

Ocorrência de Eventos Trimpi na Estação Antártica Comandante Ferraz

José Henrique Fernandez *,**
Liliana Rizzo Piazza *
Nalin Babulal Trivedi ***

* Centro de Rádio Astronomia e Aplicações Espaciais, CRAAE/INPE, São Paulo-SP, Brasil

** Bolsista de Mestrado da CAPES

*** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Brasil

A propagação de ondas de rádio em VLF (Very Low Frequency: 3-30 kHz) no guia de ondas Terra-Ionosfera pode ser perturbada por um rápido aumento local na densidade eletrônica da baixa ionosfera. Algumas dessas perturbações transientes podem ser detectadas tanto na amplitude quanto na fase da onda que se propaga. Essas perturbações apresentam um rápida variação (da ordem de 1 s), tanto em amplitude quanto em fase, seguidas de uma recuperação relativamente longa ($t > 20$ s) e são denominadas de EVENTOS TRIMPI.

Os eventos Trimpi, em sua quase totalidade, são gerados através de interação onda-partícula. Isto ocorre quando elétrons aprisionados nos cinturões de radiação de Van Allen interagem com ondas no modo “whistler”, e, se precipitam.

Ondas no modo “whistler” (comumente denominadas de ondas “whistlers”) são ondas eletromagnéticas em VLF que, tendo sido geradas por descarga elétrica na baixa atmosfera, propagam-se ao longo das linhas do campo geomagnético (onde há uma maior densidade de plasma que funciona como um guia de ondas) e avançam, passando pela magnetosfera, até o outro hemisfério terrestre. Como se propagam em um meio não neutro, sofrem dispersão em frequência, frequências maiores se propagam com maior velocidade, e, então, quando captadas por um aparelho de áudio na extremidade oposta da linha de campo produzem um ruído sonoro semelhante a um apito (em inglês whistle) resultado da recepção prematura de altas frequências seguidas de frequências cada vez mais baixas chegando em atraso.

Observações de rádio em VLF, na Antártica, fornecem uma primeira evidência de que “bursts” de elétrons energéticos provenientes dos cinturões de radiação comumente se precipitam em regiões ionosféricas geomagneticamente conjugadas às regiões onde se registrou a ocorrência de relâmpagos (com a produção de ondas “whistlers”).

A girorresonância entre ondas no modo “whistler” e elétrons em fluxo contrário é aceita como a explicação da precipitação de partículas induzidas por ondas (Wave Induced Particle Precipitation, WIPP) [Friedel et al., 1991]. “Whistlers” espalham elétrons energéticos ($10 \text{ keV} < E < 1 \text{ MeV}$) aprisionados ao redor das linhas do campo geomagnético para uma região denominada de cone de perdas - região onde o vetor velocidade do elétron forma um ângulo crítico

com o vetor do campo magnético terrestre - onde os elétrons que se encontram em seu interior acabarão por se precipitar na baixa ionosfera produzindo uma ionização extra.

Essa ionização extra é detectada na propagação sub-ionosférica de sinais VLF artificiais produzidos por transmissores de alta potência localizados em diversos pontos do planeta. Os tempos de recuperação são compatíveis com a taxa de decaimento da ionização entre 80 e 100 km de altitude. Os eventos podem se repetir rapidamente chegando a vários por minuto (Figura 1).

Inan et al. [1985] mostram que o tempo de atraso entre a onda atmosférica causativa e o início de um evento Trimpi é explicado pela girorresonância no plano equatorial. Sugerem também que o mecanismo é o responsável pelo evento de precipitação. O cenário aceito para a ocorrência dos eventos Trimpi é mostrado na Figura 2.

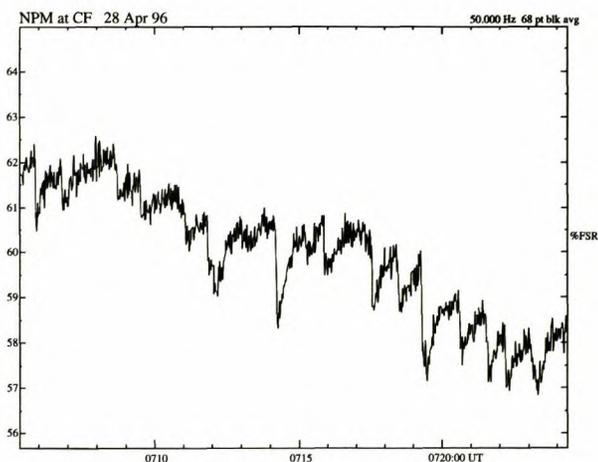


Figura 1: Exemplo de múltiplos eventos detectados na Estação Antártica Brasileira Cmte. Ferraz.

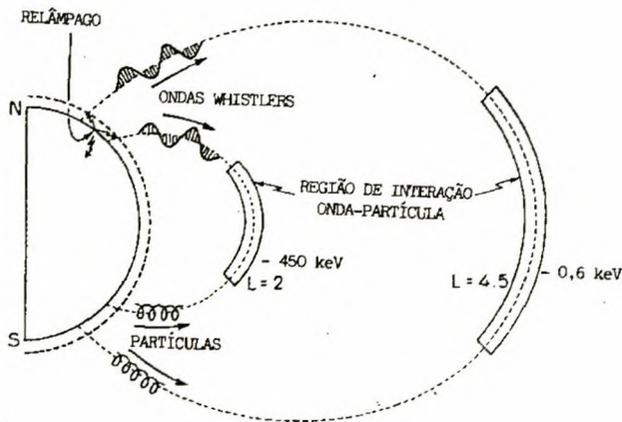


Figura 2: Cenário de ocorrência dos Eventos Trimpis.

A Península Antártica é uma das regiões mais ativas do planeta na ocorrência desses eventos, tanto geomagneticamente (localizada em $2 < L < 3$ e próxima da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul) quanto geograficamente (conjugada com um dos mais ativos centros de tempestades do hemisfério norte) constituindo-se, portanto, num excelente local para a sua detecção e estudo.

Assim, em um projeto conjunto com as Estações Antárticas de Palmer (EUA) e Rothera (Inglaterra), foi instalado na Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz receptores de sinais VLF especialmente construídos (pela Universidade de Stanford, EUA) para a detecção de eventos Trimpis.

O objetivo deste trabalho é apresentar o experimento brasileiro para a detecção de tais eventos com a descrição do equipamento, sua instalação, a estatística dos dados de um ano (abril/1996 a março/1997) já coletados (variação diurna e variação sazonal) e a comparação de dados obtidos simultaneamente nas Estações Cmte. Ferraz (Brasil) e Palmer (EUA) com os respectivos espectros de

“whistlers” que é o material da dissertação de mestrado de um dos autores (J.H.F.).

Este trabalho é parcialmente financiado pela CAPES, PROANTAR/CNPq, Ministério da Marinha e Universidade de Stanford, EUA.

BIBLIOGRAFIA:

- Dowden, R. L. e Adams, C. D. D., Location of lightning-induced electron precipitation from measurement of VLF phase and amplitude perturbations on spaced antennas and two frequencies, *J. Geophys. Res.*, 95, 4135, 1990.
- Friedel, R. H. W. e Hughes, A. R. W., Characteristics and frequency of occurrence of Trimpis events recorded during 1982 at Sanae, Antarctica, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 52, 5, 329-339, 1990.
- Friedel, R. H. W. e Hughes, R. W., Trimpis events on low latitude paths: an investigation of gyroresonance interactions at low L-values, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 54, 10, 1375-1386, 1992.
- Helliwell, R. A.; Katsufakis, J. P. e Trimpis, M. L., Whistler-induced amplitude perturbation in VLF propagation, *J. Geophys. Res.*, 78, 4679, 1973.
- Inan, U. S., Non-linear gyroresonant interactions of energetic particles and coherent VLF waves in the magnetosphere, Tech. Rep. 3414-3, Stanford Electronics Laboratories, Stanford, CA, 1977.
- Inan, U. S.; Carpenter, D. L.; Helliwell, R. A. e Katsufakis, J. P., Subionospheric VLF/LF phase perturbations produced by lightning-whistler induced particle precipitation, *J. Geophys. Res.*, 90, 7457, 1985a.
- Inan, U. S., Gyroresonant pitch angle scattering by coherent and incoherent whistler mode waves in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 92, 127, 1987.
- Inan, U. S. e Bell, T. F., Pitch angle scattering of energetic particles by oblique whistler waves, *Geophys. Res. Lett.*, 18, 49, 1991.