

Referência Completa

Tipo da Referência Conference Proceedings
Repositório sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.20.25
Metadados sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.20.26
Site mtc-m05.sid.inpe.br
Rótulo 2348
Chave Secundária INPE-2659
Chave de Citação Kantor:1983:TrCiEs
Autor Kantor, Ivan Jelinek
Grupo DAE-INPE-BR
Título Trabalhos em ciencia espacial no instituto de pesquisas espaciais (inpe)que envolvem matematica aplicada. 
Nome do Evento Encontro Regional de Matemática Aplicada E Computacional, 1.
Ano 1983
Data 23-25 FEV. 1983
Localização do Evento São José dos Campos
Palavras-Chave AERONOMIA.
Tipo Secundário PRE CN
Area CEA
Projeto 903108
Ultima Atualização dos Metadados 2015:03.18.14.29.43 sid.inpe.br/bibdigital@80/2006/04.07.15.50 administrator
Estágio do Documento concluido
e-Mail (login) marciana
Grupo de Usuários administrator
Visibilidade shown
Transferível 1
Tipo do Conteúdo External Contribution
Unidade Imediatamente Superior 8JMKD3MGPCW/3ETL868
Conteúdo da Pasta source não têm arquivos
Conteúdo da Pasta agreement não têm arquivos
Histórico 2015-03-18 14:29:43 :: administrator -> marciana :: 1983
Campos Vazios abstract accessionnumber affiliation archivingpolicy archivist booktitle callnumber copyholder copyright creatorhistory descriptionlevel dissemination documentstage doi e-mailaddress edition editor electronicmailaddress format isbn issn language lineage mark mirrorrepository nextedition notes numberoffiles numberofvolumes organization pages parameterlist parentrepositories previousedition progress publisher publisheraddress readergroup readergroup readpermission resumeid rightsholder secondarydate secondarymark serieseditor session shorttitle size sponsor subject targetfile tertiarymark tertiarytype type url versiontype volume
Data de Acesso 20 jul. 2015
atualizar

1. Publicação nº INPE-2659-PRE/271	2. Versão	3. Data Mar., 1983	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem Programa DGA			
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) GEOFÍSICA E AERONOMIA MATEMÁTICA APLICADA			
7. C.D.U.: 523.4:51-71:061.6			
8. Título INPE-2659-PRE/271 TRABALHOS EM CIÊNCIA ESPACIAL NO INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) QUE ENVOLVEM MATEMÁTICA APLICADA		10. Páginas: 10	
		11. Última página: 07	
9. Autoria Ivan Jelinek Kantor		12. Revisada por B. A. V. D. L. A. Vieira Dias	
		13. Autorizada por Parada Nelson de Jesus Parada Director	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas Alguns trabalhos em Ciência Espacial do Departamento de Geofísica e Aeronomia do Instituto de Pesquisas Espaciais que envolvem Matemática Aplicada são: a) modelagem de constituintes minoritários atmosféricos por diferenças finitas; b) obtenção da condutividade terrestre usando dados magnetoteliúricos por métodos de inversão; c) simulação da dinâmica de bolhas ionosféricas que envolvem o sistema de equações do tipo elítico e parabólico usando o método FCT e SOR; d) simulação da eletrodinâmica das regiões E e F que envolvem um sistema acoplado de equações diferenciais parciais do tipo elítico e parabólico; e) modelagem do campo elétrico na atmosfera que envolve uma equação diferencial parcial do tipo elítico. Em relação a esse último foram utilizados os métodos de diferenças finitas (SOR e BTM) e elementos finitos (EF-Galerkin). No caso dos trabalhos (d) e (e), o método SOR mostrou-se inadequado.			
15. Observações Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), através do Contrato FINEP 537/CT.			

Abstract

Some of the researches in the Geophysics and Aeronomy Department at the Brazilian Institute for Space Research (INPE) involving Applied Mathematics are: a) minor atmospheric constituents modelling by finite differences; b) terrestrial conductivity through magnetotelluric methods using inversion methods; c) simulation of the dynamics of ionospheric bubble involving a system of elliptic and parabolic type equations, using the FCT and SOR methods; d) simulation of the electrodynamics of the E and F regions involving a coupled system of partial differential equations of the elliptic and parabolic type; e) modelling of the atmospheric electric field that involves a partial differential equation of the elliptic type. In this last case the finite difference methods (SOR and BTM) and finite elements (EF-Galerkin) have been utilized. The SOR method proved inadequate in the cases (d) and (e).

TRABALHOS EM CIÊNCIA ESPACIAL NO INSTITUTO DE PESQUISAS
ESPACIAIS (INPE) QUE ENVOLVEM MATEMÁTICA APLICADA

IVAN JELINEK KANTOR

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Alguns trabalhos em Ciência Espacial do Departamento de Geofísica e Aeronomia do Instituto de Pesquisas Espaciais que envolvem Matemática Aplicada são: a) modelagem de constituintes minoritários atmosféricos por diferenças finitas; b) obtenção da condutividade terrestre usando dados magnetotelúricos por métodos de inversão; c) simulação da dinâmica de bolhas ionosféricas que envolvem o sistema de equações do tipo elítico e parabólico usando o método FCT e SOR; d) simulação da eletrodinâmica das regiões E e F que envolvem um sistema acoplado de equações diferenciais parciais do tipo elítico e parabólico; e) modelagem do campo elétrico na atmosfera que envolve uma equação diferencial parcial do tipo elítico. Em relação a este último foram utilizados os métodos de diferenças finitas (SOR e BTM) e elementos finitos (EF-Galerkin). No caso dos trabalhos (d) e (e), o método SOR mostrou-se inadequado.

TRABALHOS EM CIÊNCIA ESPACIAL NO INSTITUTO DE PESQUISAS
ESPACIAIS (INPE) QUE ENVOLVEM MATEMÁTICA APLICADA

IVAN JELINEK KANTOR

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

INTRODUÇÃO

A Ciência Espacial estuda os fenômenos que ocorrem acima da superfície terrestre. Para estudar estes fenômenos são utilizados quase todos os ramos da Ciência. A Matemática Aplicada é uma ferramenta importantíssima não só para comparar teorias e hipóteses com observações, como para desenvolver, por exemplo, simulações de reações nucleares no interior de estrelas, ou o comportamento de modelos do Universo. Por outro lado a Matemática Aplicada tem se enriquecido a medida que novos e diferentes problemas de Ciência Espacial têm surgido.

O INPE tem se dedicado à Ciência Espacial desde a sua criação em 1961. Muitos dos trabalhos desde então desenvolvidos envolvem Matemática Aplicada. Em seguida serão descritos resumidamente alguns dos trabalhos atualmente em andamento ou recentemente concluídos no Departamento de Geofísica e Aeronômica do INPE. Mais detalhes sobre estes trabalhos são encontrados nas referências.

MODELAGEM DE CONSTITUINTES MINORITÁRIOS ATMOSFÉRICOS

Tem sido desenvolvidos diversos trabalhos (Kirchhoff, 1983) para simular as variações diurnas dos componentes minoritários (por exemplo: sódio, ozônio, hidrogênio atômico) da atmosfera.

A solução do problema envolve equações do tipo continui
dade:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = P - L - \frac{\partial \phi}{\partial z},$$

onde n é a densidade numérica; P é produção; L é perda; e ϕ é o flu
xo difusivo; z é a coordenada de altura e t é o tempo. Para cada cons
tituinte atmosférico aplica-se a equação de continuidade em cada in
tervalo de tempo e de altura. As reações químicas entre os constituín
tes tornam o sistema de equações acoplado, através do P e L . Este sis
tema foi satisfatoriamente resolvido por diferenças finitas.

OBTENÇÃO DA CONDUTIVIDADE TERRESTRE USANDO DADOS MAGNETOTELÚRICOS

Estão sendo realizadas (Trivedi et alii, 1981) medidas magnetotelúricas (campo elétrico e campo magnético em um ponto da su
perfície da terra) em Cachoeira Paulista (São Paulo) e Eusébio (Forta
leza).

As medidas magnetotelúricas são analisadas espectralmen
te fornecendo a impedância eletromagnética na superfície, $R(0;\omega)$, em
função de frequência, ω . A partir da $R(0;\omega)$, por métodos de inversão,
obtem-se a condutividade terrestre, $\sigma(z)$, em função de profundidade,
até centenas de quilômetros.

A equação a ser invertida tem a forma:

$$\frac{d}{dz} R(z;\omega) - i\omega R^2(z;\omega) - \mu_0 \sigma(z) = 0,$$

sendo conhecido $R(0;\omega)$. Onde z é a profundidade e μ_0 a permitividade
magnética do vácuo.

Estão sendo desenvolvidos (Trivedi e Padilha, 1983) métodos de inversão usando-se o método de Backus and Gilbert (Oldenburg, 1979) e métodos finitos.

SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DE BOLHAS IONOSFÉRICAS

São observadas irregularidades na ionosfera equatorial que podem ser explicadas como devidas à evolução de uma depressão (bolha) no plasma ionosférico.

Nakamura (1981) realizou uma simulação numérica da geração e evolução de bolha, baseada na teoria da instabilidade Rayleigh-Taylor colisional.

As equações que descrevem o fenômeno são do tipo:

$$\frac{\partial n}{\partial t} - \frac{1}{B} (\nabla \phi \times \hat{z}) \cdot \nabla n = -\nu_r(n-n_0),$$

$$\nabla \cdot (\nu n \nabla \phi) = B(\vec{g} \times \hat{z}) \cdot \nabla n$$

onde n é densidade numérica; B é campo magnético; ϕ é o potencial; ν_r é a taxa de recombinação; ν é frequência de colisão; $\vec{g}$ é a aceleração da gravidade; e $\hat{z}$ é o versor vertical.

A primeira equação foi integrada no tempo usando-se o algoritmo de transporte de fluxo corrigido ("flux-corrected transport", F.C.T.) que foi desenvolvido para equações do tipo continuidade. A segunda equação foi calculada usando-se o método de sobre-relaxação sucessiva ("Successive over-relaxation", S.O.R.).

As simulações numéricas foram feitas em duas dimensões.

SIMULAÇÃO DA ELETRODINÂMICA DAS REGIÕES E e F

Correntes elétricas, geradas por ventos termosféricos, circulam ao longo das linhas do campo magnético terrestre acoplando as regiões E e F da ionosfera. Seus efeitos na distribuição do campo elétrico ao entardecer está sendo investigado (Batista, 1983), resolvendo-se um sistema de equações do potencial e do movimento.

Este sistema de equações está descrito em Heelis et alii (1974) e consiste em: 1) uma equação do potencial na forma de equação diferencial parcial elítica, que descreve a região E da ionosfera; 2) uma equação do movimento na forma de equação diferencial parcial parabólica, que descreve a região F da ionosfera.

Resolve-se o sistema supondo-se inicialmente uma corrente elétrica paralela à linha de campo magnético nula. Resolve-se a equação do potencial na região E. O campo elétrico calculado é mapeado na região F. Resolve-se a equação do movimento na região F e encontra-se uma corrente elétrica que é utilizada novamente na equação do potencial, para resolver iterativamente o sistema.

A equação do potencial (elítica) é resolvida pelos métodos: 1) SOR ("Successive over-relaxation") não muito satisfatoriamente; 2) BTM ("Block tridiagonal matrix") que é um método de inversão direta por blocos. A inversão direta do sistema não é possível, pois o sistema é da ordem de 6000 x 6000.

A equação do movimento (parabólica não-linear) descreve a evolução no tempo e é resolvida pelo método de Crank-Nicolson. Os resultados da região F devem ser periódicos (de um dia). Observa-se que os resultados da integração do segundo e terceiro dia já são praticamente idênticos.

MODELAGEM DO CAMPO ELÉTRICO NA ATMOSFERA

Foram realizadas medidas de campos elétricos utilizando-se balões estratosféricos a 30 km de altitude na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (Dutra, 1982). Para estudar estas medidas, foram feitas simulações numéricas do comportamento do campo elétrico devido: 1) ao mapeamento do campo elétrico ionosférico para regiões mais baixas da atmosfera; 2) ao relevo do terreno; 3) às irregularidades na condutividade atmosférica.

O modelo do campo elétrico é descrito por:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{J} = 0,$$

com:

$$\underline{J} := \underline{\sigma} \cdot \underline{E},$$

$$\underline{E} := - \underline{\nabla} \phi,$$

onde $\underline{J}$ é a densidade de corrente elétrica; $\underline{E}$, o campo elétrico; $\underline{\sigma}$, o tensor condutibilidade elétrica; e ϕ , o potencial elétrico. Além disso existem condições de contorno.

O trabalho citado apresenta resultados de simulações bi e tri-dimensionais. Utilizando-se um sistema de coordenadas e transformações de coordenadas convenientes, a equação torna-se uma equação diferencial parcial elítica do tipo:

$$A \frac{\partial^2 \phi}{\partial p^2} + C \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + D \frac{\partial \phi}{\partial p} + E \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0.$$

Para resolvê-la, Dutra (1982) utiliza vários métodos: 1) SOR que se mostrou lento ou mesmo inapropriado (não-convergente); 2) BTM, um método direto de solução que se mostrou eficaz; 3) elementos finitos

(EF - Galerkin) que também funcionou satisfatoriamente e foi empregado na simulação de variação do relevo do terreno; 4) varredura, solução encontrada por integração direta. Este último método ainda continua sendo desenvolvido.

A aplicação dos dois últimos métodos em Geofísica na área da eletricidade atmosférica é novidade.

Dutra (1982) apresenta uma descrição bastante detalhada dos métodos utilizados.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a I.S. Batista, ao Dr. S.L.G.Dutra, ao Dr. V.W.J.H. Kirchhoff, ao A.L. Padilha, ao Dr. N.B. Trivedi e ao Dr. L.A.V. Dias a colaboração prestada na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, I.S. Eletrodinâmica das regiões E e F. São José dos Campos, 1983. Comunicação pessoal.
- DUTRA, S.L.G. *Campos elétricos em alturas de balão estratosféricos*. Tese de Doutorado em Ciência Espacial. São José dos Campos, INPE 1982. (INPE-2556-TDL/103).
- HEELIS, R.A., KENDALL, P.C., MOFFETT, R.J., WINDLEY, D.W. and RISHBETH, H. Electrical Coupling of the E- and F-Regions and its effect on F-Region Drifts and winds. *Planetary Space Science*, 22(5), 743-756, 1974.
- KIRCHHOFF, V.W.J.H. Modelagem de constituintes minoritários atmosféricos. São José dos Campos, 1983. Comunicação pessoal.
- NAKAMURA, Y. *Irregularidades Ionosféricas em baixas latitudes no setor americano*. Tese de Doutorado em Ciência Espacial. São José dos Campos, INPE 1981 (INPE-2243-TDL/065)
- OLDENBURG, D.W. One-dimensional inversion of natural source magnetotelluric observations. *Geophysics*, 44(7), 1218-1244, July 1979.
- TRIVEDI, N.V., de SOUZA, E.G., de PAULA, E.R., da COSTA, J.M., and FOURNIER, H. Magnetotelluric measurements at Eusébio, an equatorial station. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 25(2):241-244, Apr, 1981.
- TRIVEDI, N.B., PADILHA, A.L. Método magnetotelúrico. São José dos Campos, 1983. Comunicação pessoal.