

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329220757>

Um Ajuste Semi-Empírico Para Modelar o Comportamento da Temperatura Atmosférica Através de Sondagens de Balões do CLBI

Presentation · October 2018

DOI: 10.13140/RG.2.2.35202.32964

CITATIONS

0

READS

13

8 authors, including:



Pedro Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

13 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ricardo Tenorio

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Régia Pereira da Silva

National Institute for Space Research, Brazil

3 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



David Mendes

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

81 PUBLICATIONS 168 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Integrated analysis of coastal sediment dynamics of Barreira do Inferno Beach region, RN, Brazil [View project](#)



Zonal drifts climatology of plasma bubbles using LTIAM [View project](#)



Um Ajuste Semi-Empírico Para Modelar o Comportamento da Temperatura Atmosférica Através de Sondagens de Balões do CLBI

SILVA JUNIOR, J. P.^{#1}, TENORIO, R. B. A.^{#2}, OLIVEIRA, É. E. P.^{#3}, SILVA, R. P.^{&4}, CAZUZA, E. P.^{#5}, MENDES, D.^{#6}, BORBA, G. L.^{#7}, ALCÂNTARA, M. L.^{#8}

[#]*Departamento de Ciências Climáticas e Atmosféricas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Av. Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal, RN - CEP: 59078-970*

^{*}*Departamento de Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Av. Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal, RN - CEP: 59078-970*

^κ*Divisão de Aeronomia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Av. dos Astronautas, 1758, S. J. Campos, SP, Brasil - CEP: 12.227-010*

Resumo— Neste trabalho apresenta-se uma proposta para construção de um modelo atmosférico empírico que utiliza dados de sondagens de balões meteorológicos lançados do CLBI, durante os anos 1996 até 2014. Existe um modelo que já foi vastamente utilizado em comparações da baixa e da alta atmosfera sobre Natal-RN, o MSIS-90. Foi constatado que para uma altitude de até 15 km os perfis de temperatura da sondagem e do modelo possuem boa concordância, no entanto, a partir desta altura os valores são discordantes, causando problemas para identificação das camadas acima da troposfera. Com o modelo proposto é possível realizar comparações mais contundentes a respeito da alta troposfera sobre Natal-RN.

Palavras-chave— MSIS-90; Tropopausa; Sondagem Atmosférica.

Abstract— This paper presents a proposal on an empirical atmospheric model that uses, for the most part, meteorological balloon data from the CLBI during the years 1996 to 2014. There is a model that has already been widely used in comparisons of the low and high atmosphere on Natal-RN, the MSIS-90. It was found that for up to an altitude of 15 km the profiles of temperature of the survey and the model have good agreement, however, from this time the values are incompatible, causing problems to identify the layers above the troposphere. With the proposed model it is possible to make stronger comparisons regarding the upper troposphere over Natal-RN.

Keywords— MSIS-90; Tropopause; Atmospheric Soundings.

I. INTRODUÇÃO

Modelos atmosféricos e climáticos, tem por finalidade simular o comportamento de parâmetros físicos e químicos da atmosfera terrestre, auxiliando pesquisas científicas, principalmente em atividades aeronáuticas e aeroespaciais. Exemplos de modelos como o CIRA (COSPAR International

Reference Atmosphere), Standard Atmosphere Calculator, ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), ICAO standard atmosphere, MSIS (Mass Spectrometer Incoherent Scatter), entre outros, são amplamente utilizados tanto pela comunidade científica como pela aviação civil. Entre estes, o modelo semi empírico MSIS na sua versão MSIS-90, a densidade dos constituintes atmosféricos e da temperatura desde a superfície até a alta atmosfera [5]. Possui como suporte um banco de dados de sondagem com foguetes e balões e informações de satélites [3]. Para tanto foram utilizados aproximadamente 200 perfis de temperatura até a altura de 50 Km, obtidas em Natal-RN (5,8°S; 35,5°O) por meio de foguetes de sondagens lançados pelo CLBI entre 1966-1980 [4]. Muitos autores utilizam o MSIS-90 como modelo de referência em trabalhos realizados sobre atmosfera em Natal-RN, trabalhos sobre ondas de gravidade na estratosfera [5], temperatura da tropopausa [6], observações de bolhas de plasma [1], estudo da termosfera [2], densidade eletrônica [7], entre outros. Trabalhos mais recentes mostram uma divergência no perfil de temperatura atmosférica entre as sondagens de balões feitas em Natal-RN e os dados fornecidos pelo MSIS-90 [6], principalmente para região da tropopausa (16 km de altitude).

Para solucionar este problema, propõe-se um modelo que utiliza dados de sondagens de balões atmosféricos, disponibilizados pelo CLBI e outras fontes de sondagens feitas em Natal-RN nos últimos 20 anos. Para isso foram empregados métodos estatísticos para análise de dados e técnicas de programação em PHP, criando assim uma plataforma de aquisição dos resultados, para que deste modo, seja possível colaborar com trabalhos de outros pesquisadores.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizados dados de radiossondagens executadas por meio de balões meteorológicos lançados pelo CLBI. Os dados adquiridos para estudo foram coletados entre os anos de 1996 e 2014. O CLBI possui uma estação meteorológica que realiza dois lançamentos de balões por dia,



no qual o primeiro é diurno e ocorre as 12 horas (UTC), e o segundo sendo noturno, ocorrendo as 24 horas (UTC). A Figura 1 mostra a radiossonda comercial do tipo Vaissala que realiza a sondagem atmosférica, desde a superfície até uma altura de aproximadamente 25 km.



Figura 1: Radiossonda do tipo Vaissala.

Após o lançamento, os dados de sondagem são armazenados em tempo real, em arquivos com formato txt. Neles estão descritos: um cabeçalho que possui informações sobre a data, horário e coordenadas do lançamento; e os dados coletados, tempo de voo, pressão, altura, temperatura, umidade relativa e direção do vento.

Para que outros pesquisadores tenham acesso a base de dados e também ao modelo, foi criado um programa em linguagem PHP. Este programa será executado online por meio de uma página da internet, no qual, ainda será definido o domínio. A Figura 2 apresenta a tela inicial do programa denominado Baloom, onde é possível escolher qual é o dia do ano que será analisado, o turno, e quais variáveis serão plotadas, entre temperatura, pressão ou umidade no eixo X, e altitude ou pressão para o eixo Y. O usuário também poderá escolher que tipo de dado será apresentado para ele, o real, o modelado ou ambos.

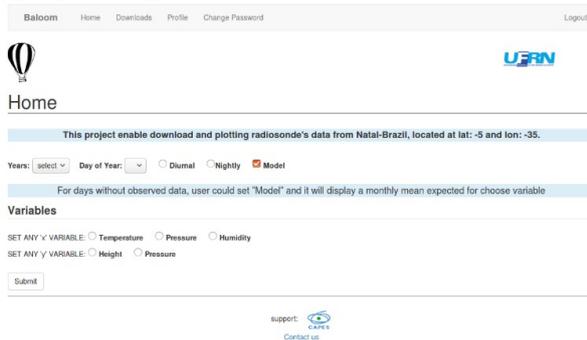


Figura 2: Tela inicial do programa.

Como os arquivos originais da sondagem não possuem um padrão, ou seja, existem diferentes estruturas para determinados períodos. Então inicialmente foi realizada uma padronização dos dados brutos, simplificando assim o algoritmo do programa e melhorando o tempo de resposta para o usuário. Em seguida foi criada uma área de login, onde

só será possível o download dos dados padronizados, mediante um registro, onde o usuário irá se identificar, com informações pessoais e da instituição a qual está vinculado.

Para criação do modelo, foram utilizados os dados de temperatura e altura. Foram escolhidos inicialmente três anos para serem modelados, 2000, 2008 e 2011, no qual, os anos de 2008 e 2011 possuem uma grande quantidade de sondagens. No ano de 2008 o CLBI realizou 233 sondagens durante o dia e 182 durante a noite. Para o ano de 2011, foram realizadas 267 sondagens diurnas e 260 noturnas. O ano 2000 foi escolhido pela vasta quantidade de pesquisas que foram realizadas a respeito da atmosfera terrestre naquele ano. O modelo fornece o comportamento esperado da atmosfera desde a superfície até uma altura de 25 km. Inicialmente foi realizado o ajuste do perfil de temperatura para cada dia de sondagem. Na Figura 3 é possível observar o perfil de temperatura real (curva preta) e o perfil ajustado (curva vermelha).

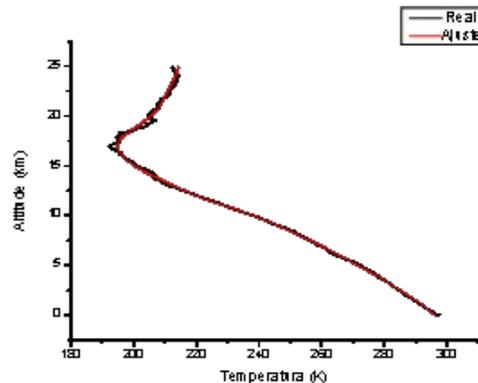


Figura 3: Perfil de temperatura para dia 22 de janeiro de 2011 às 12 h UTC.

Após realizar este procedimento para todos os dias do mês, é feita uma média sobre todas as curvas de ajuste. A Figura 4 apresenta todos pontos ajustados do mês de janeiro de 2011 (linha preta) e a curva média destes pontos (curva vermelha).

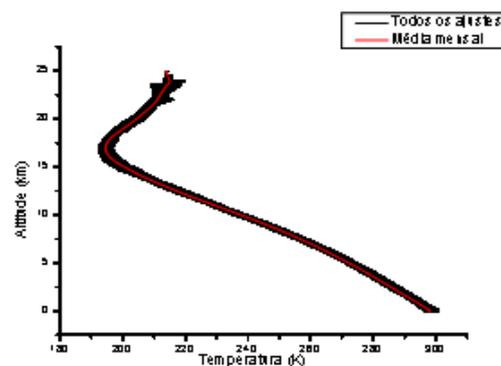


Figura 4: Perfil de temperatura médio para janeiro de 2011.



Este procedimento é refeito para todos os meses do ano. A Figura 5 apresenta todos os meses que foram modelados para o ano de 2011, onde é possível observar que ao longo do ano existe pequenas variações da temperatura na região próxima da superfície, um comportamento regular entre uma altitude de 2,5 km até 15 km, e mudanças consideráveis acima de 15 km, principalmente na região da tropopausa.

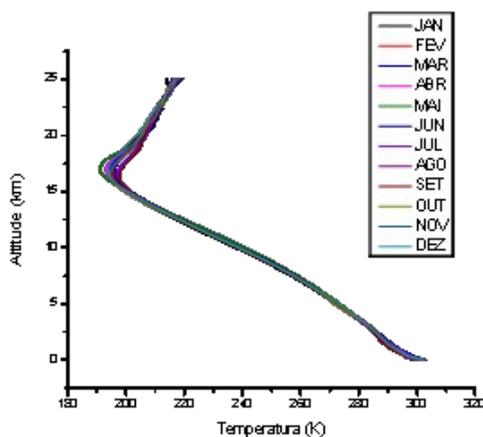


Figura 5: Modelagem do perfil de temperatura para os 12 meses do ano de 2011.

Para validar o modelo foram realizados procedimentos, como comparar os perfis obtidos com os simulados pelo modelo MSIS-90 e regressões lineares com os dados reais para verificar o coeficiente de determinação (R^2).

III RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil de temperatura obtido, é comparado com o MSIS-90, a Figura 6 mostra as comparações entre uma sondagem real (curva preta), o modelado (curva vermelha) e o simulado pelo MSIS-90 (curva azul), para o dia 22 de janeiro de 2011. Nesta figura é possível observar que a melhor curva que se ajusta ao dado real é modelada para o mês de janeiro, a curva obtida com o MSIS-90 possui certa convergência até uma altura de 15 km, mesmo não sendo totalmente regular na baixa troposfera. Na região da alta troposfera e baixa estratosfera percebe-se uma divergência.

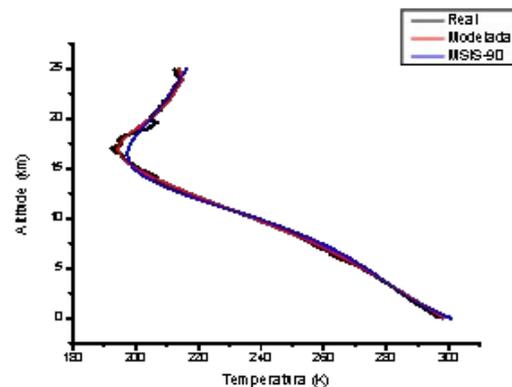


Figura 6: Comparações entre a sondagem real, o modelo e o MSIS-90 para o dia 22/01/2011 às 12 h UTC.

A fim de verificar qual modelo estimou melhor a sondagem, foi realizada uma regressão linear entre o perfil real e modelado, e entre o perfil real e simulado pelo MSIS-90, assim, foi possível encontrar o coeficiente de determinação (R^2). A Figura 7 mostra a regressão linear entre o dado real e o modelado, no qual o R^2 obtido foi de aproximadamente 0,999, o que indica um excelente ajuste do modelo com relação ao dado real.

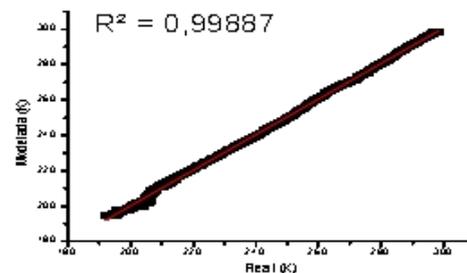


Figura 7: Regressão linear entre o perfil de temperatura real e o modelado.

Posteriormente, foi feita regressão linear entre o perfil real e o simulado pelo MSIS-90, a Figura 8 apresenta esta regressão, onde foi obtido um coeficiente de determinação de aproximadamente 0,997.

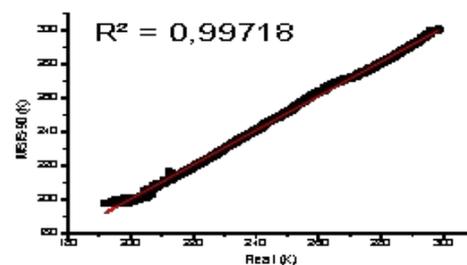


Figura 8: Regressão linear entre o perfil de temperatura real e o simulado pelo MSIS-90.

O resultado do coeficiente de determinação mostra grande proximidade entre os modelos e que ambos descrevem bem o



perfil de temperatura até uma altitude de 25 km. No entanto, foi verificado (Figura 6) que acima de 15 km existe uma divergência entre os modelos, logo, foi realizada uma regressão linear a partir desta altitude até 25 km. Na Figura 9 observa-se a regressão linear entre o dado real e o modelado, no qual o R^2 obtido foi de aproximadamente 0,96.

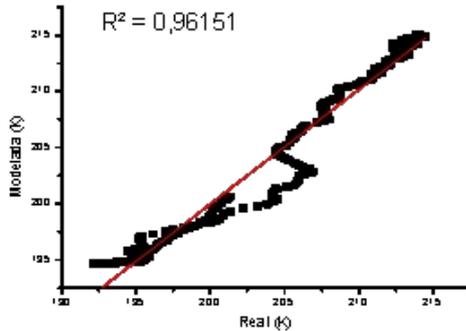


Figura 9: Regressão linear entre o perfil de temperatura real e o modelado a partir de 15 km.

Em seguida o mesmo procedimento foi realizado, onde na Figura 10 é possível comparar o perfil real com o simulado pelo MSIS-90, no qual foi obtido um R^2 igual à 0,92.

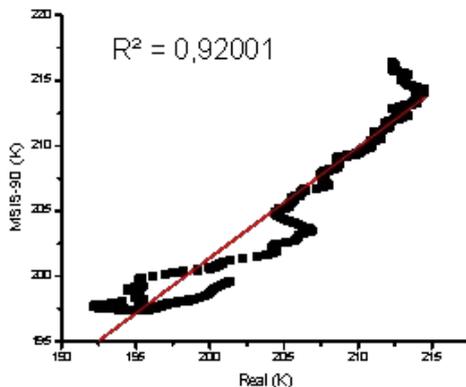


Figura 10: Regressão linear entre o perfil de temperatura real e o simulado pelo MSIS-90.

Em vista disso, foi possível observar que o modelo elaborado, possui melhor ajuste para temperatura da atmosfera acima de 15 km, com relação ao MSIS-90. Em seguida, o mesmo procedimento foi realizado para as outras sondagens feitas em 2011. A Tabela 1 mostra os coeficientes de determinação para os dados desde a superfície até a altitude de 25 km, e também para os dados a partir de 15 km de altitude até 25 km. As regressões lineares feitas desde a superfície apresentaram praticamente o mesmo coeficiente de determinação para as comparações entre o modelo e o MSIS-90, no qual os valores médios foram 0,998 e 0,994 respectivamente, no entanto, as realizadas com mostraram uma diferença entre as médias dos coeficientes de

determinação, sendo de 0,91 para o modelo e de 0,88 para o MSIS-90.

TABELA 1. COMPARAÇÃO MENSAL DO R^2 ENTRE O MODELO E O MSIS-90.

Mês	Modelo 0-25 km	MSIS-90 0-25 km	Modelo 15-25 km	MSIS-90 15-25 km
Janeiro	0,998	0,996	0,922	0,893
Fevereiro	0,998	0,996	0,911	0,897
Março	0,998	0,995	0,904	0,873
Abril	0,999	0,993	0,945	0,891
Mai	0,998	0,990	0,942	0,895
Junho	0,997	0,992	0,897	0,826
Julho	0,998	0,996	0,922	0,884
Agosto	0,997	0,995	0,866	0,829
Setembro	0,998	0,996	0,925	0,843
Outubro	0,997	0,995	0,886	0,867
Novembro	0,998	0,995	0,940	0,925
Dezembro	0,998	0,994	0,938	0,914
Média	0,998	0,994	0,910	0,880

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre os coeficientes de determinação com relação as estações do ano, para região entre 15 km a 25 km. É possível observar que durante o inverno e o outono o MSIS-90 possui os menores valores para o R^2 e que o modelo não obteve valores menores que 0,90.

TABELA 2. R^2 ENTRE 15-25 KM.

Estações do ano	Modelo	MSIS-90
Verão	0,91	0,89
Outono	0,93	0,87
Inverno	0,90	0,85
Primavera	0,92	0,90

Trabalhos anteriores já mostraram que para uma altitude acima de 15 km o MSIS-90 discorda dos dados de sondagem, principalmente durante o outono e o inverno.

IV CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento de um modelo atmosférico para região de Natal-RN. Para este propósito foram utilizados inicialmente dados de sondagem com balões atmosféricos dos anos 2000, 2008 e 2011, além da criação de um software em linguagem PHP para que o modelo seja disponibilizado futuramente. Os principais resultados mostraram o modelo desenvolvido possui melhor concordância com as sondagens, quando comparado com o MSIS-90, especialmente para região da alta troposfera e a base da estratosfera, entre 15 km a 25 km.

Espera-se que o modelo seja disponibilizado em alguma plataforma web, e que em breve será registrado pela universidade, além disso, almeja-se uma parceria com o CLBI, para que mais dados de sondagens sejam

disponibilizados, para que assim, o modelo possa ser atualizado constantemente.

Por fim, acredita-se que o atual estudo irá contribuir com futuras pesquisas acerca da atmosfera sobre Natal-RN, e que o modelo possa ser expandido para outras regiões.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001. R. P. Silva agradece ao CNPq (nº 300813/2018-0), G. L. Borba agradece a AEB (nº PIB10467-2013). Todos os autores são gratos ao CLBI por disponibilizar os dados de sondagens atmosféricas. Os resultados da simulação foram fornecidos pelo CCMC (Community Coordinated Modeling Center) no GSFC (Goddard Space Flight Center) através do seu sistema público (<http://ccmc.gsfc.nasa.gov>). O Modelo MSIS-90 foi desenvolvido por A. E. Hedin na NASA GSFC.

REFERÊNCIAS

- [1] A. M. Abdu, P. Muralikrishna, I. S. Batista and J. H. A. Sobral, "Rocket observation of equatorial plasma bubbles over Natal, Brazil, using a high-frequency capacitance probe," *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol. 96, pp. 7689-7695, May. 1991.
- [2] M. A. Biondi and P. D. Sipler, "Horizontal and vertical winds and temperatures in the equatorial thermosphere: Measurements from Natal, Brazil during August-September 1982," *Planetary and space science*, Vol. 33, pp. 817-823, Jul. 1985.
- [3] A. E. Hedin, "Extension of the MSIS thermosphere model into the middle and lower atmosphere," *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol. 96, pp. 1159-1172, Feb. 1991.
- [4] K. Labitzke, J. J. Barnett and B. Edwards, "Middle Atmosphere Program. Handbook for MAP (Vol. 16)," NASA, Illinois, USA, Tech. Rep. 1985.
- [5] A. L. P. Oliveira, E. P. Cazusa, J. Q. Medeiros Neto, J. P. Silva Junior, A. A. X. Barbosa, G. L. Borba, ... and M. L. Alcântara, "Ondas de gravidade na estratosfera equatorial brasileira: estudo de caso," *HOLOS*, Vol. 8, pp. 24-35, Oct. 2016.
- [6] J. P. Silva Junior, E. P. Cazusa, G. L. Borba, D. Mendes and A. L. P. Oliveira, "Estudo da temperatura da tropopausa a partir de sondagens com balões meteorológicos do CLBI," in *Anais do VII Fórum de Pesquisa e Inovação*, 2017, paper 28, p. 123-126.
- [7] H. Takahashi, B. R. Clemesha, P. P. Batista, Y. Sahai, M. A. Abdu, and P. Muralikrishna, "Equatorial F-region OI 6300 Å and OI 5577 Å emission profiles observed by rocket-borne airglow photometers," *Planetary and Space Science*, Vol. 38, pp. 547-554, 1990.