



Boletim de Ciências Geodésicas

ISSN: 1413-4853

bcg_editor@ufpr.br

Universidade Federal do Paraná

Brasil

PEREIRA DA SILVA, GUILHERME
CONSTRUÇÃO DE UM ATLAS GEOMAGNÉTICO PARA O ESTADO DE
PERNAMBUCO E SUAS CONTRIBUIÇÕES ÀS PESQUISAS E ESTUDOS AMBIENTAIS
Boletim de Ciências Geodésicas, vol. 15, núm. 1, enero-marzo, 2009, pp. 16-32
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=393937707002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

CONSTRUÇÃO DE UM ATLAS GEOMAGNÉTICO PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO E SUAS CONTRIBUIÇÕES ÀS PESQUISAS E ESTUDOS AMBIENTAIS

Building a geomagnetic atlas for Pernambuco-Brazil and its contribution to environmental studies and research

GUILHERME PEREIRA DA SILVA

Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco – CEFET-PE
Graduado em Física pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Mestre em Tecnologia Ambiental pelo ITEP-OS
gpereira@marista.edu.br

RESUMO

Neste trabalho elabora-se metodologia para a construção de um Atlas Geomagnético para o Estado de Pernambuco-Brasil, e suas divisões regionais; constituído por um conjunto de dados no espaço e no tempo, chamados de elementos geomagnéticos, a estrutura do trabalho é capaz de descrever o Campo Magnético Terrestre em toda a superfície do Estado. As informações matemáticas construídas são dispostas em forma de mapas de isolinhas, em cores, do campo e suas componentes; gráficos relativos a variações em áreas específicas e com variações históricas referentes aos últimos 100 anos; dados estes que descrevem, com precisão, a intensidade, direção e a variação das componentes do Campo Magnético Terrestre, para cada município do Estado. Também estão dispostos, ao final, as aplicações destes mesmos dados nas diversas áreas de pesquisas científicas ligadas ao estudo do meio ambiente, notadamente em áreas relacionadas ao magnetismo animal e suas relações com os ecossistemas do Estado; ao estudo e a pesquisa na área da Geofísica e demais Ciências da Terra; suas implicações nos estudos da Física Solar e suas interferências sobre o ambiente atmosférico local, além de destacar as implicações do Campo Magnético Terrestre sobre alterações nas comunicações de satélites e suas interferências sobre a alta atmosfera.

Palavras-chave: Geomagnetismo; Pernambuco; Atlas; Meio Ambiente.

ABSTRACT

In this project, a methodology to construct a geomagnetic atlas for Pernambuco-Brazil and its regional divisions is elaborated. The Atlas is constituted by a set of information on space and time called geomagnetic elements. The structure of the

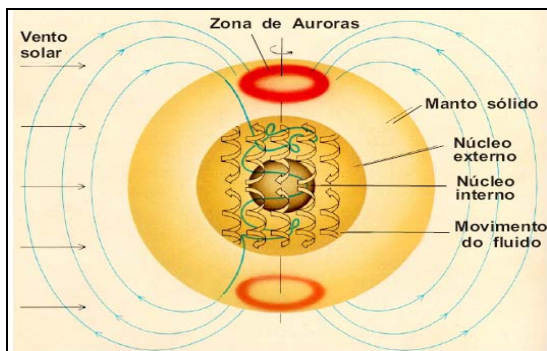
work is capable of describing the Magnetic Field of all Terrestrial places, of the whole state's surface. The resulted mathematical data were displayed in form of colored maps of isolines; relative graphs to the variations of the field in specific areas; graphs with referring historical variations at last the 100 years. The maps describe, with precision, the intensity, direction and the variations of the components of the Terrestrial Magnetic Field of each city of the State. This work stands out the applications of this theme information on diverse areas of scientific researches related to the study of the environment; mainly in areas related to the animal magnetism and its relation with state's ecosystem. It includes studies in the Geophysics area and others earth sciences; the implications on the sun physics and the its interferences in the atmospheric environment. We also study the implications of the Terrestrial Magnetic Field on alterations at the communications of satellites and his interferences over the high atmosphere.

Key-Words: Geomagnetism; Pernambuco; Atlas; Environment.

1. INTRODUÇÃO

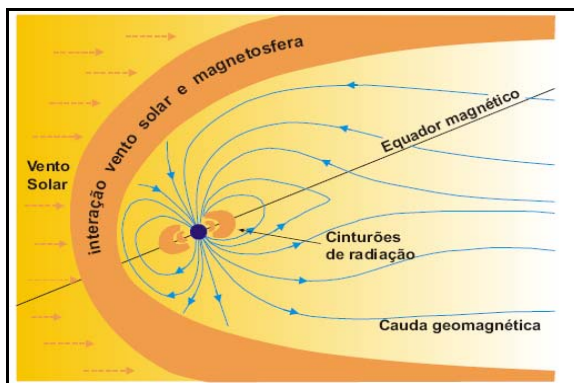
O Campo Magnético Terrestre (CMT) é uma estrutura física gerada pelo núcleo de nosso planeta. Fruto do movimento do núcleo externo, o CMT é capaz de condicionar, de forma significativa, o meio ambiente na superfície do Planeta (Figura 1).

Figura 1. Movimentos do núcleo da Terra geram o campo magnético na superfície. Fonte: Teixeira *et al*, 2000.



A região que envolve a Terra, onde o campo magnético natural atua (Figura 2), é chamada de Magnetosfera Terrestre (MATZNER, 2001). Sua atuação é fundamental para a manutenção do equilíbrio físico, já que o campo magnético terrestre protege o planeta das poderosas radiações solares, desviando sua trajetória e reduzindo a sua intensidade sobre a superfície.

Figura 2. O vento solar interagindo com a Magnetosfera. Fonte: Teixeira *et al*, 2000.



A descrição das características peculiares do CMT, chamado também de Campo Geomagnético, para áreas delimitadas, traz informações importantes nas pesquisas acerca da estrutura do meio físico e, conseqüentemente, das condições ambientais de cada localidade.

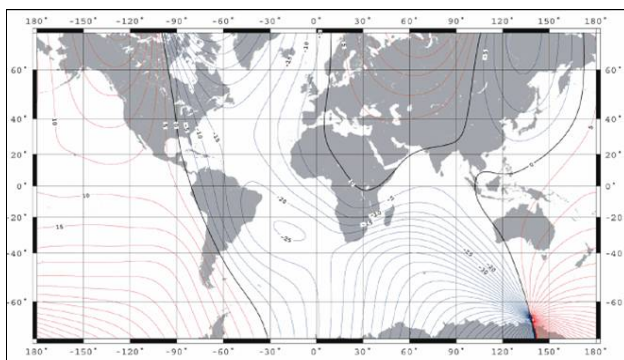
Das áreas de estudos e pesquisas ambientais ligadas ao CMT, podemos citar, entre as mais ativas, segundo Campbell (1997), as listadas abaixo:

- Na Biologia, referente às orientações magnéticas ocorridas em diversos tipos de seres vivos e suas migrações.
- Nas Geociências, relacionadas à história, estrutura e organização de rochas e minerais presentes no ambiente estudado.
- Na Física Aplicada e Engenharia, em pesquisas sobre radiação solar e sua influência sobre condições climáticas existentes no meio.
- Na área de Comunicações, em estudos de interferências eletromagnéticas sobre os sistemas de informações mais utilizados.

Para a descrição física e matemática do CMT existem modelos a nível global (Figura 3) capazes de fornecer dados suficientes para um estudo relacionado às linhas de pesquisas mencionadas acima.

Os dois modelos estruturais mais utilizados para esta investigação são o Modelo Magnético Mundial (World Magnetic Model – **WMM**), construído pela National Geophysical Data Center (NGDC) e pela British Geological Survey (BGS) e o modelo de Campo Geomagnético Internacional de Referência (**IGRF** – International Geomagnetic Reference Field), construído pela International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA).

Figura 3. Mapa de contorno da declinação magnética, construído com a aplicação de modelo WMM. Fonte: WMM, 2005.



No estado de Pernambuco não há observatórios para medida do CMT local, portanto carece de informações suficientes para embasar os estudos e as pesquisas acerca das interferências deste campo magnético natural sobre estruturas físicas, tais como sua atmosfera, ecossistemas locais, entre outras.

O presente trabalho apresenta a metodologia de criação de um atlas contendo dados geomagnéticos específicos para o estado de Pernambuco e sua viabilidade no desenvolvimento de pesquisas em áreas ligadas ao meio ambiente local, contribuindo e dando suporte matemático para uma avaliação dos índices de alteração natural decorrentes destas fontes. O trabalho também fornece indicativos de atividades de pesquisa que estão em andamento no exterior, acerca da avaliação ambiental de estruturas biológicas, geológicas, físicas e redes de comunicação, que, sem estes dados, careceriam de informações suficientes para serem melhor descritas.

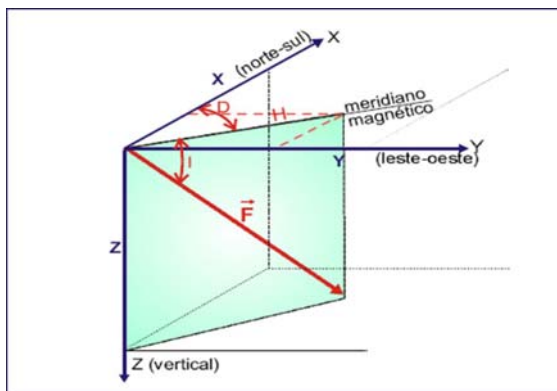
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Campo Magnético Principal e suas Componentes

O CMT sofre influência de várias origens em sua intensidade e direção, mas segundo Andrighetto (2005), cerca de 99% do campo é devido às fortes correntes do núcleo externo da Terra, que geram um campo magnético pelo efeito dínamo. Este campo é chamado de Campo Magnético Principal (Main Field), enquanto que o restante é devido a interações ocorridas na ionosfera. O campo principal possui valores, sobre a superfície da Terra, entre cerca de 60.000 nT (nanoTesla, unidade de intensidade de campo), para os polos e 30.000 nT para o equador.

O CMT, fisicamente, é uma grandeza vetorial (Figura 4), portanto possui componentes cartesianas e angulares para sua completa identificação. Estas componentes podem ser distribuídas em dois grupos: Os Elementos Lineares (X, Y, Z, H e F) e os Elementos Angulares (D e I).

Figura 4. Componentes do Campo Magnético Terrestre. Fonte:Teixeira *et al*, 2000.



As componentes são calculadas através de vários modelos locais, incorporados através de índices de variação anual. Os valores do campo principal e das variações seculares são obtidos pela avaliação do potencial escalar V (Equação 1), através das séries de expansão:

$$V(\gamma, \theta, \lambda, t) = R \sum_{n=1}^{N_{\max}} \left(\frac{R}{\gamma} \right)^{n+1} \sum_{m=0}^n [g_n^m(t) \cos m\lambda + h_n^m(t) \sin m\lambda] P_n^m(\theta) \quad (1)$$

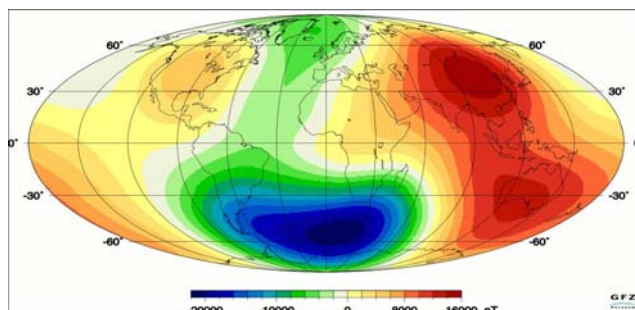
Onde r , θ , λ são coordenadas geocêntricas (r é a distância ao centro da Terra, θ é a colatitude (90° - latitude), e λ é a longitude. R é o raio de referência (6371,2 km); $\mathbf{g}_n^m(\mathbf{t})$ são coeficientes no tempo t e $\mathbf{P}_n^m(\theta)$ são as funções semi-normalizadas de Schmidt associadas às funções de Legendre de grau n e ordem m .

2. 2 Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)

Conforme Guimarães e Silva (2005), próximo a 700 km da costa brasileira, no Atlântico Sul, foi descoberta, em 1950, uma anomalia do CMT, de grande importância para o estudo da estrutura da atmosfera, chamada Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), mostrada na figura 5. Diversos eventos de interferências causados pela AMAS têm sido detectados, tais como panes em satélites e interrupção de sinais de rádio. Vários satélites são freados quando passam pela AMAS, pois encontramos, nesta região, uma alta densidade de partículas carregadas, provenientes do espaço.

Figura 5. O campo chega a ser 50% menor no interior da AMAS (área em azul).

Fonte: CHAMP, 2006.



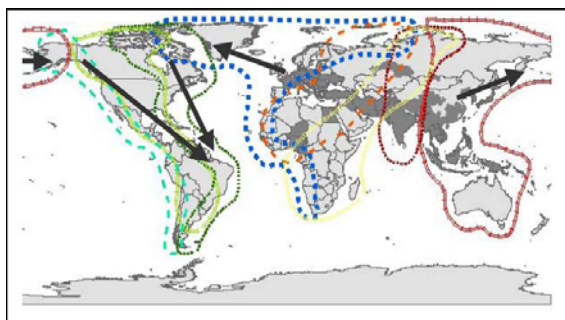
2.3 Ação do CMT sobre os animais

Diversos trabalhos de pesquisa (FRINGS e BRADLEY, 2004) têm evidenciado a identificação do CMT como fonte de orientação para pássaros, peixes, insetos e microrganismos.

Um exemplo é o caso das aves que transmitem a gripe aviária, cujas rotas migratórias são orientadas pelo CMT. Uma correta compreensão destas rotas migratórias auxiliaria na prevenção desta doença.

O IBAMA (2006) identificou as prováveis rotas de entrada da doença em nosso país (Figura 6), porém ainda existe a necessidade de maior precisão de sua distribuição geográfica e densidade espacial.

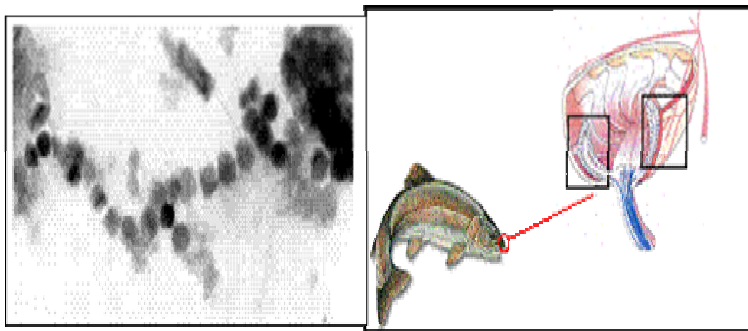
Figura 6. Principais áreas de rotas de aves que realizam longas migrações.. Fonte: IBAMA, 2006, Informe 19.



Em diversas espécies de peixes (Figura 7), foram identificados possíveis mecanismos sensores de campo magnético e elétrico, capazes de detecção do CMT,

não se conhecendo, ainda, os limites destes sensores no ciclo de vida completo do animal.

Figura 7. Cristais de magnetita retirados da região frontal de um salmão (*Oncorhynchus nerka*). Fonte: Walker *et al*, 1997.



Em tartarugas marinhas (Figura 8) e também microrganismos (Figura 9), o magnetismo natural tem sido verificado como mecanismo de orientação; seja pela presença de cristais nanométricos de magnetita presentes na espécie ou em sensores eletromagnéticos dispostos, estrategicamente, no interior destes seres vivos.

Figura 8. Área de teste e variáveis angulares do deslocamento de tartarugas marinhas verdes (*chelonio mydas*) estudadas por Lohmann *et al* (esquerda), 2004, e mapa de Gross (direita), 1977.

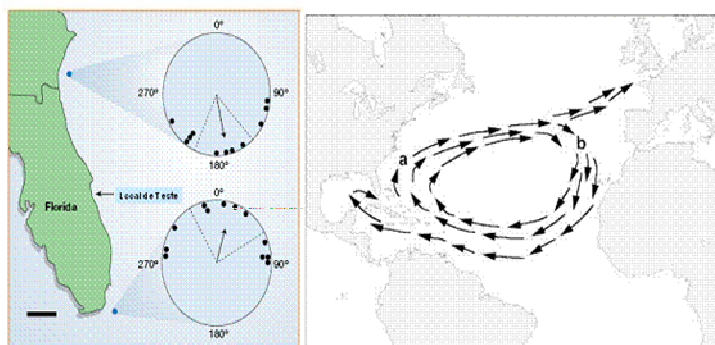
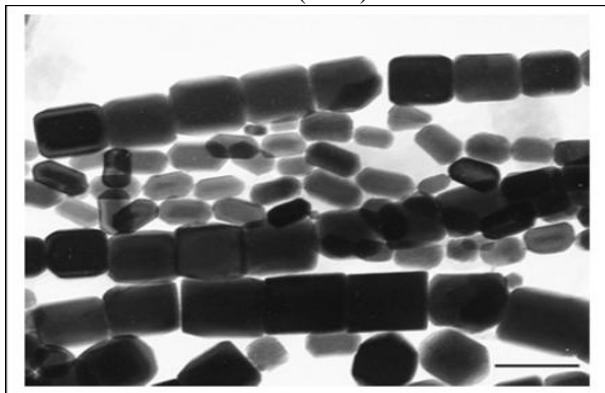


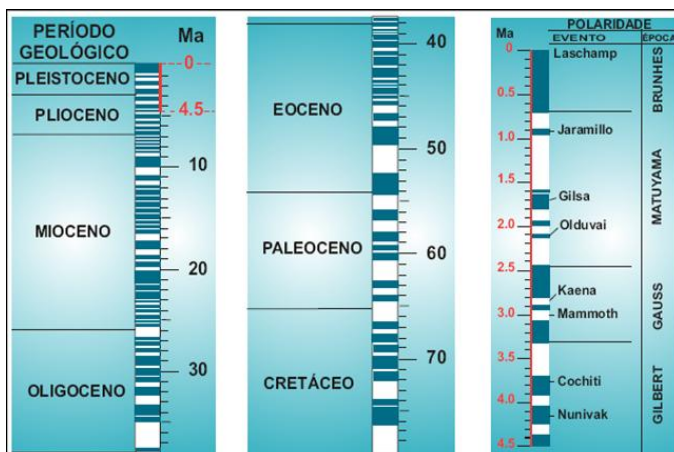
Figura 9. Fotografia em microscopia eletrônica de magnetossomos estudados por grupo de pesquisadores do Rio de Janeiro e Universidades americanas. Fonte: Lins *et al* (2006).



2.4 Importância para as Geociências

Pesquisas acerca da evolução geológica (paleomagnetismo) e investigações acerca das inversões dos pólos da Terra (Figura 10) são fundamentais com a análise das variáveis do CMT. Geólogos utilizam componentes do IGRF para avaliação da composição de camadas da crosta terrestre, além de mapeamentos de regiões e seus potenciais recursos minerais.

Figura 10. Inversões de polaridade, ou reversões do campo Geomagnético, nos últimos 80 milhões de anos. Fonte: Teixeira *et al*, 2000.



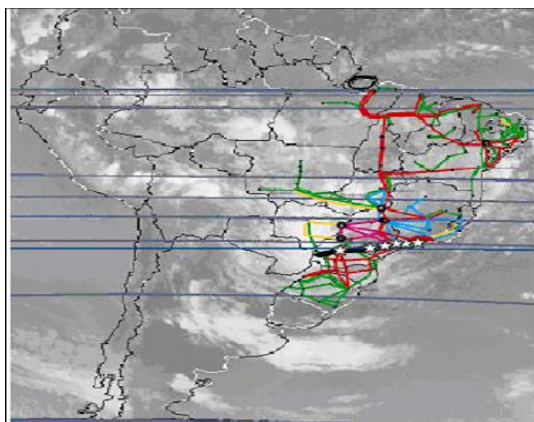
2.5 Aplicações do Geomagnetismo na Física e na Engenharia

O CMT possui forte interação com as radiações solares, através de sua magnetosfera, fazendo da alta atmosfera e de todo o espaço, ao redor de nosso planeta, um campo fértil para pesquisas no campo da Física de alta energia e das aplicações eletro-energéticas na engenharia.

Podemos destacar o estudo de tempestades solares e sua influência sobre a climatologia e as condições ambientais, além das interferências sobre as redes elétricas.

Um caso de destaque foi o “apagão” elétrico ocorrido no Brasil em dezembro de 2000 (Figura 11), onde uma GIC (Corrente Geomagneticamente Induzida) interferiu no fornecimento de energia em grande parte da região sudeste do país.

Figura 11. Anomalias magnéticas (traços azuis) e pontos de apagões (estrelas), observados por Pinto *et al*, 2003, no Brasil em 13/12/2000.



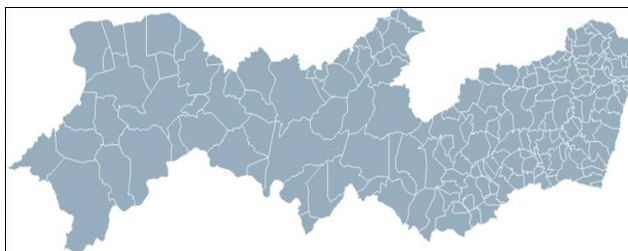
3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção de um Atlas Geomagnético, contendo o mapeamento completo do CMT para o Estado de Pernambuco, foram utilizados os seguintes materiais:

3.1 Informações Geográficas e Mapas de Pernambuco

Foram utilizadas informações contidas nos bancos de dados da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (CPRH), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do site oficial do governo do Estado de Pernambuco (www.pe.gov.br), em forma de mapas (Figura 12) e dados numéricos.

Figura 12. Mapa de divisões de Pernambuco por municípios. Fonte: Governo de Pernambuco, 2006.



3.1 Cálculo Numérico dos Elementos Geomagnéticos

Para o cálculo numérico dos elementos geomagnéticos, foram utilizados 3 softwares específicos, disponibilizados pelos órgãos oficiais mundiais de monitoramento do CMT (IAGA, NGDC e NOAA), a nível global. São eles: Geomag 6.0, Geomdr e Magpoint, construídos em FORTRAN e C++, para o período 2005/2010. Utilizou-se os dados de altitudes, latitude e longitude limites para Pernambuco, em um total de 52.402 dados para cada componente do CMT. A precisão na construção de dado foi de 1 minuto de arco sobre a superfície de projeção Mercator.

3.3 Construção de Mapas de Isolinhas do CMT, tabelas e gráficos para Pernambuco e suas regiões

Para a construção de mapas de isolinhas (um mapa de isolinhas é a representação de uma superfície por meio de curvas de mesmo valor) dos elementos geomagnéticos, foi utilizado o software SURFER (**Surfer 8.00** Surface Mapping System, Golden Software, Inc, www.goldensoftware.com). Os dados foram interpolados em GRID tipo X, Y,Z e utilizou-se o método Kriging.

3.4 Adaptação de Software para Língua Nacional

Para a adaptação do software à língua nacional, foi utilizado o programa DEV C++, versão 4.9.9.2, para editar suas linhas de programação, construídas em linguagem C++. Com este software as linhas de informação ao usuário foram traduzidas, com autorização do NGDC, gerando um programa auto-executável do Software Geomag 6.0 para Windows.

3.5 Software utilizado para construção de gráficos

Para a construção de gráficos lineares contendo as variações de elementos geomagnéticos, utilizou-se o software EXCEL (Informações técnicas online, <http://office.microsoft.com>, Microsoft no Brasil) do pacote Office 2002 da Microsoft, pela sua fácil disponibilidade aos usuários e precisão dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Mapas e Gráficos Geomagnéticos para Pernambuco

Os mapas geomagnéticos, para o estado de Pernambuco, foram construídos para cada mês do ano, assim dispostos: 60 mapas para o Estado, 60 para cada uma das regiões de desenvolvimento (Região metropolitana do Recife, Agreste, Zona da Mata, Sertão e Vale do São Francisco) e 15 para Fernando de Noronha, este último devido a pequena área da região e portanto baixa variação mensal. Eles indicam valores, em isolinhas coloridas dos elementos geomagnéticos; a saber, a Declinação Magnética (D), a Intensidade de Campo Total (F), a Intensidade de Campo Horizontal (H), a Inclinação Magnética (I) e a Intensidade do Campo Vertical (Z). No total foram construídos 375 mapas. Utilizou-se o ano base de 2007, como exemplo de aplicação, podendo ser utilizada a metodologia para o período 2005/2010. A seguir, apresentam-se alguns exemplos de mapas, obtidos com o trabalho (Figuras 13 a 17). Outros resultados podem ser encontrados na dissertação de mestrado do autor em:

<<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaPeriodicoForm.do>>, acesso em 10/01/2009.

Figura 13. Mapa de Declinação Magnética (D) para o Estado de Pernambuco, construído pelo autor, 2007.

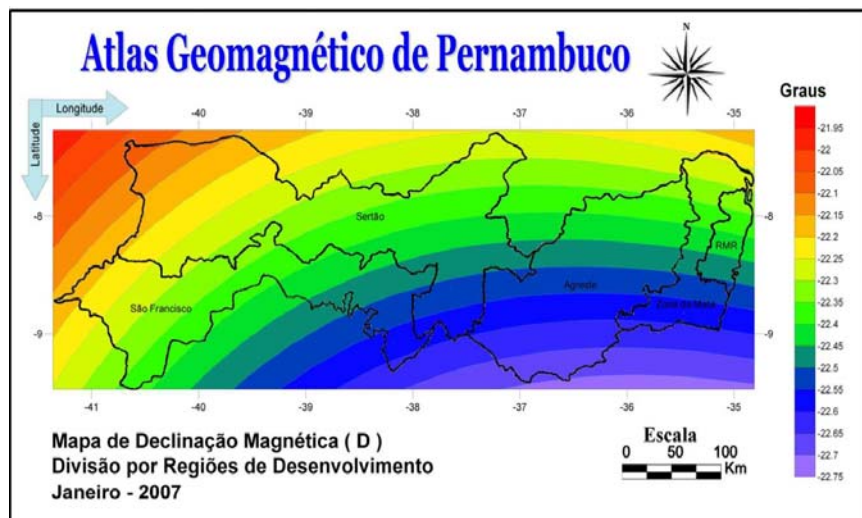


Figura 14. Mapa de Intensidade do Campo Geomagnético Total (F), para Fernando de Noronha, pelo autor, 2007.

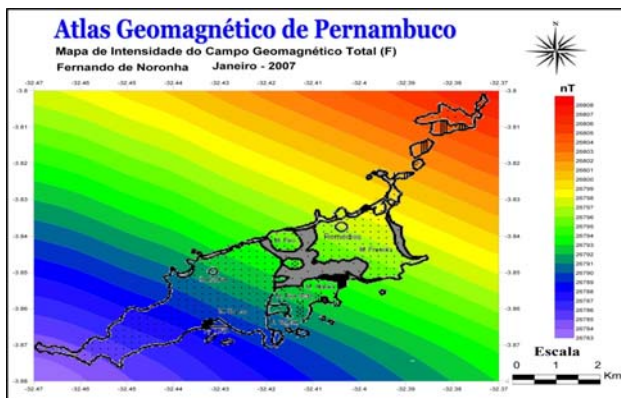


Figura 15. Mapa da Inclinação Magnética (I) da Região Metropolitana de Recife, pelo autor, 2007.

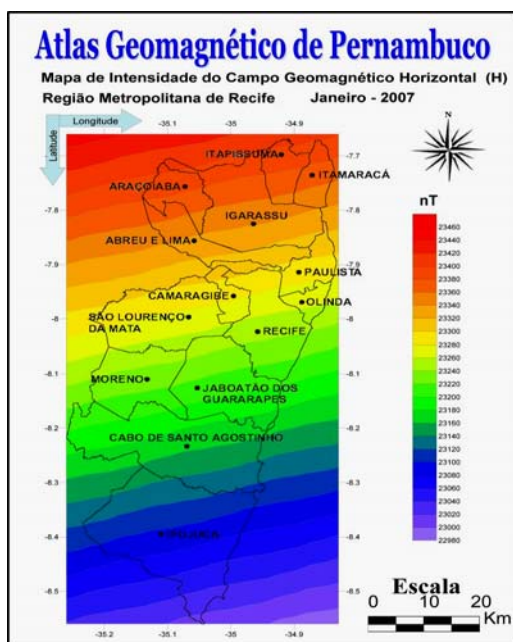


Figura 16. Mapa de Intensidade do Campo Geomagnético Horizontal (H) para o Agreste de Pernambuco, pelo autor, 2007.

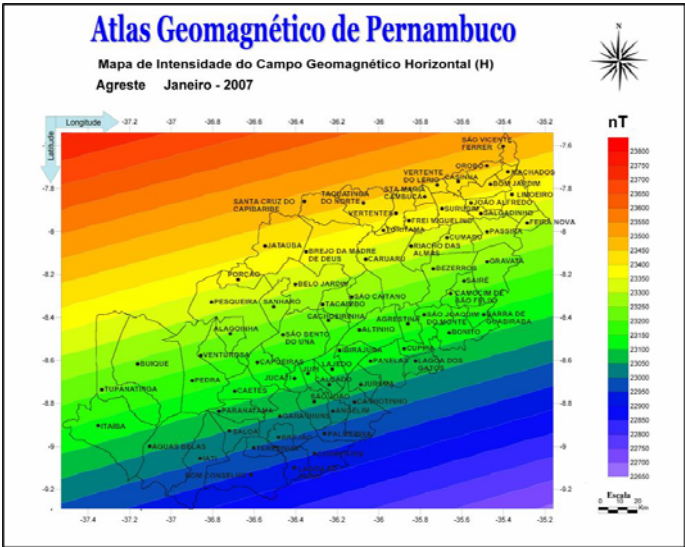
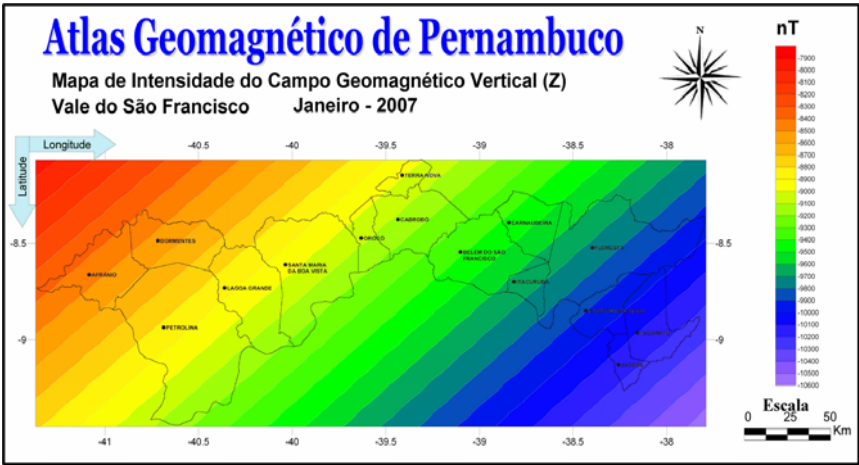


Figura 17. Mapa de Intensidade do Campo Geomagnético Horizontal (H) para o Agreste de Pernambuco, pelo autor, 2007.



Os dados geomagnéticos também podem ser dispostos em termos de variações ao longo de grandes períodos. A seguir apresentamos, como exemplos, os gráficos de variações do Campo Total (F) e da Declinação Magnética (D), para valores geográficos médios do Estado (latitude: -8,3725S, longitude: -38,083W, altitude: 444m). É possível, então, avaliarmos as variações históricas das componentes do campo geomagnético e suas relações com o meio ambiente local.

Figura 18. Gráfico do Campo Total de Pernambuco (período de 1900 a 2010), pelo autor (modelo IGRF10), 2007.

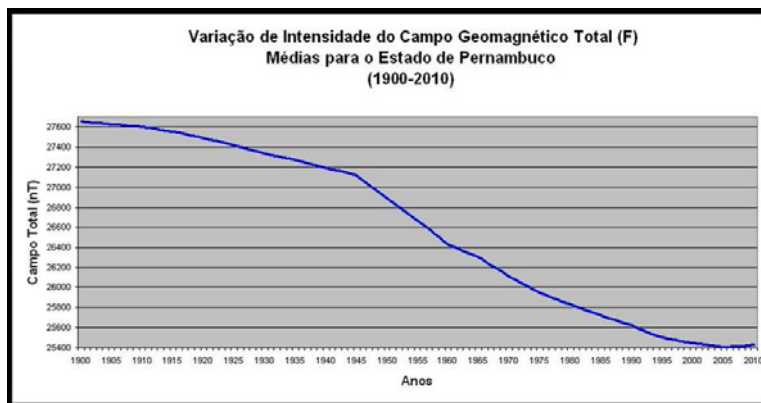
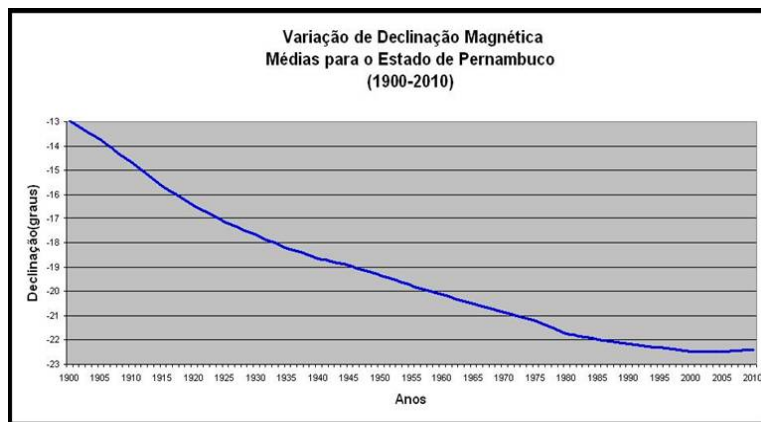


Figura 19. Gráfico da Declinação Magnética (D) (período de 1900 a 2010), pelo autor (modelo IGRF10), 2007.



4.2 Aplicações da Construção de um Atlas Geomagnético para o Estado

Com a construção de um Atlas Geomagnético para Pernambuco, torna-se possível o fornecimento de dados numéricos no embasamento de pesquisas acerca de modificações, em ecossistemas locais, das rotas migratórias de várias espécies, tais como pássaros, presentes na região.

O controle de espécies aviárias que fazem migrações de longa distância consiste, também, em prevenção ao contágio de doenças exógenas.

Nas pesquisas acerca da medida de intensidade da radiação solar sobre o Estado, o CMT aparece como fator de investigação das relações entre as diversas situações climáticas de cada área.

Informações sobre o CMT e suas condições locais darão uma contribuição para o fornecimento de dados numéricos e sua valoração nas alterações das condições locais, tais como na corrosão em tubulações metálicas já instaladas, e a serem instaladas, dentro do território do Estado.

Dados geomagnéticos fornecem suporte à pesquisa acerca da produção e do aproveitamento de energia solar no Estado, tais como na elaboração de intensidade solarimétrica em regiões de projetos especiais no aproveitamento de energia solar como fonte alternativa de energia.

Em relação à levantamentos da estrutura da geologia do Estado, destaca-se o uso dos dados do CMT no envolvimento de cálculos do Campo Total, da Declinação Magnética e da Inclinação Magnética, para obtenção de mapeamento pelo uso da magnetometria de campo, muito comum nos levantamentos geológicos.

Podemos destacar também serem beneficiadas as áreas de pesquisas acerca das inversões do pólo magnético terrestre, capazes de identificar alterações ambientais significativas a nível global e que podem ser desenvolvidas com dados locais do CMT.

O estudo acerca das interferências sobre instrumentos de comunicação, tais como cintilação em GPS e outros que utilizam sinais eletromagnéticos com propagação pela ionosfera, é de fundamental importância para a segurança de navegação e também na precisão de sinais advindo de satélites que cortam o ambiente atmosférico de Pernambuco.

5. CONCLUSÕES

Com a construção de um banco de dados do campo magnético natural da Terra, intitulado “ATLAS GEOMAGNÉTICO DE PERNAMBUCO”, acrescenta-se um conjunto de variáveis suficientes para uma melhor avaliação das influências deste campo da Física Aplicada sobre o meio ambiente de Pernambuco e suas regiões. Serão beneficiados grupos de pesquisas, onde são destacadas as áreas de Magnetismo Animal, Geociências, Física Solar, Engenharia e Comunicações, que, através da adição de variáveis geomagnéticas a estudos e projetos em andamento, e

a serem constituídos, favorecerão avaliações mais detalhadas da Região Nordeste Brasileira.

AGRADECIMENTOS

Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP-OS

Av. Prof. Luiz Freire, 700. Cidade Universitária - Cep: 50.740- 540-Recife – PE - PABX: 81 3272.4399 | FAX: 81 3271.4744. Site: www.itep.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco – CEFET-PE - Av. Prof. Luiz Freire, 500 Cidade Universitária – Recife - PE. www.cefetpe.br

Drs. Fernando Luis de Araújo Machado e Frederico Cavalcanti Montenegro

Dept. Física da UFPE. www.if.ufpe.br

Dr. Paulo de Barros Correia

Dept. Geologia da UFPE – www.ufpe.br

BIBLIOGRAFIA

ANDRIGHETTO, E. *Estudos Experimentais visando o desenvolvimento de instrumentação para medidas geomagnéticas – Magnetômetro de Núcleo Saturado*, Ed. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, MCT, INPE-12985-PRE/8262, 2005.

CAMPBELL, Wallace H. *Earth Magnetism*, Academic Press, 1997,179p.

CHAMP, Challenging Minisatellite Payload. *CHAMP project Organization*. Disponível em <http://www.gfz-potsdam.de/pb1/op/champ/>. Acesso em 15/08/2006.

FRINGS, S. e BRADLEY, J. *Transduction Channels in Sensory Cells*, John Wiley & Sons Canada, Ltd., 1 edition, 2004.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. *Informações Digitais*. Disponível em <www.pe.gov.br>. Acesso em 10/02/2007.

GROSS M.G. **Oceanography**, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc.,1977.

GUIMARÃES, R.C.; SILVA, C.E. Anomalia Magnética do Atlântico Sul: Origem interna e visão espacial, in *XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, publicação da SBC-Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensosiamento Remoto, Macaé, Rio de Janeiro, 2005.

IAGA, International Association of Geomagnetism an Aeronomy, *annual bulletin*. Disponível em<<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>> acesso em 20/06/2006.

IBAMA, *Manual de Anilhamento de Aves Silvestres*, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, publicação do Centro de Pesquisas para Conservação das Aves Silvestres (CEMAVE), 1996.

- LINS, U.; McCARTNEY, M.R.; FARINA, M.; FRANKEL, R.B., e BUSECK, P.R., *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2006), 78(3): 463-474 (Annals of the Brazilian Academy of Sciences) ISSN 0001-3765 <www.scielo.br/aabc> acesso em 10/10/2006.
- LOHMANN, J.; LOHMANN, C.M.F.; EHRHART, L.M.; BAGLEY, D.A. e SWING, T. Geomagnetic map used in sea-turtle navigation, in **NATURE**, USA, vol. 428, 2004.
- MATZNER, Richard A. *Dictionary of Geophysics, Astrophysics and Astronomy*, Ed. CRC, Press ISBN 0-8493-2891-8, USA, 2001.
- NGDC, *National Geophysics Data Center*, órgão da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) do Departamento de Comércio Americano. Para suporte técnico e Web <ngdc.webtech@noaa.gov>, <ngdc.webcontent@noaa.gov>, acesso em 10/08/2007.
- PINTO, L.M.V.G.; SZCZUPAK, J.; DRUMMOND, M.A.; MACEDO, L.H. Um Novo Olhar sobre a Segurança de Sistemas Elétricos, publicação N. 363, *revista do IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, Inc., Latin America, Region 9 - Brazil Council, 2003.
- TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI. *Decifrando a Terra*, São Paulo, Oficina de Textos, 2000.
- WALKER, M. W.; DIEBEL, C. E.; HAUGH, C. V.; PANKHURST, P. M.; MONTGOMERY, J. C. and GREEN, C. R. Structure and function of the vertebrate magnetic sens, *NATURE*, pg. 390, Vol. 37, USA, 1997.
- WMM 2000, *The US/UK World Magnetic Model*, British Geological Survey, Technical Report, Susan Macmillan and John M. Quinn, England, 2005.

(Recebido em agosto / 08. Aceito em fevereiro / 09)