

ANÁLISE DAS TEMPESTADES IONOSFÉRICAS OCORRIDAS NOS DIAS 29 DE OUTUBRO DE 2003 E 23 DE ABRIL DE 2012

Rafaela Wessling Oening¹ & Claudinei Rodrigues de Aguiar²

¹Coodenação de Agrimensura/UTFPR, Pato Branco, Brasil; ²Departamento de Agrimensura/UTFPR, Pato Branco, Brasil; e-mail: rafaoening@hotmail.com

Resumo - O GNSS (Global Satellite System Navigation) tornou-se a principal ferramenta para atividades de posicionamento e navegação envolvendo aplicações militares, civis e científicas. Entretanto, a ionosfera é a camada da atmosfera terrestre que provoca a maior fonte de erro e degradação da qualidade dos resultados de posicionamento e navegação. Essa atividade ionosférica pode ser classificada a partir de índices como o Kp. Esse trabalho apresenta uma análise do índice Kp para avaliar o comportamento da atividade ionosférica na ocorrência de duas tempestades geomagnéticas intensas ocorridas nos anos de 2003 e 2012.

Palavras-Chave: GNSS; Ionosfera; Índice Kp ; Tempestade Ionosférica.

Abstract- GNSS (Global Satellite System Navigation) has become the main tool for navigation and positioning activities related to military, civil and scientific applications. However, the ionosphere is the atmosphere layer that causes the biggest error source and loss of navigation and positioning quality. This ionospheric activity can be classified from indices such as Kp. This study evaluates the behavior of ionospheric activity in the occurrence of two intense geomagnetic storms that occurred in 2003 and 2012 from Kp index analyses.

KeyWord: GNSS; Ionosphere; Kp Index; Ionospheric Storm.

1. INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de orientação, localização e determinação de coordenadas, foi criado o GNSS (Global Satellite System Navigation), com destaque ao GPS (Global Positioning System) primeiro sistema de navegação global, criado na década de 70. Sendo um sistema de radionavegação criado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, o GPS é considerado o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas, devido à alta acurácia proporcionada.

A integridade, a disponibilidade e o fornecimento de serviço contínuo aos seus usuários, são características do sistema GPS, que possui abrangência global, permitindo a localização de usuários em diferentes locais do planeta com precisão nunca antes imaginada.

Pode-se definir então, o GNSS como uma

constelação de satélites que permite localizar e posicionar qualquer coordenada desejada. É constituído atualmente pelas constelações existentes tais como o GPS, GLONASS (Global'naya Navigatsionnay Sputnikovaya Sistema) e Galileo, englobando também os sistemas de aumento.

O GNSS vem sendo cada vez mais utilizado em várias áreas da comunidade civil e científica, pois devido a globalização e o avanço da tecnologia foi possível a redução de custos, mantendo a precisão dos resultados obtidos, (MONICO, 2007).

Contudo, influenciada principalmente pela atividade solar, a ionosfera interfere nos sinais GNSS provocando além de um avanço na propagação da fase da onda e um atraso na propagação do código, variações na amplitude e na fase das ondas de rádio emitidas pelos satélites, (CONKER et al., 2000) e (SEEBER, 2003).

O Brasil, devido às baixas latitudes e as características da atividade da ionosfera, sofre alta interferência em várias atividades envolvendo navegação e posicionamento por GNSS (AGUIAR et al., 2006) e (AGUIAR et al., 2006b). Para analisar o comportamento da ionosfera e também a intensidade do fluxo solar, pode-se utilizar de índices os quais também permitem correlacionar a magnitude dos efeitos da ionosfera sobre os sinais GNSS, em função do nível de atividade geomagnética e solar, descrevendo-a em escala planetária. Dentre eles, se destacam os índices Dst (Disturbance Storm-Time) e Kp (Planetarische Kennziffer)(AGUIAR, 2010).

Esse trabalho apresenta um estudo do índice Kp e análise deste em um período de atividade solar intensa, a fim de classificar o nível da atividade ionosférica e avaliar o seu comportamento na ocorrência de tempestades geomagnéticas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Índices Dst e Kp

O nível da atividade ionosférica pode ser classificado a partir de índices como o Dst e o Kp.

O índice Dst é estimado a partir de medidas magnetométricas obtidas por uma cadeia de magnetômetros, localizados na região equatorial, ao longo do globo terrestre. Além de medir a intensidade das atividades magnéticas, o Dst mede também a severidade da corrente de anel. Tem como unidade o nano Tesla (nT) e sua resolução temporal é de hora em hora (AGUIAR, 2010).

Os valores do índice Kp são derivados do tradicional Índice K. Estes por sua vez são informados por observatórios magnéticos instalados pelo planeta, principalmente no Canadá e EUA, para assim classificar a intensidade do fluxo solar e as perturbações na alta atmosfera terrestre. A partir desse índice torna-se possível obter até oito valores por dia, ou seja, possui resolução temporal de três em três horas.

Esses observatórios medem também o valor médio das variações magnéticas de maior magnitude durante determinado período.

Ambos os índices (Dst e Kp) sofrem alterações nos valores de acordo com a hora do dia, período do ano, ventos solares, posição da Terra em relação ao Sol, e quantidade de manchas solares.

A classificação das tempestades ionosféricas é dada principalmente como: Tempestades Geomagnéticas Fracas, Moderadas, Intensas e/ou Muito Intensas. Em atividades Intensas e Muito Intensas, existe a possibilidade de interferências nos equipamentos, tanto de usuários, como empresas e Instituições. No índice Dst os valores

das tempestades podem variar de -30nT à -250nT, sendo que antes e após as tempestades ele apresenta um comportamento padrão, em torno de -48nT e -55nT (AGUIAR, 2010). Enquanto no índice Kp, os valores podem alterar de 0 a 9, sendo classificadas tempestades moderadas e intensas a partir dos valores 4 e 5, respectivamente, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação das atividades geomagnéticas pelo Índice Kp.

Valores	Consequências
Índice $K_p < 4$	Condições ionosféricas baixas.
Índice $K_p = 4$	Ocorrem tempestades geomagnéticas moderadas.
Índice $K_p > 4$	Preocupante. Possibilidade de interferência nos equipamentos de empresas e Instituições.

2.2 Obtenção dos Valores do Índice Kp

Para a realização desse trabalho foram utilizados dados do índice Kp, disponibilizados pelo World Data Center (WDC) for Geomagnetism da Universidade de Kyoto, no endereço <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp>.

Além dos índices Dst e o Kp, o WDC também fornece o AE, que reflete as correntes elétricas na ionosfera de alta latitude onde ocorrem as auroras, e o ASY que mostram a dependência em longitude dos distúrbios do campo magnético em médias latitudes.

Para os estudos apresentados nesse trabalho foram obtidos os dados do índice Kp entre os dias 27 e 31 de outubro de 2003 e dos dias 22 a 26 de abril de 2012, para assim analisar o comportamento da ionosfera com a influência de uma tempestade ionosférica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de analisar as tempestades geomagnéticas ocorridas entre os dias 27 e 31 de outubro de 2003, e entre os dias 22 e 26 de abril de 2012, foram gerados os gráficos do índice Kp, como se pode observar nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

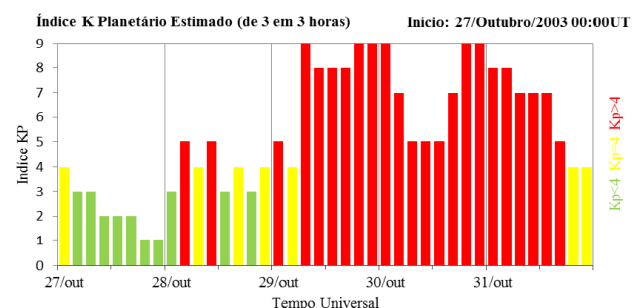


Figura 1: Valores do Índice Kp referente aos dias 27 a 31 de outubro de 2003.

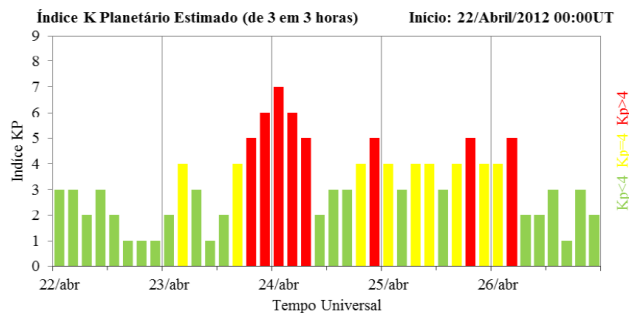


Figura 2: Valores do Índice Kp referente aos dias 22 a 26 de abril de 2012.

Analisando a Figura 1, observa-se que os valores começaram a se alterar desde as primeiras horas do dia 27 de outubro, marcando tempestades moderadas, e se alterando expressivamente entre os dias 28 e 31 de outubro, atingindo valores máximos, considerados atividades intensas e preocupantes. Somente no final do dia 31, após as 21 horas TU (Tempo Universal) que as tempestades diminuíram, porém ainda marcando valores iguais a 4, avaliados como moderados.

Considerando a Figura 2, pode-se perceber que há mudanças significativas nos valores, principalmente a partir do dia 23 de abril, onde a partir das 18 horas TU, marcou valores iguais a 4, considerados moderados. Após as 21 horas TU do mesmo, atingiu valores considerados intensos, conforme a Tabela 1. A tempestade ionosférica manteve-se intensa até aproximadamente às 09 horas TU do dia 24, porém continuou marcando alguns pontos moderados e intensos no decorrer dos dias 24, 25 e 26, voltando a se normalizar apenas por volta das 09 horas do dia 26.

Como se pode perceber, a tempestade entre os dias 27 e 31 de abril de 2003 foi considerada a mais intensa e longa. Quatro dentre os dias observados, apresentaram atividades intensas, atingindo valores altíssimos durante grande parte do dia.

4. CONCLUSÃO

Hoje em dia, pode-se encontrar o uso do GNSS em diversos aparelhos, como telefones celulares, câmeras digitais, rastreadores de carros, frequencímetros, entre outros, o que além de facilitar o acesso dos usuários, traz conforto e

segurança a eles, devido à alta precisão apresentada.

O GNSS pode ser utilizado tanto para localização de determinado ponto, como em atividades geodésicas e topográficas. No entanto, devido à atividade geomagnética e solar, a ionosfera causa interferência e erros nos sinais GNSS, que são muito relevantes. E para correlacionar a intensidade do fluxo solar e dessas perturbações causadas na alta atmosfera terrestre, é importante a utilização de índices como o Kp.

As tempestades analisadas nos dias 27 a 31 de outubro de 2003 e entre 22 e 26 de abril de 2012 foram classificadas como intensas, pelos seus altos valores marcados, aumentando a possibilidade de degradações na qualidade dos resultados obtidos com receptores GNSS.

Pelos resultados apresentados conclui-se que a tempestade ocorrida em 2003 apresentou maior intensidade e duração. Esses dados serão utilizados na próxima etapa do trabalho, onde será avaliada a interferência destas tempestades ionosféricas sobre os sinais dos satélites do GPS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio (Processo 483954/2011-0) e pela bolsa destinada ao aluno.

REFERÊNCIAS

- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2007. 476 p.
- CONKER, R. S.; EL-ARINI, M. B.; HEGARTY, C. J.; HSIAO, T. Y. **Modeling the Effects of Ionospheric Scintillation on GPS/SBAS Availability**. Virginia: The MITRE Corporation, 2000.
- SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2 ed. Berlin-New York: Walter de Gruyter, 2003.
- AGUIAR, C. R.; CAMARGO, P. O. **Determinação do Erro Sistemático na Pseudodistância Devido à Ionosfera: Avaliação da Performance do Modelo Ionosférico Regional em Tempo Real**. Série em Ciências Geodésicas. Curitiba: UFPR, 2006. v.5.
- AGUIAR, C. R.; CAMARGO, P. O. **Modelagem em Tempo Real do Erro Sistemático das Observáveis GPS Devido à Ionosfera**. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 12, n. 1, p.101-120, jan-jun. 2006.
- AGUIAR, C. R. **Grade ionosférica para aplicações em Posicionamento e navegação com GNSS**. 2010. Tese de Doutorado- Universidade Estadual Paulista.