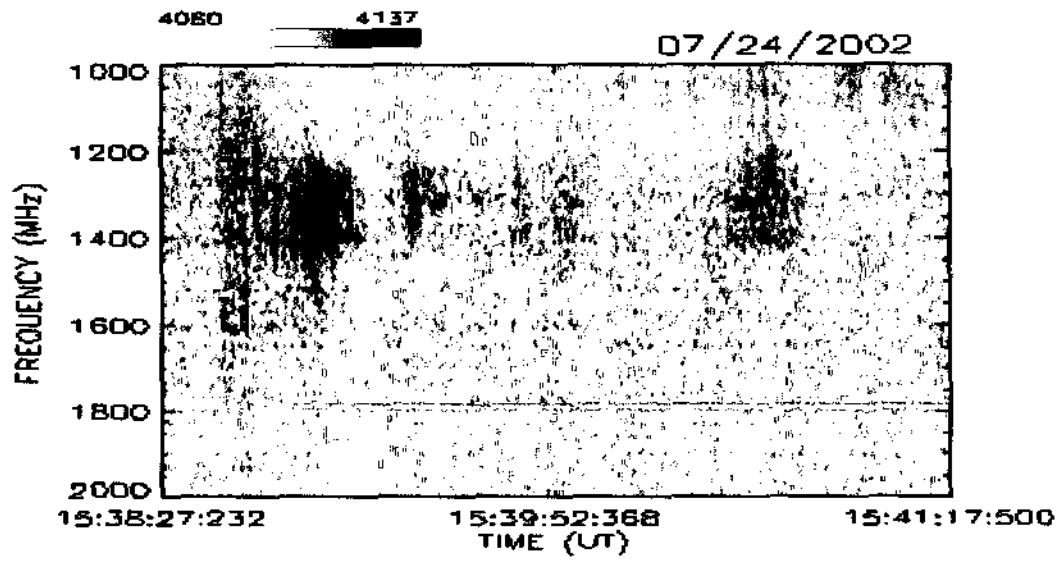
14:41:46.9 to 14:41:47.5
Total counts: 3.07E+04



TEMPORAL EVOLUTION (HSI IMAGES) - 2003, JUL 04 TIME AFTER 14:41 UT 6-12 KeV

Evento de 04/julho/2003 (14:41 UT): (acima) Espectro dinâmico (1350-1750 MHz); (meio) curvas de luz (6-12 keV e 12-25 keV); (abaixo) evolução temporal da fonte de raios-X (6-12 keV).

EVENTO #4 : 24/JULHO/2002 (15:38UT)



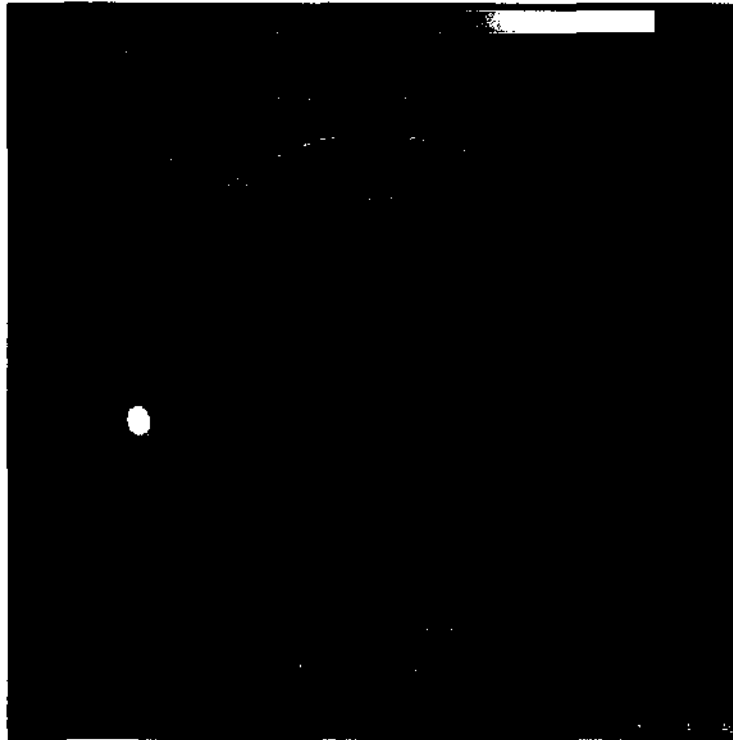
Evento de 24/julho/2002 (15:38 UT): Espectro dinâmico (1000-2000 MHz).

6.3 – FLARES NO LIMBO SOLAR

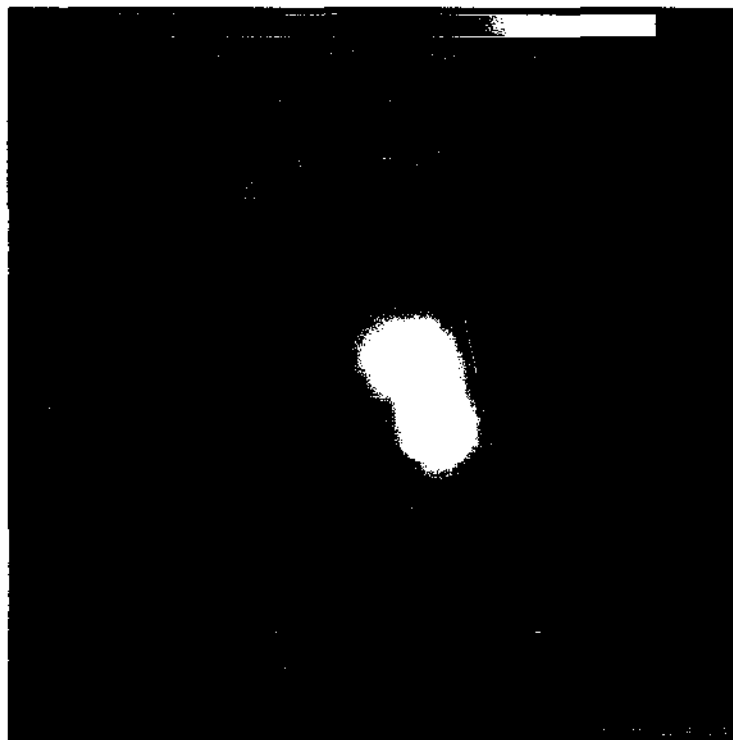
Os membros do grupo iniciaram um programa de colaboração com um pesquisador da Universidade da Califórnia em Berkeley, nos Estados Unidos, que esteve visitando o INPE em 2003. O principal objetivo é a análise de flares solares que ocorreram próximo ao limbo solar (isto é, próximo à borda visível do sol). Foram selecionados para esta pesquisa mais de 10 eventos (ver tabela abaixo). Com a finalidade de familiarização com os procedimentos de análise, foi escolhido um destes eventos (20/julho/2002), para o qual foram obtidas imagens com alta e baixa resolução, curvas de luz e os espectros e sua evolução ao longo do tempo. Tive oportunidade de acompanhar cada passo do processamento destes dados. Exemplos dos resultados destes procedimentos estão nas figuras a seguir.

EVENTOS NO LIMBO SELECIONADOS PARA ANÁLISE

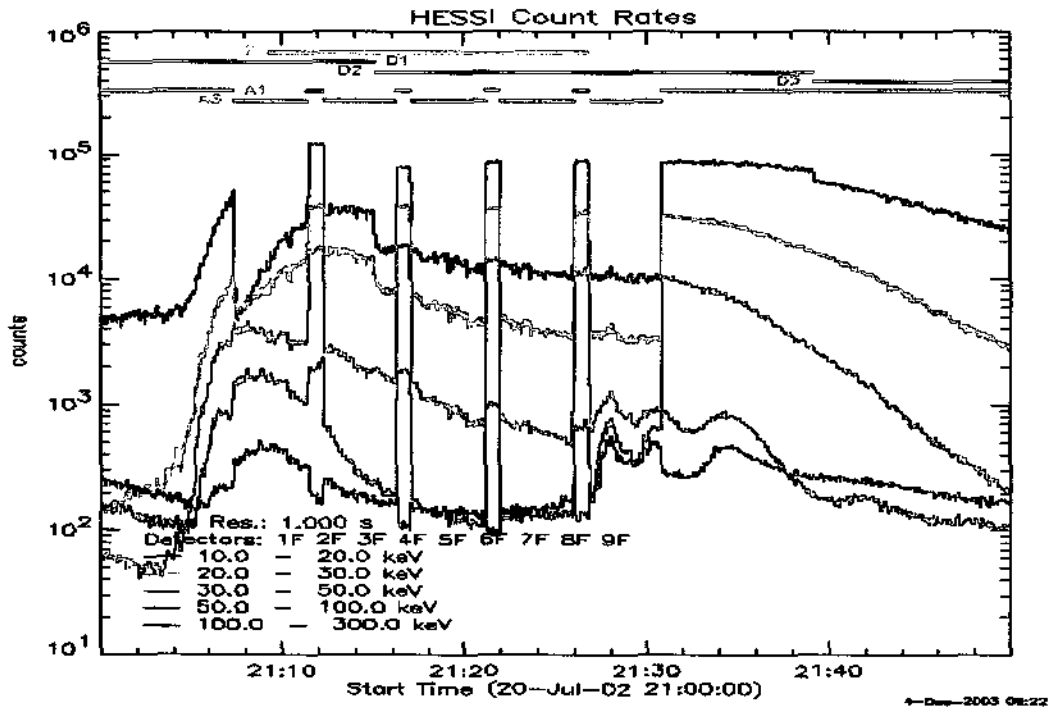
DATE (keV)	LIGHT CURVE (UT)		IMAGES (UT)		ENERGY RANGE
	START	END	START	END	
5/14/2002	0335	0345	0346	0404	3-50
5/29/2002	1458	1500	1502	1509	10-50
5/30/2002	0450	0540	0450	0535	10-50
5/31/2002	0000	0030	0005	0017	10-100
7/9/2002	0902	0915	0903	0915	10-50
7/18/2002	1906	1916	1909	1915	10-50
7/19/2002	1600	1610	1610	1619	10-50
<u>7/20/2002</u>	2105	2100	2105	2149	10-100
8/4/2002	0440	0500	0444	0500	10-50
8/4/2002	0924	1000	0929	0959	10-50
8/24/2002	0042	0050	0054	0056	10-50
8/24/2002	0236	0232	0131	0232	10-50
8/24/2002	1105	1126	1108	1125	10-50
8/29/2002	0515	0515	0512	0525	10-50
1/31/2003	0520	0530	0528	0550	10-30
2/1/2003	0840	0900	0851	0904	10-50
2/1/2003	1930	1930	1934	1952	10-50
4/24/2003	1540	1600	1543	1608	10-40
10/31/2002	1615	1700	1600	1704	10-100
11/4/2003	1920	1930	1928	1938	10-100
11/4/2003	2018	2110	2018	2112	10-30



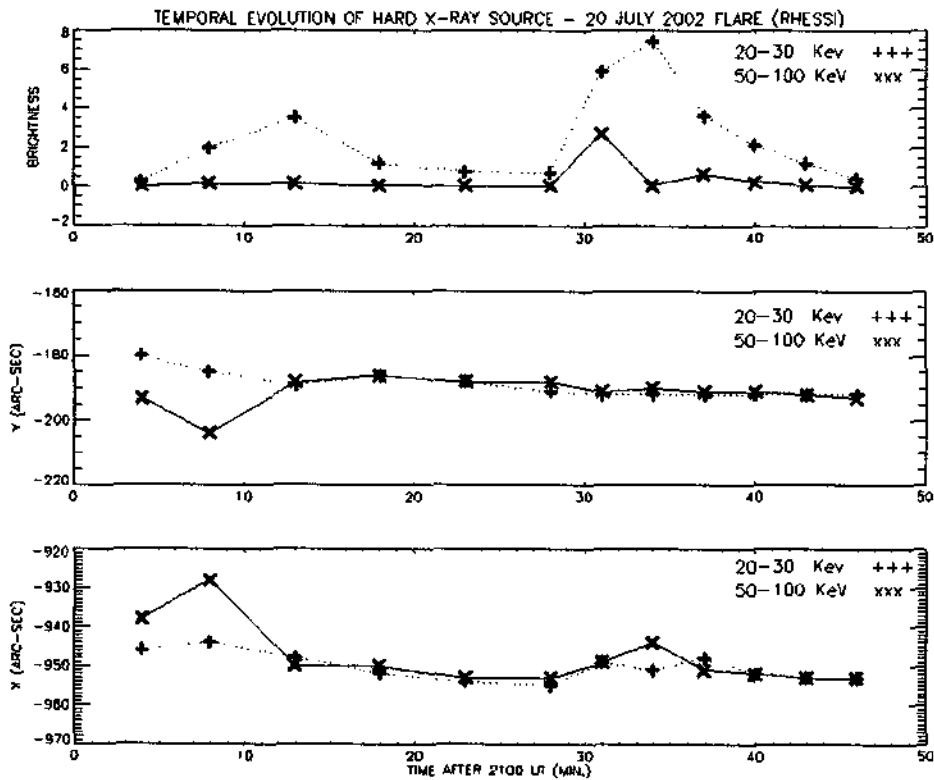
Exemplo de imagem Rhesi de um Flare Solar no limbo, gerado através do SSW. Range de energia de 10 à 20 KeV, em 128x128 pixels com resolução de 16 arcseg, do dia 20 de Julho de 2002 de 21:08 às 21:11 Algoritmo de Imagem CLEAN



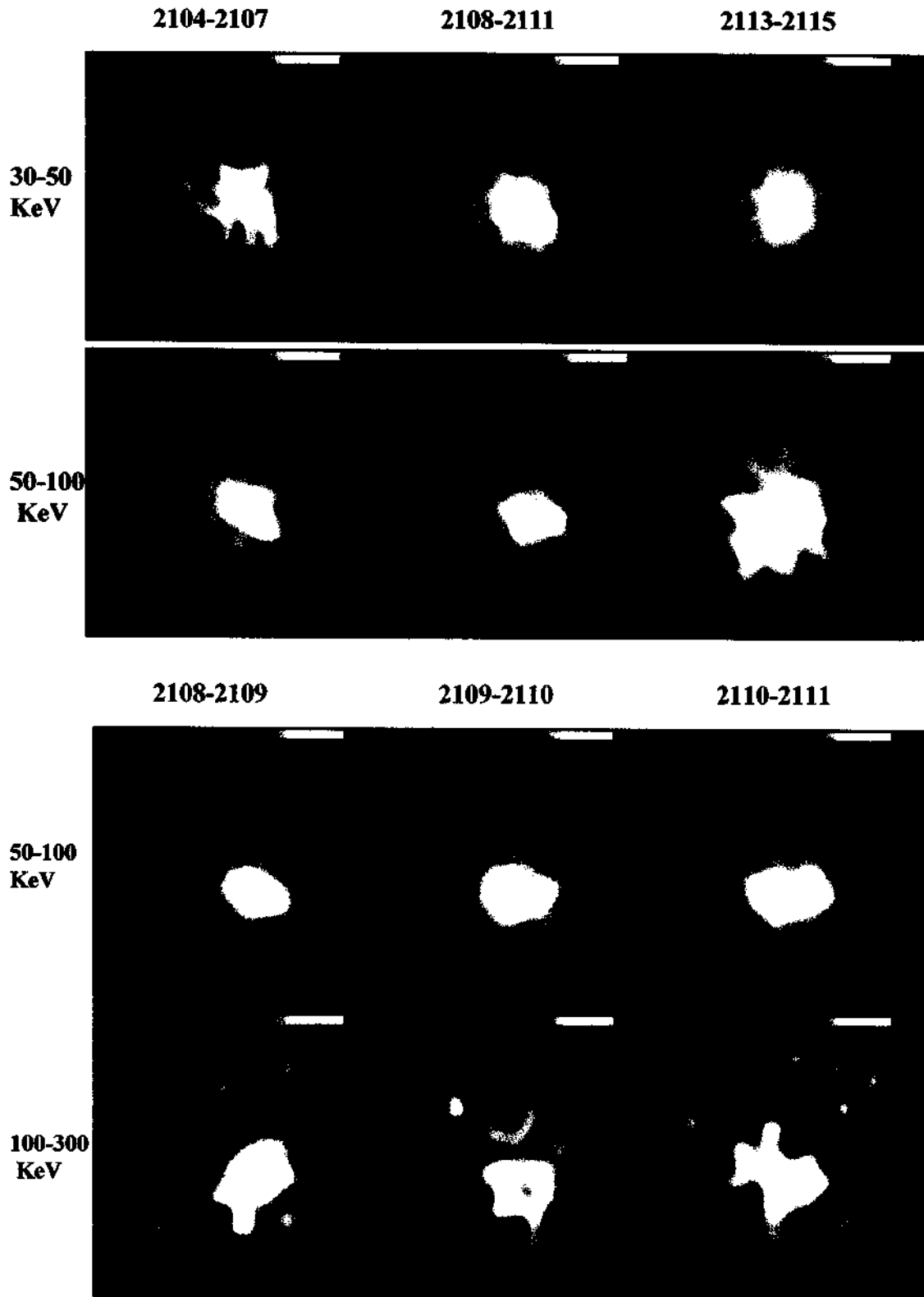
Exemplo de imagem Rhesi, em alta resolução com 1 arcseg. em 128x128 pixels do Flare Solar de 20 de Julho de 2003 das 21:08 às 21:11 no range de energia de .03 à 300 KeV – Algoritmo de Imagem CLEAN



Exemplo de Gráfico de Curva de Luz dos dados do Rhesi, gerado através do SSW. Range de energia de 10 à 300 KeV de 20 de Julho de 2002 das 21:00 às 21:50h



Exemplo de um Gráfico de Evolução Temporal do evento do dia 20 Julho de 2003 das 21:00 às 21:50h dos dados do Rhesi, gerado através do IDL. Range de energia de 20 a 100 KeV



Evolução da fonte de raios-X para o evento de 20/julho/2002 em diferentes bandas de energia (30-50 keV, 50-100 keV e 100- 300 keV).

6.4 - MEGA-FLARE DE 28 DE OUTUBRO DE 2003

Em 28 de Outubro de 2003, um flare solar intenso ocorreu e foi registrado pelo instrumento BSS acima de 1000 MHz. Este evento designado “mega-flare” foi tão intenso em raios-X que saturou a escala dos satélites GOES, sendo classificado pelo nível máximo X17 (ver anexo 3), sendo no entanto que sua intensidade estimada provavelmente superou o nível X25. Devido ao grande interesse neste evento em particular, pois foi um dos mais intensos do ciclo solar atual, os membros do grupo resolveram obter dados disponíveis deste flare, principalmente em raios-X e em rádio. A análise destes dados levantados ainda está em andamento.

A listagem com a atividade solar completa associada registrada no dia 28 de outubro de 2003, incluindo este evento está no anexo 4.

A seguir são apresentados os resultados preliminares do tratamento dos dados do RHESSI referentes a este evento.

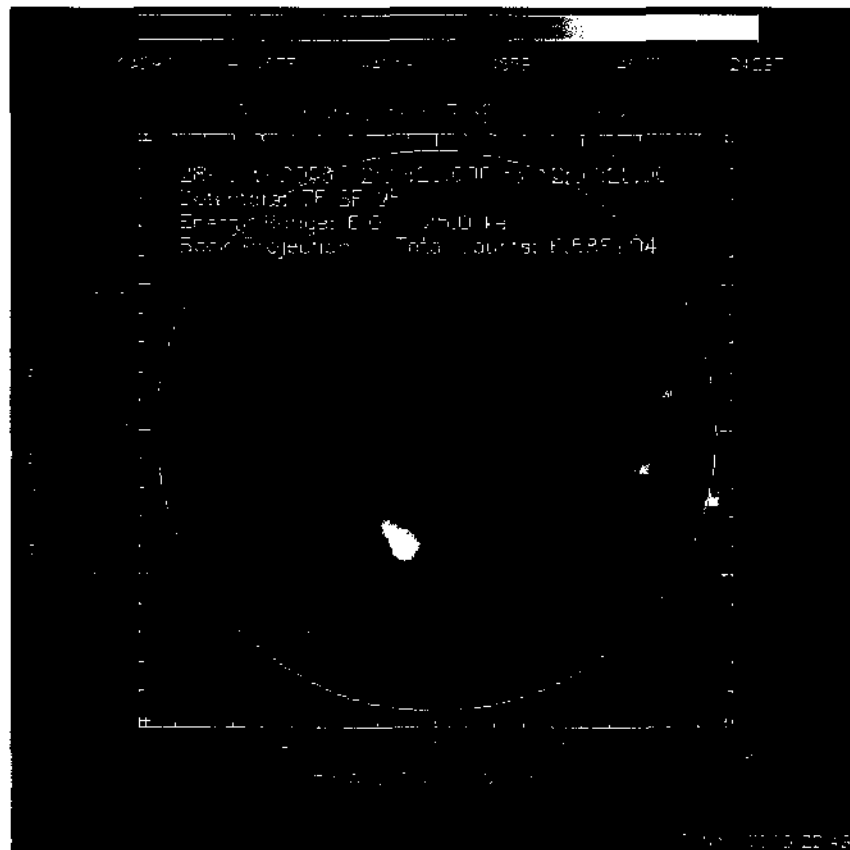
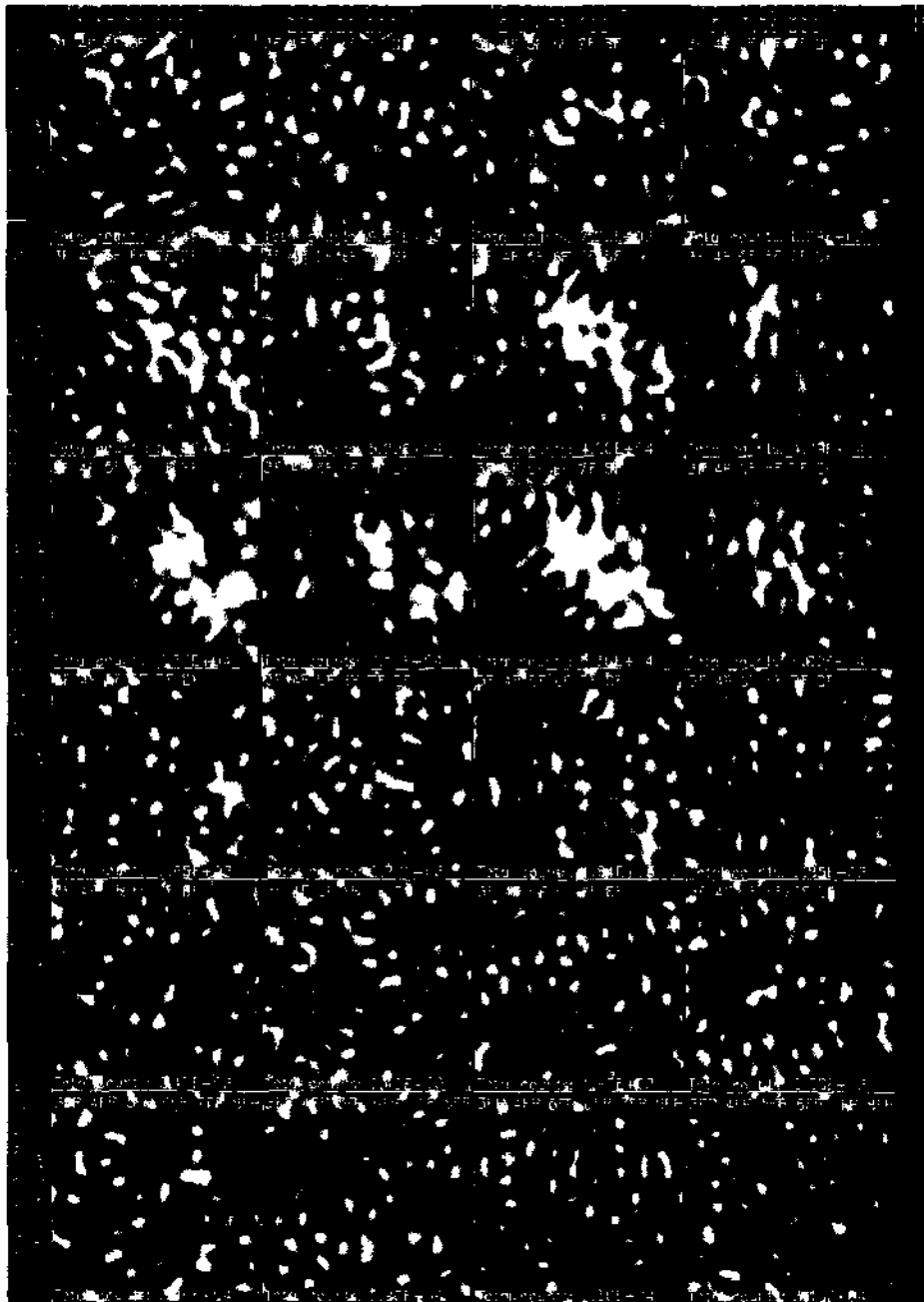
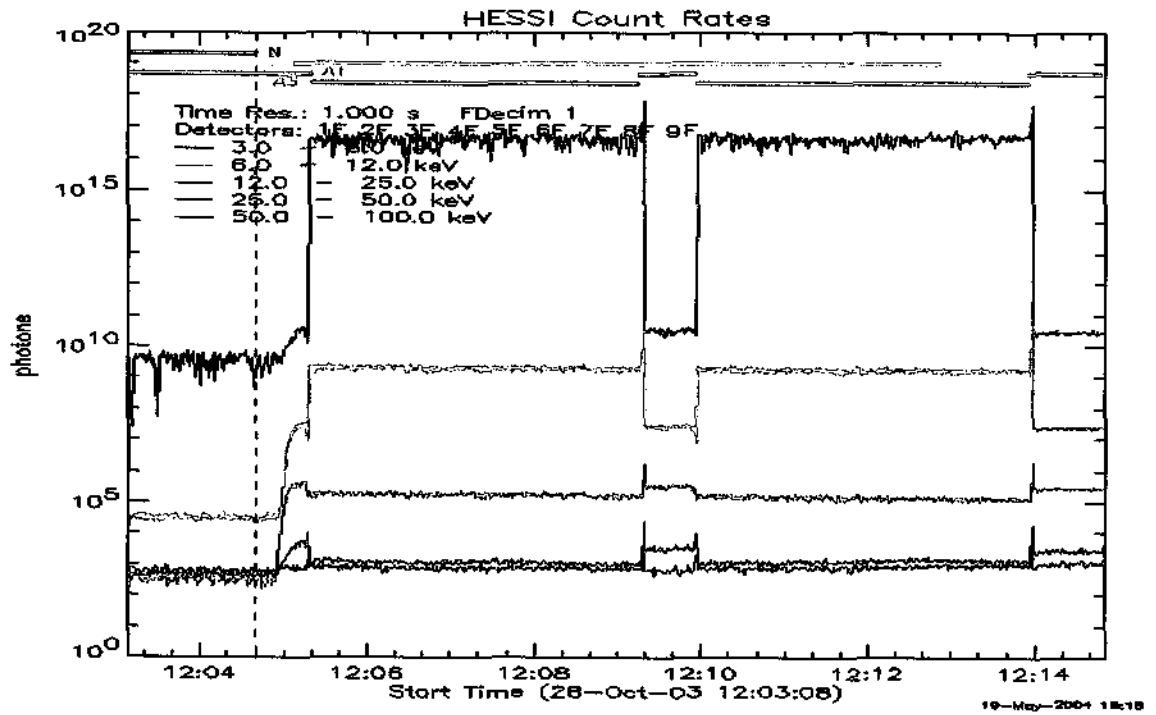


Imagem Rhesi de um Flare Solar de todo disco solar, gerado através do SSW. Range de energia de 6 à 25 KeV, em 128x128 pixels com resolução de 16 arcseg, do dia 28 de Outubro de 2003 das 12:06:20.0 às 12:07:20.0.

Algoritmo de Imagem BACK-PROJECTION



**Painel de imagens Rhesi, em alta resolução com 1 arcseg. em 128x128pixels.
Flare Solar de 3 à 300 KeV de 28 de Outubro de 2003 das 12:06:20 às 12:10:56.0
– Algoritmo de Imagem CLEAN**



Curva de Luz dos dados do RHESSI, gerado através do SSW
 Range de energia de 3 à 100 KeV de 28 Outubro de 2003 das 12:03 às 12:15

Arquivo associado:	281003F4.esp
Data de aquisição:	28/10/2003
Início de aquisição:	15:29:53.612 UT
Término de aquisição:	15:32:3.149 UT
Faixa de Frequência:	1200 - 2000 MHz
Resolução Temporal:	100 ms
Número de canais:	80
Número de varreduras:	1200

7. ATIVIDADES PROGRAMADAS

Com o intuito de dar continuidade ao projeto e para concluir o programa original, as seguintes atividades programadas devem ser realizadas:

- a) Aperfeiçoamento do aprendizado da utilização do SSW no INPE
- b) Aperfeiçoamento da utilização de rotinas específicas para tratamento dos dados do RHESSI
- c) Obtenção de espectros e evolução temporal dos índices espectrais
- d) Participação na determinação dos parâmetros das fontes de raios-X selecionadas
- e) Realização de uma estatística sobre a fenomenologia das explosões solares observadas simultaneamente pelo BSS e Yohkoh e BSS e RHESSI.

8. CONCLUSÃO

Conforme mencionado anteriormente, este Projeto de Iniciação Científica, tem como principal objetivo dar suporte ao tratamento dos dados de explosões solares através da utilização do SolarSoftware. Diversos avanços neste sentido já foram alcançados, sendo os resultados destas análises as imagens, os espectros, as curvas de luz, obtidos, além do valioso aprendizado dos procedimentos de análise, que estão servindo de base para as investigações em andamento do grupo.

Para um melhor aperfeiçoamento no uso do SSW no tratamento dos dados do satélite RHESSI, estão sendo lidos os manuais sobre a utilização de rotinas mais complexas do SSW, sobre o RHESSI (funcionamento, formato de dados gerados, os instrumentos utilizados, como transformar os dados obtidos em informações úteis para o estudo dos flares).

Mesmo dando ênfase ao RHESSI, o aperfeiçoamento na utilização dos dados obtidos pelo satélite YOHKOH continua. No entanto ainda não foi possível obter os ajustes espectrais para estes dados, devido aos problemas de inconsistência de rotinas do software com o sistema operacional, o que acarreta um tempo maior na verificação dos erros. O problema está no fato das rotinas de análise dos dados do Yohkoh terem sido feitas originalmente fora do SSW e posteriormente incorporadas, o que gera erros de execução. Porém, estamos estudando os comandos e as rotinas específicas para estas tarefas na tentativa de solucionar os problemas gerados pela sua execução. O mesmo já não ocorre com o pacote de rotinas do RHESSI, o qual é mais recente e compatível com o uso no SSW.

Com relação ao aprendizado da análise dos dados de explosões em rádio do BSS, também não foi encontrada muita dificuldade, os orientadores têm bastante familiaridade com programas para tratamento dos dados. Além da obtenção de espectros dinâmicos, estamos aprendendo os procedimentos para determinação dos parâmetros observacionais de estruturas finas decimétricas observadas, principalmente associadas ao flare solar de 06 de junho de 2000 (ver pôster apresentado na SAB no anexo 5). Vale lembrar que a ênfase do estudo neste trabalho está relacionada à implementação do SSW e tarefas relacionadas ao desenvolvimento computacional, não sendo necessário um alto grau de conhecimento de análise física dos eventos estudados.

Está sendo necessário fazer uma boa triagem de datas de possíveis flares ocorridos, pois nem todos que foram observados pelo BSS, localizado no INPE, foram observados e registrados pelo YOHKOK (intervalos com horários e durações diferentes e até inexistentes). Já o RHESSI, tem uma ampla observação, possuindo dados mais atuais, por ter sido lançado em 2002, podendo observar até mega flares.

A execução deste projeto tem contribuído efetivamente para minha iniciação em atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico e os resultados obtidos têm contribuído nas atividades de pesquisa desenvolvidas pelo grupo da Linha de P&D de FMI para investigação de explosões solares. Destacando principalmente a importância de poder realizar integralmente a análise de dados do Yohkoh e RHESSI, no INPE, mesmo considerando que ainda existem problemas na execução de determinadas rotinas para análise detalhada dos dados do Yohkoh.

Desta forma, considerando que já foram feitos vários esforços para atingirmos este estágio atual, principalmente no que diz respeito ao treinamento para utilização dos programas para tratamento dos dados dos satélites YHOKOH e RHESSI (desde sua instalação, configuração, conhecimento dos parâmetros e dos procedimentos de processamento destes dados) esperamos que com a renovação da bolsa, a minha participação nas atividades do grupo possa ser intensificada, e o projeto possa ser concluído com outros benefícios que virão.

APÊNDICES

1. RHESSI Software Documentation

2. Homepages sobre os manuais e documentação dos procedimentos de tratamento e análise dos dados do RHESSI

3. Curva de Luz do GOES para o mega-flare de 28/10/2003

4. Lista de eventos solares em 28/10/2003

5. Pôster apresentado na XXIX SAB, 2003

6. Produção Científica

A execução deste projeto vem contribuindo efetivamente para minha iniciação em atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso, tive oportunidade de participar da elaboração dos seguintes trabalhos técnico-científicos apresentados ou submetidos para apresentação em congressos:

1. Fernandes, F.C.R.; Sawant, H.S.; Cecatto, J.R.; **Caracini, A.G.**; Vats, H.O.; Karlicky, M. Evolução temporal da explosão solar de 06 de junho de 2000 apresentando estruturas finas em rádio frequências. Apresentado na XXIX Reunião Anual da SAB, São Pedro, SP. Boletim da SAB. 2003. v. 23, p. 174-174.
2. Fernandes, F. C. R.; H. S. Sawant, J.R. Cecatto, J.A.C.F. Neri, **A. G. Caracini**, M. C. Andrade, F.R.H. Madsen and Sharad R. Kane, Simultaneous solar observations in radio with PBDA and BSS and in x-ray by RHESSI satellite, A'presentado no 1ST BDA BRAIN STORMING WORKSHOP, 4-5 Setembro de 2003, INPE. Abstract Book p. 5.
3. Fernandes, F.C.R., Cecatto, J.R., Andrade, M.C., Madsen, F.R.H., **Caracini, A.G.**, Sawant, H.S., Decimetric fine structures and time evolution of the 6th June 2000 solar flare. Apresentado no VII Latin América Conference on Space Geophysics – COLAGE, Atibaia, SP, March 29–April 2, 2004.
4. Fernandes, F.C.R.; Cecatto, J.R.; Andrade, M.C.; **Caracini, A.G.**; Madsen, F.R.H.; Sych, R.; Sawant, H.S., Multi-spectral investigation of the 6 June 2000 solar flare. Aceito para o IAU Symposium 223, St. Petersburg, Rússia, 14-19 June, 2004.

- ☛ RHESSI Objects Tutorial - André Csillaghy (1 March 2001)
- ☛ RHESSI Objects Reference Manual - André Csillaghy

Miscellaneous

- ☛ Accessing RHESSI Data - Kim Tolbert (27 February 2003)
- ☛ The SolarSoftWare (SSW) System - Sam Freeland (6 February 2001)
- ☛ IDL Software for Analyzing Solar Images - Dominic Zarro (16 January 2003)
- ☛ Programming IDL Objects: Why and how to do it - Dominic Zarro (17 March 2004)
- ☛ Accessing GOES Lightcurve Data - Dominic Zarro (16 January 2003)
- ☛ Early Data Analysis with RHESSI - Hurford (20 March 2002)
- ☛ Interpreting PMTRAS Diagnostic Plots - Gordon Hurford (11 July 2002)

Responsible
NASA
Official:
Brian
Dennis
Web
Design:
Merrick
Berg



Laboratory
for
Astronomy
and Solar
Physics,
Goddard
Space
Flight
Center



Space
Science
Laboratory,
University
of
California
Berkeley



Responsible
Berkeley
Official:
Hugh
Hudson
Systems
Admin:
Jon Loran

This page last updated: January 30, 2004

HESSI GUI Guide

HESSI GUI General Information

[Overview](#)

[Getting Started](#)

[Quick Start](#)

[Startup Options](#)

[GUI Main Window Features](#)

[GUI Basics](#)

[Plot Basics](#)

[Setup](#)

[Environment Variables](#)

[Printing](#)

[Colors](#)

[GUI Menu Bar Buttons](#)

[Generic Plot Functions
\(PLOTMAN\)](#)

[Interaction between the GUI and
the Command Line Interface](#)

HESSI GUI Tasks

[Select Observation Time
Interval Widget](#)

[Select Analysis Intervals
Widget](#)

[HESSI Observing Summary
Data Widget](#)

[Quicklook Images Widget](#)

[Lightcurve Widget](#)

[Image Widget](#)

[Spectrum Widget](#)

[Synoptic Data Widget](#)

[Flare Catalog Widget](#)

[Image Movie Widget](#)

Snapshots

[Snapshot of GUI Initial
Screen](#)

[Snapshot of GUI Plot
Example 1](#)

[Snapshot of GUI Plot
Example 2](#)

RHESSI Imaging -- First Steps

Brian Dennis

Last modified 18 May 2002

This is a beginner's guide to RHESSI imaging. It assumes that you have already set up your computer to run IDL (Version 5.3.1 or later, preferably 5.4 or 5.5) with the Solar Software (SSW) tree and with access to the RHESSI flight data (see [Software Installation Instructions](#) and [Accessing HESSI Data](#)). It will take you through demonstrations using the [Graphical User Interface \(GUI\)](#) to the RHESSI software. Another [guide to RHESSI imaging](#) using the IDL command-line interface has been written by Chris Johns-Krull.

The objective of this document is to demonstrate how to obtain images for different time and energy intervals during a flare. Imaging spectroscopy is not covered in this demonstration; further analysis is required to obtain spectra for different areas within an image.

The GUI is a user-friendly way to obtain light curves, images, and spectra. This demonstration just covers light curves and images. Go to [Spectroscopy - First Steps](#) for a demonstration of how to obtain spectra. You can find more details on all of the RHESSI software from the [RHESSI Data and Software Center](#).

Select Flare with the GUI

First, let's select a flare using the Graphical User Interface (GUI). Enter IDL so that it uses SSW and has access to the RHESSI flight data. You should see the following standard prompt in the IDL window:

```
IDL>
```

To enter the GUI, simply type the following after this prompt:

```
hessi
```

You should get a window that looks like this:

RHESSI Spectroscopy -- First Steps

Brian Dennis

Last modified 12 January 2004 - added reference to hessi_spex

This is a beginner's guide to RHESSI spectroscopy. It assumes that you have already set up your computer to run IDL (Version 5.3.1 or later, preferably 5.4 or 5.5) with the Solar Software (SSW) tree and with access to the RHESSI flight data (see [Software Installation Instructions](#) and [Accessing HESSI Data](#)). It will take you through demonstrations of the RHESSI [Graphical User Interface \(GUI\)](#) to the RHESSI software and the [SPectral EXecutive \(SPEX\)](#) package. A detailed SPEX Help document called [Analyzing Flare X-ray Spectra Using SPEX](#) is available in SSW. It includes comments on an interactive session at the command line, and a description of the available user commands and parameters. A follow-on to this First Steps document called [RHESSI Spectroscopy - Second Steps](#) has been written by Linhui Sui and Astrid Veronig and provides instructions for the more advanced capabilities of SPEX. Another [guide to RHESSI spectroscopy](#) using the IDL command-line interface has been written by Chris Johns-Krull.

The objective of this document is to demonstrate how to obtain spectra of the total solar photon flux incident on the RHESSI instrument for different time intervals during a flare. Imaging spectroscopy is not covered in this demonstration; further analysis is required to obtain spectra for different areas within an image.

The GUI is a user-friendly way to obtain light curves, images, and count-rate spectra. Currently, it can also use the diagonal elements of the instrument response function to produce so-called "semi-calibrated" photon flux spectra but without subtracting background.

SPEX takes as its input the count-rate spectra produced by the GUI (or by this [IDL command-line input](#)). (See [Chris Johns_Krull's Overview of the Command Line Interface for HESSI Data Analysis Software](#).) SPEX defines the time intervals for analysis, determines and subtracts the background, decides on the functional form to assume for the photon spectrum, and uses the instrument response function to produce photon flux spectra. The user must provide guidance to SPEX at each step in the process as will be evident in this demonstration.

Select Flare with GUI

First, let's produce a semi-calibrated spectrum using only the Graphical User Interface (GUI), and using simulated data. Enter IDL so that it uses SSW and has access to the RHESSI flight data. You should see the following standard prompt in the IDL window:

```
IDL>
```

To enter the GUI, simply type the following after this prompt:

```
hessi
```

You should get a window that looks like this:

RHESSI Spectroscopy -- Second Steps

Linhui Sui, Astrid Veronig, Brian Dennis, Richard Schwartz

Last modified 2 February 2004

List of topics*:

1. How to analyze a flare with different attenuator states.
2. How to select multiple analysis intervals.
3. How to change fitting models.
4. How to save and restore the fitting parameters and spectral data.
5. How to plot the fitted spectra outside SPEX.
6. How to make a movie of the spectra.
7. How to choose and evaluate a background model.
8. How to create and customize postscript plots within SPEX.
9. How to use RHESSI data of a different orbit for Background subtraction.

*: Throughout this tutorial, the X4.8 flare on July 23 2002 and the M1.5 flare on June 1 2002 are used as examples to explain the topics. Words in italics represent SPEX commands

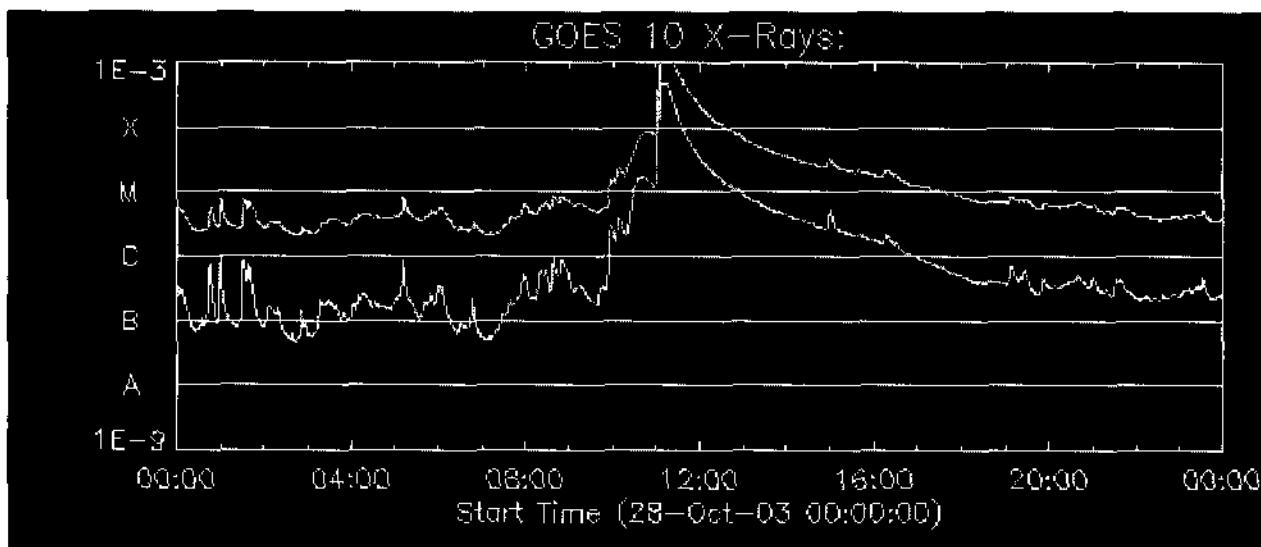
1. How to analyze a flare with different attenuator states

During most strong flares, the attenuator state will be changed. The following plot is an uncorrected quicklook light curve of the X4.8 flare on July 23 2003 plotted in the GUI.

YOHKOH SXT

GOES Satellite X-Ray Data

Program run at: Mon May 31 06:24:00 2004



Plot was made using one-minute averages of GOES 3 second data

The Above GIF File Program *www_get_gev* run at: Mon May 31 06:24:01 2004

GOES Event Listing for Period: 28-OCT-03 through 29-OCT-03 00:00:00

Date	DOY	Start	Peak	Stop	Class	OP	Location	AR#
28-OCT-03	301	00:41	00:45	00:48	C5.3	-	-	-
28-OCT-03	301	00:56	00:59	01:02	C6.7	-	-	-
28-OCT-03	301	01:27	01:33	01:45	C7.5	SF	S19E15	486
28-OCT-03	301	05:07	05:11	05:14	C7.7	1F	N06W53	484
28-OCT-03	301	08:35	08:39	08:44	C8.7	-	-	-
28-OCT-03	301	09:51	11:10	11:24	X17.	-	-	-

This Event Listing as Text File

freeland@sxt1.lmsal.com

:Product: 20031028events.txt
 :Created: 2003 Oct 31 0302 UT
 :Date: 2003 10 28
 # Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center.
 # Please send comments and suggestions to SEC.Webmaster@noaa.gov
 #
 # Missing data: ////
 # Updated every 30 minutes.

Edited Events for 2003 Oct 28

#Event	Begin	Max	End	Obs	Q	Type	Loc/Frq	Particulars	Reg#
4900	0000	////	0000	CUL	C	RSP	18-200	CTM/3	0486
4900	0002	0004	0006	PAL	G	RBR	15400	95	0486
4900	0004	0006	0008	PAL	G	RBR	8800	69	0486
4910	0012	0014	0016	LEA	3	FLA	N08E08	SF PRB	0488
4910	0014	0015	0015	LEA	G	RBR	245	400	0488
4920	0032	0044	0121	LEA	3	FLA	N08E08	SF PRB	0488
4920 +	0041	0045	0048	G12	5	XRA	1-8A	C5.3 1.8E-03	0488
4930	0051	0051	0051	LEA	G	RBR	606	66	
4940	0054	0100	0129	LEA	3	FLA	N03W55	1F ERU	0484
4940 +	0056	0059	0102	G12	5	XRA	1-8A	C6.7 1.8E-03	0484
4940	0058	0058	0058	LEA	G	RBR	410	61	0484
4940 +	0058	0059	0059	LEA	G	RBR	606	280	0484
4940 +	0058	0058	0059	LEA	G	RBR	8800	190	0484
4940 +	0058	0058	0058	LEA	G	RBR	15400	73	0484
4940	0058	0058	0059	PAL	G	RBR	2695	60	0484
4940	0058	0058	0059	PAL	G	RBR	4995	200	0484
4940	0058	////	0059	LEA	C	RSP	025-121	III/2	0484
4950	0111	////	0114	LEA	C	RSP	025-130	III/2	
5250	0122	0125	0134	LEA	3	FLA	N08E07	SF PRB	0488
4960 +	0127	0133	0145	G12	5	XRA	1-8A	C7.5 6.1E-03	0486
4960 +	0130	0133	0140	LEA	3	FLA	S19E15	SF ERU	0486
4960 +	0131	0132	0137	LEA	G	RBR	15400	300	0486
4960 +	0132	0132	0136	LEA	G	RBR	8800	140	0486
4960	0137	0137	0137	PAL	G	RBR	4995	56	0486
4960 +	0144	0144	0144	LEA	G	RBR	245	210	0486
4970	0149	0149	0149	LEA	G	RBR	245	280	
4980	0153	0154	0154	LEA	G	RBR	245	540	
4990	0203	0204	0205	LEA	G	RBR	245	440	
4990	0203	0203	0205	LEA	G	RBR	8800	73	
4990 +	0203	0203	0204	LEA	G	RBR	15400	79	
5000	0219	0219	0223	LEA	3	FLA	N08E07	SF PRB	0488
5010	0227	0234	0245	LEA	3	FLA	N09E08	SF PRB	0488
5020	0248	0258	0258	LEA	G	RBR	245	120	0488
5020	0248	0257	0309	LEA	3	FLA	N08E07	SF PRB	0488
5020	0249	0258	0259	LEA	G	RBR	410	99	0488
5260	0309	0313	0316	LEA	3	FLA	N10E07	SF PRB	0488
5030	0317	0333	0352	LEA	3	FLA	N08E07	SF PRB	0488
5030	0331	0331	0332	LEA	G	RBR	245	370	0488
5040	0353	0411	0513	LEA	3	FLA	N08E06	1F PRB	0488

5040	0438	////	0439	CUL	C	RSP	18-45	III/3		0488
5050	0456	0510	0513	LEA	G	RBR	8800	100		0484
5050	0457	0510	0514	LEA	G	RBR	4995	180		0484
5370	0457	////	0458	CUL	C	RSP	18-50	III/3		
5050 +	0507	0511	0514	G12	5	XRA	1-8A	C7.7	2.6E-03	0484
5050	0509	0518	0518	LEA	G	RBR	606	59		0484
5050 +	0509	0513	0552	LEA	3	FLA	N06W53	1F	PRB	0484
5050	0510	0510	0510	LEA	G	RBR	1415	55		0484
5050	0510	0510	0510	LEA	G	RBR	2695	62		0484
5050	0510	////	0519	CUL	C	RSP	18-90	III/3		0484
5070	0514	0548	0620	LEA	3	FLA	N08E05	SF	PRB	0488
5170 +	0525	0526	0631	LEA	G	RNS	606	92		
5070	0534	////	1033	SVI	C	RSP	025-180	CTM/2		0488
5170 +	0534	1526	U1531	SVI	G	RNS	245	5800		
5170 +	0534	1508	U1531	SVI	G	RNS	410	3600		
5060	0547	0549	0553	LEA	3	FLA	S11E00	SF	ERU	0489
5190	0553	0602	0638	LEA	3	FLA	N03W58	1F	ERU	0484
5280	0623	0647	0703	LEA	3	FLA	N10E04	SF	PRB	0488
5280	0646	////	0654	CUL	C	RSP	20-700	III/2		0488
5080	0734	0737	0743	LEA	3	FLA	S11W01	SF	ERU	0489
5200	0738	0740	0749	LEA	3	FLA	N06W56	SF	ERU	0484
5310	0750	0854	0905	IZM	F	RBR	3000	37		
5090	0753	0755	0759	LEA	3	FLA	N08E04	SF	ERU	0488
5210	0756	0757	0802	LEA	3	FLA	S20E08	SF	ERU	0486
5090	0816	0826	0831	LEA	G	RBR	4995	96		0488
5090 +	0816	0817	0841	SVI	G	RBR	8800	200		0488
5100	0817	0826	0840	SVI	G	RBR	4995	110		0486
5100 +	0817	0817	0817	SVI	G	RBR	15400	76		0486
5100	0819	0827	0838	LEA	3	FLA	S17E12	SF	ERU	0486
5290 +	0835	0839	0844	G12	5	XRA	1-8A	C8.7	4.1E-03	0488
5110	0842	0849	0906	LEA	3	FLA	S17E09	SF	ERU	0486
5290	0842	U0859	A0902	SVI	3	FLA	N08E04	SF	PRB	0488
5110 +	0846	0854	0909	SVI	G	RBR	4995	100		0486
5110 +	0846	0849	0911	SVI	G	RBR	8800	110		0486
5110 +	0848	0849	0854	SVI	G	RBR	15400	67		0486
5300	0904	0910	0924	SVI	3	FLA	N08E03	SF	PRB	0488
5300 +	0908	0913	0916	LEA	3	FLA	N08E03	SF	PRB	0488
5120 +	0951	1110	1124	G12	5	XRA	1-8A	X17.2	1.8E00	0486
5320	0953	0954	0956	SVI	U	RBR	245	2200		0486
5320 +	0953	0954	0957	SVI	G	RBR	4995	250		0486
5320 +	0953	0954	0956	SVI	G	RBR	8800	650		0486
5320	0953	0954	0956	SVI	G	RBR	15400	620		
5320	0954	0954	0954	SVI	U	RBR	606	190		0486
5320 +	0954	0954	0954	SVI	G	RBR	2695	84		
5320	0956	0956	0956	SVI	U	RBR	410	260		0486

5120	B1001	U1205	A1420	SVI	2	FLA	S16E08	4B	PRB	0486
5120	1003	1107	1456	SVI	U	RBR	8800	70000		0486
5120	1004	1112	1448	SVI	U	RBR	4995	47000		0486
5120	1004	1104	1456	SVI	U	RBR	15400	57000		0486
5120 +	1005	1104	U1508	SVI	U	RBR	410	37000		0486
5120	1014	1117	U1508	SVI	U	RBR	606	31000		0486
5120 +	1014	1114	1459	SVI	G	RBR	2695	13000		0486
5120	1015	1102	U1508	SVI	U	RBR	245	490000		0486
5120	1016	1201	1501	SVI	G	RBR	1415	22000		0486
5120 +	1033	////	1531	SVI	C	RSP	025-180	IV/3		0486
5120 +	1102	////	1111	SVI	C	RSP	025-180	II/3	1250	
5360	B1132	1132	A1211	SVI	2	FLA	S06E02	SF		0491
5150 +	1230	1240	1240	CUL	7	FLA	////	F		0488
5160	1349	////	0000	HOL	C	RSP	030-180	IV/2		
5180	1452	1453	1534	HOL	2	FLA	S16E01	SF	ERU	0486
5180 +	1530	1530	1654	SAG	G	RBR	410	6900		0486
5180 +	1530	1613	1654	SAG	G	RBR	606	1900		0486
5180 +	1530	1531	1654	SAG	G	RBR	1415	5700		0486
5180 +	1530	1609	1654	SAG	G	RBR	2695	440		0486
5180 +	1530	1614	1654	SAG	G	RBR	4995	250		0486
5180 +	1530	1530	1654	SAG	G	RBR	8800	290		0486
5180 +	1530	1530	1654	SAG	G	RBR	15400	270		0486
5180 +	1531	1628	1654	SAG	G	RBR	245	11000		0486
5330	B1601	U1613	A1617	HOL	3	FLA	S16W01	SF		0486
5220 +	1613	1615	1645	HOL	3	FLA	N06W61	2F	ERU	0484
5230	1628	1631	1638	HOL	3	FLA	N07W02	SF	ERU	0488
5390	1931	////	B2130	HOL	3	SPY	////	0.21	B.9A	0000
5340	1945	1946	1950	HOL	3	FLA	S15E03	SF	ERU	0486
5340 +	1948	1950	1951	PAL	G	RBR	15400	92		0486
5340 +	1950	1950	1951	PAL	G	RBR	8800	79		0486
5460	2033	2041	2105	HOL	3	FLA	S15E03	SF	ERU	0486
5350	2047	2103	2200	HOL	3	FLA	N10W03	SF		0488
5400	B2127	2128	2133	CUL	3	FLA	N10W03	SF		
5410	2137	2138	2151	HOL	3	FLA	S15E03	SF	ERU	0486
5410	2137	2139	2144	PAL	G	RBR	410	130		0486
5570	2240	////	0000	LEA	C	RSP	025-180	IV/2		
5420 +	2302	2302	2304	PAL	G	RBR	8800	63		
5420 +	2302	2303	2304	PAL	G	RBR	15400	65		
5430 +	2312	2313	2313	PAL	G	RBR	410	540		
5430 +	2313	2313	2313	PAL	G	RBR	1415	2500		
5440	B2333	2333	2338	CUL	3	FLA	N10W04	SF		

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA EXPLOSÃO SOLAR DE 06 DE JUNHO DE 2000 APRESENTANDO ESTRUTURAS FINAS EM RÁDIO FREQUÊNCIAS

Francisco C. R. Fernandes, Hanumant S. Sawant,
José R. Cecatto, Alessandro G. Caracini
DAS - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil

Hari O. Vats
PRL - Ahmedabad, Índia

Marian Karlický
Ondřejov Observatory, República Tcheca

INSTRUMENTAÇÃO

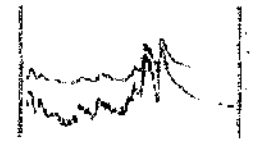
BSS

9 m de diâmetro
1200-1700 MHz
 Δt : 50 ms
 Δf : 5 MHz
100 canais

RESUMO

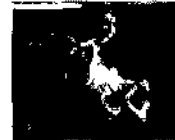
Em 06 de junho de 2000 (~15:00-17:00 UT), o Brazilian Solar Spectroscop (BSS) registrou uma explosão solar intensa no intervalo de frequência de (1200-1700) MHz, com alta resolução temporal (50 ms) e espectral (5 MHz). A atividade solar relacionada a esta explosão associada à região ativa (AR) 9026 e classificada como X2.3 foi grande. O Ondřejov Observatory registrou rádio emissões até 4,5 GHz. O satélite SOHO registrou uma série de erupções solares, incluindo uma Ejeção de Massa Coronal (CME) tipo "full-halo" (~15:54 UT). Explosões tipo II/IV também foram registradas. Na faixa de ondas decimétricas, este evento apresentou dois picos distintos (~15:21 UT e ~16:42 UT). O primeiro pico coincide com a explosão registrada em raios-X moles (GOES) e em raios-X duros (Yohkoh). Os espectros dinâmicos com alta resolução do BSS revelaram várias estruturas finas, principalmente emissões tipo "zebra" e "fibra", rádio pulsações, emissões tipo III e do único caso de emissões "zebra" harmônicas observado na faixa decimétrica. Neste trabalho, analisamos a evolução temporal e o comportamento global do evento de 06 de junho de 2000, com ênfase na identificação e associação da ocorrência de cada tipo de estrutura fina registrada em rádio com cada etapa da explosão. Resultados preliminares mostraram que, na fase pré-flare, as estruturas finas apresentaram taxa de deriva negativa (~70-190 MHz/s). As emissões tipo "zebra" concentram-se na fase de descida do primeiro pico impulsivo e na de subida do segundo pico. Enquanto que as emissões tipo "fibra" ocorrem em ambas fases, mas preferivelmente durante a fase de descida.

GOES X-RAY PROFILES

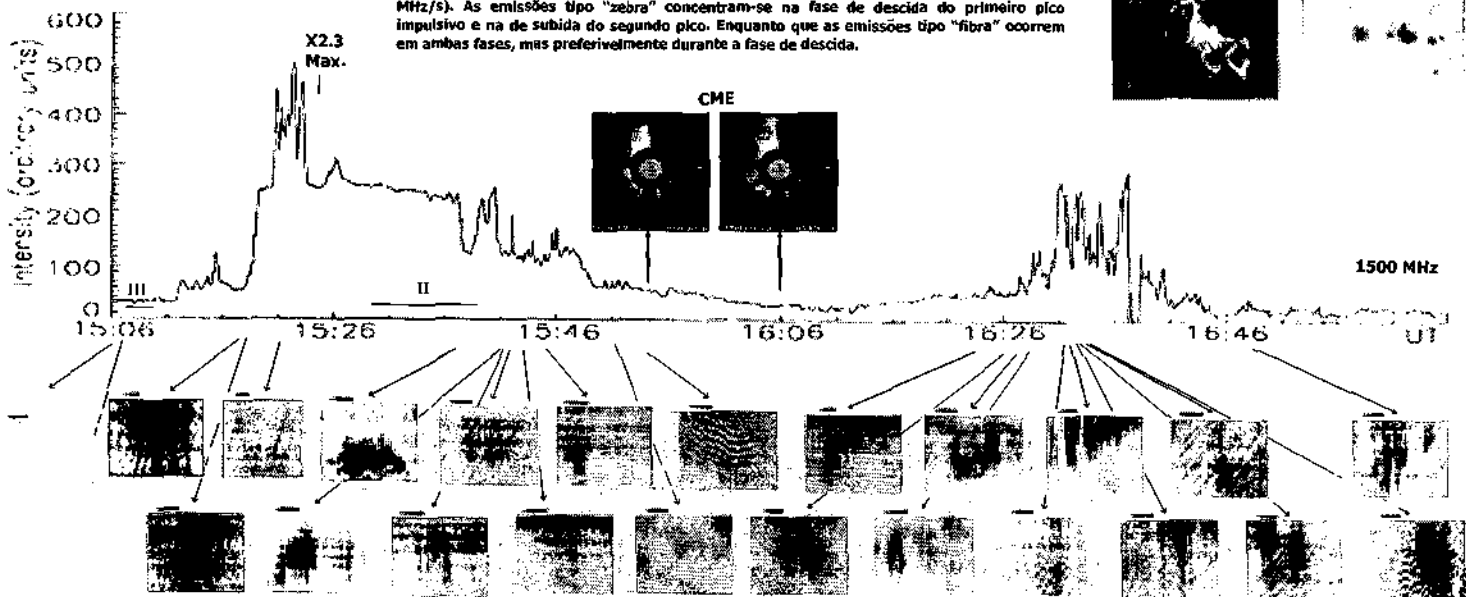
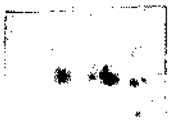


REGIÃO ATIVA 9026

H-ALFA



LUZ BRANCA



OBSERVAÇÃO

Para o estudo detalhado da evolução de explosões solares intensas e da ocorrência de estruturas finas em altas frequências decimétricas são necessárias observações com alta resolução temporal e espectral e sobre um amplo intervalo em frequência. O evento registrado pelo BSS em 06/06/2000 na banda de 1200-1700 MHz apresentou dois picos distintos (15:21 UT e 16:42 UT), durante uma emissão tipo IV (14:57-21:21 UT). O Observatório Ondřejov também registrou rádio emissões na faixa de 2,0-4,5 GHz. Associada com o primeiro pico em rádio, o Solar Geophysical Data registrou uma explosão classe X2.3 detectada pelo GOES na região ativa AR9026 localizada em N33E25; a explosão ocorreu entre 14:58 e 15:40 UT e atingiu seu máximo às 15:25 UT. Entre 15:28 e 15:39 UT foi registrada uma explosão tipo II. O SOHO registrou CMEs às 15:30 UT e 15:54 UT. Neste trabalho são destacadas as estruturas finas (em tempo e frequência) registradas durante o evento.

PULSAÇÕES

Pulsações são grupos bastante compactos de estruturas finas com curta duração e banda de 100-200 MHz. Apresentando deslocamento em frequência.

FIBRAS

Emissões com taxa de deriva intermediária (1-100 MHz/s). Sequências de "franjas" de emissão (intensas) sobrepostas a emissão contínua e associadas com tipo IV.

ZEBRAS

Sequências de emissões quasi-paralelas (separação ~70-90 MHz) de banda estreita (banda instantânea ~10 MHz), ocorrem ao longo de seg a min, com baixa e variável taxa de deriva.

TIPO III

Assinatura de feixes de elétrons acelerados. Curta duração (~300 ms) e banda > 100 MHz. Alta taxa de deriva. Ocorrem geralmente em grupos.

TIPO U/ U

Frequência de emissão cresce e depois decresce (vice-versa). Feixes ao longo de linhas fechadas.

COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Os principais destaques da análise da evolução da explosão registradas são:

- estruturas finas na fase pré-impulsiva
- emissões tipo fibra com taxa de deriva inversa $\langle df/dt \rangle \sim -85$ MHz/s, principalmente na fase de subida
- emissões tipo zebra entre os dois picos em rádio
- emissões tipo zebra harmônicas (~1650 e 3500 MHz)
- pulsações e EFs com deslocamento em frequência (60-100 MHz/s) sugerindo deslocamento da fonte de +altas para +baixas densidades
- EFs tipo U/U-invertido

Implicações da análise e determinação dos parâmetros das estruturas finas estão em andamento, em particular a investigação das estruturas tipo U e dos grupos de estruturas finas com deslocamento em frequência presentes nas pulsações.

SOHO/LASCO CME CARACTERÍSTICAS

Hora (UT)	Ângulo Posição (°)	Largura Angular (°)	Velocidade (km/s)	Aceleração (m/s ²)	
15:30:05	6	4	90	929 1055	111,9
15:54:05	Matp	47	360	1119 1130	1,5

AGRADECIMENTOS:



BRAZILIAN SOLAR SPECTROSCOPE
INPE / Divisão de Astrofísica - DAS
Cx. Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP
Phone: (0XX12) 3945-7211 / 3945-7202
e-mail: guga@das.inpe.br