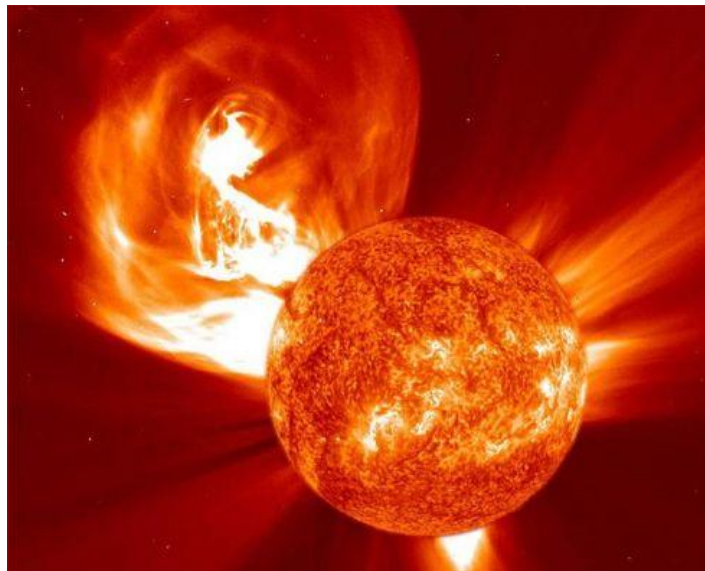


## **As tempestades magnéticas do dia 15 de março de 2013 e a provável ocorrência de uma supertempestade magnética.**

Dr. Clezio Marcos Denardini, Divisão de Aeronomia/INPE  
Dr. Joaquim Eduardo Rezende Costa, Divisão de Astrofísica/INPE  
Dr. Alisson Dal Lago, Divisão de Geofísica/INPE

Nestas últimas semanas, várias matérias têm veiculado a possibilidade e eventos extremos solares que podem impactar a terra durante o máximo de atividade solar. O INPE não está alheio a isto. Na verdade o Programa Embrace do INPE é o responsável pelo monitoramento e previsão do Clima Espacial no Brasil e publica boletins diários sobre as condições do tempo no espaço, além de realizar reuniões semanais com seus especialistas para discutir sobre os eventos que têm acontecido.

Por exemplo, a semana do dia 11 de março iniciou com baixa atividade solar. Porém, no meio da semana surgiu a região ativa no disco solar, de configuração magnética relativamente complexa (com polaridade magnéticas opostas e próximas), e que acabou sendo responsável por alguns eventos classificados como B e C numa escala que classifica e intensidade em raios X dessas explosões. Na sexta da mesma semana ocorreu um evento M1 (média intensidade). Uma ejeção de massa da coroa solar (similar a da imagem abaixo) ocorreu sexta feira, dia 15/03, e foi associada com esse evento e no dia 17/03 outro evento ocorreu.



Devido a esta sequência de eventos solares, o meio interplanetário ficou com atividade alta. A ejeção de massa da coroa ocorrida no Sol na sexta (dia 15/03) atingiu a Terra com valores da velocidade do vento solar de 750 km/s. Com isso, a componente do campo magnético interplanetário mais importante para que esta massa interaja com a terra

(componente Bz), ficou muito negativa, com valores próximos a -20 nT (unidades magnéticas). A partir da 3h da manhã (horário de Brasília), o índice geomagnético que mede a perturbação do campo magnético terrestre (Kp) atingiu o valor 6, de uma escala de 0 a 9. Por volta das 10h, observou-se a chegada da nuvem magnética, que manteve a perturbação do campo magnético da Terra.

As análises dos especialistas baseadas nos índices provisórios (sem filtragem definitiva) indicam que a terra passou por uma tempestade magnética moderada (classificação G2). Ou seja, apesar de fenômenos bonitos como as auroras terem sido observados, alguns efeitos sobre os sistemas tecnológicos também devem ter sido experimentados. No caso de tempestades magnéticas de classificação G2, espera-se que os sistemas de transmissão elétrica (linhas de alta tensão, especialmente as de alta latitude) experimentem alarmes do nível de voltagem, e tempestades de longa duração possam causar danos aos transformadores. Além disso, as operações de satélites, como as realizadas pelo INPE, podem requerer ações corretivas da orientação pelos controles de solo; possíveis mudanças no arrasto podem afetar a previsão das órbitas. Com relação às comunicações, os sistemas de propagação em rádio HF podem sofrer com ruídos altos na transmissão, principalmente em altas latitudes (Veja a tabela completa abaixo).

Com relação específica aos eventos extremos, o Programa Embrace do INPE está envolvido em um consórcio internacional de Centros de Alertas Regionais espalhados pelo mundo. No próximo dia 14 de abril os representantes dos diversos países estarão reunidos em Boulder (CO), nos Estados Unidos para tratar deste tema. Ao final deste evento, espera-se estabelecer uma coordenação internacional sobre as ações que devem ser tomadas nos diferentes estágios da ocorrência de um evento solar extremo. Ou seja, como os diversos centros devem agir para avisar as autoridades e o que os diversos sistemas que dependem do Clima Espacial devem fazer, se:

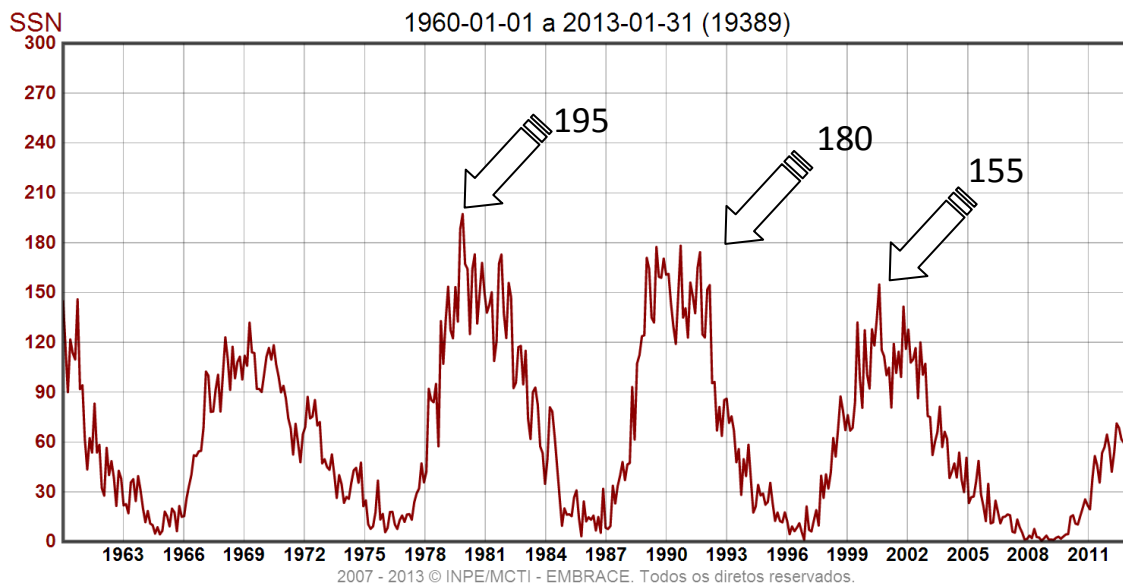
- A. uma grande e complexa região ativa solar rapidamente aparecer no disco.
- B. uma explosão solar extrema (classificação X20) irromper no Sol, liberando um grande conjunto de partículas (prótons energéticos), junto com uma ejeção de massa da coroa solar com velocidade de 2500 km/s.
- C. uma queda na componente do campo magnético interplanetário que seja suficiente para que esta massa interaja com a Terra (componente Bz) e chegue a valores próximos a -100 nT (unidades magnéticas).
- D. os equipamentos que medem o campo magnético da Terra (magnetômetros) mostrarem uma massiva perturbação, devido a uma tempestade magnética extrema (Classificação G5).

Tabela de Classificação das Tempestades Geomagnética

INDICE	TIPO	DESCRIÇÃO DE POSSÍVEIS EFEITOS
G 5	Extremo	<p>Sistemas Elétricos: : problemas gerais de controle de voltagem e problemas com sistemas de proteção, alguma malha do sistema pode experimentar colapso completo ou blackouts. Transformadores podem ser danificados.</p> <p>Operação de satélites: pode experimentar extensiva sobrecarga estática na superfície, problemas com orientação, problemas com o uplink/downlink e rastreamento dos satélites.</p> <p>Outros sistemas: correntes nos dutos metálicos podem atingir centenas de ampéres, propagação em rádio HF (high frequency) pode ficar impossível em muitas áreas por um ou dois dias, navegação por satélite pode ficar degradada por dias, navegação por baixa frequência pode ficar impossível por horas.</p>
G 4	Severo	<p>Sistemas Elétricos: problemas gerais de controle de voltagem e problemas com sistemas de proteção que podem ser acionados erroneamente.</p> <p>Operações de Satélites: pode experimentar sobrecarga estática na superfície e problemas de rastreamento, correções podem ser necessárias para problemas de orientação.</p> <p>Outros sistemas: correntes induzida nos dutos afetam medidas preventivas, produzem problemas esporádicos na propagação HF, navegação por satélite degrada por horas, navegação por baixa-frequência é perturbada.</p>
G 3	Forte	<p>Sistema elétrico: correções de voltagens podem ser necessárias, alarmes falsos iniciando algum equipamento de proteção.</p> <p>Operação de satélite: sobrecarga estática de superfície nos componentes podem ocorrer, pode ocorrer aumento do arrasto sobre os de baixa órbita, e correções podem ser necessárias para os problemas de orientação.</p> <p>Outros sistemas: podem ocorrer problemas intermitentes na navegação do satélite e navegação em baixa-frequência, comunicação em rádio HF pode ficar intermitente.</p>
G 2	Moderado	<p>Sistema elétrico: sistemas em alta latitude pode experimentar alarmes do nível de voltagem, tempestades de longa duração causam danos aos transformadores.</p> <p>Operação de satélites: podem ser requeridas ações corretivas da orientação pelos controles de solo; possíveis mudanças no arrasto podem afetar a previsão das órbitas.</p> <p>Outros sistemas: propagação em rádio HF pode enfraquecer em altas latitudes.</p>
G 1	Fraco	<p>Sistema elétrico: flutuações fracas na voltagem podem acontecer.</p> <p>Operação de satélite: possível impacto pequeno nas operações.</p> <p>Outros sistemas: animais migratórios são afetados neste nível e em níveis mais altos.</p>

Contudo, apesar de parecerem alarmantes, na verdade todos estes procedimentos são naturais de serem criados em sociedades evoluídas tecnologicamente. E, de fato, ainda não há razões definitivas para se acreditar que um evento extremo possa ocorrer. Na verdade, o número de manchas solares neste ciclo que se iniciou em 2009 está

muito abaixo da média histórica. E este número é um indicativo da atividade do Sol. Veja, por exemplo, no gráfico abaixo do número de manchas solares disponibilizado pelo Programa Embrace do INPE que o número de manchas está abaixo de 90, o que é bem abaixo dos 150 alcançados no ciclo anterior e mais baixo que os 180 ciclos de 1980 e 1990.



Em resumo, há variabilidades no ciclo e na quantidade de explosões solares de ciclo para ciclo e explosões solares são esperadas com maior ou menor número de manchas, ainda mais que estamos em torno do máximo de atividade solar. E, devido a nossa dependência no uso de tecnologias modernas, é prudente contar com sistemas de acompanhamento, previsão e alertas. E, assim proteger os sistemas tecnológicos importantes para nossa sociedade, tais como, o sistema de navegação por satélite (aeronaves, embarcações, plataformas), os sistemas de comunicação, os sistemas de geoposicionamento por satélites (plataformas petrolíferas, agricultura de precisão), os sistemas de distribuição de energia (linha de transmissão, dutos de distribuição de gás natural e petróleo), além dos sistemas de defesa nacional.

São José dos Campos, 28 de março de 2013.