INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE/MCTI
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CCR/INPE – MCTI
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRS/CCR/INPE – MCTI
OBSERVATÓRIO DA ATMOSFÉRA E IONOSFERA – OAI/CRS/CCR/INPE – MCTI

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT/UFSM
LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS DE SANTA MARIA – LACESM/CT/UFSM

CLIMA ESPACIAL

Bruno Knevitz Hammerschmitt[1]; Mauricio Rosa de Souza[1]; Tiago Bremm[1]; Vinícius Deggeroni[1];
Alisson Dal Lago[3]; Nelson Jorge Schuch[2];

1- Laboratório de Clima Espacial e Previsão de Tempestades Magnéticas do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR /INPE–MCTI em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT–UFSM, Santa Maria, RS, Brasil;
2- Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE–MCTI em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM, Santa Maria, RS, Brasil;
3- Divisão de Geofísica Espacial da Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DGE/CEA/INPE – MCTI, São José dos Campos, SP, Brasil;

E-mail: brunokhammer@hotmail.com; mauriciofisica@yahoo.com.br; bremm.tiago@gmail.com; vinidegg@gmail.com

Introdução

Clima Espacial é o nome dado à área de conhecimento que estuda os processos físicos envolvendo as interações Sol-Terra. O Laboratório de Clima Espacial e Previsão de Tempestades Magnéticas tem como objetivo geral estudar as diferentes estruturas interplanetárias provenientes do Sol e analisar suas interações com os raios cósmicos detectados pelo Detector Multidirecional de Muons – DMM, encontrando mecanismos que possibilitem previsões de tempestades geomagnéticas.
Tempestades Geomagnéticas ocorrem devido a fortes flutuações do Campo Magnético Terrestre, causadas em geral por ejeções coronais de massa (CMEs). A principal característica de uma Tempestade é um decréscimo na componente H (horizontal) do campo geomagnético durante cerca de algumas dezenas de horas. Em decorrência de seu campo magnético, as CMEs bloqueiam a passagem de partículas carregadas, como os raios cósmicos galácticos (primários), causando geralmente um decréscimo na contagem das partículas na superfície da Terra. Os Muons são decorrentes do decaimento dos raios cósmicos primários devido a interação com os constituintes da atmosfera terrestre, atingindo a Terra de forma isotrópica. Quando há uma tempestade geomagnética ocorre um decréscimo na contagem dessas partículas, denominado decréscimo de Forbush.

Discussões

A atividade solar apresenta um comportamento cíclico (Figura 1), sendo cada ciclo representado por 4 fases: o mínimo, a fase ascendente, o máximo e a fase descendente, totalizando um período de aproximadamente 11 anos.

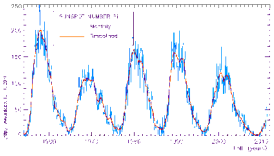


Figura 1 – Representação do ciclo solar 24, com a previsão do número de manchas solares.

Durante a fase ascendente e o máximo solar, ocorre um aumento no número de explosões solares (flares) e ejeções coronais de massa (CMEs), que podem causar tempestades geomagnéticas.
As explosões solares (Figura 2) são fenômenos caracterizados pela emissão de grande quantidade de energia magnética armazenada na superfície solar, sendo subitamente liberada. A energia liberada é em forma de calor..
Uma ejeção coronal de massa libera energia em forma de trabalho, consistindo em um desprendimento de plasma solar, observado a partir da coroa, que se propaga através do espaço interplanetário e produz distúrbios geomagnéticos quando interage com o campo magnético terrestre. Suas grandes bolhas de gás magnetizado levam algum tempo para serem expelidas ao espaço (Figura 3). As ejeções de massa coronais, quando observadas no meio interplanetário, são denominadas "ejeções de massa coronais interplanetárias" (ICMEs).

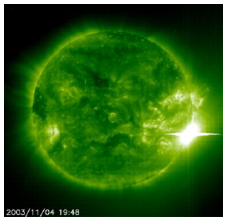


Figura 2 – A explosão solar na figura é o ponto mais brilhante da imagem. Obtida pelo instrumento EIT a bordo do satélite SOHO.

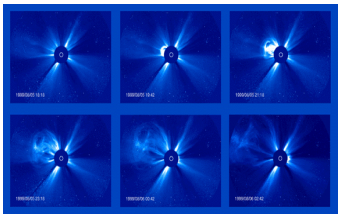


Figura 3 - Sequência de imagens de coronógrafo mostrando uma CME sendo ejetada na coroa solar.

Os Raios Cósmicos são partículas rápidas, a maioria prótons, que provêm do espaço exterior e bombardeiam constantemente a terra, de todos os lados. Ao interagirem com a atmosfera neutra da Terra, estes raios cósmicos, ditos "primários", produzem outras partículas, chamadas "raios cósmicos secundários". Alguns destes raios cósmicos secundários são os muons, que são partículas subatômicas que possuem a mesma carga do elétron, porém tem massa 207 vezes maior. Eles possuem grande poder de penetração e mantêm a direção e o sentido do raio cósmico primário que os originou.

A relação entre a incidência na Terra dos raios cósmicos e as estruturas interplanetárias é de grande importância para o estudo do Clima Espacial. Uma vez que as ICMEs são estruturas magnéticas e os raios cósmicos têm carga elétrica, quando uma ICME se aproxima da Terra, ela age como um escudo fazendo com que a taxa de raios cósmicos que incidem na Terra, vindos daquela direção diminua (Figura 4). Através desta variação anisotrópica é possível perceber quando uma CME se aproxima da Terra e preparar-se para a ocorrência de uma tempestade geomagnética.

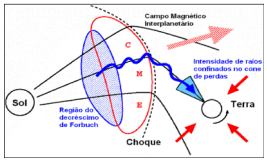


Figura 4 - Ilustração do bloqueio de raios cósmicos por uma CME.

Quando há uma tempestade geomagnética acontece um novo decréscimo na taxa de raios cósmicos que atingem a Terra, mas desta vez de maneira global e isótropica. Este decréscimo é denominado decréscimo de *Forbush*.
Equipamentos como o Detector Multidirecional de Muons – DMM, instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE-MCTI, são utilizados para a contagem de incidência direcional de muons na Terra. O equipamento detecta a taxa de raios cósmicos que atingem a Terra, através da contagem de muons (partícula resultante dos raios cósmicos).
Um esquema ilustrativo de como o DMM faz a contagem dos muons é apresentada na Figura 5. Cada detector é composto por uma fotomultiplicadora apontada para baixo, na direção de um plástico cintilador. Quando uma partícula passa através do plástico um fóton é emitido e capturado pela fotomultiplicadora sendo transformado em um pulso de corrente elétrica.

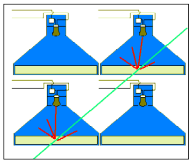


Figura 5 - Ilustração artística do DMM e o modo de detecção dos muons..

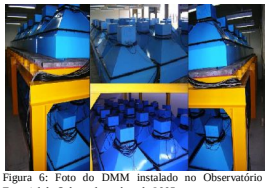


Figura 6: Foto do DMM instalado no Observatório Espacial do Sul em dezembro de 2005.

As Tempestades Geomagnéticas são responsáveis por inúmeros danos em satélites, causados por partículas de alta energia e efeitos sobre a rede de transmissão de energia elétrica, gerando "black-out".
Além dos danos as tempestades provocam fenômenos fascinantes, como a formação das auroras nos pólos (Figura 7).



Figura 7: Aurora formada após uma tempestade geomagnética.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Organizadores da PROFITECS, ao LACESM/MCTI-UFSM e ao programa PIBIC/INPE-CNPq/MCTI.