

1 INTRODUÇÃO

- A ionosfera é a principal fonte de erro das observáveis GNSS (*Global Navigation Satellite System*).
- Esse erro é diretamente proporcional ao conteúdo total de elétrons livres (TEC – *Total Electron Content*) presente na trajetória percorrida pelo sinal na ionosfera e inversamente proporcional ao quadrado da frequência do sinal.
- O TEC varia regularmente no tempo e no espaço com relação: ao ciclo de manchas solares (variação de longo período), à época do ano (variação sazonal), à hora do dia (variação diurna), à localização geográfica, entre outros parâmetros.
- No entanto, o TEC pode sofrer abruptas modificações em seu comportamento devido, por exemplo, à ocorrência de intensas explosões solares, ejeções de massa da coroa, entre outros eventos.
- Na ocorrência de uma explosão solar ocorre um rápido aumento do fluxo solar de radiação eletromagnética, especialmente na faixa dos raios X e extremo ultravioleta (EUV), que se direcionada para a Terra, pode provocar uma série de fenômenos na ionosfera, genericamente chamados de Distúrbios Ionosféricos Súbitos (DIS).
- Durante eventos de DIS podem ocorrer rápidas variações na amplitude e na fase (cintilação ionosférica) dos sinais GNSS prejudicando a performance de rastreamento do receptor e ocasionando perdas de sinal (MATSUOKA, CAMARGO E BATISTA, 2006), um súbito aumento da densidade de elétrons no lado iluminado da Terra em torno de 80 km de altura na camada D da ionosfera através do processo de fotoionização, entre outros.

2 OBJETIVO

- Estudar o impacto da intensa explosão solar de 28 de outubro de 2003 no comportamento do TEC e na performance do posicionamento por ponto com GPS (*Global Positioning System*) num contexto global.

3 DADOS

- Para o estudo utilizaram-se os dados no formato RINEX (*Receiver INdependent EXchange format*) disponibilizados gratuitamente pelo IGS (*International GNSS Service*).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

- No dia 28 de outubro de 2003, entre às 11:00 e 11:30 UT (*Universal Time*), ocorreu uma intensa explosão solar classe X17 na direção da Terra, causando um grande aumento no fluxo de radiação eletromagnética emitida pelo Sol.

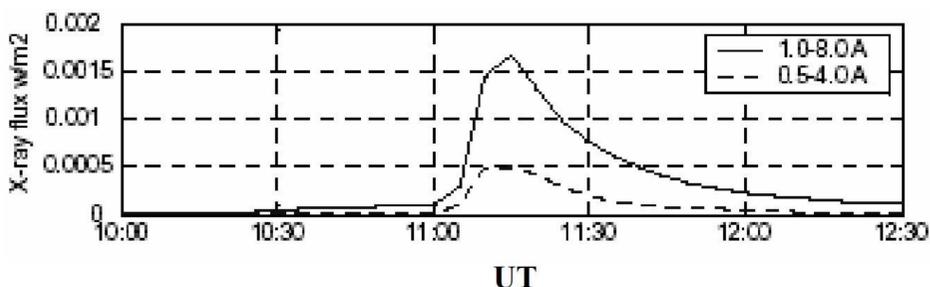


Figura 1 – Fluxo de raios X registrado pelo satélite GOES no dia 28 de outubro de 2003.

Fonte: adaptada de Tsurutani et al. (2006)

- Analisando a Figura 1 se pode observar que, devido à explosão solar, um abrupto aumento do fluxo de raios X ocorreu após as 11:00 UT, com pico às 11:15 UT aproximadamente.

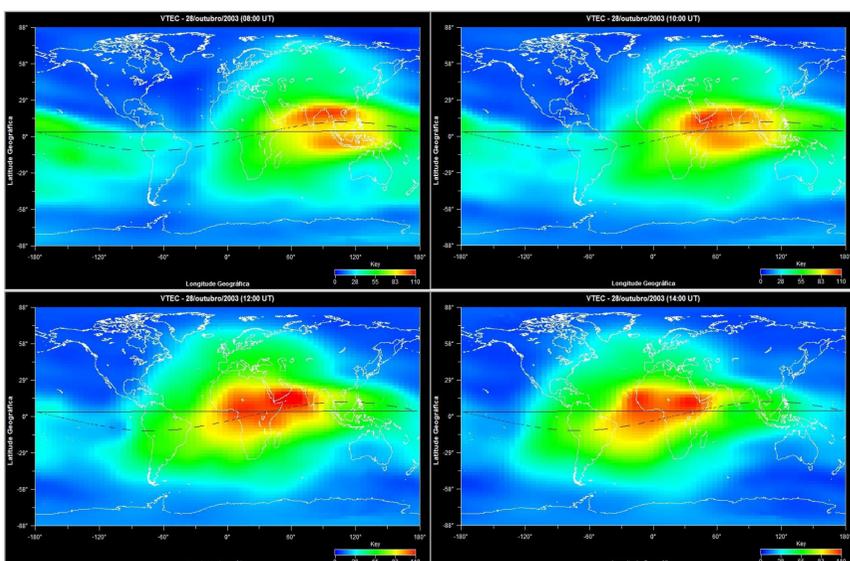


Figura 2 – Mapas de VTEC do dia 28 de outubro de 2003.

- Observando a Figura 2 pode-se verificar o aumento no VTEC (*Vertical TEC*), o qual é dado em TECU (*TEC Unit*, sendo 1 TECU = 10^{16} elétrons/m²), na região onde se encontrava o ponto subsolar, que se encontrava sobre continente africano no momento da explosão. É possível observar um repentino aumento no mapa das 12:00 UT, estando em concordância com o rápido aumento do fluxo de radiação eletromagnética decorrente da explosão solar mostrado na Figura 1. Este aumento não condiz com as variações regulares do TEC, como pode ser observado pela alteração na variação espacial das cristas norte e sul da Anomalia Equatorial.

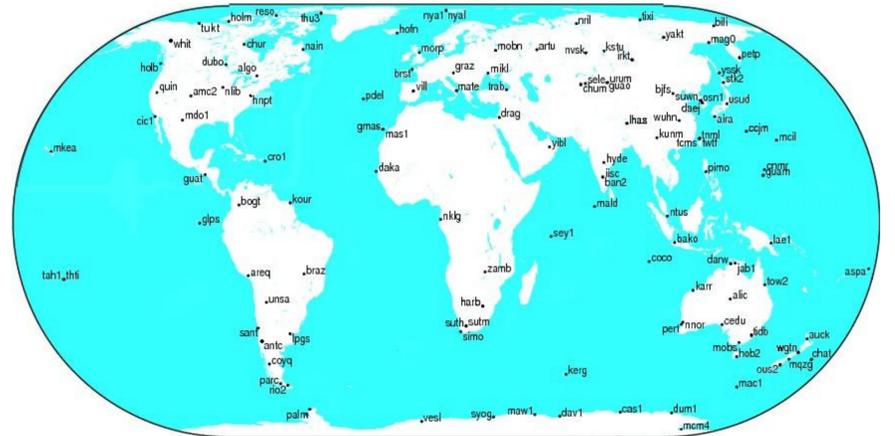


Figura 3 – Estações do IGS selecionadas com base na disponibilidade da rede em 2003.

- Para verificar o aumento do TEC foram utilizados os dados de 127 estações GPS do IGS, cujas localizações são mostradas na Figura 3. Devido à grande quantidade de produtos gerados serão mostrados somente os resultados para duas estações.

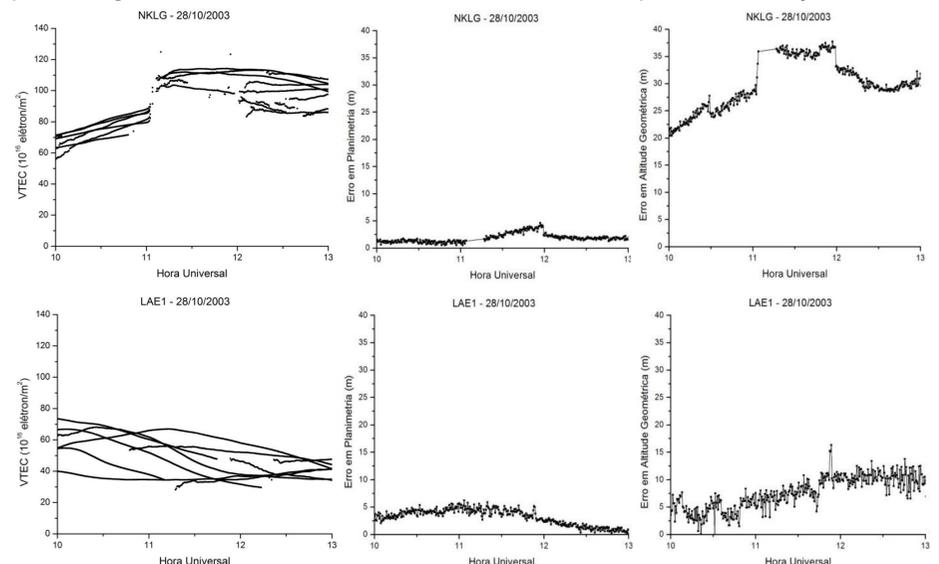


Figura 4 – Gráficos de VTEC, erro em planimetria e erro em altitude geométrica para as estações NKLG e BRAZ para o dia 28/10/2003.

- Analisando a Figura 4 pode-se verificar um fenômeno de DIS, estando em concordância com o aumento do fluxo da radiação eletromagnética decorrente da explosão solar.
- Os valores de VTEC aumentaram rapidamente logo após às 11:04 UT, aproximadamente, na estação NKLG localizada no lado diurno. Por outro lado, na estação LAE1 o gráfico não mostra nenhum aumento significativo do VTEC para a estação no lado noturno da Terra no momento em que ocorreu o fenômeno em questão, já que a radiação proveniente do Sol só atinge o lado iluminado.
- Foi realizado o posicionamento por ponto para as estações utilizando o *software* gratuito GPSPACE para o período em questão, visando verificar o impacto causado devido ao repentino aumento do TEC decorrente da explosão solar.
- Pode-se verificar que para a estação LAE1 os valores dos erros não variam significativamente, o que já era esperado pois esta estação não está no lado iluminado da Terra e assim não deveria sofrer influência do aumento do fluxo de radiação.
- Um fato ocorrido é que o *software* GPSPACE não realizou o posicionamento por ponto no período entre 11:04 e 11:15 UT, por perdas de sinal ou por ter considerado as observáveis como contaminadas por *outliers*, uma vez que o erro nas observáveis aumentou muito repentinamente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A análise dos resultados obtidos demonstrou uma relação direta entre a chegada da radiação eletromagnética intensificada proveniente da explosão solar com o aumento do erro no posicionamento e do valor de VTEC com abrangência global no lado diurno da Terra.

REFERÊNCIAS

- MATSUOKA, M.T.; CAMARGO, P.O.; BATISTA, I. S. Impacto de explosões solares no comportamento da ionosfera e no posicionamento com GPS na região brasileira: estudo de caso para o dia 28 de Outubro de 2003. *Boletim de ciências Geodésicas*, v. 12, p. 315-334, 2006.
- TSURUTANI, B.T.; MANNUCCI, A.J.; IJIMA, B.; GUARNIERI, F.L.; GONZALEZ, W.D.; JUDGE, D.L.; GANGOPADHYAY, P.; PAP, J. The extreme Hollowen 2003 solar flares (and Bastille Day, 2000 Flare), ICMEs, and resultant extreme ionospheric effects: A review. *Advances in Space Research*, v.37, Issue 8, p.1583-1588, 2006.