

Estudo da estrutura vertical da emissão OI 630,0 nm na camada F na região tropical brasileira

C.M.N. Cândido, INPE/UNIVAP
P. R. Fagundes, J. R. Abalde, V. G. Pillat, UNIVAP
D. Gobbi, H. Takahashi, INPE

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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

In this paper we present the optical study using the OI 630,0 nm all-sky imaging observations, which occurs in the bottom side of the F layer, between 250 and 300 km altitude. This study is based on the simultaneous observations of the emission OI 630,0 nm which are performed by two similar all-sky imaging systems, based on CCD system set up at two separate sites, Brazópolis, MG (22,53S; 45,57W; Dip Latitude 17,47S) and Cachoeira Paulista, SP (22,7S; 45,0W; Dip Latitude 17,95 S) and São José dos Campos, SP (23,21S; 45,86W; Dip Latitude 17,61S). Applying the triangulation method we analyze two simultaneous images obtained at pair of stations and we derive the altitude of the emission layer.

Introdução

As irregularidades de plasma de grande escala, conhecidas como bolhas de plasma, são estudadas teórica e experimentalmente há muitos anos devido à sua influência nas comunicações via sinal de rádio através da ionosfera. As bolhas são estruturas quase alinhadas à direção norte-sul das linhas do campo geomagnético cuja densidade de plasma é muito mais baixa (2 a 3 ordens de magnitude) que a do plasma ambiente. Acredita-se que o mecanismo gerador das bolhas é a instabilidade de deriva de gradiente ou instabilidade de Rayleigh-Taylor, cuja ocorrência se dá na borda inferior da camada F equatorial, entre 250 e 300 km, atingindo até 1200 km de altitude.

A morfologia e a dinâmica das irregularidades de plasma podem ser estudadas através das emissões luminescentes do oxigênio atômico, consideradas assinaturas ópticas das bolhas de plasma. Tais emissões têm origem em processos de recombinação dissociativa na borda inferior da camada ionosférica: $(O_2^+ + e \rightarrow O + O(^1D))$; $O(^1D) \rightarrow O(3P) + h\nu$ (630 nm). As observações destas emissões são realizadas com modernos instrumentos de imageamento dotados de dispositivos CCDs (do inglês, *Coupled Charged Device*), que proporcionam excelente resolução espaço-temporal nas medidas. A quantidade medida pelo imageador é o brilho fotométrico e trata-se da integração da taxa total de emissão de fótons no campo de visada do detector, de modo que a altitude da camada emissora é um valor inferido a partir de outras técnicas (foguete, satélites, etc.).

De modo a determinar a altura da camada emissora a partir de instrumentos em solo, foi aplicado o método da triangulação, que consiste em se observar a mesma porção do céu com pelo menos dois instrumentos situados em diferentes localidades.

Metodologia

A metodologia empregada neste estudo consiste na observação simultânea da emissão OI 630,0 nm com instrumentos situados em três diferentes localidades: Brazópolis, MG (22,53S, 45,57W, Latitude Dip 17,47S), Cachoeira Paulista, S.P. (22,7S, 45,0W, Latitude Dip 17,95S) e São José dos Campos, SP (23,21S, 45,86W, Latitude Dip 17,61S), conforme mostra a figura 1, sendo os dados analisados para cada par de localidades.

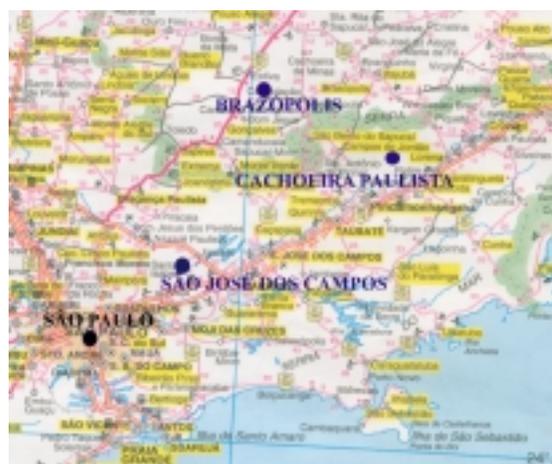


Figura 1: Localização geográfica dos imageadores (em azul).

O método da triangulação, já utilizado para o estudo de estruturas mesosféricas (Kubota et al, 1999), se baseia na observação do mesmo volume de uma região do céu com pelo menos dois sistemas de imageamento, conforme mostra a figura 2.

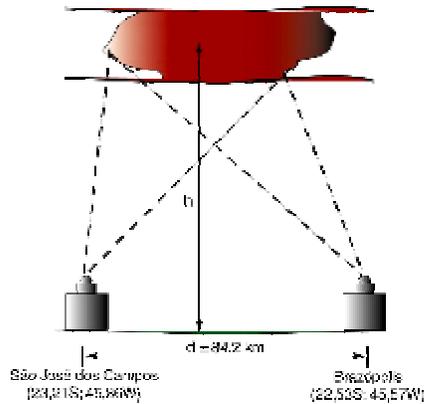


Figura 2: Configuração espacial de dois imageadores para observação simultânea da mesma porção do céu.

O estudo da estrutura vertical da camada ionosférica se baseia na coleta e tratamento de imagens do céu noturno abrangendo um ângulo de aproximadamente 180° . O tratamento destas imagens é realizado em três etapas:

- 1) Linearização das imagens assumindo diferentes altitudes para a camada emissora: a linearização consiste em se projetar a imagem original, obtida com uma lente *all-sky*, sobre uma mapa em coordenadas geográficas. Tal processo é fundamental para qualquer análise quantitativa visto que as imagens originais são distorcidas, curvadas e comprimidas em suas bordas (região de baixos ângulos de elevação) e infladas no centro ou zênite (altos ângulos de elevação), os quais são efeitos provocados pela lente *all-sky* (ou lente olho de peixe);
- 2) Seleção de um corte longitudinal sobre a região a ser analisada em um par de imagens;
- 3) Comparação da variação espacial do brilho fotométrico da emissão nas duas localidades selecionadas.

Resultados

A figura 3 mostra a variação espacial da intensidade da emissão OI 630,0 nm, obtidas com imageador *all sky* no dia 16 de outubro de 2003. As estruturas escuras quase alinhadas ao campo geomagnético (direção N-S) são identificadas como as bolhas de plasma. A baixa intensidade da emissão nestas estruturas é devida à redução da densidade eletrônica na região com relação ao plasma ambiente.

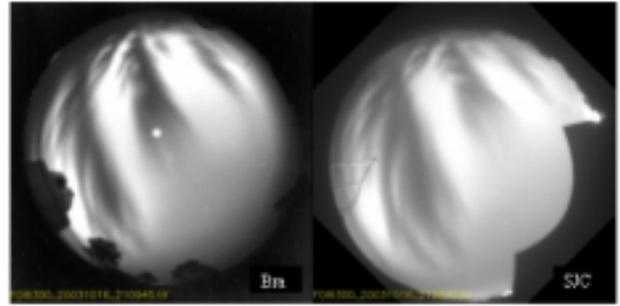


Figura 3: Imagens da emissão OI 630,0 nm obtidas em Brazópolis (Bra), e São José dos Campos (SJC) obtidas com imageador *all-sky* em 16 de outubro de 2003.

A figura 4 mostra as duas imagens da figura 2 após a linearização, assumindo-se a altitude da camada igual 280 km. As linhas horizontais (verde e vermelha) representam regiões latitudinais selecionadas para a análise.

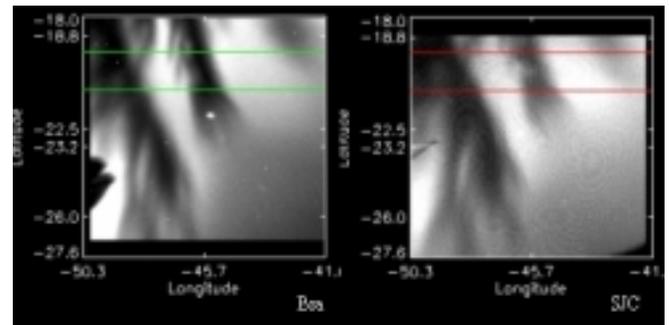


Figura 4: Imagens da emissão OI 630,0 nm obtidas em 16 de outubro de 2003, em Brazópolis (Bra) e São José dos Campos (SJC) linearizadas assumindo-se a altitude da camada emissora igual a 280 km.

Na linearização das imagens assumiu-se diversas altitudes para a camada (250, 260, 270, 280, 290 e 300 km), sendo o corte longitudinal efetuado na latitude $19,5S$. A análise qualitativa envolve a seleção de um vale/mínimo da função e a busca da altitude onde há melhor concordância espacial (sobreposição) da região selecionada.

A figura 5 apresenta uma seqüência de gráficos da variação espacial do brilho fotométrico da emissão OI 630,0 nm, das imagens obtidas em Brazópolis (linha verde) e São José dos Campos (linha vermelha), no dia 16 de outubro de 2003, às 21:09:45, hora local (Bra) e 21:08:39 hora local (SJC).

Após uma análise qualitativa verifica-se que a melhor concordância espacial entre as imagens ocorre para as altitudes entre 260 e 280 km, indicando a altura da camada emissora no horário.

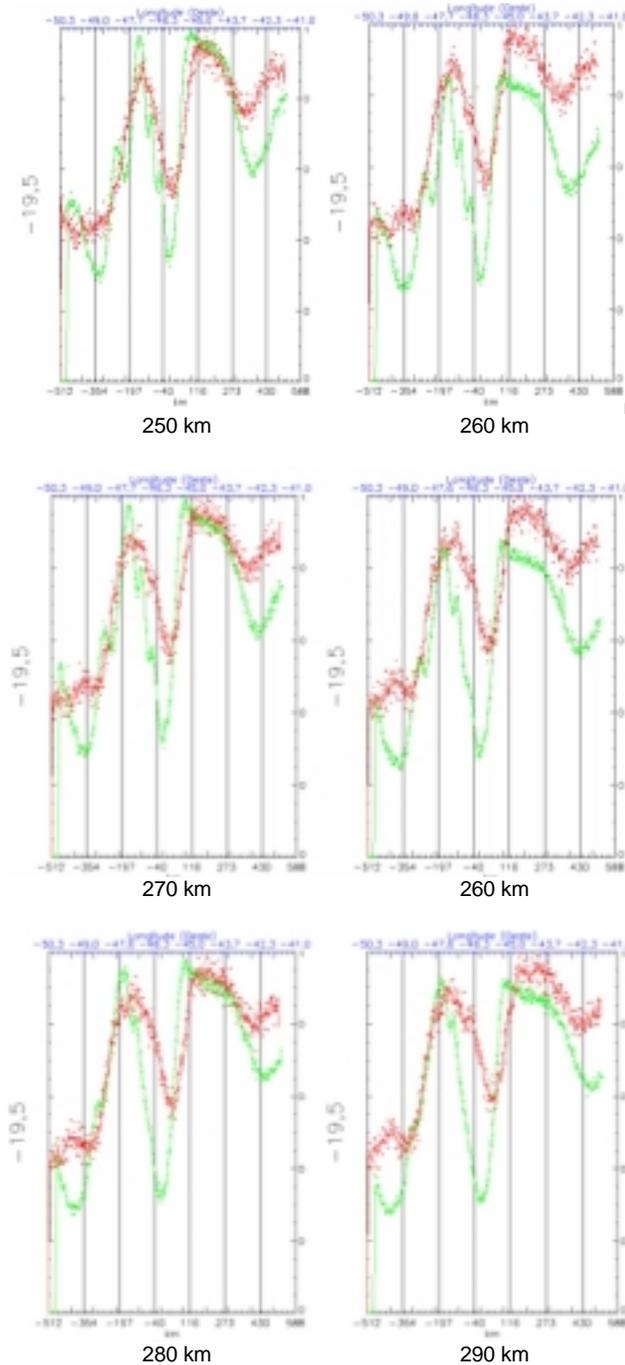


Figura 5: Variação espacial do brilho fotométrico da emissão OI 630,0 nm, das imagens obtidas em Brazópolis (linha verde) e São José dos Campos (linha vermelha), no dia 16 de outubro de 2003, às 21:09:45 hora local (Bra) e 21:08:39 hora local (SJC), na latitude de 19,5 S. As imagens foram linearizadas assumindo-se as seguintes altitudes: 250, 260, 270, 280, 290 e 300 km.

Para a confirmação dos resultados alcançados com a técnica de triangulação, apresentamos um gráfico da variação temporal dos parâmetros $h'F$ (altura virtual da base da camada F) e hpF_2 (altura do pico da camada F_2) no dias 16-17 de outubro de 2003, em São José dos

Campos, extraídos de ionogramas a cada 15 minutos, como mostra a figura 6. A área hachurada corresponde ao período de observação das imagens. Os pontos amarelos correspondem às alturas da camada obtidas pela análise descrita anteriormente.

Figura 5: Variação temporal de $h'F$ e hpF_2 e valor inferido da altura da camada pelo método da triangulação (em amarelo) na noite 16-17 de outubro de 2003.

O comportamento do parâmetro hpF_2 indica que a altura da camada está em torno de 300 km de altitude enquanto $h'F$ confirma para o limite inferior da base da camada o valor em 250 km.

Sumário e Conclusões

O presente estudo mostra que as observações simultâneas em múltiplas localidades da emissão OI 630,0 com imageadores *all-sky*, podem ser utilizadas na determinação da altitude da camada emissora (o método da triangulação), com a conseqüente aplicação no estudo da dinâmica e da morfologia da região ionosférica.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento, CNPq, Brasil, pelo suporte financeiro, à Reitoria da Universidade do Vale do Paraíba, UNIVAP, S. José dos Campos, Brasil, ao Laboratório Nacional de Astrofísica, LNA, Brazópolis, MG, pela concessão de suas instalações e pelo suporte técnico.

Referências

Kubota, M et al, Adv. Space Res., Vol. 24, n.5, pp.593-596, 1999

Abalde, J. R. et al, Journal of Geophysical Research, V. 109, A11308, 2004