



Avaliação das micropulsações geomagnéticas dos tipos PC's 5 e 6 em um perfil perpendicular ao eletrojato equatorial

Werneck de Carvalho, V.J.O., Benyosef, L.C.C., (Observatório Nacional, ON), A. S. de Assis, (Universidade Federal Fluminense, UFF).

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

This paper presents results of PCs 5-6 geomagnetic micropulsations studies obtained from the records of two magnetic repetition stations and a magnetic Observatory, all located in low geomagnetic latitudes. The three stations are aligned perpendicular to the Equatorial Electrojet and one of the stations is located exactly in the dip = 0 region.

Introdução

Em baixas latitudes magnéticas, em especial na Amazônia, o campo geomagnético apresenta variações que abrangem um espectro relativamente grande em período/frequência. As variações de curto período têm origem externa e são da ordem de segundos, enquanto as de longo período tem origem interna e duração superior a meses. A variação diurna (Sd) e as micropulsações, especialmente na região equatorial amazônica, são consideravelmente divergentes das similares obtidas em diferentes latitudes como consequência da dinâmica ionosférica presente no Eletrojato Equatorial (EEJ) e da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS).

O equador magnético ao contrário do geográfico tem caráter dinâmico e corta o Brasil na região norte. A Figura 1 ilustra suas variações entre 1915 e 2015.

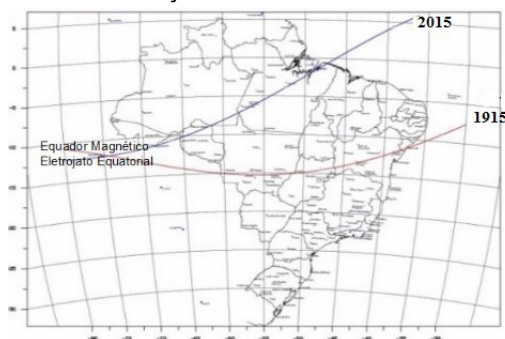


Figura 1: Variação do Equador Magnético entre 1915 e 2015 sobre o território brasileiro. (linha vermelha 1915 e azul 2015) Fonte: Grupo de Geomagnetismo ON.

Uma das principais características desta região é o aparecimento de um fluxo intenso de correntes elétricas situadas cerca de 120 km acima da região do Equador Magnético denominado de Eletrojato Equatorial (EEJ: Equatorial Electrojet) que exerce forte influência nas variações, especialmente da componente horizontal, nos registros das estações situadas em baixas latitudes magnéticas (<7°). As estações de repetição usadas neste trabalho estão situadas nos estados do Amapá, Pará e Tocantins, de acordo com as coordenadas abaixo:

Tabela 1: Coordenadas geográficas das estações de repetição.

Estação Cidade	Est. Sigla	Lat g m s	Long g m s	Alt. m	I Lemi g m s	Delta I Min.
Carmolândia	CAR	-07 04 31	-48 23 01	236	-09 59	10
Tatuoca	TTB	-01 12 03	-48 30 02	15	00 35	-----
São Joaquim do Pacuí	SJP	00 49 29	-50 45 31	26	06 40	-----

A Figura 2 ilustra a distância entre as estações de acordo com a latitude e a longitude mostrando os valores da inclinação magnética de cada estação.

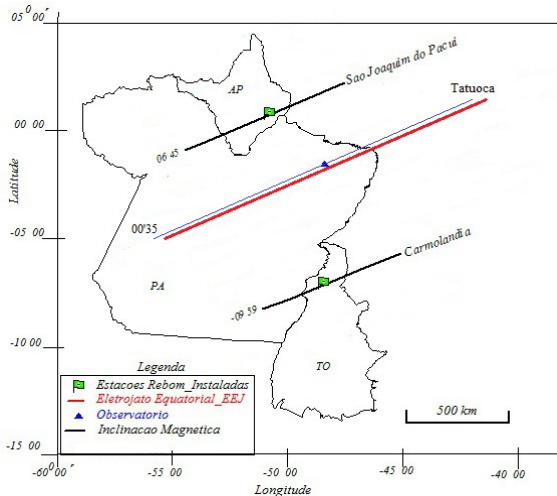


Figura 2: Localização das estações nos estados e seus valores de Inclinação Magnética.

Metodologia

A organização dos dados neste trabalho foi feita tomando como referência duas estações: São Joaquim do Pacuí e Carmolândia, cujas coordenadas magnéticas são 9.88N – 24.29E e 2.05N-23.73E respectivamente. Além das estações de repetições, o Observatório Magnético de Tatuoca, com coordenadas magnética 7.88N-24.03E, também foi utilizado. Figura 3.

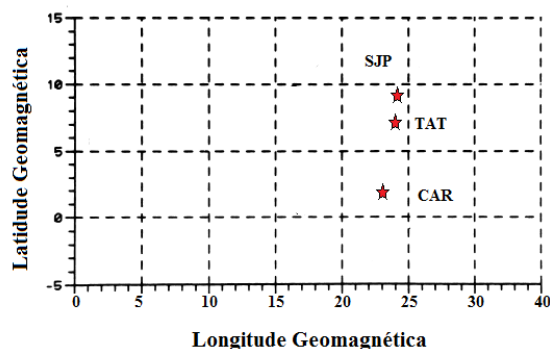


Figura 3: Mapa Esquemático mostrando as localizações das estações.

Foram feitas análises das micropulsões selecionadas em dois dias calmos e dois perturbados, através de modelagens do conjunto de dados. O software de referência utilizado foi o MatLab. Também foram realizadas técnicas de processamento e análise de dados para o estudo de micropulsões. Inicialmente aplicou-se

a técnica de filtragem digital, utilizada para eliminar as longas tendências da variação diurna do campo geomagnético, posteriormente utilizou-se técnicas de análise espectral (Fourier-Welch), baseadas na Transformada Rápida de Fourier (FFT). Esta condição é necessária para que se possa obter o espectro de potência. A análise espectral dos dados teve como objetivo a identificação dos processos físicos na ionosfera e a geração de condições para uma análise mais precisa das micropulsões.

Resultados

Nas estações de SJP, TTB e CAR, foi tomado como referência de períodos magneticamente calmos, os dias 21 e 22 de Setembro, 2011 – e para o período magneticamente perturbado os dias 28 e 29 de Setembro, 2011. Neste dia 28 teve início uma pequena tempestade classificada como classe G1.

Para realçar as micropulsões geomagnéticas na faixa desejada, foi utilizado um filtro digital Passa-Banda com saída na faixa de frequência de 1/1000 a 1/150 Hertz.

Nas Figuras 4 e 5 pode-se observar o comportamento das micropulsões nas três estações durante esse período magneticamente calmo. Ainda nesse mesmo período o comportamento das pulsões geomagnéticas, para a componente H , apresentou uma amplitude máxima de aproximadamente de 1 nT para as estações de SJP e CAR, em TTB, essa amplitude é de aproximadamente 2 nT.

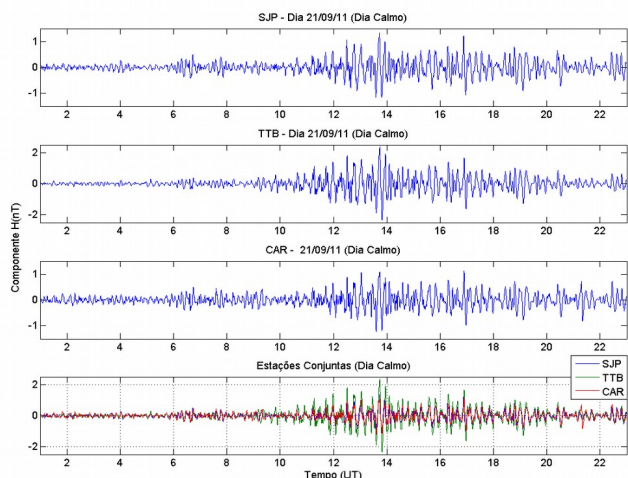


Figura 4: Os dados filtrados mostram as pulsações registradas nas estações magnéticas de SJP, TTB e CAR, em 21 de Setembro, 2011.

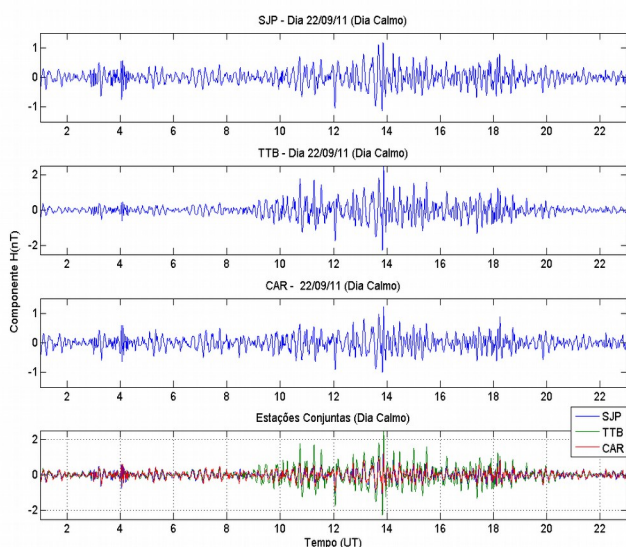


Figura 5: Os dados filtrados mostram as pulsações registradas nas estações magnéticas de SJP, TTB e CAR, em 22 de Setembro, 2011.

O aumento na amplitude sentido em TTB, em relação às outras duas estações, pode ser melhor demonstrado no terceiro painel, das Figuras 4 – 7, onde as três estações se encontram sobrepostas.

Observa-se na Figura 6, uma amplitude em torno de 5 nT para as estações de SJP e CAR. Já TTB, a amplitude da pulsação foi de aproximadamente 10 nT, Tatuoca

apresentou praticamente o dobro da amplitude nas pulsações em relação as outras estações.

No dia 29, as pulsações ocorrem como pacotes de ondas individuais e simultâneas, com aparência semelhante sobre todo o período de 24 horas, mais evidenciadas entre os períodos 2 UT a 5 UT e de 10 UT a 16 UT. Todas as estações atingiram valores máximos próximos de 10nT, podendo verificar no terceiro painel uma ligeira superioridade no máximo atingido em TTB.

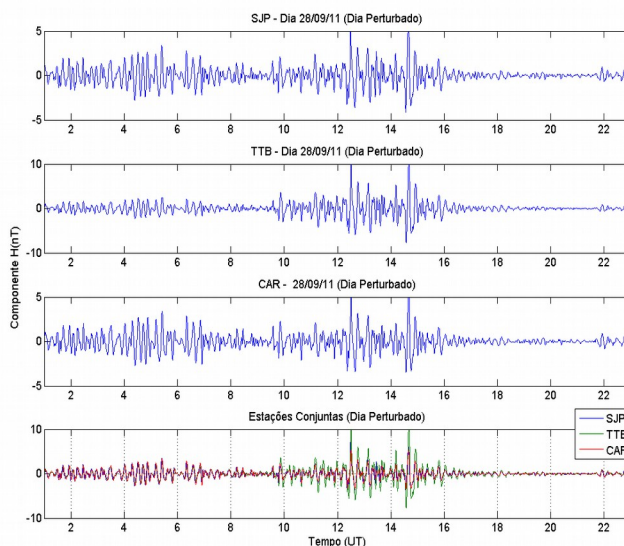


Figura 6: Os dados filtrados mostram as pulsações registradas nas estações magnéticas de SJP, TTB e CAR, em 28 de Setembro, 2011.

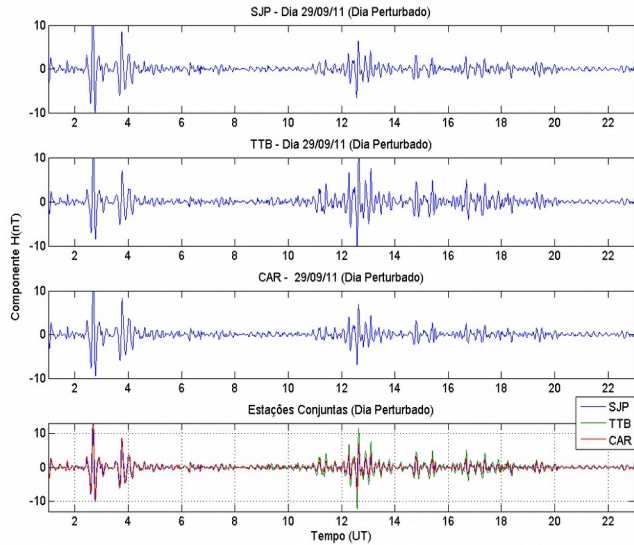


Figura 7: Os dados filtrados mostram as pulsações registradas nas estações magnéticas de SJP, TTB e CAR, em 29 de Setembro, 2011.

A partir dos sinais filtrados, processou-se o espectrograma normalizado das pulsações. As Figuras 8-11 mostram os espectrogramas nas três estações, em dois dias calmos e nos dois dias perturbados, obtidos através da Densidade Espectral de Potência (Fourier-Welch), utilizando os dados já filtrados da componente H.

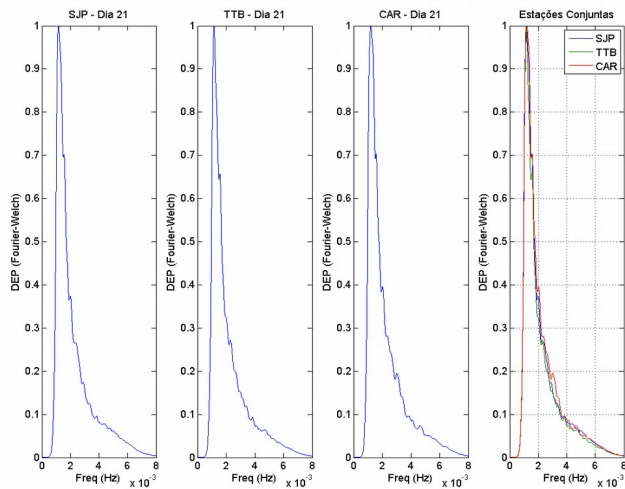


Figura 8: Densidade Espectral de Potência para as estações de SJP, TTB e CAR, no dia 21 de setembro, 2011.

Para os dias calmos observa-se, pelas Figuras 8 e 9, que a energia estava mais concentrada nos períodos entre 400 a 900 segundos, sem picos abruptos de energia para o sinal.

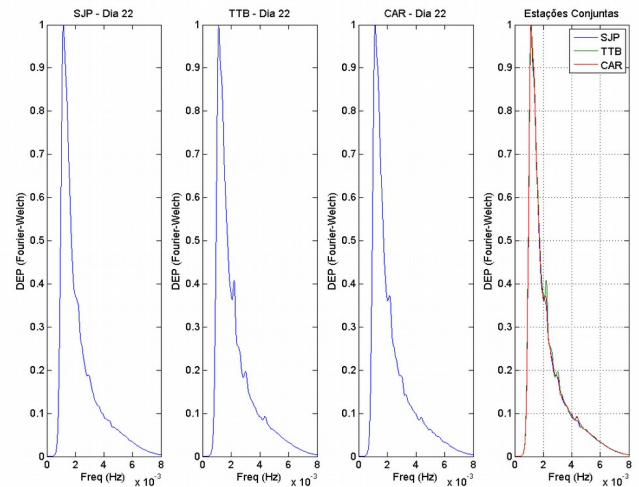


Figura 9: Densidade Espectral de Potência para as estações de SJP, TTB e CAR, no dia 22 de setembro, 2011.

Em dias magneticamente perturbados, nota-se que os níveis de energia são maiores para a estação de TTB, evidenciando o efeito do EEJ nas pulsações. Fica também evidenciado a similaridade dos espectros entre as estações.

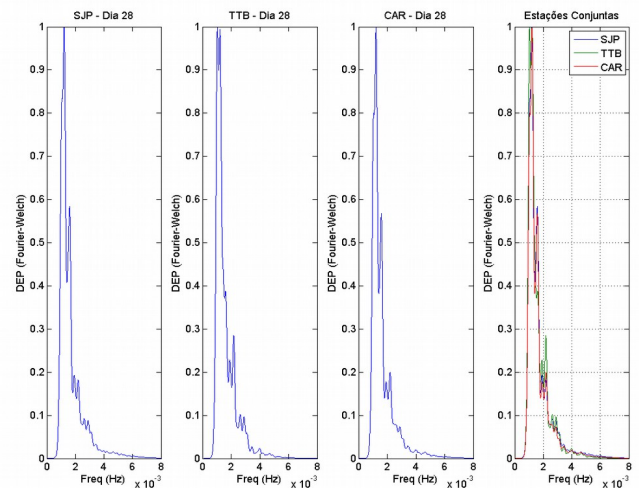


Figura 10: Densidade Espectral de Potência para as estações de SJP, TTB e CAR, no dia 28 de setembro, 2011.

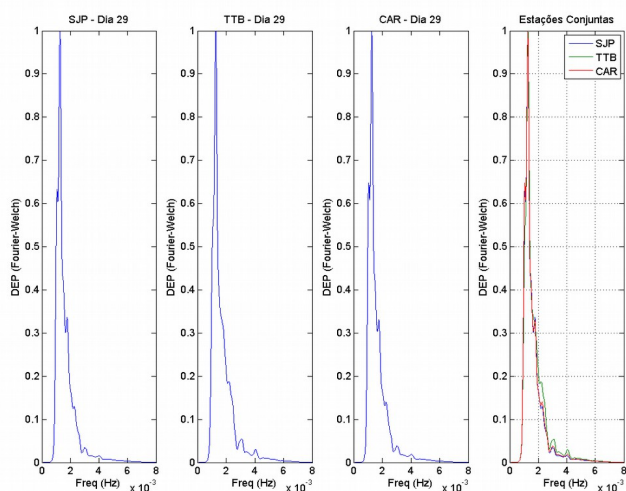


Figura 11: Densidade Espectral de Potência para as estações de SJP, TTB e CAR, no dia 29 de setembro, 2011.

As Figuras 10 e 11 mostram que, em dias magneticamente perturbados, ocorre um aumento no número de picos de energias para diferentes períodos, evidenciando-se assim uma clara perturbação nas pulsações.

Conclusões

A variação diurna dos parâmetros das micropulsações mostraram modificações causadas pelas alterações da condutividade ionosférica, que ocorrem na região equatorial durante o período diurno, podemos assim especular que as instabilidades geradas nas pulsações podem estar diretamente ligadas ao EEJ. Durante o período noturno, em dias calmos na região equatorial, não foi observado nenhum aumento significativo na amplitude de pulsação. Na madrugada do dia 29 (dia magneticamente perturbado) foram observados pacotes de ondas individuais e simultaneamente localizadas nas estações entre 2 UT a 4 UT.

No período da manhã e da noite, é comum observar um decréscimo da amplitude das pulsações de acordo com a diminuição da latitude (B.M.Pathan et al., 1999). Mas devido a localização das estações nesse trabalho, se encontrarem sob efeito direto do EEJ, não foi possível sentir esse efeito. O aumento dos fenômenos

geomagnéticos na região do EEJ, está ligado diretamente com a influência dos efeitos de condutividade de Cowling. Entretanto esses mecanismos ainda não são totalmente compreendidos (B.M.Pathan et al., 1999).

A análise espectral até aqui, demonstrou comportamentos diferentes como seria de se esperar tanto para os dias calmos quanto perturbados magneticamente. Em dias calmos, a energia se concentrou em um único pico, entre 900 a 400 segundos. Entretanto nos dias perturbados pode-se perceber o aumento de picos de energia, espalhados quase que uniformemente sobre toda a faixa de frequência estudada.

Referências

- B. M. Pathan¹, N. G. Kleimenova², O. V. Kozyreva², D. R. K. Rao¹, and R. L. Asinkar¹. Equatorial enhancement of Pc5–6 magnetic storm time geomagnetic pulsations, *Earth Planets Space*, 51, 959–964, 1999.
- Reddy, C. A. S.; Ravindran, K. S. V.; Rao, D. R. K.; Araki, T. Observations of Pc5 micropulsations related electric field oscillations in the equatorial ionosphere. *Annales of Geophysicae*, v.12, n.2, p.555-573, 1994.
- Stearns, S. D.; Hush, D. R. *Digital signal analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1990, 446p.
- Stearns, S. D.; Ruth, A. D. *Signal processing algorithms in fortran and C*. New Jersey: Prentice Hall, 1993, 410p.
- Takahashi, K.; Anderson, B. J.; Newell, P. T.; Yamamoto, T.; Sato, N. Propagation of compressional Pc3 pulsations from space to the ground: a case study using multipoint measurements. In: Engebretson, M. J.; Takahashi, K.; Scholer, M. ed. *Solar wind Source of magnetospheric ultra-low-frequency waves*. AGU Geophysical Monography, v.81, p.355-363, 1994.

Trivedi, N. B.; Ogura, F. X. K.; de Andrade, J. C.; da Costa, J. M.; Barreto, L. M. A ring core Fluxgate magnetometer for IEEY program in Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.13, n.1, p.37-43, 1995.

Trivedi, N. B.; Arora, B. R.; Padilha, A. L.; Da Costa, J. M.; Dutra, S. L. G.; Chamalaun F. H.; Rigoti, A. Global Pc5 geomagnetic pulsation of march 24, 1991, as observed along the american sector. *Geophysical Research Letters*, v.24, n.13, p.1683-1686, 1997.

Vieira, L. E. A. Estudo de Micropulsações do Campo Geomagnético de Longos Períodos, Classe Pc5, em Baixas Latitudes. São José dos Campos, 113p. Dissertação (Mestrado em Ciência Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.

Zanandrea, A.; Trivedi, N. B.; Padilha, A. L. Micropulsações Geomagnéticas em Santa Maria - RS. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.14, n.3, 1996a.