

METODOLOGIA PARA DETECÇÃO DE RASTROS METEÓRICOS UTILIZANDO RADARES COERENTES

**Henrique C. Aveiro¹, Tiago Jaskulski¹, Lilian P. Moor², Laysa Resende³, Pedro Almeida³,
Clezio M. Denardini⁴, Mangalathayil A. Abdu⁵ & Nelson J. Schuch⁶**

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – UFSM, Bolsista PIBIC/INPE-CNPQ/MCT no âmbito da Parceria CRSPE/INPE/MCT-LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS.

² Acadêmica do Curso de Física – UFSM, Bolsista PIBIC/INPE-CNPQ/MCT no âmbito da Parceria CRSPE/INPE/MCT-LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS.

³ Acadêmico do Curso de Física – Bolsista PIBIC/INPE-CNPQ/MCT, São José dos Campos, SP.

⁴ Pesquisador Adjunto I da Divisão de Aeronomia DAE/CEA/INPE – MCT, São José dos Campos, SP.

⁵ Pesquisador Titular AIII da Divisão de Aeronomia DAE/CEA/INPE – MCT, São José dos Campos, SP.

⁶ Pesquisador Titular AIII do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT, Santa Maria, RS.
E-mail para contato: aveiro@lacesm.ufsm.br.

1. INTRODUÇÃO

A ionosfera é a parte ionizada da atmosfera, localizando-se entre aproximadamente 70 km e 1500 km de altitude [1]. Devido as diferentes composições, processos de ionização, densidade eletrônica e altura, a ionosfera é dividida em três regiões básicas: Região D, Região E e Região F. A Região E inicia por volta dos 90 km e se estende por aproximadamente 50 km. Ela é composta por dois íons majoritários: NO^+ e O_2^+ , mas também é caracterizada pela presença de íons metálicos como Mg^+ e Fe^+ . A presença destes íons metálicos é creditada à desintegração meteórica pelo atrito com a atmosfera terrestre. Estes íons são os principais responsáveis pela formação das camadas E-esporádicas em médias e baixas latitudes. Em estudos utilizando radares com frequência acima de 30 MHz, os traços dos meteoros podem ser detectadas como um eco de reflexão do sinal do radar, sendo que a maioria destes ecos é produzida por meteoróides de massa inferior a 10^{-5} kg com raio menor que 10^{-3} m [2], geralmente observados entorno de 100 km de altitude. Já a camada esporádica não é visível aos radares em VHF, apenas suas irregularidades. Isto ocorre por uma questão de geometria. É nestas alturas da região E que é observado o fenômeno do eletrojato equatorial (EEJ), caracterizado por uma corrente elétrica que se localiza entorno de 105 km de altitude, na região E equatorial, cobrindo uma faixa latitudinal de $\pm 3^\circ$ entorno do equador geomagnético [3].

2. EQUIPAMENTO: O RADAR RESCO

Um radar de espalhamento coerente em 50 MHz, conhecido pelo acrônimo RESCO, tem sido operado desde 1998 no Observatório Espacial de São Luís, no Maranhão ($2,33^\circ$ S; $44,20^\circ$ O), próximo

ao equador geomagnético (inclinação de $0,5^\circ$ S em relação ao campo) com o objetivo de principal de estudar a dinâmica do EEJ [4].

A ocorrência do eco do sinal enviado pelo radar ocorre basicamente por dois processos físicos: espalhamento e reflexão. No caso de ecos recebidos de irregularidades do EEJ, o fenômeno relacionado é o retro-espalhamento coerente, o qual possui um eco de baixa potência. A energia recebida no processo de reflexão é maior do que a esperada no caso de retro-espalhamento pelas irregularidades do EEJ. Assim, mesmo durante a presença de irregularidades de plasma é possível a observação de reflexões de meteoros em meio aos dados de irregularidades de plasma do eletrojato.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

A presente análise foi efetuada no CRSPE/INPE – MCT. Foram selecionados dados de alguns dias dos meses de janeiro e fevereiro de 2003. O eco retro-espalhado recebido pelo arranjo de antenas é amplificado antes de passar através dos dois detectores de fase coerente, provendo um sinal em fase e outro em quadratura contendo as informações da frequência e potência Doppler. Os sinais detectados são amostrados em 16 faixas de altura e armazenados num formato binário sequencial. Os sinais são organizados em grupos de 512 pulsos para cada faixa de altura amostrada.

O processamento dos dados é baseado na análise espectral de Fourier para cada faixa de altura de 512 pulsos, o que resulta em uma distribuição espectral de frequências Doppler contidas no eco de cada faixa de altura. Para os períodos de análise, a resolução temporal entre cada grupo de 512 pulsos é 6 s e a frequência de corte para cada espectro é de 500 Hz com

aproximadamente 2 Hz de resolução em frequência. Integrando incoerentemente no tempo 10 espectros subsequentes é possível a obtenção de um espectrograma com resolução de 60 s para cada faixa de altura. Subseqüentemente, integrando cada espectrograma em frequência, é obtida a variação temporal da potência total recebida de cada altura, as quais são usadas para a confecção dos mapas diários de Intensidade-Tempo-Altura (RTI).

Como descrito anteriormente, RTI são mapas que fornecem a potência recebida como função do tempo e altura. Como os rastros meteóricos se apresentam como variações súbitas da potência nos mapas RTI, foi desenvolvida uma ferramenta matemática para a detecção destes eventos: o desvio padrão. O desvio padrão é calculado em intervalos de 60 segundos (10 pontos do mapa RTI) para cada faixa de altura. Para identificar claramente os ecos, um mapa de relação sinal/ruído é utilizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisados 20 dias no período janeiro-fevereiro e foi selecionado um dia em que o EEJ era relativamente fraco: 19 de fevereiro. O mapa de meteoros para 19 de fevereiro é apresentado na Fig. 1. A figura claramente mostra dois ecos muito intensos em torno das 8h 45min e 9h 45min (hora local). O primeiro se estende por uma faixa de 5,2 km e o segundo eco tem 10,4 km de rastro detectado. É possível visualizar algumas detecções em torno de 100 km entre as 11h e 13h, as quais acreditamos estar relacionadas com as irregularidades do EEJ, que tende a apresentar seu máximo de intensidade próximo destes horários.

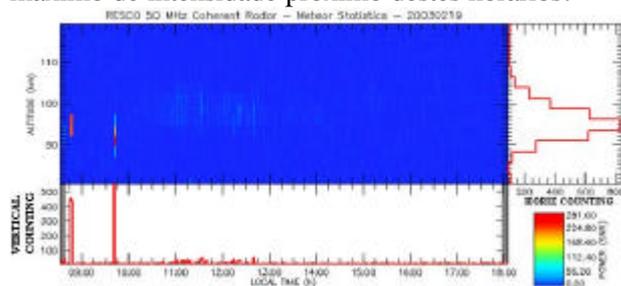


Fig. 1 – Mapa de meteoros para 19 de fevereiro obtido através dos dados do radar RESCO.

É possível analisar a resposta da técnica através das contagens horizontal e vertical na Fig. 1. A contagem vertical mostra ecos intensos entorno das 8h 45min e 9h 45min e a contagem vertical apresenta um perfil centrado em torno das detecções dos ecos de meteoro. A maioria dos rastros meteóricos foi detectada no período da manhã, conforme esperado, devido à face da Terra

onde é dia estar se movendo em direção ao espaço nestes horários.

Embora outros dias de análise não tenham sido apresentados neste trabalho, por razões de limitação de espaço, nossos resultados mostram que a detecção de rastros meteóricos através desta técnica fornece bons resultados para casos em que o EEJ é fraco. Do contrário, os ecos de irregularidades do EEJ contaminam os ecos meteóricos, sendo muito difícil de fazer distinções.

5. CONCLUSÕES

O cálculo do desvio padrão nos mapas RTI tornaram possíveis à detecção de alguns rastros meteóricos para casos em que o EEJ está fraco. A maioria dos rastros meteóricos foi detectada no período da manhã devido a Terra estar se movendo em direção ao espaço nestes horários, conforme esperado. Os resultados apresentados neste trabalho são considerados muito interessantes visto que é o primeiro estudo de ecos de meteoro na região equatorial brasileira utilizando o radar RESCO. Além disso, estes resultados podem ser considerados como um primeiro passo para o estudo de ventos neutros através de derivas de rastros meteóricos utilizando o radar RESCO.

AGRADECIMENTO

H. C. A., L. P. M., T. J., L. R. e P. A. gostariam de agradecer ao CNPq/MCT pelo suporte aos seus programas de pesquisa através dos Projetos PIBIC/INPE – CNPq.

REFERÊNCIAS

- 1 Hargreaves, J. K. *The solar-terrestrial environment*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- 2 Ceplecha, Z.; Borovicka, J.; Elford, W. G.; Revelle, P. O.; Hawkes, R. L.; Porubcan, V.; Simek, M., 1998. *Meteor phenomena and bodies*. Space Science Reviews, v. 84, n. 3-4, p. 327-471.
- 3 Forbes, J. M., 1981, *The Equatorial Electrojet*. Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol. 19, No. 3, p.469-504.
- 4 Denardini, C. M., Abdu, M. A. and Sobral, J. H. A., 2004, *VHF radar studies of the equatorial electrojet 3-m irregularities over São Luís: day-to-day variabilities under auroral activity and quiet conditions*. J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol.66, n17, p.1603-1613.



C749a

XXI Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia- CRICTE 2006 (31.: 2006 Ijuí) Anais do 21. Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2006 /Org. UNIJUÍ, - Ijuí: Ed. UNIJUÍ. 2006. - I cd-rom. Editores: Maurício de Campos. Fabiano Salvador Cassiano Rech; Luciano Pivotto Specht; Edson Padoin ; Robinson Figueiredo de Camargo e Cledison Eduardo Frilzen

ISBN: 85-7429-547-7

1 Engenharia. 2. Trabalhos Acadêmicos. 3 Iniciação científica 4. Projetos de Pesquisa I. Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul II. Título