

# ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO ERRO NO POSICIONAMENTO GPS E CORRELAÇÃO COM ATIVIDADE SOLAR

## 1. INTRODUÇÃO

- A maior fonte de erro nas observáveis GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é a ionosfera.
- O erro associado à ionosfera é diretamente proporcional ao conteúdo total de elétrons (TEC – *Total Electron Content*).
- O TEC, e conseqüentemente o erro devido à ionosfera, são influenciados por diversas variáveis, tais como: ciclo solar, época do ano, hora do dia, localização geográfica, atividade geomagnética, entre outros.

## 2. OBJETIVOS

- A proposta dessa pesquisa foi realizar um estudo dos efeitos da ionosfera no posicionamento por GPS na região sul do Brasil, utilizando dados dos receptores ativos da RBMC e de Mapas Globais da Ionosfera (GIM/IONEX) do IGS (*International GNSS Service*).

## 3. MATERIAIS

- Para avaliar o comportamento do TEC na região brasileira foram utilizadas as grades de valores de VTEC dos Mapas Globais da Ionosfera disponibilizados gratuitamente pelo IGS.
- Para a análise do comportamento da variação do Posicionamento por ponto com GPS na região Sul do Brasil foram utilizados dados das estações POAL, SMAR e PARA/UFPR da RBMC, disponíveis no site do IBGE.
- Além desses dados, foram feitas séries temporais de 2002 a 2010 dos índices solares: fluxo solar 10.7 cm (F10.7) e Número de Manchas Solares (SSN).

## 4. MÉTODOS

- Para o estudo do comportamento do TEC na região brasileira foram feitos *downloads* de arquivos do site do IGS.
- Um programa computacional foi desenvolvido em Fortran por Matsuoka (2007), para extrair somente a grade de VTEC referente a região brasileira.
- Para a análise do TEC no Brasil foram feitas grades médias mensais dos valores VTEC, para cada mês e intervalo horário. E, finalmente, utilizando o aplicativo computacional *Golden Software Surfer*, foram gerados mapas horários médios de VTEC.
- Para o estudo do comportamento da variação do erro no posicionamento por ponto foram obtidos os dados GPS das estações: POAL (Porto Alegre), PARA/UFPR (Curitiba) e SMAR (Santa Maria).
- E através do site do GSD/NRCan foram processados os dados GPS diários destas estações obtendo-se no final, para cada dia, os valores estimados para as coordenadas cartesianas das estações.
- Para o estudo da comparação entre os resultados do posicionamento por ponto e do VTEC e índices solares foram extraídos das grades médias mensais os valores de VTEC das posições das estações.

## 5. RESULTADOS

- Ao final da pesquisa, a partir das grades médias horárias de VTEC, foram gerados um total de 1440 mapas médios mensais de VTEC para a região brasileira (de 2002 a 2010).
- A seguir, nas figuras, são apresentadas as séries temporais com valores médios mensais de número de manchas solares (SSN), fluxo solar 10,7 cm (F10.7) e erro no posicionamento para POAL.

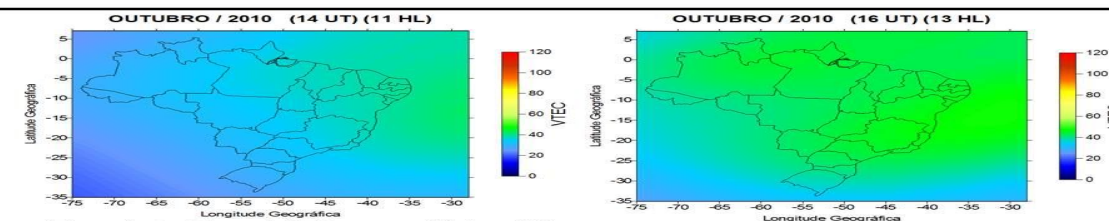
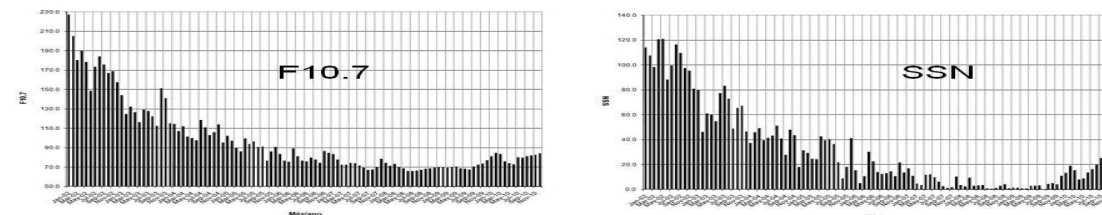


Figura 1. 2 – Mapas VTEC para região brasileira.



Figuras 3 e 4 – Séries Temporais do fluxo solar no comprimento de onda 10,7 cm e do número de manchas solares respectivamente.

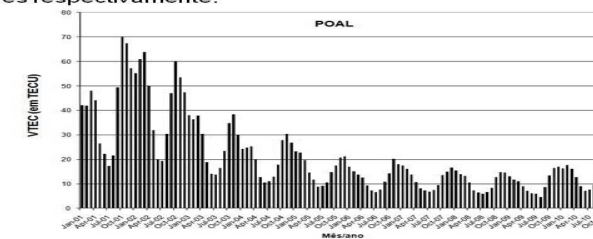


Figura 5 - Valores médios mensais de VTEC para as estações POAL – 2002 a 2010

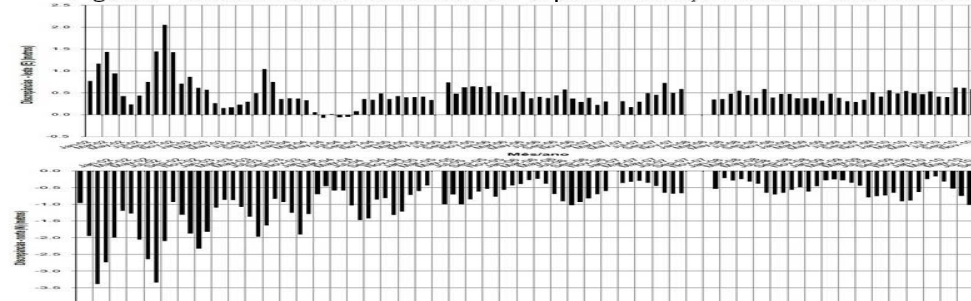


Figura 7 - Erro médio mensal do posicionamento por ponto - erro leste, norte e vertical, também para a estação POAL.

Erro em Leste versus VTEC			Erro Norte versus VTEC			Erro Vertical versus VTEC		
	r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>
POAL	0,70	0,49	POAL	-0,87	0,75	POAL	0,98	0,96
SMAR	0,56	0,31	SMAR	-0,89	0,79	SMAR	0,96	0,92
PARA/UFPR	0,79	0,62	PARA/UFPR	-0,85	0,72	PARA/UFPR	0,98	0,96
Erro em Leste versus SSN			Erro Norte versus SSN			Erro Vertical versus SSN		
	r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>
POAL	0,43	0,19	POAL	-0,76	0,57	POAL	0,91	0,85
SMAR	0,42	0,17	SMAR	-0,76	0,57	SMAR	0,75	0,55
PARA/UFPR	0,59	0,34	PARA/UFPR	-0,81	0,65	PARA/UFPR	0,84	0,70
Erro em Leste versus F10.7			Erro Norte versus F10.7			Erro Vertical versus F10.7		
	r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>		r	r <sup>2</sup>
POAL	0,48	0,23	POAL	-0,77	0,59	POAL	0,87	0,75
SMAR	0,49	0,24	SMAR	-0,82	0,67	SMAR	0,84	0,70
PARA/UFPR	0,62	0,38	PARA/UFPR	-0,80	0,64	PARA/UFPR	0,89	0,79

Figura 8 - Análise de Regressão Linear: VTEC, Índices Solares e Posicionamento

## 6. CONCLUSÃO

- Em períodos de alta atividade, onde a incidência da radiação solar no extremo ultravioleta e raios-X é maior, observou-se um elevado valor de VTEC, já em períodos de baixa a densidade de elétrons sofreu uma drástica redução.
- Em resumo a análise dos resultados obtidos demonstrou uma relação direta entre o comportamento da ionosfera, o período de atividade solar e a variação do erro no posicionamento.