



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física Gleb Wataghin

Iniciação Científica IF 690
Relatório Final – 21/11/2005



Mariana Nani Costa RA: 034618

Prof. Responsável: Dr. José Joaquim Lunazzi
Orientador: Dr. Pierre Kaufmann

Introdução

Os CMEs, Coronal Mass Ejections (ejeções de massas coronais), são os fenômenos solares mais energéticos. Estas ejeções de material podem ser detectadas em vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético (rádio, H- α , UV, Raios-X) bem como diretamente por detectores no espaço (descritos na revisão de St. Cyr *et al.*, 2000, e referências ali citadas).

Há muita controvérsia quanto às causas físicas originando as ejeções de massa. Existem indicações de que muitos CMEs não apresentam nenhuma óbvia relação com explosão solar e não existe nenhuma evidente correlação com o número de manchas solares (Howard *et al.*, 1985; Webb, 2000; St. Cyr *et al.*, 2000).

Alguns CMEs específicos foram explicados pela desestabilização de estruturas magnéticas coronais de grande escala tipo “streamers”, ou devido a expulsão de plasmas pelo rompimento de filamentos na atmosfera solar (Wu *et al.*, 2000; Simnett, 2000), outros parecem começar juntamente com emissões em raios-X mole (Harrison, R. A. 1986). Vários outros parecem acontecer sem nenhuma evidente atividade observada no Sol (Webb, 2000; St. Cyr *et al.*, 2000 e referências citadas).

Recentes observações utilizando o Radiotelescópio Solar Submilimétrico (SST) mostram exemplos de aumento do índice de cintilação alguns minutos antes e/ou durante o instante de lançamento dos CMEs, podendo estes apresentar relação direta com explosões e/ou manchas ou ser engatilhados por outros transientes solares (Kaufmann *et al.*, 2003)

Este projeto propõe uma associação entre o índice de cintilação e o horário de lançamento do CME, estudando o período de excepcional atividade em Outubro – Novembro de 2003, fazendo uso dos dados obtidos com o SST. Também propõe o acompanhamento da caracterização de sensores bolométricos na faixa THz.

Correlação entre CME's e eventos pulsados em ondas submilimétricas

O telescópio solar submilimétrico, SST, instalado no Complexo Astronômico de El Leoncito, Andes Argentinos, opera em duas frequências: quatro feixes em 212 GHz, e dois feixes em 405GHz, operando simultaneamente com tempo de resolução de 1 milissegundo. Mais detalhes sobre suas características estão descritas em (Kaufmann *et al.*, 2001).

Para análise dos dados obtidos com o telescópio submilimétrico, foi utilizado um software de redução de dados chamado Interactive Data Language, (IDL). Com este software é possível desenvolver um programa para obtenção do índice de cintilação, que é uma

divisão entre a diferença da temperatura máxima e temperatura mínima observada, e diferença da temperatura do Sol e temperatura do céu a cada 3 segundos(1).

$$(1) \quad I = \frac{\langle T_o - T_{ceu} \rangle}{\langle T_{o_{Max}} - T_{o_{Min}} \rangle_{3s}}$$

A seleção de eventos ocorreu utilizando imagens obtidas com os coronógrafos C2 e C3 do LASCO, a bordo do Solar Heliospheric Observatory ,SOHO (Brueckner et al., 1995). Para completar a descrição dos eventos, foram analisadas imagens em ultra-violeta, obtidas pelo Extreme Ultraviolet Imaging Telescope, EIT, também a bordo do SOHO (Delaboudinière et al., 1995) e dados do GOES X-ray fornecidos pelo NOAA Solar Geophysical Data Bulletins (2003).

Os parâmetros utilizados para a seleção de eventos foram: (a) seleção de ejeção de matéria coronal obtida com os coronógrafos C2e C3, com horários correspondentes ao funcionamento do SST (12:00 – 21:00 UT); (b) para os eventos selecionados em (a) os dados do SST deveriam apresentar boas condições observacionais assim como condições atmosféricas favoráveis.

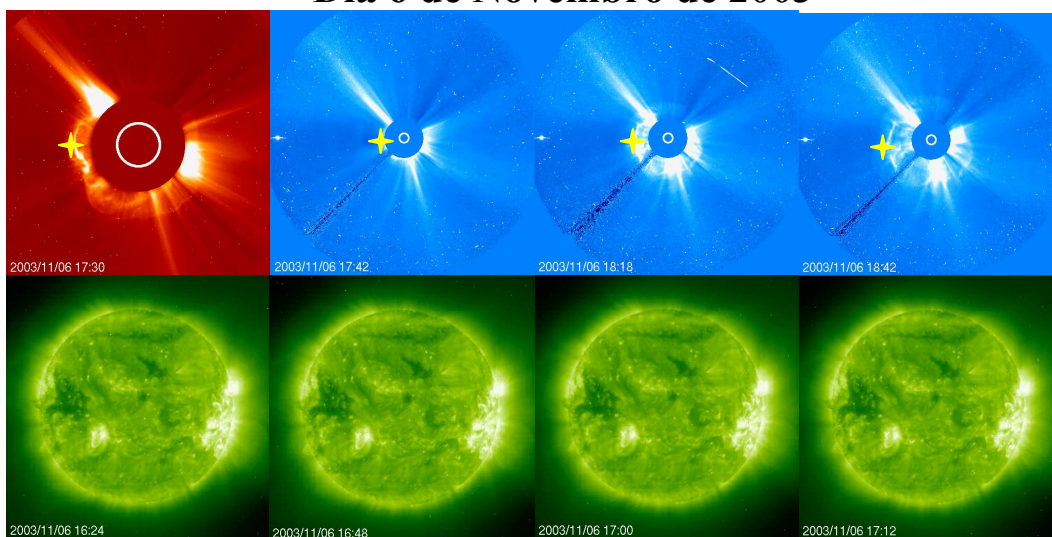
Esta seleção resultou em treze eventos para análise, ver tabela 1. Para os treze eventos foi estimado o horário de lançamento da ejeção de matéria. Para esta estimativa foi escolhido um ponto do CME o qual era possível acompanhar sua evolução temporal, calculando assim sua distância em relação à borda do sol (Fotosfera); estes valores foram normalizados em função do raio solar.

Tabela 1: Relação de CME selecionados com horário estimado de lançamento (HL)

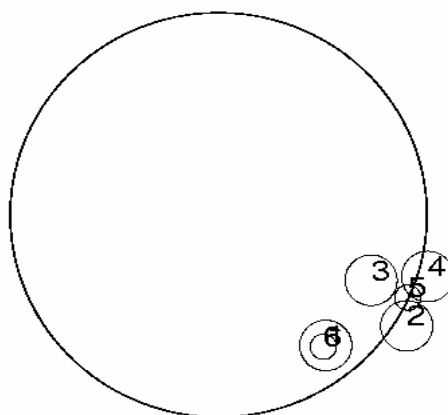
dia	horário C2	horário C3	HL
18/10/2003	15:30	16:18	14:41h
19/10/2003	17:30	18:15	15:51h
22/10/2003	20:30		19:40h
23/10/2003	20:06		19:37h
24/10/2003	18:18		15:39h
26/10/2003	17:54	18:18	17:37h
1/11/2003	12:30	14:18	10:56h
2/11/2003	17:30		17:13h
4/11/2003	19:54	20:18	19:38h
6/11/2003		17:42	16:58h
7/11/2003	15:54	16:18	15:55h
11/11/2003	18:30		15:18h
12/11/2003	18:30	19:42	17:55h
15/11/2003	17:50	18:18	17:34h

Após esta seleção, foi calculado para todos os dias o índice de cintilação, analisadas imagens em ultra-violeta e gráficos dos eventos em raio-x. Na figura 2 encontra-se exemplo de CME com sua evolução temporal, evolução em ultra-violeta, posição dos feixes do SST no Sol, gráfico da distância em Raios Solares x Tempo com horário estimado de lançamento, condições atmosféricas, gráfico raio-X e índice de cintilação,

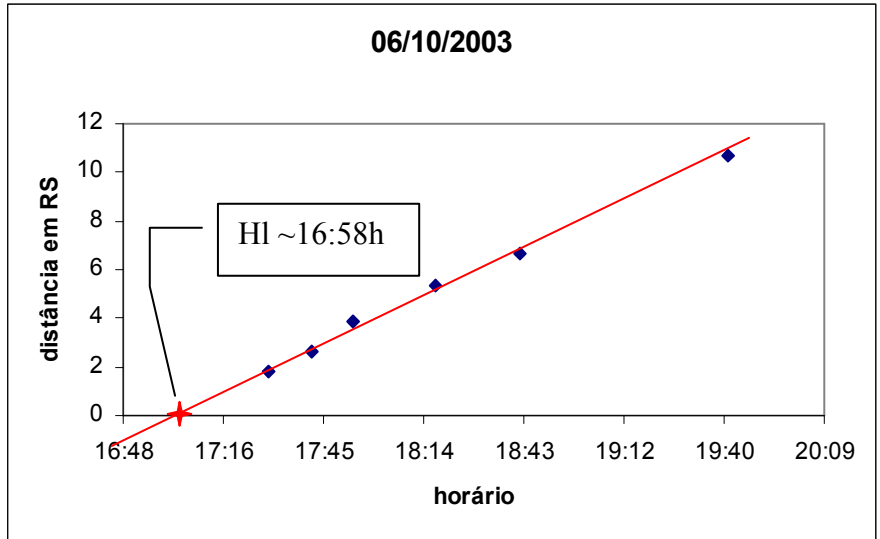
Dia 6 de Novembro de 2003



(a)



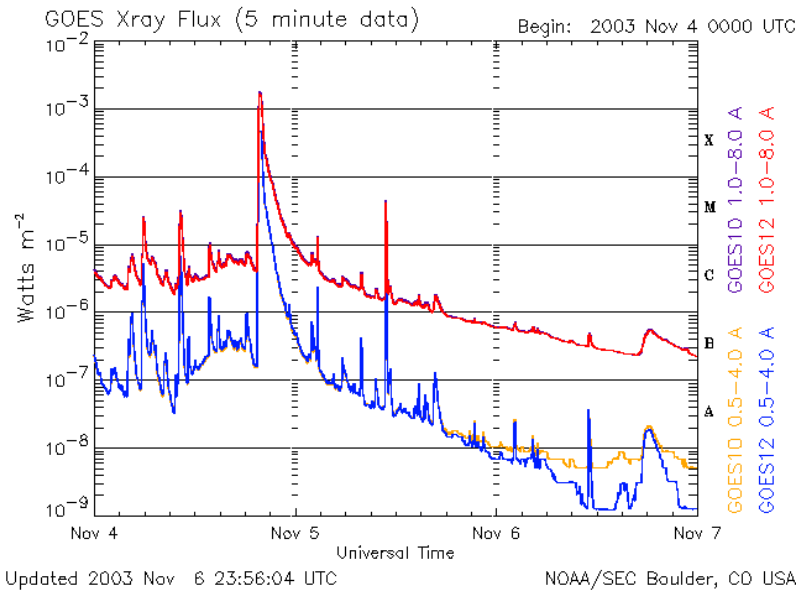
(b)



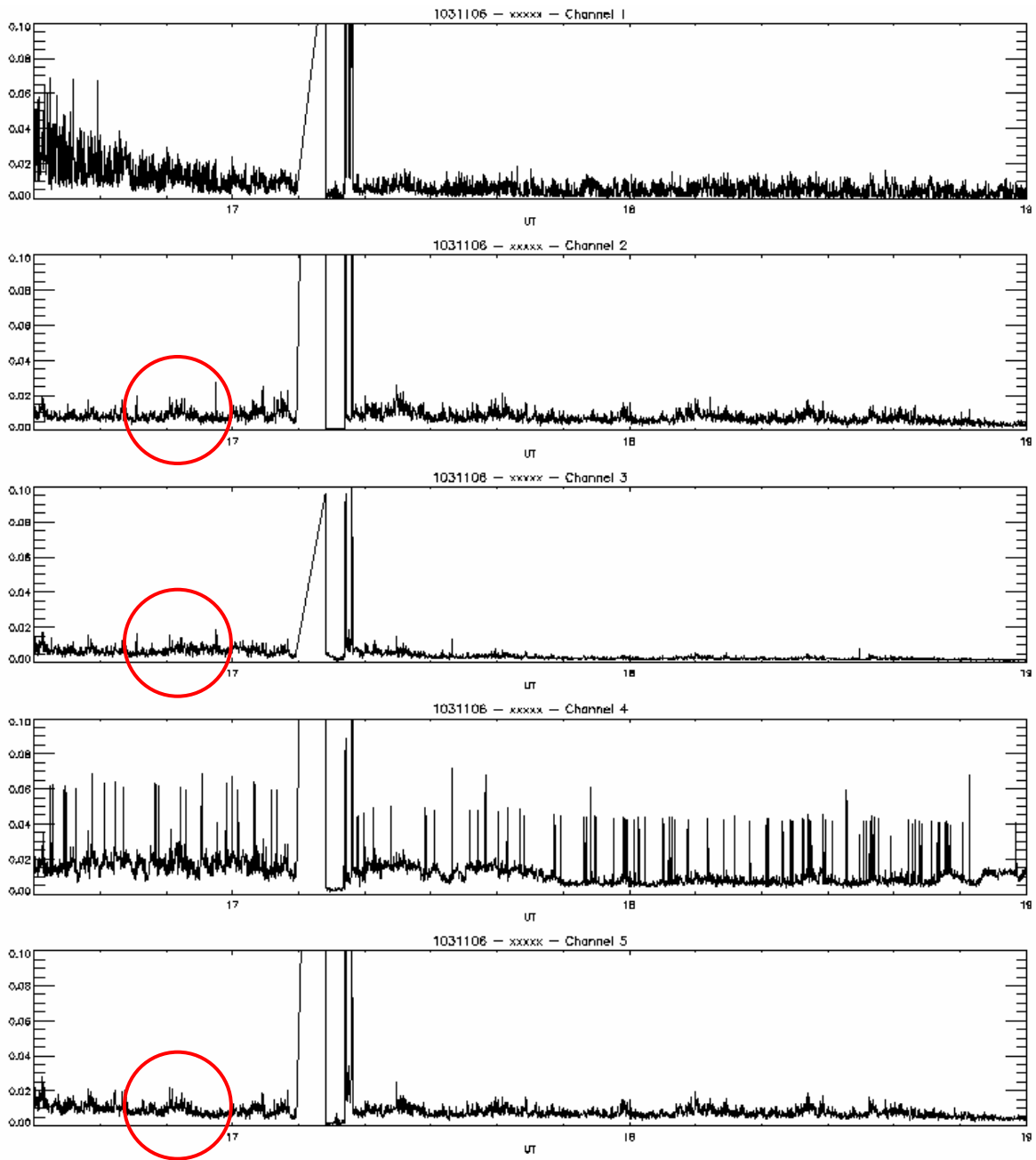
(c)

<i>dia</i>	<i>horario</i>	<i>humidade</i>	<i>cond atm</i>
6/11/2003	17:09	7,10%	limpo
	17:00		
	17:12		
	15:49		

(d)



(e)



(f)

Figura 2: (a) Acompanhamento da evolução temporal do CME pelos coronógrafos e em UV; (b) Posição rastreamento dos feixes do SST; (c) Gráfico com horário previsto para lançamento; (d) Condições atmosféricas em El Leoncito; (e) Gráfico Raio-X; (f) cintilação

Ensaio com câmera comercial para infravermelho médio, 30 THz.

Está ocorrendo no Centro de Componentes semicondutores, CCS, desenvolvimentos relacionados à aplicação de uma câmera comercial para a faixa do infravermelho médio, 30 THz. Os primeiros ensaios estão sendo realizados no Observatório Bernard Lyot, Campinas, propriedade de Rogério Marcon, astrônomo amador e técnico da Unicamp. A proposta para estas aplicações é a detecção de transientes solares nestas frequências, fenômeno ainda não observado assim como medidas meteorológicas como, imageamento de nuvens e determinação da opacidade atmosférica.

Na Figura 3 abaixo estão algumas fotos ilustrativas dos primeiros testes utilizando um arranjo óptico apropriado para estes ensaios.



Figura 3: Fotos ilustrativas das instalações do Observatório de Bernard Lyot, Campinas.

Durantes estes testes pudemos observar manchas no disco solar nesta frequência, ver Figura 4. Estas manchas são regiões mais frias do que a fotosfera “calma” do Sol, apresentando um aquecimento (ou abrilhantamento) nas regiões

vizinhas. Estes resultados confirmam os experimentos de Turon et al., 1979 e Gezari et al., 1999.

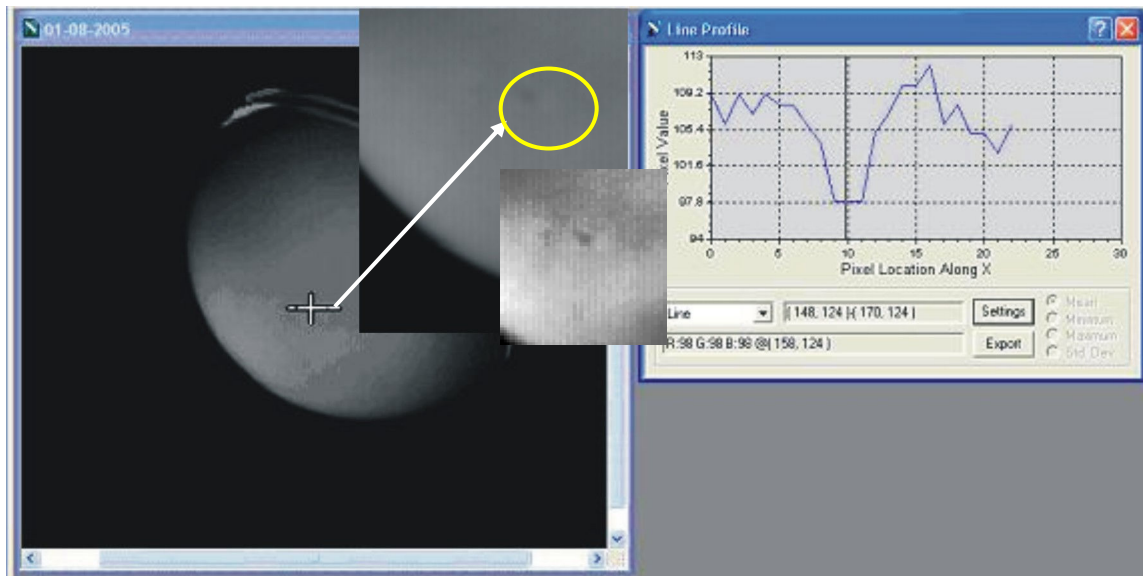


Figura 4: Imagem de uma macha solar para dia 01 de Agosto de 2005.

Próximos Passos

Este projeto continuará sendo desenvolvido pela aluna. O próximos passos serão:

1. Iniciar a análise dos pulsos observados em ondas submilimétricas nas regiões onde ocorre um aumento do índice de cintilação.
2. Continuar acompanhando e participando dos ensaios realizados com a câmera de 30 THz.

Comentários do Coordenador

Ao projeto: projeto aprovado.

Ao Relatório Parcial: RP aprovado. Somente que suponho que o indicado como - Observatório de Bernard Lyot - corresponda a - Observatório "Bernard Lyot" -.

Bibliografia

Brueckner, G. E. et al., The large angle spectroscopic coronagraph (LASCO), *Solar Phys.*, 162,357, 1995.

Delaboudinière, J. –P., et al., EIT: Extreme-Ultraviolet Imaging Telescope for the SOHO Mission, *Solar Phys.*, 162, 291, 1995.

Gezari D., Livingston W., Varosi F., “Thermal Structure in Sunspots and Dynamic Solar Infrared Granulation Imaged at 4.8, 12.4 and 18.1 Microns”, High Resolution Solar Physics: Theory, Observations, and Techniques, ASP Conference Series, vol. 183, 1999.

Harrison, R. A., Solar coronal mass ejections and flares, *Astron. Astrophys.*, 162, 283-291, 1986.

Howard, R.A., N.R. Sheeley, Jr., M.J. Koomen, and D.J. Michels, Coronal mass ejections: 1979-1981, *J. Geophys. Res.*, 90, 8173, 1985.

Kaufmann, P., et al., The new submillimeter-wave solar telescope, *Proc. 2001 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conf.*, August 6-10, Belém, Pará, Brazil. Reproduced with IEEE copyright permission in INATEL, *Telecomunicações*, 4, 18, 2001.

Kaufmann P., Giménez de Castro C. G., Makhmutov V. S., Raulin J.-P., Schwenn R., Levato H., Rovira M., “Launch of Solar Coronal Mass Ejections and Submillimeter Pulse Bursts”, *J. Geophys. Res.* 108, A7, SSH 5.1, 2003

Simnett, G.M., The relationship between prominence eruptions and coronal mass ejections, *J. Atmosph.Sol.Terr.Phys.*, 62, 1479, 2000.

St. Cyr, O.C., et al., Properties of coronal mass ejections: SOHO LASCO observations from January 1996 to June 1998, *J. Geophys.Res.*, 105, 18169, 2000.

Turon P. J., Léna P. J., “High resolution solar images at 10 microns sunspot details and photometry”, *Solar Physics*, 14, 1970.

Webb, D.F., Understanding CMEs and their source regions, *J. Atmosph.Sol.Terr.Phys.*, 62,1415, 2000.

Wu, S.T.,et al., Coronal mass ejections (CMEs) initiation: models and observations, *J. Atmosph.Sol.Terr.Phys.*, 62, 1489, 2000.

http://www.sec.noaa.gov/ftpdir/warehouse/2003/2003_plots/