

Representação de Campos de Descargas Elétricas Atmosféricas Nuvem-Solo na Ferramenta Opendx

Marilyn Menecucci Ibañez (UNIFEI/Bolsista PIBIC/CNPq)
Dra. Margarete Oliveira Domingues (LAC/CTE/INPE)
Dr. Stephan Stephany (LAC/CTE/INPE)
Dr. Odim Mendes Jr. (DGE/CEA/INPE)

RESUMO

As tempestades elétricas causam efeitos deletérios e também benéficos à sociedade. A interpretação dos dados coletados de descargas elétricas, por órgãos competentes, e sua integração com outros dados meteorológicos pode ajudar a um melhor entendimento do seus efeitos, entretanto isto é um desafio. A interpretação desses dados utilizando a visualização científica contribui para tal propósito. Desta forma, há um grande interesse em criar visualizações que possibilitem a interpretação de tais fenômenos. Este trabalho tem o objetivo de visualizar dados de descargas elétricas do tipo nuvem-solo utilizando o pacote de visualização científica OpenDX, o qual constitui um recurso potente de visualização multidimensional, tem código aberto e de distribuição gratuita e é portátil para diversas plataformas computacionais. Na implementação da metodologia aprendeu-se a criar, manipular e transformar programas OpenDX de visualização e de animação utilizando o ambiente gráfico de programação dessa ferramenta. Dessa forma foi possível acessar a estrutura de dados em um dos formatos próprios do OpenDX, e também gerar mapas geo-políticos e topográficos a serem utilizados pelos programas de visualização desenvolvidos. Nessa primeira etapa foram utilizados dados de ocorrências de descargas. Como resultado, foi possível visualizar de várias formas os campos de descargas e também iniciar a documentação do ambiente programação de visual utilizado. Pode-se concluir que o domínio do uso dessa ferramenta mostra ser muito útil para visualizações de dados campos de descargas elétricas acopladas à topografia.

Aluna do Curso de Computação Científica, UNIFEI E-mail: marilyn_mba@yahoo.com.br
Orientadores: E-mail: margarete@lac.inpe.br, stephan@lac.inpe.br, odim@dge.inpe.br



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**REPRESENTAÇÃO DE CAMPOS DE DESCARGA ELÉTRICA
ATMOSFÉRICA NUVEM-SOLO NA FERRAMENTA OPENDX**

Marilyn Menecucci Ibañez

Relatório Anual de Projeto de Iniciação Científica
(PIBIC/CNPq/INPE)

INPE
São José dos Campos
2004



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



RELATÓRIO ANUAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)

REPRESENTAÇÃO DE CAMPOS DE DESCARGA ELÉTRICA
ATMOSFÉRICA NUVEM-SOLO NA FERRAMENTA OPENDX

Marilyn Menececi Ibañez (UNIFEI, Bolsista, PIBIC/CNPq)
marilyn_mba@yahoo.com.br

Dra. Margarete Domingues Oliveira (LAC/INPE)
mo.domingues@lac.inpe.br

Dr. Stephan Stephany (LAC/INPE)
stephan@lac.inpe.br

Dr. Odim Mendes Júnior (DGE/INPE)
odim@dgc.inpe.br

Maior 2004

AGRADECIMENTOS

A autora expressa agradecimentos:

Ao Dr. Clóvis Espírito Santo pelos dados do USGS - United States of Geological Survey.

A equipe responsável pelos dados do sensor *StormTracker da Boltek*.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ - pela ajuda financeira para o desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - pela oportunidade de participar do programa PIBIC/INPE e de pesquisas desenvolvidas pelo Instituto.

Aos orientadores.

SUMÁRIO

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | |
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 1 |
| CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA E DADOS | 3 |
| 2.1 – Visualizações no OPENDX | 3 |
| 2.2 – Dados de Descargas Elétricas | 6 |
| 2.3 – Dados de Topografia | 7 |
| 2.4 – Dados Geopolíticos | 8 |
| CAPÍTULO 3 – Resultados Obtidos | 11 |
| CAPÍTULO 4 – Considerações Finais | 15 |

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 2.1 Exemplo da janela do VPE - Visual Program Editor | 3 |
| 2.2 Contorno do Brasil com destaque da região sudeste | 4 |
| 2.3 Exemplo de tela de configuração da ferramenta <i>Color</i> | 5 |
| 2.4 Estrutura de um cabeçalho de um arquivo .general | 6 |
| 2.5 Exemplo de arquivo .general de entrada de dados | 7 |
| 2.6 Exemplo de parte de um arquivo .dx | 8 |
| 2.7 Exemplo de parte de um arquivo .dx contendo a descrição das conexões entre os dados. | 9 |
| 2.8 Exemplo de parte final de arquivo .dx | 9 |
| 3.1 Dados de descargas elétricas sobre a topografia de São Paulo com o contorno do estado acima da topografia | 11 |
| 3.2 Dados de descargas elétricas sobre a topografia de São Paulo com o contorno do estado sobre a topografia | 11 |
| 3.3 Contorno do Brasil com destaque da região Sudeste | 12 |
| 3.4 Exemplos de visualizações | 12 |
| 3.5 Visualização dos dados agrupados pelo estimador de núcleo | 13 |
| 3.6 Janela de Seleção de Contornos de Estados | 13 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As tempestades elétricas causam efeitos deletérios e também benéficos á sociedade (estes, menos óbvios). A interpretação dos dados coletados de descargas elétricas, por órgãos competentes, e sua integração com outros dados meteorológicos pode ajudar a ter um melhor entendimento do seus efeitos, entretanto isto é um desafio. A rápida interpretação desses dados utilizando a visualização científica contribui para tal propósito. Desta forma, tem-se um grande interesse em criar visualizações que possam ajudar a se ter um melhor entendimento de tal fenômeno.

Propósito do Projeto

Neste projeto, a criação de visualizações espaço-temporais que facilitem a interpretação, a integração e a utilização de dados de descargas elétricas pós-processados foi proposto.

Ferramenta Utilizada

A ferramenta escolhida para realizar tal trabalho foi o OPENDX, que é um programa de visualização científica de código aberto gratuita e multiplataforma. Este programa possibilita a criação de visualizações com alta resolução gráfica.

Resultados Obtidos

A aluna obteve como resultados visualizações de campos de descargas elétricas sobre a topografia onde elas ocorreram. Para melhor identificar essas informações, dados de contorno político também foram acrescentados ás visualizações.

Fase Atual da Pesquisa

A aluna está trabalhando na construção do processo de animação dessas visualizações e desenvolvendo estruturas para prover interatividade do usuário com as visualizações. Uma versão preliminar de um manual técnico descrevendo uma introdução a programação no ambiente gráfico do OPENDX está sendo elaborada. Posteriormente, este manual será submetido para publicação como documento técnico do INPE.

Objetivos Futuros

Para dar continuidade ao projeto, pretende-se automatizar esse procedimento e criar com essas visualizações ferramentas que tenham interatividade com o usuário. Também pretende-se aprimorar as visualizações realizadas com o OPENDX. Como resultado desse processo de aprendizagem, o manual técnico descrevendo uma introdução à programação no ambiente gráfico do OPENDX será finalizado.

Neste relatório, o Capítulo 2 aborda como os dados são coletados e como eles são utilizados no projeto. O Capítulo 3 apresenta os resultados obtidos pela aluna e o Capítulo 4 apresenta um resumo do que foi desenvolvido no projeto.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA E DADOS

2.1 Visualizações no OpenDX

O OpenDX é um visualizador gratuito que teve seu início a partir da liberação do código fonte do DATA EXPLORER pela IBM. Esse programa é uma ferramenta de visualização de dados poderosa, pois lida com uma representação multidimensional, permitindo o manuseio e animação dos dados. Ele é constituído de módulos de programação. Algumas das suas vantagens imediatas, além do seu poder de trabalho, são ser multiplataforma e gratuito. O programa possui vários ambientes de programação, dentre eles VPE - Visual Program Editor e o script (1: 2: 3: 4). O projeto dá maior ênfase ao VPE, que é o ambiente gráfico do OPENDX. O Editor de Programa Visual é o ambiente no qual se constrói o programa de visualização. A maioria das funções pertencentes ao VPE também são encontradas em outros programas gráficos. No entanto, ele apresenta também funções características do OPENDX. Na Figura 2.1 pode-se ver a estrutura do VPE.

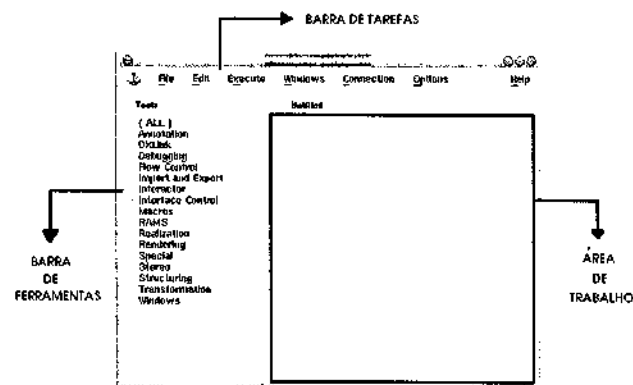


Fig. 2.1 Exemplo da janela do VPE - Visual Program Editor

O programa de visualização pode ser construído utilizando-se as ferramentas ou macros do VPE. Essas macros são encontradas na barra de ferramentas do programa. Elas estão organizadas de acordo com suas funções ou em ordem alfabética. Para serem utilizadas, deve-se selecioná-las e clicar com o mouse na área de trabalho. No VPE, essas macros são apresentadas graficamente como "caixas", que precisam

ser interligadas entre si para formar a estrutura do programa de visualização, como mostra a Figura 2.2. Cada macro necessita de um conjunto de parametros de entrada e pode ou não produzir parâmetros de saída, representados por "botões" nas partes superior e inferior das "caixas".

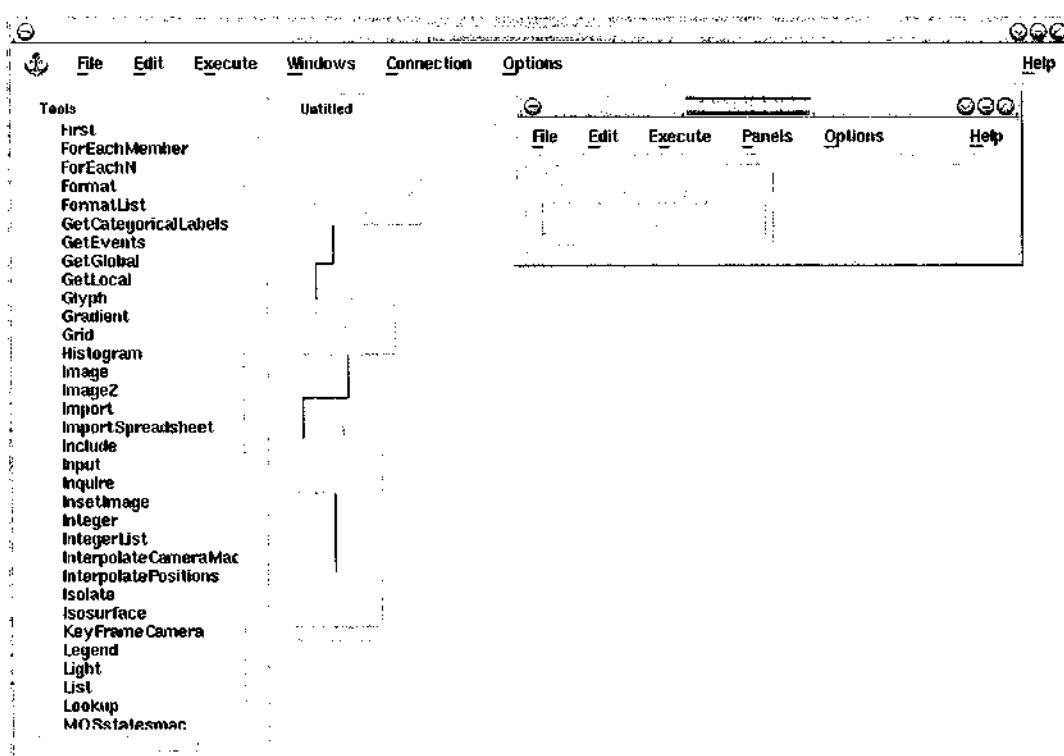


Fig. 2.2 – Contorno do Brasil com destaque da região sudeste

A Figura 2.2 mostra uma estrutura completa de um arquivo de visualização. Para a construção de tal estrutura utiliza-se as macros que são explicadas a seguir.

FileSelector: permite ao usuário selecionar o caminho do arquivo que se deseja visualizar. Na Figura 2.2 encontra-se um tela chamada *Control Panel* que mostra como deve ser selecionado o caminho do arquivo.

Import: faz a leitura dos dados do arquivo especificado pela ferramenta *FileSelector*.

Color: possibilita a escolha da cor da visualização por meio de uma tela de

configuração mostrada na Figura 2.3. Toda ferramenta do programa possui uma tela de configuração semelhante a da ferramenta *Color*, que pode ser selecionada com um duplo clique do mouse na ferramenta ou por meio do menu *Edit*.

Image: apresenta em uma nova janela a visualização dos dados.

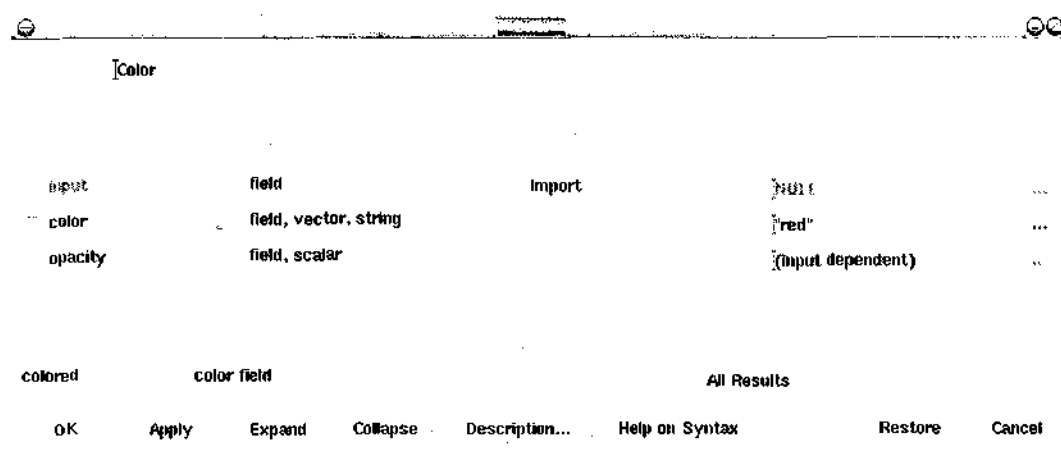


Fig. 2.3 - Exemplo de tela de configuração da ferramenta *Color*

Os dados utilizados na estrutura montada na Figura 2.2 são arquivos do contorno político do Brasil, destacando a região Sudeste, no formato nativo do OPENDX - o *.dx*. O seu resultado pode ser visto na Figura 3.3.

O OPENDX aceita diversos tipos de arquivos de dados, como arquivos com extensão *.general*, *.dx*, *.net*, *.netcdf*, *.HDF*, *.CDF*, para maiores informações sobre a entrada de dados no OPENDX consultar (1). Utiliza-se neste projeto os formatos *.general* e *.dx*.

O formato *.general* utilizado para leitura de dados em pontos de grades. Este formato necessita de um cabeçalho que informa ao OPENDX o formato do arquivo de dados a ser processado. Um exemplo de como gerar esse cabeçalho apresentado na Figura 2.4

```

file = caminho no qual está o arquivo de dados
grid = ordem da matriz (N\times M)
format = tipo (ascii ou binary)
interleaving = record
majority = como o programa está organizado (linhas ou colunas)
positions = organização da matriz (regular ou irregular),
            posição inicial no eixo x, delta do eixo x,
            posição inicial no eixo y, delta no eixo y
end

```

Fig. 2.4 – Estrutura de um cabeçalho de um arquivo .general

2.2 Dados de Descargas Elétricas

Os dados de descargas elétricas são coletados pelo sensor *StormTracker da Boltek* do INPE/DGE/CEA/FAPESP. Esse utiliza uma antena para detectar a direção e localização das descargas elétricas por meio de ondas eletromagnéticas. A intensidade do sinal é utilizada para calcular a distância e a direção na qual a descarga elétrica ocorreu a partir de um local de origem, neste caso, sensor localizado no INPE de São José dos Campos. A combinação da direção e distância permite que a posição da descarga elétrica seja identificada. Esses dados de direção, distância e posição juntamente com um dado de tempo formam um arquivo .str que é utilizado neste projeto. Essas informações são atualmente visualizadas por meio da ferramenta GNUPlot e estão disponíveis na página da internet <[HTTP://WWW.CEA.INPE.BR/WOTAN](http://www.cea.inpe.br/wotan)>.

Uma das maneiras de se visualizar esses dados de descargas elétricas no OPENDX é a geração de campos. Esses campos podem ser obtidos de várias formas. Neste trabalho utilizou-se duas formas de representação. Uma dessas formas para acumulação de descargas ocorridas dentro de uma grade fixa pré-definida. A outra é baseada na metodologia de representação de descargas desenvolvida por (6).

Para a técnica de acumulação de descargas é necessário primeiro gerar a matriz de dados de descargas. Nessa fase utilizou-se um programa que seleciona a grade a ser utilizada com os parâmetros de latitude máxima (Lat_M), latitude mínima (Lat_m), longitude máxima (Lon_M), longitude mínima (Lon_m) e o intervalo de latitudes (ΔLat) e longitudes (ΔLon) que irá compor o espaçamento da grade, com isso

gera-se uma matriz com $N \times M$ elementos, em que

$$N = \frac{Lon_M - Lon_m}{\Delta Lon} \quad (2.1)$$

$$M = \frac{Lat_M - Lon_m}{\Delta Lat} \quad (2.2)$$

No caso do sensor *StormTracker da Boltek* as latitudes e longitudes podem estar fora da região de interesse para o estudo. Neste caso acumulou-se os valores ocorridos fora das regiões da grade estabelecida. Além disso esses dados do sensor *StormTracker da Boltek* estão em coordenadas polares, sendo r distância radial ao sensor de localização e θ o ângulo da ocorrência da descarga em relação ao norte magnético. Essas informações precisam ser transformadas no sistema de coordenadas geográficas para serem confrontadas com os demais sensores da rede.

Na metodologia desenvolvida por (6) é criada uma matriz de dados com um formato equivalente a anterior, porém os dados são acumulados em agrupamentos probabilísticos, de forma a se obter campos mais suaves. Um exemplo de um `.general` utilizado para a entrada de dados de descarga é apresentado na Figura 2.5.

```
file = /home/marilyn/SJC2003079.dat
grid = 36 x 36
format = ascii
interleaving = record
majority = row
positions = regular, regular, -53.0, 0.19, -26.0, 0.25
end
```

Fig. 2.5 – Exemplo de arquivo `.general` de entrada de dados

2.3 Dados de Topografia

Os dados de topografia são arquivos textos que contêm informações sobre longitude, latitude e altitude de uma região. As informações sobre longitude e latitude são graduadas de 10 em 10 graus e as sobre altitude apresentam dados referentes a elevação de uma área. Os dados utilizados no projeto são referentes a topografia do estado de São Paulo, do Brasil e da América Latina.

2.4 Dados Geopolíticos

Os dados geopolíticos também são arquivos textos que contém informações, graduadas de 10 em 10 minutos (5), sobre o contorno político (longitude e latitude) de uma dada região. No projeto foram utilizados dados de todos estados do país, do Brasil e da América Latina.

Uma das atividades propostas nesse projeto é a inclusão de fronteira geopolítica nas visualizações dos dados de descarga elétricas. Para se fazer essas etapas utiliza-se o formato nativo do `OPENDX` - `.dx`. Para se transformar os arquivos de dados geopolíticos em arquivos `.dx` é utilizado um programa em linguagem C - `boundary.c` (7). Esse programa foi adquirido por meio de uma lista de discussão do `OPENDX` da qual a autora participa. O programa lê os pares ordenados (longitude, latitude) que compõem a fronteira de interesse, cria um arquivo `.dx` com todos os pontos existentes no arquivo de dados e indica as conexões entre esses pontos (Figura 2.6). A seguir são feitas as conexões ponto por ponto, o primeiro ponto conecta-se com o segundo (0 com 1), o segundo com o terceiro (1 e 2) e assim por diante (Figura 2.7). Após criada a ordem das conexões, são criadas algumas informações sobre a configuração do arquivo. Essa informações relatam como os pontos devem ser ligados, o arquivo de dados utilizado e os componentes que devem ser utilizados para fazer as conexões (Figura 2.8).

```
object "points" class array type float rank 1 shape 2 items 172 data follows
-53.146000 -22.620001
-53.076000 -22.528999
-53.076000 -22.528999
...
```

Fig. 2.6 - Exemplo de parte de um arquivo `.dx`

```
object "segments" class array type int rank 1 shape 2 items 171 data follows
0 1
1 2
2 3
3 4
...
```

Fig. 2.7 - Exemplo de parte de um arquivo .dx contendo a descrição das conexões entre os dados.

```
attribute "element type" string "lines"
attribute "ref" string "positions"
object "spmap" class field
component "positions" value "points"
component "connections" value "segments"
end
```

Fig. 2.8 Exemplo de parte final de arquivo .dx

CAPÍTULO 3

Resultados Obtidos

Uma das proposta do projeto era conseguir sobrepor os dados de descargas elétricas na topografia de alguma região. Primeiramente, consegue-se colocar os dados de descargas acima da topografia, como mostra a Figura 3.1. Posteriormente, consegue-se alcançar como resultado a sobreposição das descargas, por meio da ferramenta *Map* do OPENDX e do contorno político do estado, como mostra a Figura 3.2.

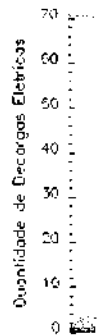


Fig. 3.1 Dados de descargas elétricas sobre a topografia de São Paulo com o contorno do estado acima da topografia

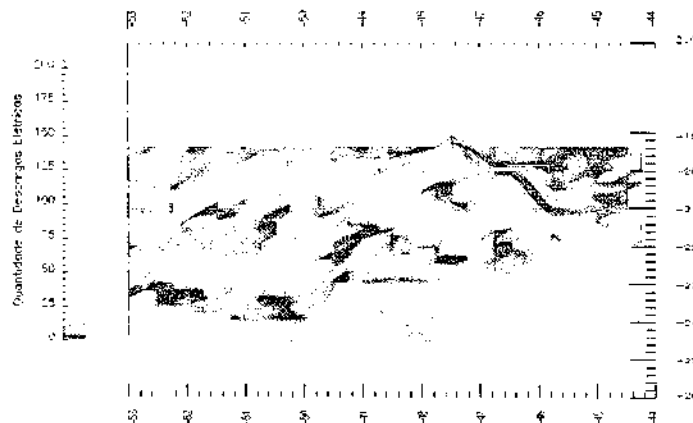


Fig. 3.2 Dados de descargas elétricas sobre a topografia de São Paulo com o contorno do estado sobre a topografia

Os dados geopolíticos são utilizados para se criar contornos políticos dos estados, como por exemplo correspondente á região sudeste, Figura 3.3. Como não existia nenhuma documentação de como inserir tal tipo de dado como dado de entrada numa visualização, a autora teve que buscar informação com os próprios desenvolvedores do OPENDX em um lista de discussão do programa para a construção desse contornos. Uma base de dados geopolíticos que abrange todos os estados brasileiros foi implementada para a visualização. Como a construção desses contornos políticos é feita por meio de conexões ponto a ponto, tem-se que organizar todas as conexões geradas no arquivo .dx, pois surgem conexões desnecessárias. A Figura 3.3 ilustra que também se pode destacar uma região dentro de um mapa.

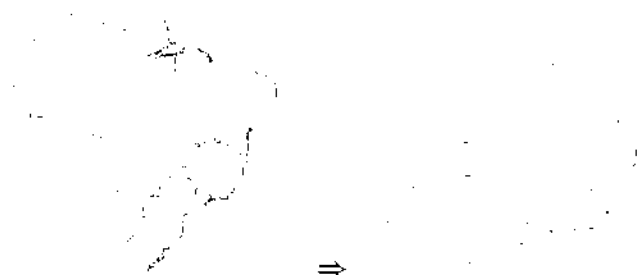


Fig. 3.3 Contorno do Brasil com destaque da região Sudeste

Da mesma forma, utilizando-se dados de descargas elétricas e de topografia pode-se construir, respectivamente, um histograma e a topografia do Brasil, Figura 3.4.



Fig. 3.4 – Exemplos de visualizações. (a)Histograma de descargas elétricas e (b)topografia da América do Sul, com uma sobreposição dos contornos altimétricos com a superfície gerada por estes.

Outra forma de se fazer um processamento dessas descargas é proposta por Politi (6), na qual se utiliza um estimador de núcleo para se agrupar os dados. Um exemplo de visualização desse tipo de representação é apresentada na Figura 3.5.

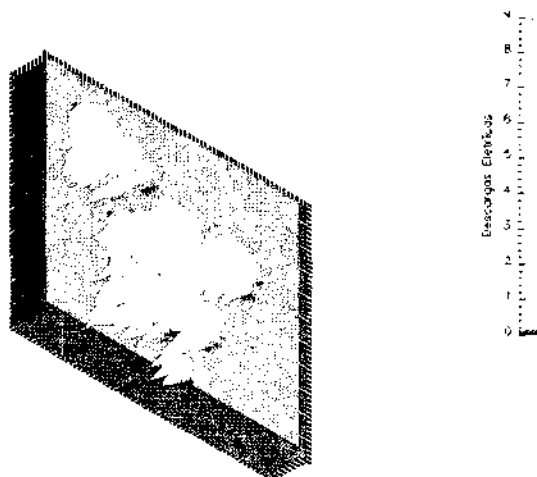


Fig. 3.5 – Visualização dos dados agrupados pelo estimador de núcleo

Um outro aspecto explorado do OPENDX é a possibilidade de uma interatividade do usuário com a visualização. A Figura 3.6 mostra uma tela na qual o usuário pode escolher o contorno de qual estado quer visualizar.

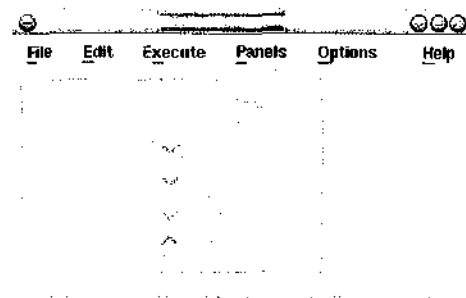


Fig. 3.6 – Janela de Seleção de Contornos de Estados

CAPÍTULO 4

Considerações Finais

O acesso rápido aos dados processados de descargas elétricas acelera a sua adequada interpretação, e facilita desta forma um melhor entendimento da evolução temporal e espacial das tempestades elétricas. Este projeto, com base na ferramenta livre **OPENDX**, visualiza campos de descargas sobre a topografia da região de sua ocorrência. Para uma melhor localização dessas regiões foi acrescentado o contorno geopolítico dos estados. Isto é de auxílio futuro e significativo para equipes tomadoras de decisão, como por exemplo no monitoramento de sistemas meteorológicos, com benefícios práticos para a sociedade.

Uma constatação importante foi a disponibilidade e conveniência da ferramenta **dx**, que era proprietária da (IBM) e seu uso se difundiu a ponto de se tornar uma "ferramenta aberta" equivalente: o **OPENDX**. Além dessa vantagem, há a grande comunidade de usuários, o que permite intercâmbio de informações, técnicas relativas à ferramenta, etc. E outra vantagem pelo fato da ferramenta ser compatível com várias arquiteturas e sistemas operacionais. Pode-se utilizá-lo a partir de um microcomputador rodando Windows ou Linux, ou uma estação de trabalho Unix, etc. E o código desenvolvido para uma plataforma pode ser portado para outra completamente diferente, sem problemas. Isso segue a tendência atual de utilização de softwares de domínio público, que ofereçam plena portabilidade e que constituam ou estejam em vias de ser um padrão "de facto".

Outra constatação é a potencialidade da própria ferramenta **OPENDX**, que oferece inúmeros recursos e possibilita praticamente qualquer tipo de visualização 2D ou 3D, opondo-se a ferramentas conhecidas como o **IDL** que possuem capacidade de visualização limitada, mas geralmente suficiente para algumas gamas de problemas. Mas, no caso do **IDL**, há também o inconveniente de ser uma ferramenta paga. Por outro lado, o **OPENDX**, justamente por ser uma ferramenta sofisticada, exige um preparo mínimo por parte do usuário, de forma que apenas com muito treinamento pode-se tirar proveito máximo das potencialidades dessa ferramenta. Entretanto, isso parece valer a pena, dada a grande quantidade de dados gerados por simulações ou colhidos por sensores diversos. Essa grande quantidade de dados é ininteligível para o pesquisador se não for visualizada convenientemente. Assim, o uso de ferramentas de visualização sofisticadas torna-se imprescindível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Blaz. R.; Domingues. M. O.; Mendes. O. Jr.: Introdução à entrada de Dados no OPENDX : Formatos DX . .general e .grb. Brasil: INPE. 2003 53p.
- [2] Thompson. D.; Bram. J.; Ford. R. OPENDX Path to Visualization. Estados Unidos: Visualization and Imagery Solution.Inc. 2001. 207p. <<http://www.vizsolutions.com>>.
- [3] IBM Visualization data explorer. Programmer's reference. SC38-0486-03. IBM. Estados Unidos. maio 1997a. <<http://www.opendx.org>>.
- [4] IBM Visualization data explorer. quickstar Guide. SC34-3262-02. IBM. Estados Unidos. setembro 1997b. <<http://www.opendx.org>>.
- [5] USGS - United States of Geological Survey. <<http://www.usgs.gov/>>
- [6] Politi. J.; Stephany. S.; Domingues. M. O.; Mendes. O. Jr. Uma metodologia para representação espaço-temporal de ocorrências de descargas nuvem-solo. Revista Brasileira de Meteorologia. 2004 (submetido).
- [7] Treinish. L. Comunicação pessoal na lista Opndx:lloydtr@watson.ibm.com