



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**INPE-13015-PRE/8292**

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

Marilyn Menecucci Ibañez\*

\*Bolsista UNIFEI

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE), orientado pelos  
Drs. Margarete Oliveira Domingues, Stephan Stephany e Odim Mendes Júnior



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**



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

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

Marilyn Menecucci Ibañez (UNIFEI, Bolsista, PIBIC/CNPq)  
marilyn\_mba@yahoo.com.br

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

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

Dr. Odím Mendes Júnior (DGE/INPE, Orientador)  
odim@dge.inpe.br

Maio 2005

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>4</b>
1.1 – Histórico do Pibic . . . . .	4
<b>CAPÍTULO 2 – CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS</b> . . . . .	<b>6</b>
2.1 – Desenvolvimento do Projeto . . . . .	6
2.2 – Dados de Descargas Elétricas . . . . .	8
2.3 – Dados Geopolíticos . . . . .	8
2.4 – Pacote Thor/SLA . . . . .	8
2.5 – Visualizações no OPENDX . . . . .	9
<b>CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E ANÁLISES</b> . . . . .	<b>13</b>
3.1 – Visualizações . . . . .	13
3.2 – Manual sobre o OPENDX . . . . .	16
3.3 – Artigo - Funções Bidimensionais . . . . .	16
3.4 – Implementação das visualizações no site do Wotan . . . . .	16
<b>CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> . . . . .	<b>18</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Esquema de desenvolvimento do projeto. . . . .	7
2.2 Exemplo da janela do <i>Visual Program Editor</i> . . . . .	10
2.3 Exemplo de parte da estrutura do programa de visualização do contorno do Brasil. . . . .	11
2.4 Tela de configuração da ferramenta <i>Import</i> . . . . .	12
2.5 Contorno da região sudeste. . . . .	12
3.1 Programa desenvolvido para realizar a visualização de um malha de dados de descargas elétricas. . . . .	13
3.2 Programa desenvolvido para realizar a visualização de isolinhas com dados de descargas elétricas. . . . .	14
3.3 Programa desenvolvido para realizar a visualização da dados de descargas elétricas sobrepostos a topografia do estado de São Paulo e o contorno geopolítico da região sudeste. . . . .	14
3.4 Exemplo de visualização de dados de descargas elétricas: (a)Gnuplot <i>paintboll</i> , (b)OPENDX com escala de cores ,(c)OPENDX com isolinhas e (d)OPENDX com a topografia do estado de São Paulo. . . . .	15

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Em suas manifestações, as tempestades elétricas podem produzir efeitos deletérios e também benéficos no ambiente em que o ser humano habita. Portanto, atendendo aos interesses da sociedade como um todo, é de grande interesse dos órgãos públicos e privados um melhor entendimento das atividades elétricas e fenômenos associados. Nesse sentido, o Brasil tem investido em coletar dados de descargas elétricas por meio de sensores sofisticados (LPATS e IMPACT), que constituem a *Rede Integrada Nacional de Descargas Atmosféricas* (RINDAT), como também por meio de sensores experimentais. Neste trabalho utilizam-se dados de sensores magnéticos direcionais, com a característica de serem de baixo custo. Por outro lado, para que esses sistemas tenham uma utilização prática, torna-se necessário integrar esses dados com outros dados meteorológicos e afins.

Elaborar visualizações dos dados de descargas atmosféricas é de grande importância para que se tenha um melhor entendimento da evolução espaço-tempo associadas aos núcleos de convecções atmosféricas que produzem essas descargas. O objetivo deste trabalho é criar visualizações aprimoradas desses dados de descargas elétricas. Essas visualizações apresentam a ocorrência de descargas elétricas acumuladas durante um período de tempo ou regiões e utilizam dados de descargas elétricas do projeto VIALUX/INPE. Pretende-se também, integrar essas visualizações à saída do pacote Thor/SLA, que analisa as descargas provenientes do RINDAT.

Para alcançar tal objetivo escolheu-se o OPENDX, que é uma ferramenta de visualização científica, de código aberto, gratuita e multiplataforma, que possibilita criar visualizações com alta resolução gráfica.

### 1.1 Histórico do Pibic

A bolsista iniciou sua participação no projeto em 2003 quando começou a estudar a ferramenta OPENDX, bem como a linguagem de programação C. Neste primeiro período da bolsa, obteve como resultados preliminares a criação de visualizações de dados de ocorrência de descargas elétricas. No segundo ano da bolsa, aprimorou as visualizações existentes e iniciou o estudo do pacote Thor/SLA [6]. Também neste segundo período da bolsa, deu início ao estudo da linguagem de programação C++ e de ferramentas que auxiliam na otimização da programação como o depurador de programas GDB [5], os controladores de versões RCS [5] e CVS [2] e o Makefile [5] para poder implementar o pacote Thor/SLA.

Este relatório está organizado de formar a dar um melhor entendimento sobre projeto. No Capítulo 2 aborda-se como os dados são coletados e como eles são utilizados no projeto. No Capítulo 3 é mostrado alguns trabalhos desenvolvidos pela bolsista durante o período da bolsa e no Capítulo 4 se faz um resumo do que se obteve e o que ainda se pretende alcançar no projeto.

## CAPÍTULO 2

### CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS

Neste capítulo é apresentado como o projeto está sendo desenvolvido. Na Seção 2.1 mostra-se um esquema explicativo do projeto, na Seção 2.2 apresenta-se como os dados de descargas elétricas são coletados, na Seção 2.3 explica-se os dados geopolíticos, na Seção 2.4 apresenta-se o pacote de análise de descargas elétricas Thor/SLA e na Seção 2.5 a ferramenta utilizada para criar as visualizações.

#### 2.1 Desenvolvimento do Projeto

A Figura 2.1 apresenta um esquema das vários componentes do projeto, que serão explicadas a seguir

- **sensor magneto direcional:** sensor *StormTracker da Boltek* do INPE/DGE/CEA/FAPESP, responsável pela coleta dos dados de descargas elétricas.
- **aquisição de dados:** microcomputador e software específico, do INPE/DGE, adquire e processa os dados coletados pelo sensor magnético direcional, armazenando-os em um arquivo com formato .str.
- **pré-processamento:** programas desenvolvidos na linguagem C++ que, quando necessário, transforma os arquivos .str em matrizes de dados no formato ASCII.
- **visualização Gnuplot:** visualizações de dados de descargas elétricas geradas pela ferramenta GnuPlot a partir de dados matriciais fornecidos pelo componente de pré-processamento. Um exemplo destas visualizações pode ser visto na Figura 3.4 (a) do Capítulo 3.
- **visualização opendx:** visualizações de dados de descargas elétricas geradas pela ferramenta OPENDX, a partir dos dados matriciais fornecidos pelo componente de pré-processamento. Estes dados são convertidos, por meio do OPENDX, para o formato adequado à ferramenta (.general). Um exemplo destas visualizações pode ser visto na Figura 3.4 (b) do Capítulo 3.
- **RINDAT:** Rede Integrada Nacional de Descargas Atmosféricas, composta por sensores de descargas elétricas do tipo LPATS e IMPACT
- **Thor/SLA:** programa de análise estatística de dados de descargas elétricas.

- **visualizações  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$** : visualizações geradas a partir dos dados estatísticos fornecidos pelo Thor/SLA utilizando a ferramenta  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ .
- **visualizações OPENDX**: visualizações geradas com a saída de dados no formato .str, implementada pela bolsista no pacote Thor/SLA, utilizando a ferramenta OPENDX.
- **servidor web**: disponibiliza as imagens geradas pelo OPENDX ou pelo Gnuplot na página <<http://www.dge.inpe.br/wotan>>.

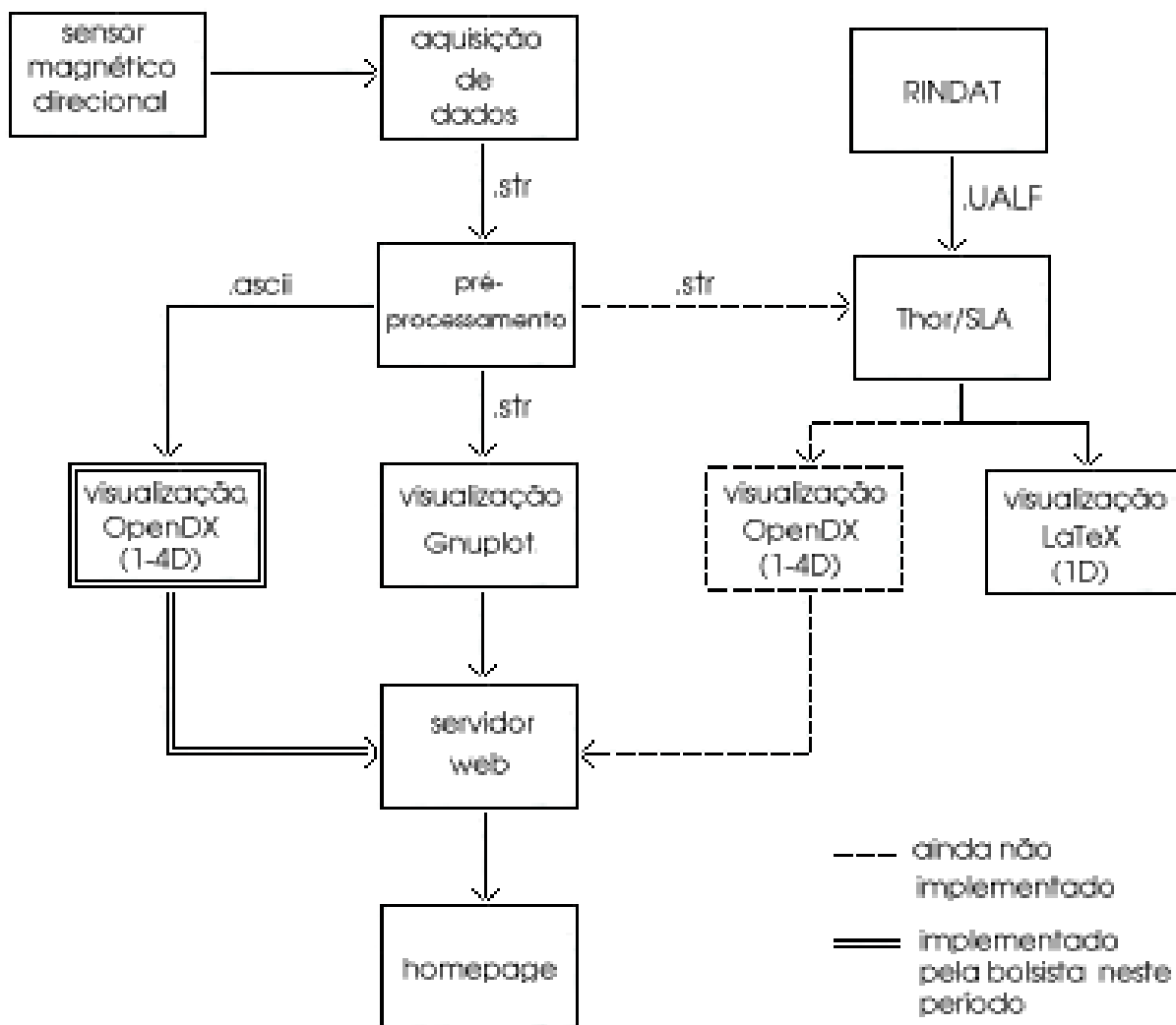


FIGURA 2.1 – Esquema de desenvolvimento do projeto.



## 2.2 Dados de Descargas Eléctricas

Os dados de descargas eléctricas são coletados pelo sensor *StormTracker da Boltek* do INPE/DGE/CEA/FAPESP. Esse utiliza uma antena para detectar a direção e localização das descargas eléctricas por meio de ondas eletromagnéticas. A intensidade do sinal é utilizada para calcular a distância e a direção na qual a descarga eléctrica 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 eléctrica seja identificada. Esses dados de direção, distância e posição juntamente com um dado de tempo de aquisição são fornecidos no formato .str pelo software de aquisição de dados. O software de préprocessamento de dados transforma estes dados para arquivos em formato ASCII na forma matricial, utilizado neste projeto. Essas informações são atualmente visualizadas por meio da ferramenta GNUPlot e estão disponíveis na página da internet <<http://www.dge.inpe.br/wotan>>.

## 2.3 Dados Geopolíticos

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

## 2.4 Pacote Thor/SLA

O pacote Thor/SLA [6] é um programa desenvolvido pelos orientadores da bolsista na linguagem C++ para analisar várias características das descargas eléctricas atmosféricas. Por exemplo, são calculadas as estatísticas descritivas e paramétricas de ocorrência das descargas unidimensionais e bidimensionais. Nesse pacote alguns tipos de visualizações unidimensional utilizando pacotes gráficos do  $\text{\LaTeX}$  foram implementadas para facilitar a interpretação dos dados analisados. Pretende-se também implementar nesse pacote um módulo que permita realizar visualizações bidimensionais de dados fornecidos pelo Thor/SLA utilizando o OPENDX .

Para que a bolsista pudesse aproveitar melhor as ferramentas utilizadas no projeto, ela teve a necessidade de complementar seus conhecimentos estudando a linguagem de programação C++. Dentre os conceitos de C++ estudados estão: classe, hierarquia, polimorfismo, encapsulamento, funções, programação estruturada e também o pacote Thor/SLA. Para se ter um melhor aproveitamento das ferramentas de programação estudadas, a bolsista estudou ferramentas de otimização de programação, como: GDB (GNU Project Debugger) [5], criação de um Makefile [5], gerenciamento de código fonte com RCS (Revision Control System) [5] e o controlador de versões - CVS (Concurrent Versions System)[2]. Estas ferramentas são explicadas a seguir.

- **Depurador de Programas**

O GDB (GNU Project Debugger) [? ], mostra o que ocorre dentro de um programa enquanto ele é executado ou o que o programa estava fazendo no momento em que ocorreu o erro. Ele pode iniciar o programa, especificando o que erro afeta aquele ambiente, parar o programa em uma condição específica, examinar o motivo da parada do programa e fazer correções de erros. O GDB aceita vários tipos de linguagens como: C, C++, Pascal, entre outras e pode ser utilizado tanto em ambientes UNIX como em Microsoft Windows.

- **Controlador de Versões-RCS** O RCS (Revision Control System) [5] gerencia revisões múltiplas de arquivos. Ele automatiza o armazenamento, a restauração, identificações e a união dos vários arquivos revisados. O RCS é muito utilizado para textos que são revisados frequentemente, incluindo códigos fontes, programas, documentações, gráficos, entre outros.
- **Controlador de Versões-CVS** O CVS (Concurrent Versions System) [2] é um sistema de controle de versões que permite salvar as etapas da modificação de arquivos fontes e documentos. Ele desempenha um papel similar ao RCS, no entanto, possui algumas vantagens como: permitir que vários programadores ou um grupo de programadores mantenham a sua própria versão, que trabalhem no mesmo programa em máquinas diferentes por meio de uma rede de computadores, entre outras.
- **Construção de um Makefile** O Make [5] é uma ferramenta que controla a geração de arquivos executáveis e arquivos não-fontes de um programa para arquivos de códigos fontes de programas. Ele permite construir o programa por meio de um arquivo chamado *makefile*, que mostra como o arquivo fonte de um programa deve ser processado.

O pacote Thor/SLA atualmente utiliza dados de um sensor magnético direcional do RINDAT no formato (*UALF*). Na implementação do pacote pretende-se utilizar dados do sensor *StormTracker da Boltek* do INPE/DGE/CEA/FAPESP. O formato dos dados do sensor *StormTracker da Boltek* diferem do formato *UALF*.

## 2.5 Visualizações no OPENDX

Para se desenvolver as imagens com dados de descargas elétricas utilizou-se o OpenDX, que 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*. Os materiais utilizados para o estudo do programa foram [1], [7], [4] e [3]. 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 2.2 pode-se ver a estrutura do VPE.

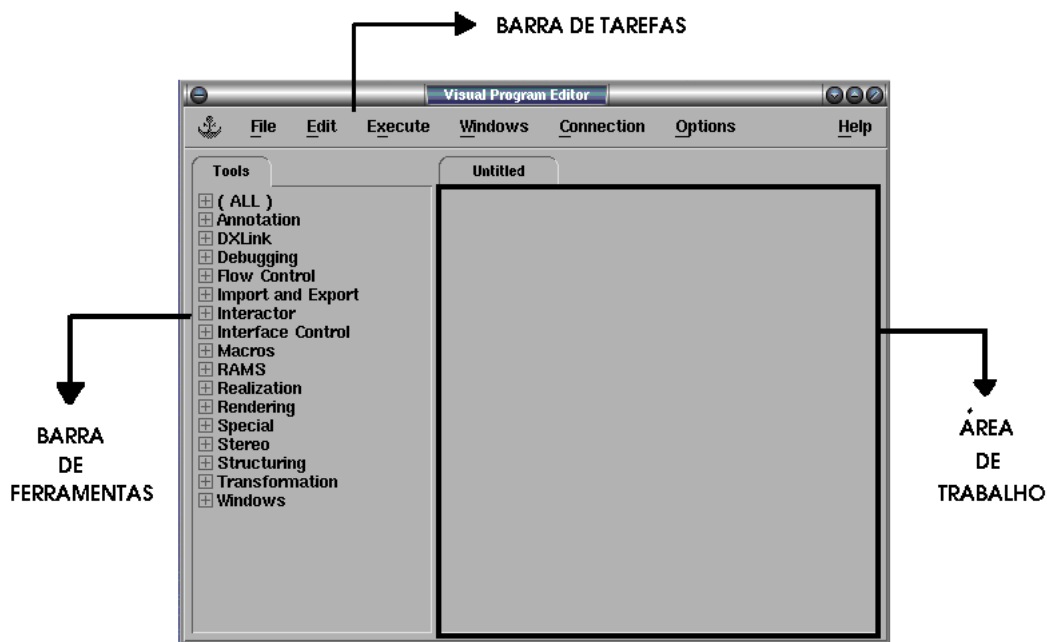


FIGURA 2.2 – Exemplo da janela do *Visual Program Editor*.

O programa de visualização pode ser construído utilizando-se as ferramentas ou macros do VPE. Elas são acessadas por meio da seleção da ferramenta desejada na barra de ferramentas e posteriormente um clique do mouse na área de trabalho. Essas macros são apresentadas na forma de "caixas", que precisam ser interligadas entre si para formar a estrutura do programa de visualização, como mostra a Figura 2.3.

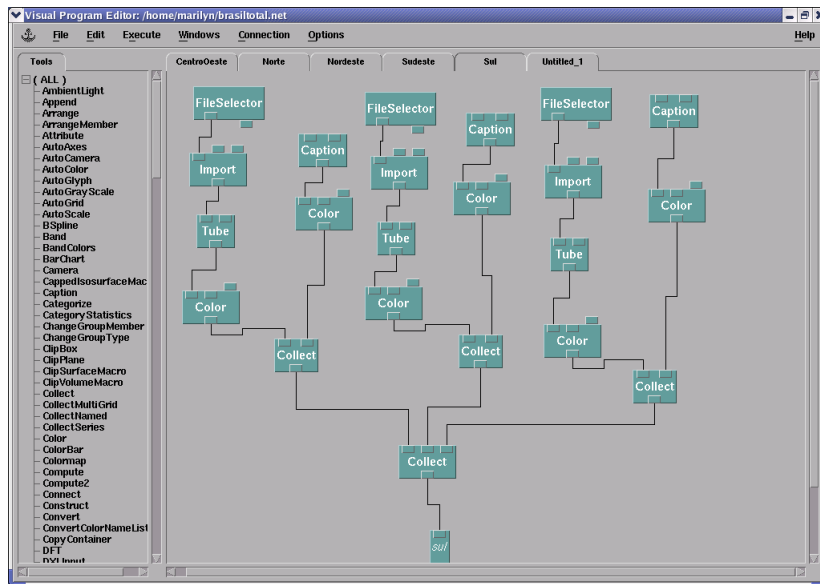


FIGURA 2.3 – Exemplo de parte da estrutura do programa de visualização do contorno do Brasil.

As ferramentas utilizadas na construção da estrutura da Figura 2.3 possuem as seguintes funções.

- *FileSelector*: permite ao usuário selecionar o caminho do arquivo que se deseja visualizar.
- *Import*: importa os dados do arquivo especificado.
- *Color*: possibilita a escolha da cor da visualização por meio de sua tela de configuração mostrada na Figura 2.4
- *Caption*: permite inserir textos na janela da imagem.
- *Image*: apresenta em uma nova janela a visualização dos dados.



FIGURA 2.4 – Tela de configuração da ferramenta *Import*.

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

Os dados utilizados na estrutura montada na Figura 2.3 são arquivos de contorno político do Brasil com todos os seus estados no formato nativo do OPENDX - o .dx, como mostra a Figura 2.5.



FIGURA 2.5 – Contorno da região sudeste.

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados obtidos compreendem as visualizações dos dados matriciais obtidas com a ferramenta OPENDX, a publicação de um manual técnico sobre essa ferramenta e de um artigo sobre visualizações de funções bidimensionais utilizando o opendx

#### 3.1 Visualizações

Para a visualização dos dados de descargas elétricas construiu-se alguns programas no OPENDX, cada um para uma visualização específica. Por exemplo, o programa da Figura 3.1 refere-se a imagem da Figura 3.4 (b), o programa da Figura 3.2 refere-se a imagem da Figura 3.4 (c) e o programa da Figura 3.3 refere-se a Figura imagem 3.4 (c).

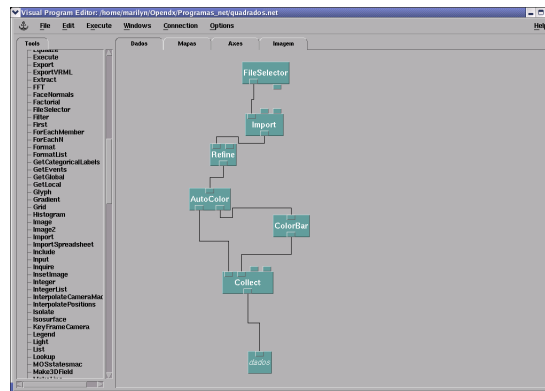


FIGURA 3.1 – Programa desenvolvido para realizar a visualização de um malha de dados de descargas elétricas.

A Figura 3.4 apresenta alguns exemplos de visualizações de densidade de descargas elétricas gerada com dados, coletados pelo sensor *StormTracker da Boltek* localizado em São José dos Campos no formato .str, referentes a um período de 24 horas do dia 31 de janeiro de 2005, utilizando (a) a ferramenta de visualização Gnuplot e (b), (c) e (d) a ferramenta OPENDX.

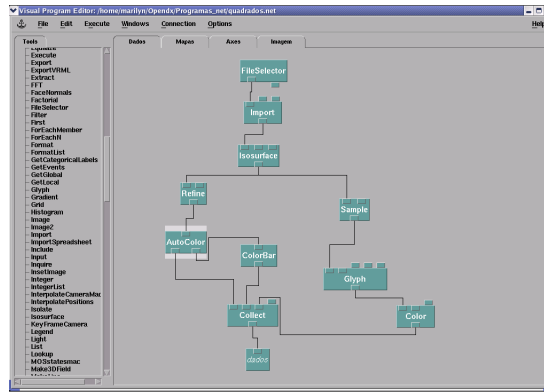


FIGURA 3.2 – Programa desenvolvido para realizar a visualização de isolinhas com dados de descargas elétricas.

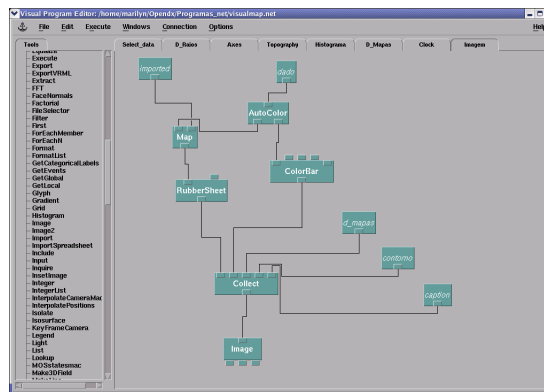
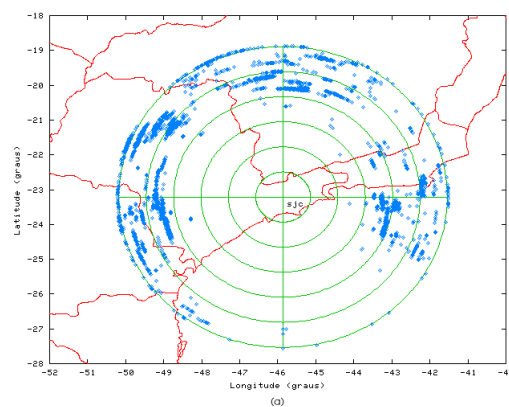


FIGURA 3.3 – Programa desenvolvido para realizar a visualizaçõ da dados de descargas elétricas sobrepostos a topografia do estado de São Paulo e o contorno geopolítico da região sudeste.



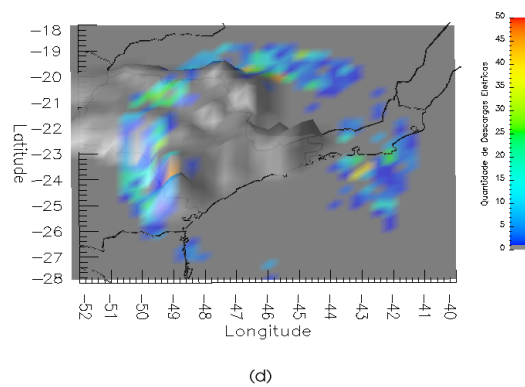
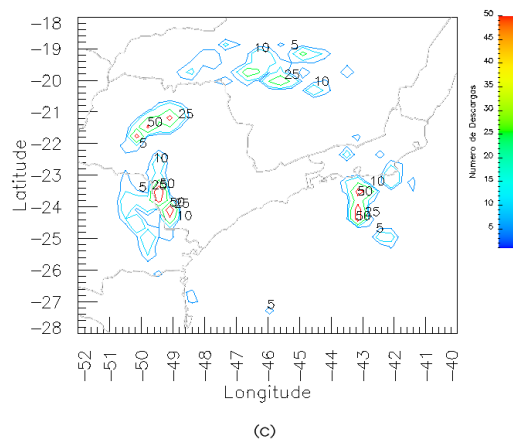
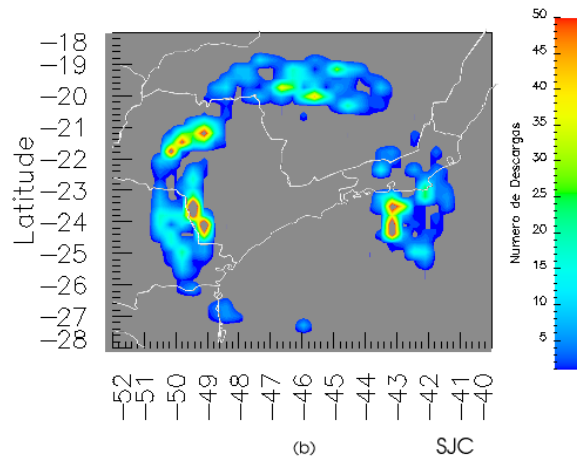


FIGURA 3.4 – Exemplo de visualização de dados de descargas elétricas: (a)Gnuplot *paintboll*, (b)OPENDX com escala de cores ,(c)OPENDX com isolinhas e (d)OPENDX com a topografia do estado de São Paulo.



### **3.2 Manual sobre o OPENDX**

A bolsista também publicou no INPE um manual intitulado *Introdução à Visualização de Dados Atmosféricos Utilizando o OPENDX*. Este manual explica as características e ferramentas do OPENDX, mostra como construir uma estrutura de um programa de visualização para gerar uma imagem e aborda exemplos práticos da utilização do programa.

### **3.3 Artigo - Funções Bidimensionais**

A bolsista também publicou no Congresso Temático de Dinâmica, Controle e Aplicações (DINCON 2005) um artigo, intitulado *Visualizações de Funções na Ferramenta OPENDX*, sobre a visualização de funções bidimensionais utilizando a ferramenta OPENDX. O artigo, que se encontra em anexo a este relatório, apresenta como a ferramenta pode ser utilizada em outras aplicações científicas.

### **3.4 Implementação das visualizações no site do Wotan**

A bolsista também implementou as visualizações de dados de descargas elétricas na página da internet <<http://www.dge.inpe.br/wotan>>. As visualizações resultantes podem ser vistas nas Figuras 3.4 (a) e (b).

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A bolsista obteve como resultados neste ano de bolsa:

- a) as visualizações dos dados de descargas fornecidos pelo sistema STORM;
- b) a redação de um manual de visualização de dados no OPENDX, que está sendo publicado na biblioteca do INPE;
- c) a publicação de um artigo sobre funções bidimensionais;
- d) a implementação de visualizações de dados de descargas elétricas dos sistema STORM na página da internet <<http://www.dge.inpe.br/wotan>>. Nesta página na opção *Produtos* selecione *Mapas de atividade elétrica* e posteriormente a cidade na qual deseja visualizar os dados de descargas.

Neste período do projeto a bolsista também dedicou-se ao estudo da linguagem de programação C++ para que se pudesse adicionar um módulo que processa dados em formato .str provenientes do sistema STORM ao pacote Thor/SLA e também adicionar uma saída para visualização de dados estatísticos de descargas elétricas utilizando a ferramenta OPENDX ao mesmo pacote.

No próximo período da bolsa pretende-se dar continuidade a implementação do pacote Thor/SLA, como foi apresentado no esquema da Figura 2.1 e melhorar as visualizações já existentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Blaz, M. O. Domingues, and O. Jr. Mendes. *Introdução à entrada de Dados no OPENDX : Formatos DX , .general e .grb*. INPE, Brasil, 2003. 10
- [2] GNU. Cvs, 2005. <<http://www.gnu.org/software/cvs/cvs.html>>. 4, 8, 9
- [3] IBM. *Visualization data explorer. Quickstar Guide SC34-3262-02*. IBM, Estados Unidos, setembro 1997. <<http://www.opendx.org>>. 10
- [4] IBM. *Visualization data explorer. Programmer's reference SC38-0486-03*. Estados Unidos, maio 1997. <<http://www.opendx.org>>. 10
- [5] Mike Loukides. *Programando Com Ferramentas GNU*. CONECTIVA INFORMATICA, 2000. 269p. 4, 8, 9
- [6] O. Mendes Jr and M. O. Domingues. Programa para análises de relâmpagos - Thor/SLA. In *XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, RJ, out 2000. SBMET. [CDROM]. 4, 8
- [7] D. Thompson, J. Braun, and R. Ford. *OpenDX Path to Visualization*. Visualization and Imagery Solution, Inc, Missoula, MT, 2001. 207p, <<http://www.vizsolutions.com>>. 10