



## OBSERVAÇÕES SIMULTÂNEAS DE ONDAS DE GRAVIDADE E IRREGULARIDADES IONOSFÉRICAS DURANTE UM PERÍODO DE MÍNIMO SOLAR

Lopes\*, P. S.; Meibach-Rosa, P. R. P.; Muella, M. T. A. H.  
Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14<sup>th</sup> 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 14<sup>th</sup> 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

Throughout the solar minimum period of 2009-2010 were conducted in the Brazilian stations of Palmas (10,2°S; 48,2°W) and São José dos Campos (23,2°S; 45,9°W) multi-technique observations of ionospheric irregularities. For example, All-sky imagers were in operation to investigate the mesosphere-ionosphere coupling through gravity waves from airglow emissions of OH, OI557,7 nm and OI630,0 nm. Digital ionosondes and Global Positioning System (GPS) receivers were also in operation to detect the signatures of ionospheric irregularities on their signals. In this work the relevant aspects of the mesosphere-ionosphere coupling and the formation of irregularities with different scale sizes during the solar minimum period are analyzed.

### Introduction

Devido a grande importância do acoplamento entre os movimentos das ondas com outros processos atmosféricos, a investigação das características das ondas de gravidade (GW's) permite ampla compreensão sobre os processos que ocorrem na atmosfera superior da Terra (GAVRILOV e FUKAO, 2001; MONTEIRO, 2012). Para entender os efeitos das ondas de gravidade no processo de acoplamento entre a baixa, média e alta atmosfera, faz-se necessário estudar inicialmente suas características de propagação em altitudes mesosféricas e, por conseguinte, analisar observações simultâneas

que registram informações do plasma ionosférico em altitudes ionosféricas (TAORI et al., 2011).

O acoplamento mesosfera-ionosfera foi estudado através da análise das características de propagação vertical de GW's. As observações foram conduzidas mediante a utilização de um imageador "All Sky" instalados nos observatórios geridos pelo grupo de Física e Astronomia da UNIVAP. Foram observadas, em altitudes mesosféricas, as emissões de luminescência atmosférica do OH e OI557,7 nm e, em altitudes ionosféricas, a emissão do OI630,0 nm. A parametrização das ondas de gravidade (GWs) ocorreu mediante a análise das imagens de luminescência atmosférica. A partir dos cálculos das velocidades verticais e horizontais, a análise da propagação vertical de cada GW é fundamentada na comparação de seus valores de comprimento de onda, velocidade de fase e período, estimados na mesosfera.

### Method

As observações do acoplamento mesosfera-ionosfera foram analisadas através das ondas gravitacionais (GWs) e foram conduzidas mediante a utilização de imageadores All-Sky de emissões de aeroluminescência de OH, OI557,7 nm e OI630,0 nm. No processamento das imagens foi utilizado o software UASDA (UNIVAP All-Sky Data Analysis) (PILLAT et al., 2009). Ionogramas registrados pelas ionosondas digitais foram analisados pelo software UDIDA (UNIVAP Digital Ionosonde Data Analysis). A partir dos registros nos ionogramas é possível analisar a presença de irregularidades ionosféricas. Na análise do Conteúdo Eletrônico Total (TEC) obtidos a partir dos dados medidos por receptores do Sistema de Posicionamento Global (GPS), foi empregado o software UTECDA (UNIVAP TEC Data Analysis). A partir deste software foi

calculada a taxa de variação do TEC (ROT), onde é possível analisar flutuações no TEC devido a irregularidades e também ondas.

### Exemplos

A seguir são apresentados na Figura 1 um caso em que foram registrados eventos que identificam a ocorrência de ondas nas imagens do OH e O5 e ondas nas imagens do O6 sobre a estação equatorial de Palmas. Os espalhamentos observados nos ionogramas indicam a ocorrência simultânea de irregularidades ionosféricas.

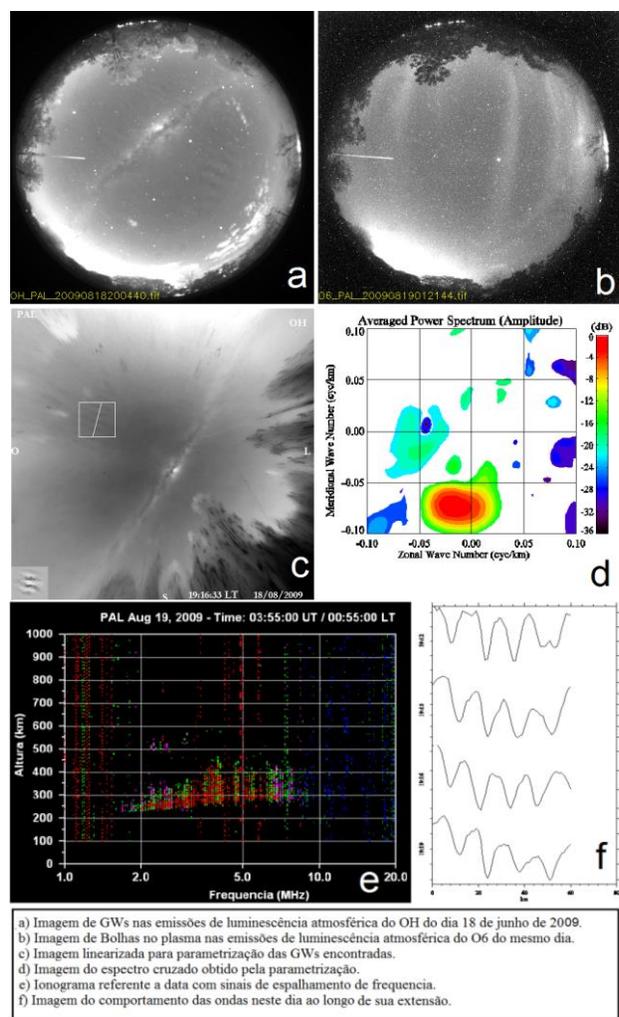


Figura 1 - Resultados da análise do evento de GW observado em 18 de junho de 2009 sobre a estação de Palmas.

Nos gráficos de barras mostrados nos painéis da Figura 2 estão apresentados quatro parâmetros obtidos dos 8 dias de eventos de ondas. Estes gráficos não

apresentam valores estatísticos, mas sim sumariza os valores obtidos para cada GW parametrizada. Nota-se que em algumas datas mais de uma onda pode ter sido parametrizada. Estes gráficos resumem-se aos parâmetros extraídos das imagens de emissão da banda do OH.

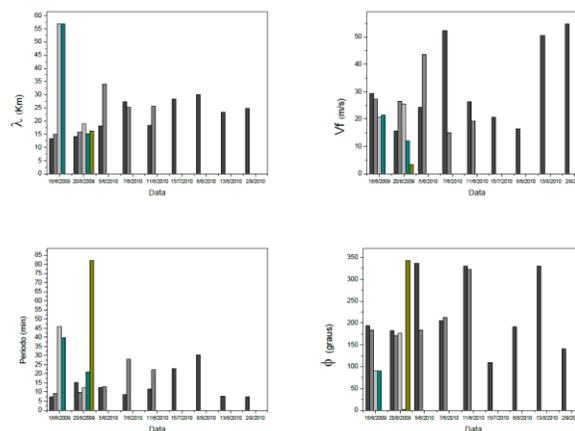


Figura 2 – Parâmetros das GW's obtidos em 8 eventos sobre Palmas. Painéis superiores: à esquerda comprimento de onda horizontal e à direita velocidade de fase. Painéis inferiores: à esquerda período das ondas e à direita o ângulo azimutal.

### Discussion and Conclusions

Foram Identificados eventos de ondas em três diferentes linhas de emissão e que precederam a assinatura de bolhas de bolhas, conforme observado nos no exemplo da Figura 1 para a estação de Palmas. A possível relação entre a ocorrência das GW's e o início das bolhas foi identificada em 8 dias de eventos. Para estes dias existe uma grande probabilidade de que as GW's contribuíram de alguma forma na geração das irregularidades no plasma ionosférico, conforme alguns autores sugerem na literatura. No entanto, na maioria dos eventos as imagens obtidas dos filtros O5 e O6 estavam gravadas com um intervalo de tempo muito grande, impossibilitando a parametrização das ondas. Sendo assim, apenas as GWs na linha do OH puderem ser analisadas e a propagação não foi totalmente confirmada. Neste exemplo os resultados das imagens sugerem fortemente a propagação das GWs desde a mesosfera até a ionosfera e, logo em seguida, o início de bolhas nas imagens do OI-630,0 nm e/ou em dados de ionossondas. Todavia, em nenhum dos eventos selecionados para Palmas foram identificadas em

seguida a ocorrência de bolhas ou irregularidades nas imagens e nos instrumentos de rádio instalados na estação de baixa latitude de São José dos Campos. Com isso, não conseguimos identificar nenhum evento que pudesse ter acionado estas bolhas no equador e sua subsequente expansão até a região de latitudes mais afastadas. No entanto, uma possível explicação para isso pode estar no fato de que as análises foram feitas para o período de baixa atividade solar.

### Acknowledgments

P. R. R. Meibach-Rosa agradece à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro concedido através dos processos 2013/12013-0 e 2014/19588-0. Os autores agradecem ao Dr. Valentim Bageston do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo apoio dado na parametrização dos dados de luminescência atmosférica.

### References

GAVRILOV, N. M.; FUKAO, S. **Hydrodynamic Tropospheric Wave Sources and Their Role in Gravity Wave Climatology of the Upper Atmosphere from the MU Radar Observations**. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 63, P. 931-943, 2001.

MONTEIRO, A.A. **Estudo do acoplamento mesosfera-ionosfera por meio de ondas de gravidade**. Dissertação (Mestrado em Física e Astronomia) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP. 2012.

PILLAT, V.G.; GUEDES, J.R.A.; FAGUNDES, P.R. **Programa para análise de imagens dos fotômetros imageadores: UASDA – Univap All Sky Data Analysis**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMORO, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. P. 1691-1698.

TAORI A., DASHORA N., RAGHUNATH K., RUSSEL J. M., MLYNEZAK M .G . **Simultaneous Mesosphere-Thermosphere-Ionosphere Parameter Measurements Over Gadanki (13,5°N, 79,2 °E): First Results**. *Journal of Geophysical Research*, v. 116, A07308, doi:10.1029/2010JA016154, 2011.