



Análise do modelo de grade ionosférica a partir do posicionamento por ponto

Percival Pscheidt do Rego ¹ Claudinei Rodrigues de Aguiar ² Luana Massarotto ³

23 dez. 2015

Resumo – Durante o período do PIBIC-EM, foi realizada uma revisão bibliográfica, para se ter uma base sobre o posicionamento baseado no GNSS, aprofundando-se no sistema americano GPS. Depois de realizada esta pesquisa, iniciaram-se os estudos sobre os efeitos da ionosfera sobre o sinal GPS, com ênfase nos dados do ano de 2012 da RBMC, bem como a análise ionosférica por meio alguns índices, como o Kp, o Dst e o F10.7. Esses Índices permitem analisar a ocorrência de tempestades ionosféricas, as quais causam distúrbios nos sinais da RBMC e conseqüentemente afetam da qualidade do posicionamento pelo GNSS. Nas análises, se verificou que a instabilidade da ionosfera, afeta os sinais transmitidos (portadoras e códigos) pelos satélites.

Palavras-chave: GNSS. ionosfera. tempo real. índices.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta informações das diversas atividades desenvolvidas durante o período de vigência do Projeto PIBIC-EM. Este projeto também está vinculado ao projeto de pesquisa do orientador (AGUIAR, 2011) e (AGUIAR, 2014). Tendo por objetivo o download de dados GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e análise dos efeitos da ionosfera sobre o mesmo. Para isso foi necessário realizar a revisão bibliográfica do GNSS. Além disso, o download, geração de gráficos e análise dos índices: Kp (K Planetário Estimado), Dst (*Disturbance Storm-Time*) e F10.7.

Segundo Monico (2008), “posicionar um objeto nada mais é do que lhe atribuir coordenadas”, com objetivo de saber sua localização o ser humano desenvolveu o GNSS, possibilitando localizar e posicionar qualquer coordenada desejada.

O sistema americano de GNSS é o GPS (*Global Positioning System*), possui abrangência global, apresentando grande facilidade em obter coordenadas, com o princípio básico de medir distâncias entre um usuário e quatro satélites (MONICO, 2008). Operacional a partir de 27 de abril de 1985, com 24 satélites, desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, visa ser o principal sistema de

1 percival98@hotmail.com, UTFPR-PB, Aluno do Curso de Agrimensura, Pato Branco, Brasil.

2 rodriguesaguiar@utfpr.edu.br, UTFPR-PB, Departamento de Agrimensura, Pato Branco, Brasil.

3 luanamassarotto@hotmail.com, UTFPR-PB, Aluno do Curso de Agrimensura, Pato Branco, Brasil.



navegação das Forças Armadas norte-americanas, mas também é utilizado em segmentos da comunidade civil, como navegação, agricultura, dentre outros.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a revisão bibliográfica foram utilizados livros, artigos e pesquisas via internet, verificando as constatações e definições de certos autores.

A Ionosfera é definida como a camada da atmosfera terrestre que se encontra entre 60 km e 1.000 km de altitude, que contém cargas elétricas, os íons e os elétrons (DAVIES, 1990).

Os sinais GNSS são afetados por diversos erros, a ionosfera é a principal fonte de erro em atividades de navegação e posicionamento. A ionosfera causa um avanço na propagação do código, além de variações na amplitude e na fase das ondas de rádio emitida pelos satélites (SEEBER, 2003). Existem índices que permitem correlacionar a magnitude dos efeitos da ionosfera sobre os sinais GNSS, em função do nível de atividade geomagnética e solar. Estes índices constituem uma série de dados que visam descrever em escala planetária a atividade geomagnética ou alguns de seus componentes. Entre esses se destacam os índices Dst e Kp.

Dst é um índice geomagnético que mede a severidade e intensidade de tempestades magnéticas e da corrente de anel. Estas medidas magnetométricas são obtidas por uma cadeia de magnetômetros, localizados na região equatorial, ao longo do globo terrestre (AGUIAR, 2005).

Antes e após as tempestades, o índice tem um comportamento padrão. No início da tempestade o índice apresenta um pico de intensidade, chamado de fase inicial. Após acontece uma brusca queda no valor da intensidade chamada de fase principal. E então volta a subir de valor, até atingir valor calmo, é a fase de recuperação (AGUIAR, 2010).

A tabela 1 apresenta a classificação da intensidade das tempestades magnéticas de acordo com o índice Dst.

Tabela 1 – Classificação das tempestades pelo índice Dst. Fonte: (AGUIAR, 2005).

Valores da Classificação do Dst	
$-50 \text{ nT} \leq \text{Dst} < -30\text{nT}$	Fraca
$-100 \text{ nT} \leq \text{Dst} < -50\text{nT}$	Moderada
$-250 \text{ nT} \leq \text{Dst} < -100\text{nT}$	Intensa
$\text{Dst} < -250\text{nT}$	Muito intensa

O índice Dst tem sua unidade em nano Tesla, nT, e sua resolução temporal é de hora em hora. É determinado pela medida da componente horizontal H, do Campo Magnético Terrestre de superfície fornecida por estações localizadas em baixas latitudes e distribuídas longitudinalmente. Seu cálculo é entre a componente de períodos calmos e o valor médio das componentes H das estações contribuintes, após de calculado é multiplicado pela secante da latitude média das estações. Fatores que contribuem nas mudanças do índice são: hora do dia, época do ano, ventos solares e a posição da Terra em relação ao sol (AGUIAR, 2005).

Atualmente, as redes geodésicas ativas, equipadas com receptores GNSS de dupla frequência, se constituem em uma poderosa estrutura para os estudos do comportamento da ionosfera, bem como do seu efeito sobre os sinais transmitidos pelos satélites do GNSS (AGUIAR, 2010). No Brasil, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) trata-se de uma rede GNSS ativa e que desde sua concepção vem sendo utilizada nas pesquisas voltadas a compreensão do comportamento da ionosfera na região equatorial. A RBMC é composta por 12 estações ativas equipadas com receptores GNSS (RBMC, 2015).

Outro índice importante é o Índice Kp, que, quando ocorrem atividades solares intensas, fazendo assim com que a ionosfera interfira nos sinais GNSS, ele classifica essa atividade ionosférica.

Os valores do índice KP de atividade solar são atualizados a cada três horas. Eles são derivados do Tradicional Índice K, que são informados por vários magnetômetros, instalados principalmente no Canadá e nos EUA. O índice retrata a intensidade do fluxo



solar e as perturbações causadas na atmosfera terrestre (OENING, 2013).

Esse índice varia com o período do dia, estação do ano e a distância entre a Terra e o Sol. Ele também tem relação com as manchas solares, sendo, quanto maior o índice, mais intensa está a atividade solar, assim, existe mais radiação ionizante chegando à Terra (OENING, 2013).

Os valores do Índice Kp podem variar de 0 a 9, representados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores e consequência do índice Kp. Fonte: (AGUIAR, 2005).

Valores	Consequência
$Kp < 4$	Condições Ionosféricas baixas
$Kp = 4$	Ocorrem tempestades geomagnéticas moderadas
$Kp > 4$	Preocupante. Possibilidade de interferência em alguns equipamentos.

O índice F10.7 também é de suma importância para o sinal GNSS, ele é uma medida de emissão do fluxo de radiação solar em comprimento de onda igual a 10,7 cm, monitorado rotineiramente por alguns receptores na superfície terrestre. Este índice representa o fluxo de radiação solar ultravioleta responsável pela ionização e aquecimento da termosfera. O F10.7 também se relaciona com o número de manchas solares, obtidos pela contagem no número de manchas individuais e dos grupos de manchas, e tem por objetivo ser reduzido a uma escala padrão considerando as diferenças em equipamentos e técnicas utilizados nos diferentes observatórios.

Para obter o índice são utilizados monitores de fluxo (antenas parabólicas) igualmente sensíveis a todos os pontos do disco solar, e equipados para medir as emissões linearmente polarizadas no sentido norte-sul. O fluxo solar é utilizado como índice diário obtendo as tendências da atividade solar, por sua vez caracterizada pelo número de manchas solares ou pela densidade do fluxo de potência no comprimento de onda de 10,7 cm (SOBRAL, 2013).

Quanto maior o fluxo de radiação solar na atmosfera,

maior será a ionização e consequentemente campos elétricos mais intensos surgem na ionosfera (SOBRAL, 2013).

Com o intuito de analisar os efeitos da ionosfera no ano de 2012, nas quatro estações deste ano, foram cinco dias de atividade ionosférica alta e cinco baixa. Para a comparação dos dados, no verão os dias escolhidos foram do dia 01 a 05 de Março para baixa atividade ionosférica, e do dia 06 a 10 para atividade intensa, já para o outono, foram escolhidos os dias 07 a 11 de abril para atividade baixa e 21 a 25 de abril para alta atividade, no inverno, os dias escolhidos para alta atividade foram do dia 15 a 19 de Julho, e para baixa atividade 22 a 26 de julho e para a primavera os dias escolhidos foram do dia 07 a 11 de outubro para alta atividade e 21 a 25 para baixa atividade.

Os dados de Kp e Dst foram obtidos através do download destes, por alguns sites disponibilizados (KYOTO, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES



Figura 1 – Valores do Índice Dst referentes aos dias 15 a 19 de julho de 2012.

As figuras 1 e 2 apresentam os gráficos dos índices Dst referentes ao inverno de 2012. Os gráficos foram gerados a partir dos dados disponibilizados por (KYOTO, 2015).

Na figura 1, pode-se observar a ocorrência de uma tempestade ionosférica, a qual apresentou um nível intenso entre o final do dia 15 e o início do dia 16, após isso, em sua fase principal manteve-se moderada por um dia e passou para fraca nos dias seguintes.



Figura 2 – Valores do Índice Dst referentes aos dias 22 a 26 de julho de 2012.

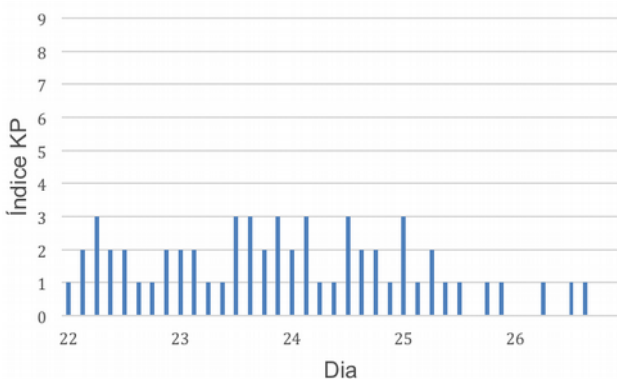


Figura 3 – Valores do Índice Kp referentes aos dias 22 a 26 de julho de 2012

Analisando a figura 2, que mostra a variação de valores do Índice Dst em um período que não ocorreu tempestades, pode-se perceber que há uma baixa variação nos valores. Este período pode ser considerado geomagneticamente calmo.

Referente ao mesmo período do ano de 2012, segue (Fig. 2 e 3) a análise sobre os dados Kp. Os gráficos foram gerados a partir dos dados disponibilizados por (KYOTO, 2015).

Analisando a figura 3, pode-se perceber que não ocorreram tempestades, com índices se mantendo baixo, atingindo o valor “3” nos 22 a 25 de julho.

Já na figura 10, pode-se perceber que as atividades ionosféricas foram intensas do dia 15 a 17 de julho, chegando a ser preocupante, atingindo valores muito altos nos dias 15 e 16 de julho, com graves tempestades geomagnéticas, com grande possibilidade de ocorrer interferência nos equipamentos.

No mesmo período do ano, foi analisado o índice

f10.7, conforme os dados abaixo. Os gráficos foram gerados a partir dos dados disponibilizados por OMNIWeb (2015).

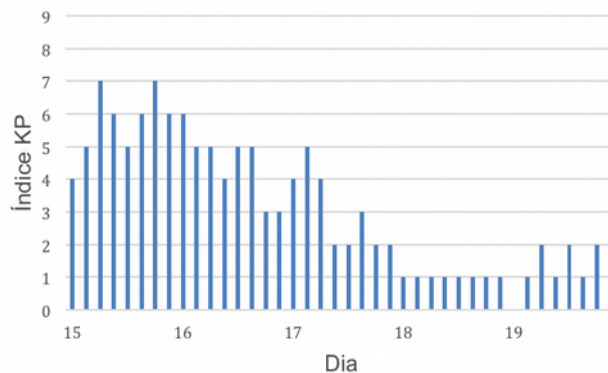


Figura 4 – Valores do Índice Kp referentes aos dias 15 a 19 de julho de 2012

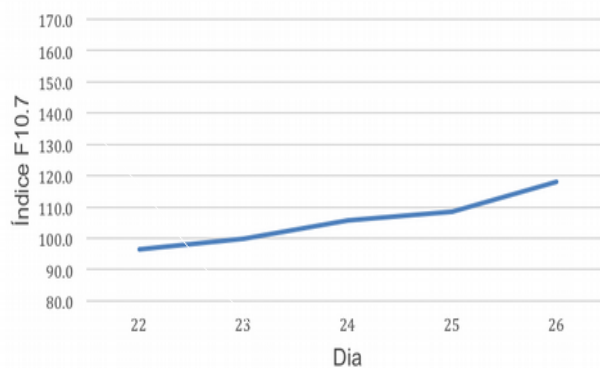


Figura 5 – valores do f10.7 referentes aos dias 22 a 26 de julho de 2012.

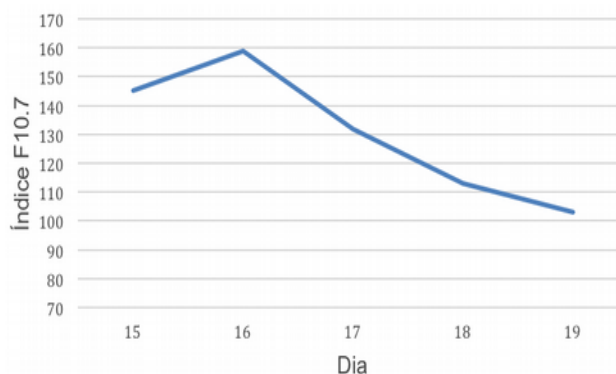


Figura 6 – valores do f10.7 referentes aos dias 15 a 19 de julho de 2012.

A figura 5 representa os dias que o índice f10.7 foram de baixa intensidade, atingindo um valor máximo de 120 no final do dia 25. Já na figura 6 os valores foram de alta intensidade, chegando a até 160 no dia 16, tornando-se preocupante o alto valor.



4. CONCLUSÃO

Nesse estudo, pode-se analisar o impacto causado pelas tempestades ionosféricas e como seus efeitos são relevantes, visto a importância que o GNSS nos últimos anos, sendo de suma importância para a navegação ou em atividades geodésicas e topográficas.

Como o GNSS se tornou uma importante ferramenta tanto para usuários simplesmente se localizarem, quanto para serem utilizados em atividades geodésicas e topográficas, necessita-se de uma precisão e exatidão na obtenção das coordenadas. Porém, a ionosfera provoca interferência e causa erros nas medidas obtidas.

Com esse estudo, pode-se analisar o impacto causado pelas tempestades ionosféricas e concluir que seus

efeitos são muito relevantes. Classificaram-se os níveis de atividade ionosférica através dos Índices Dst, Kp e F10.7, para correlacionar a magnitude dos efeitos da ionosfera sobre os sinais GNSS, em função do nível de atividade geomagnética e solar.

Com o download desses dados, pode-se concluir que o ano de 2012 foi um período bastante conturbado na ionosfera, possuindo dias que a atividade ionosférica foi baixa, e dias que ela foi extremamente alta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Geodésia do IBGE, pela disponibilização dos dados GNSS da RBMC. Também agradecem ao CNPq pelo apoio em forma de bolsa PIBIC-EM e pelo auxílio financeiro (Processos: 483954/2011-1 e 446642/2014-2).

Analysis grid ionospheric model from a position in point

Abstract – In the period of PIBIC-EM was performed a bibliography review to have a base about positioning based on GNSS deepening in the American GPS system. After the research, started the studies about ionosphere effects in the GPS signals, with emphasis on data of the year 2012 from RBMC, just as the ionospheric analysis by some indices as the Kp, the Dst and the F10.7. This indices allow analyse the occurrence of ionosphere storms, the ones that causes disturbs on RBMC signals and as consequence affect the quality of positioning based on GNSS. In the analyses, was verified that the ionosphere instability affect the transmitted signal (carriers and codes) by the satellites.

Keywords: GNSS. ionosphere. real time. indices.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. R. **Monitoramento da Ionosfera em Quase Tempo Real a partir de Dados GNSS NTRIP**. 2011. Projeto Universal aprovado em dezembro de 2011 – Processo: 483954/2011-1.

AGUIAR, C. R. **Grade Ionosférica Brasileira: Análise da Qualidade da Grade Ionosférica e Estrutura para a Disponibilização de Dados**. 2011. Projeto Universal aprovado em dezembro de 2014 – Processo: 446642/2014-2.

AGUIAR, C. R. **Grade Ionosférica para Aplicações em Posicionamento e Navegação com GNSS**. 2010. 256 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente.

AGUIAR, C. R. **Modelo Regional da Ionosfera (Mod_Ion): Implementação em Tempo Real**. 2005. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente.

DAVIES, K. **Ionospheric Radio**. London: Peter Peregrinus Ltd., 1990. 580 p.

KYOTO. **Geomagnetic Equatorial Dst index and Kp index**. Disponível em: <<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/>>. Acesso em: 02 out. 2015

MONICO, J. F. G.. **Posicionamento pelo GNSS: Fundamentos, Definição e Aplicação**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476 p.



OENING, R. **Análise do comportamento da ionosfera a partir do índice planetário Kp**. Pato Branco, 2013. 7 p.

OMNIWeb. **Interface to produce plots, listings or output files from OMNI 2**. Disponível em: <<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>>. Acesso em: 02 out. 2015

RBMC. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do GNSS**. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística): CGED online, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc_e

[st.php](#)>. Acesso em: 29 set. 2015.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2. ed. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 2003. 589 p.

SOBRAL, J. H. A., **Efeitos de eventos HILDCAA na ionosfera equatorial sobre a região brasileira**: comparação de metodologias, 2013, 35p Dissertação (Mestrado). Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2013/02.14.18.49/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2015.

Correspondência:

rodriguesaguiar@utfpr.edu.br, UTFPR-PB, Departamento de Agrimensura, Pato Branco, Brasil.

Recebido: 05/11/2015

Aprovado: 23-12-2015

Como citar: Rego, Percival Pscheidt do; Aguiar, Claudinei Rodrigues de; Massarotto, Luana. Análise do modelo de grade ionosférica a partir do posicionamento por ponto. **Syn. Scy. UTFPR**, Pato Branco, v. 10, n. 2, p. 28–33, abr./jun. 2015. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Artigos convidados da IV Semana de Agrimensura & I Workshop sobre Cadastro Territorial Multifinalitário, Pato Branco-PR. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOI: “em processo de registro”

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.