

# ANÁLISE DOS PERFIS DE REFRAÇÃO ATMOSFERICA DURANTE EVENTO DE COMPLEXOS CONVECTIVOS DE MESOESCALA<sup>1</sup>

Lucía I. Chipponelli Pinto<sup>2</sup>, Paulo R. P. Foster<sup>3</sup>, Marcos Heil Costa<sup>4</sup>

**ABSTRACT** - In this study we related the anomalies of the propagation of electromagnetic waves for Ezeiza, Province of Córdoba, Argentina, and Santa Rosa and Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul, Brazil, during the occurrence of Mesoscale Convective Complexes (CCM). CCMs used in this study happened in February/2003. The radiosondage data and geostationary satellite images (GOES-8 - infrared channel) were used. It was verified that for this month, the stations of Ezeiza and Porto Alegre had larger super-refraction occurrence. The exception was Santa Rosa where a large subrefraction occurred. In the stations of Ezeiza and Porto Alegre was observed frequently occurrence of surface ducting during the month. For the stations of Córdoba and Santa Rosa subrefractions were more frequent in the layer closer to the surface. During the period, anomalies were noticed in the atmospheric refraction for the layer closer to the surface. Days with occurrences of CCMs had changes in the atmospheric refraction in the studied area, which should be associated with the increase of air humidity due to the cloudiness which promote the necessary conditions for the occurrence of the anomalies.

## INTRODUÇÃO

Na atmosfera terrestre a propagação de ondas eletromagnéticas esta sujeita a desvios, porque sofre mudanças na velocidade e direção da propagação. Tais mudanças ocorrem devido à refração atmosférica, que pode vir a provocar uma refração anômala da onda eletromagnética. Conforme Dockery (1998), a propagação de microondas esta relacionada com o perfil vertical do índice de refração ( $dN/dz$ ), de modo que podemos classificá-lo como: subrefração ( $dN/dz > 0$ , sendo o feixe desviado na direção contrária a superfície terrestre); refração normal ( $-79 < dN/dz < 0$ ); super-refração ( $-157 < dN/dz < -79$ , desviando o feixe na direção da superfície terrestre); duto ( $dN/dz > -157$ , que é um caso especial da super-refração, isto é, uma super-refração muito forte que acaba aprisionando a onda eletromagnética dentro de uma mesma camada).

Estas anomalias são de extrema importância para as tecnologias que utilizam transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas na atmosfera, como tais: telefonia móvel, comunicações navais, radares e satélites, entre outros. E como se sabe o radar meteorológico e o satélite são ferramentas da suma importância na previsão do tempo.

Os vários elementos meteorológicos que atuam diretamente na refratividade atmosférica, tais como a temperatura e a umidade do ar, podem ser obtidos através do perfil vertical atmosférico, obtidos a partir de dados de radiossondagens.

Neste estudo relacionamos as anomalias da propagação de ondas eletromagnéticas durante o mês

de fevereiro de 2003 para as cidades de : Ezeiza (lat. 34,8°S, long. 58,5°O e alt. 20m), Córdoba (lat. 31,3°S, long. 64,2°O e alt. 474m) e Santa Rosa (lat. 36,5°S, long. 64,2°O e alt. 1914m) (Argentina), e, Porto Alegre (lat. 30,0°S, long. 51,1°O e alt. 3m) (Brasil), pois durante este mês foi identificado a ocorrência de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM's) sobre a região que engloba estas cidades. Tais sistemas acabaram originando Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), já estudados por vários pesquisadores (Maddox -1980, Velasco -1987 e Silva Dias -1996, entre outros) em diversas regiões do planeta inclusive para o sul da América do Sul. Os CCM's geralmente estão relacionados com tempestades severas. Estes sistemas meteorológicos formados, na maior parte, por nuvens convectivas do tipo "cumulus nimbus" apresentam correntes ascendentes e descendentes bastantes intensas, pancadas intensas de precipitação, pedras de granizo e geram rajadas de vento consideravelmente fortes. Os CCM's citados neste estudo ocorreram na região centro sul da América do Sul, no período de 01-03 e 25-27 do mês de fevereiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Alonso e Foster (2001) mostraram que as variações do índice de refração ( $n$ ) do ar determinam a direção da propagação das microondas. Como o valor de ( $n$ ) é muito próximo da unidade, a refração foi calculada por uma quantidade chamada radiorefratividade ( $N$ ), relacionada como o índice de refração. Conforme Battam (1973), os dióxidos de carbono também contribuem para  $N$ , porem sua contribuição é menor que 0,1% de modo que podemos desprezá-los. Portanto, neste trabalho, foi utilizada a seguinte equação:

$$N = (n - 1) \times 10^6 = \frac{77,6}{T} \left( P + 4810 \frac{e}{T} \right)$$

em que:  $N$  é a radiorefratividade;  $n$  é o índice de refração;  $P$  é a pressão atmosférica (hPa);  $e$  é a pressão de vapor (hPa) e  $T$  é a temperatura (K).

Para calcular o perfil da radiorefratividade foram utilizados os dados obtidos através de radiossondagens (mensagens TEMP), que se encontram disponíveis no site: [www.weather.uwyo.edu](http://www.weather.uwyo.edu), para as localidades citadas acima.

Para analisarmos as condições sinóticas reinantes na região estudada foram utilizadas as imagens de satélite geoestacionário GOES-8 no canal IR (figura 1), com o topo das nuvens realçadas, disponibilizadas, a cada meia hora, no endereço:

<http://orbit35.nesdis.noaa.gov/arad/ht/ff/Gilberto.html>.

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), e CNPq, Brasil.

<sup>2</sup> Mestranda do Curso de Meteorologia Agrícola, UFV. Av. P. H. Rolfs. Viçosa, MG – CEP: 36571 – 000. ([chipponelli@vicosa.ufv.br](mailto:chipponelli@vicosa.ufv.br)). Bolsista CNPq.

<sup>3</sup> Depto. de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, CP 354, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. ([pfoster@ufpel.edu.br](mailto:pfoster@ufpel.edu.br)).

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs s/n, Viçosa, MG, CEP 36570-000, tel (31) 3899-1899, fax (31) 3899 2735. ([mhcosta@ufv.br](mailto:mhcosta@ufv.br)).

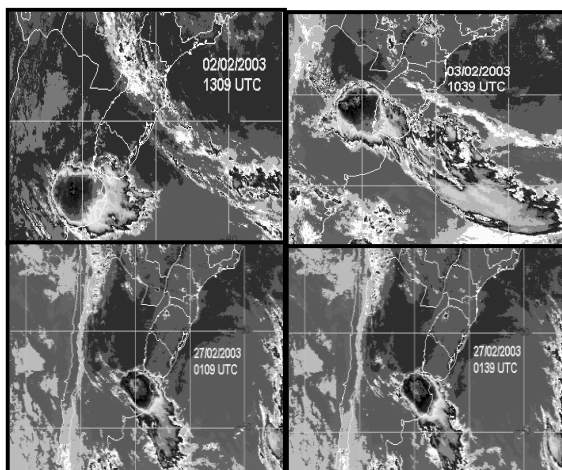


Figura 1. Imagem IR (GOES-8) para os dias 2 e 3 (acima) e 27 de fevereiro de 2003 (abaixo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de refratividade foi analisado para as quatro estações aerológicas durante o mês de fevereiro, até a altura de aproximadamente 6000m. Esta camada foi escolhida pois nela se encontram a maior parte das nuvens baixas e medias. Verificou-se que em três estações (Ezeiza, Córdoba e Porto Alegre) foi maior a ocorrência de super-refração. A exceção foi Santa Rosa que teve maior ocorrência de subrefração. A distribuição mensal da ocorrência de anomalias para cada estação pode ser analisada na figura 2.

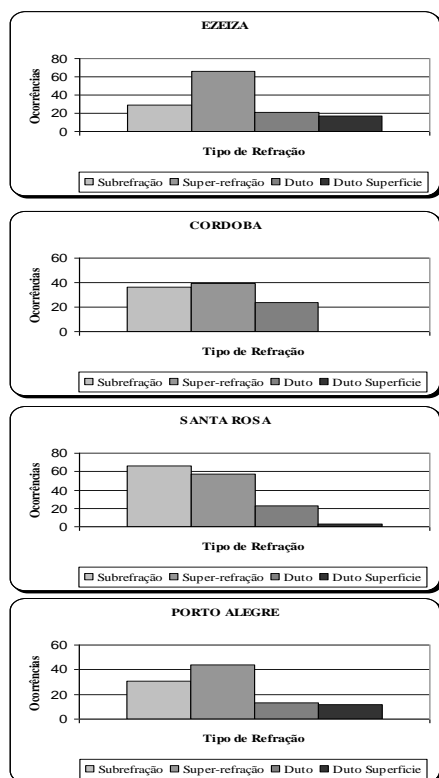


Figura 2. Ocorrência do tipo de refração atmosférica para as estações aerológicas estudadas.

Nas estações de Ezeiza e Porto Alegre foi observada a ocorrência de dutos de superfície, frequentemente, durante o mês, que se explica pela

proximidade do mar, assim aumentando a umidade do ar e assim deixando a atmosfera propícia a ocorrência de tal fenômeno. Para as estações de Córdoba e Santa Rosa foi maior a ocorrência de subrefração na camada mais próxima à superfície durante o mês. Nos períodos de ocorrência dos CCM's foram notadas anomalias na refração atmosférica para a camada mais baixa (próximo a superfície). Estes resultados podem ser observados na tabela 2 (1-3 de fevereiro) e tabela 3 (25-27 de fevereiro).

Tabela 1. Ocorrência de anomalias na refração atmosférica na superfície no período de 01 a 03 de fevereiro.

ESTAÇÃO	01Fev03	02Fev03	03Fev03
Ezeiza	Duto	Duto	Normal
Córdoba	Sub	Sub	Sub
Santa Rosa	Duto	Normal	Sub
Porto Alegre	Duto	Duto	Normal

Tabela 2. Ocorrência de anomalias na refração atmosférica na superfície no período de 25 a 27 de fevereiro.

ESTAÇÃO	25Fev03	26Fev03	27Fev03
Ezeiza	Duto	Duto	Duto
Córdoba	Sub	Sub	Sub
Santa Rosa	Sub	Sub	Sub
Porto Alegre	Super	Duto	Normal

## CONCLUSÕES

Conclui-se que nos dias de ocorrência dos CCM's, houve mudanças na refração atmosférica na região sul da América do Sul, que deve estar associada com o aumento da umidade do ar, devido à nebulosidade provenientes dos CCM's, que acabaram ocasionando as condições necessárias para a ocorrência das anomalias. Sugere-se que o presente estudo seja realizado para outros casos de CCM's.

## REFERÊNCIAS

- Alonso, M.F.; Foster, P.R.P. Comparação dos principais métodos de cálculo da pressão de vapor para estudar a variabilidade espacial e temporal da refratividade atmosférica no sul do Brasil. X Congresso de Iniciação Científica, Pelotas; p. 44, 2001.
- Battan, L.J. Radar observation of the atmosphere. University of Chicago Press, 324 p, 1973.
- Dockery, G. D. Modeling eletromagnetic wave propagation in the troposphere using the parabolic equation. *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol 36, pp. 1464 – 1470, 1998.
- Maddox, R.A. Mesoscale Convective Complexes. *Bulletin American Meteorological Society*, Vol. 61, nº 11: 1374-1387, Novembro 1980.
- Velasco, I.; Fritsch, J. M. Mesoscale Convective Complexes In The Americas. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92 (8): 9591-9613, Agosto 1987.
- Silva Dias, M.A.F. Complexos Convectivos de Mesoescala Sobre a Região Sul do Brasil. *Climanálise*, Cap. 22, 1996.