

## 1 INTRODUÇÃO

- A ionosfera é uma das maiores fontes de erro no posicionamento com GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e o comportamento da ionosfera é influenciado fortemente pela atividade solar.
- O erro associado à ionosfera nas observáveis GNSS é proporcional ao conteúdo total de elétrons livres (TEC- *Total Electron Content*).
- O TEC varia regularmente no tempo e no espaço e pode sofrer abruptas modificações devido a ocorrência de eventos solares, como explosões solares, que podem causar ejeção de massa coronal (CME).
- A CME pode ocasionar perturbações no campo geomagnético, causando tempestades geomagnéticas, que afetam o comportamento da ionosfera e, conseqüentemente, o posicionamento com GNSS.

## 2 OBJETIVO

- Descrever e avaliar a intensa tempestade geomagnética ocorrida no dia 20 de novembro de 2003 e sua influência no posicionamento com GPS (*Global Positioning System*).

## 3 EVENTO SOLAR

- No dia 18 de novembro de 2003 ocorreu uma intensa explosão solar, juntamente com uma CME. Como conseqüência, com a chegada da CME, às 08:03 UT do dia 20 de novembro, iniciou-se uma intensa tempestade geomagnética.

## 4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

- Nesse trabalho foram realizados experimentos com o objetivo de verificar a influência da intensa tempestade geomagnética de 20 de novembro de 2003 no posicionamento por ponto GPS e a relação com valores de VTEC (TEC na direção vertical) estimados para cada estação GPS e mapas globais da ionosfera.
- As estações GPS pertencentes a RBMC do IBGE utilizadas no experimento foram as seguintes: BOMJ, BRAZ, CRAT, CUIB, FORT, IMPZ, PARA, POAL, RECF, SALV, SMAR, UEPP e VICO.

### 4.1 POSICIONAMENTO POR PONTO E VTEC DAS ESTAÇÕES GPS

- O posicionamento por ponto GPS foi realizado diariamente para cada estação para o período de 18 até 23 de novembro no programa GPSPACE, desenvolvido pelo GSD/NRCAN, utilizando somente a observável de pseudodistância (C/A) em L1, efemérides precisas e correções dos relógios dos satélites.
- Nenhum modelo da ionosfera foi utilizado para evidenciar a influência da mesma sobre os resultados.
- Foram gerados gráficos de erro em planimetria e altimetria (Figura 1).

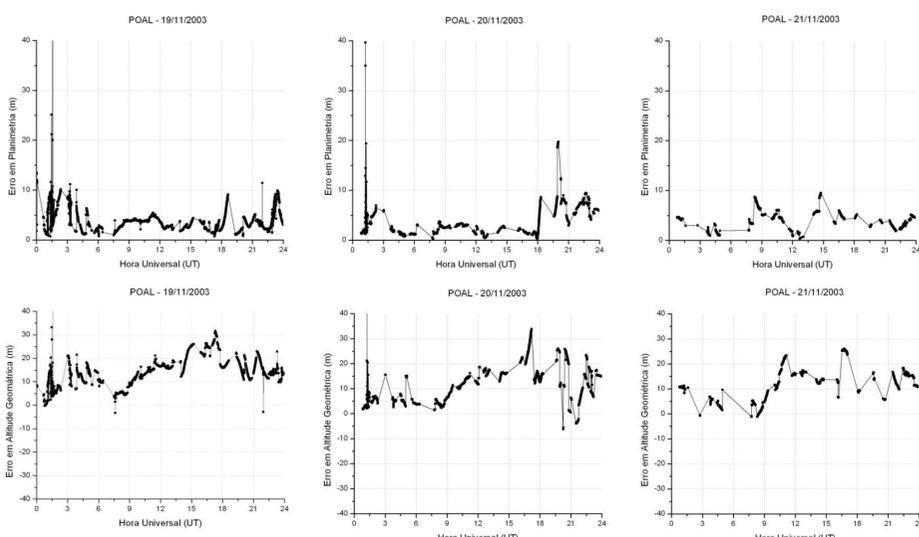


Figura 1. Gráficos do erro em planimetria e altitude geométrica para a estação POAL para os dias 19, 20 e 21 de novembro

- Os valores de VTEC foram calculados para cada estação GPS.
- Foram gerados gráficos de VTEC para cada estação e para cada dia do período de 18 até 23 de novembro de 2003 (Figura 2).

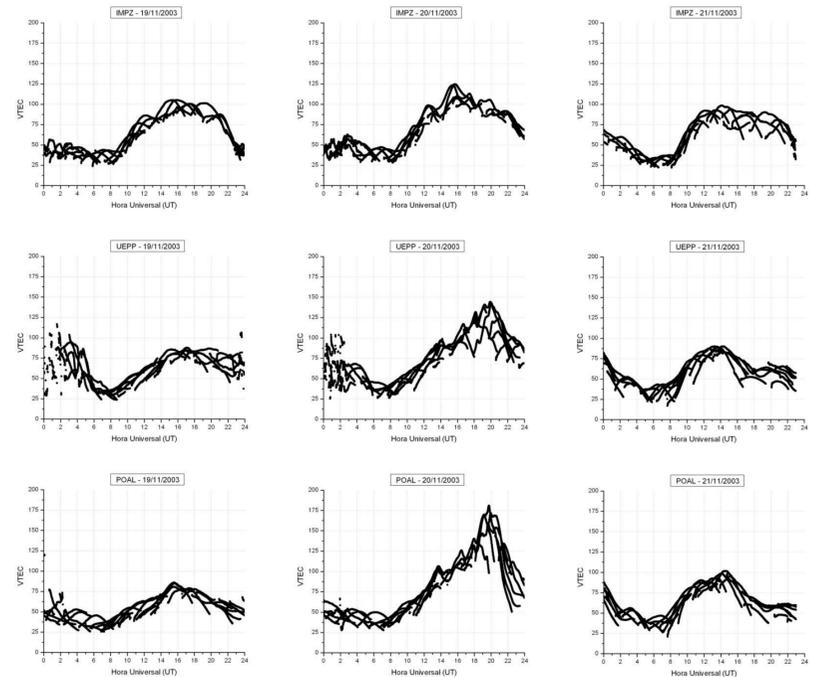


Figura 2. Gráficos de VTEC para as estações IMPZ, UEPP e POAL para os dias 19, 20 e 21 de novembro

### 4.2 MAPAS GLOBAIS DA IONOSFERA DO IGS

- Os Mapas Globais da Ionosfera disponibilizam valores de VTEC calculados usando dados GPS coletados pela sua rede de receptores de dupla frequência.
- Foram gerados mapas para cada intervalo horário de duas horas de cada dia do período de 18 até 23 de novembro de 2003.

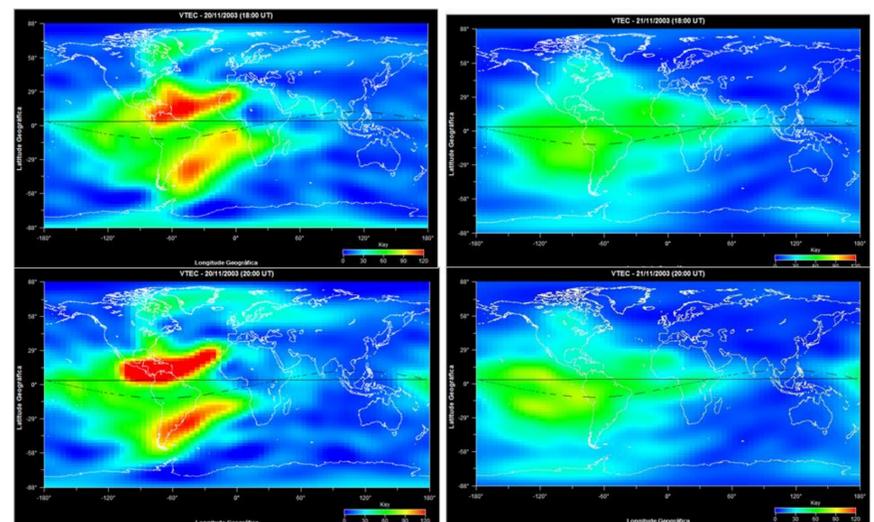


Figura 3. Mapas Globais da ionosfera para os dias 20 e 21 de novembro (18:00 UT - 20:00 UT)

## 5 ANÁLISES E CONCLUSÕES

- Analisando os resultados obtidos de VTEC se observa um aumento na densidade de elétrons nas regiões próximas do equador geomagnético no período da tarde no dia da tempestade.
- Após as 20:00 UT no dia da tempestade se observa que a crista sul da anomalia equatorial se deslocou para regiões de latitudes mais afastadas do equador geomagnético, atingindo valores máximos de VTEC nas estações GPS que se localizam mais ao sul, tais como: POAL e SMAR.
- A partir da análise do posicionamento por ponto das estações, se observa maiores discrepâncias em planimetria e altimetria no posicionamento para o mesmo período, principalmente para as estações mais afastadas do equador geomagnético, o que confere com o verificado nos experimentos com dados de VTEC.

### REFERÊNCIAS

- Matsuoka, M.T. Influência de diferentes condições da ionosfera no posicionamento por ponto com GPS: avaliação na região brasileira. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas), UNESP, 2007.  
Matsuoka et al. Posicionamento por GPS na região brasileira durante a intensa tempestade geomagnética de 29 de outubro de 2003. Pesquisas em Geociências, 35, 2008.