



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESTUDO DE SPRITES E EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES
(TLEs)**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBIC/INPE - CNPq/MCT**

PROCESSO Nº 101104/2009-0

Rodrigo da Rosa Azambuja - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica
LMLA/CRS/INPE - MCT
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CIE/INPE _ MCT
E-mail: rodrigoaza@gmail.com

Dr^a. Fernanda de São Sabbas Tavares - Orientadora
Divisão de Aeronomia
DAE/CEA/INPE - MCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE - MCT
E-mail: saosabbas@dae.inpe.br

Santa Maria, junho de 2009

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
DO PROGRAMA: PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

PROJETO

**ESTUDO DE SPRITES E EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES
(TLEs)**

PROCESSO Nº 101104/2009-0

Relatório elaborado por Rodrigo da Rosa Azambuja relatando as atividades
executadas por:

Rodrigo da Rosa Azambuja – Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
E-mail: rodrigoaza@gmail.com

Dr^a. Fernanda de São Sabbas Tavares - Orientadora
Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE - MCT
E-mail: saosabbas@dae.inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch – Co-Orientador
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE – MCT
E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título:

ESTUDO DE SPRITES E EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES (TLEs)

Processo CNPq Nº: 101104/2009-0

Bolsista:

Rodrigo da Rosa Azambuja

Curso de Meteorologia

Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE/UFSM

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Orientador:

Dr^a. Fernanda de São Sabbas Tavares

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE - MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT

Co-Orientadores:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT

Local de Trabalho/Execução do projeto:

Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica - CRS/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

Trabalho desenvolvido no âmbito do Convênio INPE - UFSM, através do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE - MCT e do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM.



Grupo de Pesquisa
Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis



Identificação	Recursos Humanos	Linhas de Pesquisa	Indicadores do Grupo
-------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

Identificação

Dados básicos

Nome do grupo: Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1992

Data da última atualização: 04/06/2009 15:13

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@pq.cnpq.br

Damaris Kirsch Pinheiro - damariskp@gmail.com

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE

Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

CEP: 97110970

Cidade: Santa Maria

UF: RS

Telefone: 33012026

Fax: 33012030

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

O Grupo de Pesquisa - Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, Latitude: 29°26'24"S, Longitude: 53°48'38"W, Altitude 488m, em São Martinho da Serra, RS, colabora com pesquisadores do INPE(CEA e CPTEC), da USP(DM/ICB e IAG), do DBG/CB-UFRN, do LACESM-UFSM e internacionais: Japão (Universidades de Takushoku e Rikkyo) e EUA(NASA). Linhas de Pesquisas: CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS: OZÔNIO x RADIAÇÃO, ENERGIAS RENOVÁVEIS. Pesquisa: a composição, a estrutura, os processos físicos-químicos, dinâmicos, eletricidade atmosférica e(TLEs), o potencial energético renovável e o transporte de energia, com medidas in situ e fenômenos: Atmosféricos, Biosféricos e Genéticos. O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PMOA, criado por Nelson Jorge Schuch em maio de 1992, executado em Convênio: CRS/INPE-MCT - LACESM/CT-UFSM, objetiva: a análise de sua concentração; o comportamento de sua "camada", a +/- 25 Km no RS, suas correlações com: Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B); gases traçadores (NO₂ / SO₂ / CO₂); aerossóis - queimadas; dados físicos e meteorológicos de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS. Pesquisa e monitoramento da Radiação Ultravioleta - UV: UV-A (400-320 nm), UV-B (320 e 280 nm). Pesquisa da sensibilidade à Radiação UV: de seu Espectro de Ação; obtenção de Dose; do Índice Ultravioleta, I-UV; efeitos biológicos da Radiação UV-B em: nível celular, humanos, animais, vegetais, ecossistemas aquáticos. Pesquisa de Energias Renováveis com ênfase nas fontes solar e eólica. Vice-Líderes: Damaris K. Pinheiro, Marcelo B. da Rosa, Enio B. Pereira.

Recursos humanos

Pesquisadores

[André Passaglia Schuch](#)

[Fernando Ramos Martins](#)

Total: 21



[Augusta Maria Passaglia Schuch](#)
[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Carlos Frederico Martins Menck](#)
[Damaris Kirsch Pinheiro](#)
[Daniel Vinicius Fiorin](#)
[Enio Bueno Pereira](#)
[Ezequiel Echer](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Fernando Luís Guarnieri](#)

[Lucymara Fassarella Agnez Lima](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Marcelo Pizzuti Pes](#)
[Nelson Jesus Ferreira](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Neusa Maria Paes Leme](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Plínio Carlos Alvalá](#)
[Ricardo André Guarnieri](#)

Estudantes	Total: 11
-------------------	------------------

Ana Marceli Soares	Nadiara Pereira
Carlos Pinto da Silva Neto	Naiara Tatiane Hupfer
Eduardo Weide Luiz	Pabulo Henrique Rampelotto
Elenice Kall	Rodrigo Brackmann
Gustavo Pereira Guerra	Rodrigo da Rosa Azambuja
Marcio Ceconi	

Técnicos	Total: 2
-----------------	-----------------

Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação
Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função

Linhas de pesquisa	Total: 2
---------------------------	-----------------

- [Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação](#)
- [Energias Renováveis](#)

Relações com o setor produtivo	Total: 0
---------------------------------------	-----------------

Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total

Pesquisador(es)	21
Estudante(s)	11
Técnico(s)	2



Linha de Pesquisa
Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

Linha de pesquisa

Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

Nome do grupo: [Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis](#)

Palavras-chave: Efeitos Biológicos da Radiação Solar - UV; Espessuras Óticas de Aerossóis; Monitoramento Ambiental; Ozônio Estratosférico; Ozônio Troposférico; Radiação Solar e Ultravioleta - UV;

Pesquisadores:

[André Passaglia Schuch](#)
[Augusta Maria Passaglia Schuch](#)
[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Carlos Frederico Martins Menck](#)
[Damaris Kirsch Pinheiro](#)
[Daniel Vinicius Fiorin](#)
[Ezequiel Echer](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Fernando Luís Guarnieri](#)
[Lucymara Fassarella Agnez Lima](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Nelson Jesus Ferreira](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Neusa Maria Paes Leme](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Plínio Carlos Alvalá](#)
[Ricardo André Guarnieri](#)

Estudantes:

[Ana Marcell Soares](#)
[Carlos Pinto da Silva Neto](#)
[Elenice Kall](#)
[Gustavo Pereira Guerra](#)
[Marcio Ceconi](#)
[Nadiara Pereira](#)
[Naiara Tatiane Hupfer](#)
[Pabulo Henrique Rampelotto](#)
[Rodrigo da Rosa Azambuja](#)

Árvore do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Ozônio; Ozônio;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Fenômenos Físico - Químicos da Atmosfera;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Influência na Radiação UV;

Setores de aplicação:

Produtos e serviços voltados para a defesa e proteção do meio ambiente, incluindo o desenvolvimento sustentado

Objetivo:

Monitoramentos: Ozônio, Radiação Solar, Ultravioleta: UV-A (400-320 nm), UV-B (320-280nm), efeitos biológicos-genéticos. Aeronomia dos fenômenos físico-químico, dinâmica, eletricidade atmosférica e(TLEs). Análise da concentração do Ozônio; comportamento de sua "camada", a +/- 25 Km no RS, suas correlações com: Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B); gases traçadores; aerossóis; dados de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na AMAS. Vice-Líder: Damaris K. Pinheiro



Grupo de Pesquisa
Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo:
Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br



Identificação	Recursos Humanos	Linhas de Pesquisa	Indicadores do Grupo
-------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

Identificação

Dados básicos

Nome do grupo: Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo: Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1996

Data da última atualização: 23/06/2009 11:43

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@pq.cnpq.br

Natanael Rodrigues Gomes - natanael.gomes@lancesm.ufsm.br

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE **Unidade:** Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

CEP: 97110970

Cidade: Santa Maria

UF: RS

Telefone: 33012026

Fax: 33012030

E-mail: njschuch@lancesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

O Grupo - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS, GEOMAGNETISMO:INTERAÇÃO TERRA-SOL do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, Lat. 29°26'24"S, Long. 53°48'38"W, Alt. 488m, em São Martinho da Serra, RS, criado por Nelson Jorge Schuch em 1996, colabora com pesquisadores da: UFSM (CT-LACESM), INPE, CRAAM-Universidade P. Mackenzie, IAG/USP, OV/ON, DPD/UNIVAP e SEFET/GO, no Brasil e internacionais do: Japão (Universidades: Shinshu, Nagoya, Kyushu, Takushoku e National Institute of Polar Research), EUA ((Bartol Research Institute/University of Delaware e NASA (Jet Propulsion Laboratory e Goddard Space Flight Center)), Alemanha (University of Greifswald e Max Planck Institute for Solar System Research), Austrália (Australian Government Antarctic Division e University of Tasmania), Armênia (Alikhanyan Physics Institute) e Kuwait (Kuwait University). Linhas de Pesquisas: MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO, AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA, NANOSATC-BR. Áreas de interesse: Heliosfera, Física Solar, Meio Interplanetário, Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo, Aeronomia, Ionosferas, Aeroluminescência, Raios Cósmicos, Muons, Pequenos Satélites Científicos. Objetivos: Pesquisar o acoplamento energético na Heliosfera, mecanismos de geração de energia no Sol, Vento Solar, sua propagação no Meio Interplanetário, acoplamento com as magnetosferas planetárias, no Geoespaço com a Ionosfera e a Atmosfera Superior, previsão de ocorrência de tempestades magnéticas e das intensas correntes induzidas na superfície da Terra, Eletricidade Atmosférica e seus Eventos Luminosos Transientes (TLEs). As Pesquisas base de dados de sondas no Espaço Interplanetário e dentro de magnetosferas planetárias, e de modelos computacionais físicos e estatísticos. Vice-Líderes: Alisson Dal Lago, Nalin Babulau Trivedi, Otávio Santos Cupertino Durão, Natanael Rodrigues Gomes.

Recursos humanos

Pesquisadores	Total: 42
----------------------	------------------

[Ademar Michels](#)

[Jean Pierre Raulin](#)

[Alan Prestes](#)

[Joao Paulo Minussi](#)

[Alicia Luisa Clúa de Gonzalez](#)

[Jose Humberto Andrade Sobral](#)

[Alisson Dal Lago](#)

[Juliano Moro](#)



Antonio Claret Palerosi	Mangalathayil Ali Abdu
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Caitano Luiz da Silva	Marco Ivan Rodrigues Sampaio
Carlos Roberto Braga	Marcos Vinicius Dias Silveira
Clezio Marcos De Nardin	Nalin Babulal Trivedi
Cristiano Max Wrasse	Natanael Rodrigues Gomes
Delano Gobbi	Nelson Jorge Schuch
Eurico Rodrigues de Paula	Nivaor Rodolfo Rigozo
Ezequiel Echer	Odim Mendes Junior
Fabiano Luis de Sousa	Osmar Pinto Junior
Fábio Augusto Vargas dos Santos	Otavio Santos Cupertino Durão
Fernanda de São Sabbas Tavares	Pawel Rozenfeld
Fernando Luís Guarnieri	Petrônio Noronha de Souza
Gelson Lauro Dal' Forno	Polinaya Muralikrishna
Hisao Takahashi	Rajaram Purushottam Kane
Ijar Milagre da Fonseca	Severino Luiz Guimaraes Dutra
Jean Carlo Santos	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon

Estudantes	Total: 33
-------------------	------------------

Aline Seeger Santos	Jose Fernando Thuorst
Bernardo Henz	Josemar de Siqueira
Carlos Pinto da Silva Neto	Lilian Piecha Moor
Cassio Espindola Antunes	Lucas Antunes Tambara
Cássio Rodinei dos Santos	Lucas Lopes Costa
Celito Muck Felipetto	Lucas Ramos Vieira
Claudio Machado Paulo	Luis Fernando Nicolini
Cristiano Sarzi Machado	Nikolas Kemmerich
Edson Rodrigo Thomas	Rafael Lopes Costa
Eduardo Escobar Bürger	Ricardo Cartier dos Santos
Eduardo Weide Luiz	Rodrigo da Rosa Azambuja
Felipe Cipriani Luzzi	Rubens Zolar Gehlen Bohrer
Fernando de Souza Savian	Tardelli Ronan Coelho Stekel
Guilherme Aluizio Steffens Lorenset	Thalis José Girardi
Guilherme Grams	Tiago Jaskulski
Guilherme Simon da Rosa	Willian Rigon Silva
Igor Freitas Fagundes	

Técnicos	Total: 2
-----------------	-----------------

Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação
 Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função

Linhas de pesquisa	Total: 4
---------------------------	-----------------

- [AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA](#)
- [Desenvolvimento de CubeSats - NANOSATC-BR](#)
- [MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO](#)
- [MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL](#)

Relações com o setor produtivo	Total: 0
---------------------------------------	-----------------

Indicadores de recursos humanos do grupo

Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)	42
Estudante(s)	33
Técnico(s)	2



Linha de Pesquisa

AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA

Linha de pesquisa

AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA

Nome do grupo: [Clima Espacial](#), [Magnetosferas](#), [Geomagnetismo](#); [Interações Terra - Sol](#), [NanoSatC-Br](#)

Palavras-chave: Aeronomia/Aeroluminescência-Fotômetros/Imageadores; Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS; Eletrojato Equatorial; Interações Sol - Terra; Ionosfera - Digissonda - Radares; Mesosfera - Radares - Rastros Meteóricos;

Pesquisadores:

[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Clezio Marcos De Nardin](#)
[Cristiano Max Wrasse](#)
[Delano Gobbi](#)
[Eurico Rodrigues de Paula](#)
[Fábio Augusto Vargas dos Santos](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Gelson Lauro Dal' Forno](#)
[Hisao Takahashi](#)
[Jean Pierre Raulin](#)
[Mangalathayil Ali Abdu](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Marco Ivan Rodrigues Sampaio](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Polinaya Muralikrishna](#)

Estudantes:

[Carlos Pinto da Silva Neto](#)
[Cássio Rodinei dos Santos](#)
[Claudio Machado Paulo](#)
[Cristiano Sarzi Machado](#)
[Edson Rodrigo Thomas](#)
[Eduardo Weide Luiz](#)
[Felipe Cipriani Luzzi](#)
[Guilherme Aluizio Steffens Lorenset](#)
[Guilherme Grams](#)
[Lilian Piecha Moor](#)
[Rodrigo da Rosa Azambuja](#)
[Thalis José Girardi](#)

Árvore do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Aeronomia;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Interações Sol - Terra;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Geofísica Espacial;

Setores de aplicação:

Aeronáutica e espaço

Objetivo:

Aeronomia dos fenômenos físicos, químicos, dinâmica eletricidade da Atmosfera e seus(TLEs), observando com radares, GPS, imageadores, fotômetros e aeroluminescência (ventos) das ondas atmosféricas: planetárias, de gravidade e marés; Pesquisas com radares e digissonda da dinâmica da Troposfera, Estratosfera, Ionosfera e Alta Atmosfera, investigando o acoplamento vertical e transporte de energia do Sistema Atmosfera-Ionosfera na Região Sul Brasileira. Vice-Líder: Marcelo Barcellos da Rosa.



AGRADECIMENTOS

A Orientadora Dr^a. Fernanda de São Sabbas Tavares, Pesquisadora da Divisão de Aeronomia - DAE/CEA/INPE – MCT, em São José dos Campos, SP, pela atenção e orientação que dedicou ao bolsista durante o período de Projeto apesar da distância.

Ao Dr. Nelson Jorge Schuch pela oportunidade oferecida no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais CRS/INPE – MCT e pelo fiel apoio nas atividades, sempre nos auxiliando quando necessário.

Aos colegas integrantes do Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica, pelo companheirismo e auxílio nas atividades.

Aos funcionários, servidores do CRS/INPE – MCT e do LACESM/CT – UFSM pelo apoio e pela infra-estrutura disponibilizada.

Ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação do Projeto de Pesquisa, que me permitiu dar os primeiros passos na iniciação científica e tecnológica, propiciando grande crescimento profissional.

Ao Coordenador Dr. José Carlos Becceneri e a Secretária do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, Sra. Egidia Inácio da Rosa, pelo constante apoio, alertas e sua incansável preocupação com toda a burocracia e datas limites do Programa para com os bolsistas de I. C. & T do CRS/INPE - MCT.

RESUMO

Os Eventos Luminosos Transientes (TLEs) são fenômenos ópticos que ocorrem na altitude da mesosfera e da região D da ionosfera. Dentre os TLEs destacam-se os *Sprites*, os Halos, os Jatos Azuis (*Blue Jets*) e os Elves (*Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations from Eletromagnetic Pulse Sources*). Os TLEs são gerados por campos elétricos produzidos por relâmpagos e possuem forma e coloração, caracterizados pelos perfis físico-químicos do meio.

Os TLEs são observados em tempestades com elevada atividade elétrica, formadas principalmente por nuvens cumulusnimbus (Cb). Estas nuvens se caracterizam por serem de elevado desenvolvimento vertical, cujo topo pode alcançar a tropopausa. Este tipo de nuvem é observado em sistemas convectivos que ocorrem freqüentemente na América do Sul.

Foram realizadas 6 campanhas de observação de TLEs no Brasil. As observações dos fenômenos são realizadas utilizando-se câmeras de alta resolução, capazes de detectar as mínimas variações de luminosidade. As campanhas foram realizadas em todos os anos entre 2002 e 2008, com exceção de 2004. As tempestades observadas ocorreram sobre localidades do Brasil, Argentina e Paraguai.

O relatório, além de relatar as atividades desenvolvidas pelo bolsista, apresenta uma revisão teórica sobre os principais TLEs e identifica os principais eventos sinóticos, responsáveis por tempestades sobre o Brasil.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	2
DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	2
2.1 Eventos Luminosos Transientes	2
2.1.2 Halos	4
2.1.3 Blue Jets, gigantic jets e blue starters	4
2.1.4 Elves	5
2.2 Tempestades Severas	5
2.2.1 Formação de uma nuvem de tempestade	6
2.2.2 Fênomenos de Escala Sinótica	7
2.2.2.1 Ciclones Extratropicais	7
2.2.2.2 Sistemas Frontais	8
2.2.2.3 Zona de Convergência Intertropical	9
2.2.2.4 Zona de Convergência do Atlântico Sul	10
2.2.2.5 Corrente de Jato	11
2.2.2.6 Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis	12
CAPÍTULO 3	13
METODOLOGIA	13
3.1 Aquisição das imagens	13
3.2 GrADS, Variáveis NCEP/NCAR, Perfis Termodinâmicos, Imagens de Satélite	13
CAPÍTULO 4	15
ATIVIDADES REALIZADAS – RESULTADOS	15
4.1 Visitas ao Observatório Espacial do Sul	15
4.2 Elaboração de resumo expandido (11th SBGF)	15
4.3 Análise Sinótica das campanha de Observação de TLEs	16
- Direção e velocidade do vento em 500hPa e 200hPa:	18
Figura 14 – Direção e velocidade do vento em 500hPa e 200hPa	18
4.4 Elaboração do trabalho para o SICINPE	18
CAPÍTULO 5	20
CONCLUSÕES	20
CAPÍTULO 6	23
REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURA 1 - ALGUNS DOS PRINCIPAIS TLEs (SPRITES, HALOS, ELVES, BLUE JETS)	2
FIGURA 2 - ANATOMIA DE UM SPRITE INDIVIDUAL E A RELAÇÃO DA SUA ALTURA COM A TEMPERATURA ATMOSFÉRICA E O PERFIL TÍPICO DA DENSIDADE ELETRÔNICA NOTURNA.....	4
FIGURA 3 - ESQUEMA DE FORMAÇÃO DE UMA NUVEM DE TEMPESTADE.	6
FIGURA 4 - ESQUEMA DE FORMAÇÃO DE UMA NUVEM DE TEMPESTADE	7
FIGURA 5 - FURACÃO CATARINA.....	8
FIGURA 6 - ESQUEMA DE FORMAÇÃO DE UMA FRENTE FRIA	9
FIGURA 7 - IMAGEM COLORIDA DE UM SISTEMA FRONTAL.....	9
FIGURA 8 - IMAGEM SATÉLITE IR (EXEMPLO DE POSICIONAMENTO DA ZCIT)	10
FIGURA 9 - IMAGEM DE SATÉLITE COLORIDA (EXEMPLIFICA O POSICIONAMENTO DA ZCAS).....	11
FIGURA 10 - MAPA DE VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO EM 200MB.	12
Tabela 1 - Campanhas de observação de Sprites no Brasil.....	16
FIGURA 11 - LINHA DE CORRENTE E TEMPERATURA EM 850HPA	17
FIGURA 12 - PRESSÃO (NÍVEL DO MAR) E UMIDADE ESPECÍFICA EM 850HPA	17
Figura 13- Direção e velocidade do vento em 500hPa e 200hPa.....	18
Figura 14- Imagem de um sprite - 01:40:13.224 (04/03/2006).....	21
Tabela 2 – Sprites (09-10/10/2007).....	21

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O trabalho iniciado em janeiro de 2009 tem como objetivo a continuidade do Projeto de Iniciação Científica em andamento desde 2007. O Projeto visa o estudo de eventos luminosos transientes (TLEs) com ênfase aos *Sprites*.

A área de pesquisa é nova no país, tendo menos de 20 anos de existência. Estuda os fenômenos coletivamente conhecidos como Eventos Luminosos Transientes, TLEs (do inglês Transient Luminous Events) que são fenômenos ópticos que ocorrem na média e alta atmosfera, referentes a campos eletromagnéticos locais de relâmpagos ocorridos na troposfera.

O relatório descreve as atividades realizadas pelo bolsista Rodrigo da Rosa Azambuja no 1º semestre letivo de 2009.

As atividades iniciais têm como principal objetivo uma revisão teórica dos principais TLEs: *sprites*, *halos*, *elves* e *blue jets*. Foram explorados os mecanismos de geração e as características físico-químicas de cada fenômeno.

Posteriormente o estudante desenvolveu o aprendizado referente a técnica de pesquisa da área. Processos de aquisição e digitalização de imagens referentes as filmagens feitas durante as campanhas realizadas.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 Eventos Luminosos Transientes

Os eventos luminosos transientes (TLEs / Transient Luminous Events) são emissões luminosas geradas por campos elétricos produzidos por relâmpagos, ocorrem na média e alta atmosfera associados a tempestades com alta atividade elétrica. Os TLEs possuem forma e coloração ditadas pelas características físico-químicas do meio. Sinalizam a deposição eletromagnética nessa região da atmosfera podendo alterar a sua composição química. Dentre esses eventos, destacam-se os *sprites*, *halos*, *jatos azuis* e *elves*. A imagem mostrada na Figura 1 mostra uma representação dos principais TLEs citados.

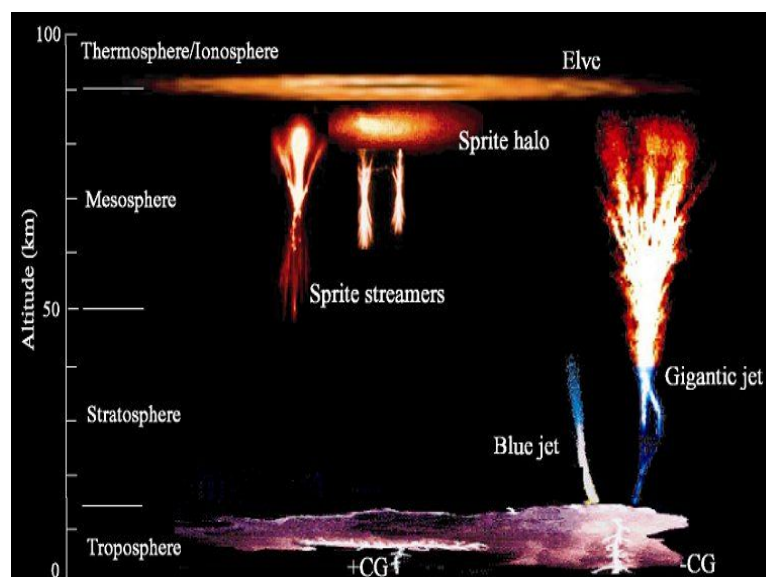


Figura 1 - Alguns dos principais TLEs (sprites, halos, elves, blue jets)
FONTE: adaptado de <http://smc.cnes.fr/TARANIS/GP_science.htm>

Os TLEs ocorrem em tempestades com alta atividade elétrica, essas tempestades podem ser massas de ar isoladas, frentes frias, sistemas tropicais ou Sistemas Convectivos de Mesoescala (MCS). Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (MCS) são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas e que apresentam área com contínua precipitação, que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, possuem formas variadas (Houze, 1993).

2.1.1 Sprites

Os *sprites* são a componente óptica de emissões que ocorrem aproximadamente entre 40km e 90km de altitude. Estão associados a descargas elétricas que ocorrem em tempestades com grande atividade elétrica.

Os *sprites* possuem coloração avermelhada e são compostos por um ou mais *streamers*. Os *streamers* são canais de plasma em um determinado regime de pressão e temperatura.

Geralmente os *sprites* estão associados a relâmpagos nuvem-solo positivos, que são os relâmpagos que partem da nuvem em direção ao solo transportando carga positiva (Pinto Jr. e Pinto, 2000). Observações em relâmpagos nuvem-solo negativos são raros, porém resultados encontrados por Taylor et al. 2008 mostram que os *sprites* podem ser impulsionados tanto por campos elétricos descendentes quanto ascendentes.

Quando um CG ocorre, uma certa quantidade de carga elétrica é removida da nuvem, gerando um campo elétrico quasi-eletrostático entre a nuvem e a ionosfera, excitando elétrons livres no meio, que por sua vez, excitam colisionalmente as moléculas de hidrogênio, provocando a emissão que caracteriza o *sprite*.

Na Figura 2 temos uma representação da anatomia de um *sprite*. A coloração do *sprite* é predominantemente vermelha, sua região mais brilhante, denominada cabeça (head), se encontra entre 66 e 74 km de altitude e tem aproximadamente 4km. Acima da cabeça há uma região de brilho menos intenso, que apresenta uma estrutura de finas estrias, denominada cabeleira (hair). A cabeleira se estende até 88km e está separada da cabeça por uma banda escura denominada linha calva (hair line). Nos *sprites* mais brilhantes observados, é vista uma banda escura abaixo da cabeça, denominada colar (collar). Abaixo do colar estão os tentáculos (tendrils) cuja cor é vermelha logo abaixo do colar passando para o azul conforme se estende para baixo. Este fenômeno ocorre em altitudes maiores do que a tempestade, pela Figura 2 pode-se ver que a tempestade estende-se, aproximadamente, até a região da tropopausa, enquanto a cabeça do *sprite* está na mesosfera, em torno de 75km (Sentman et al., 1995).

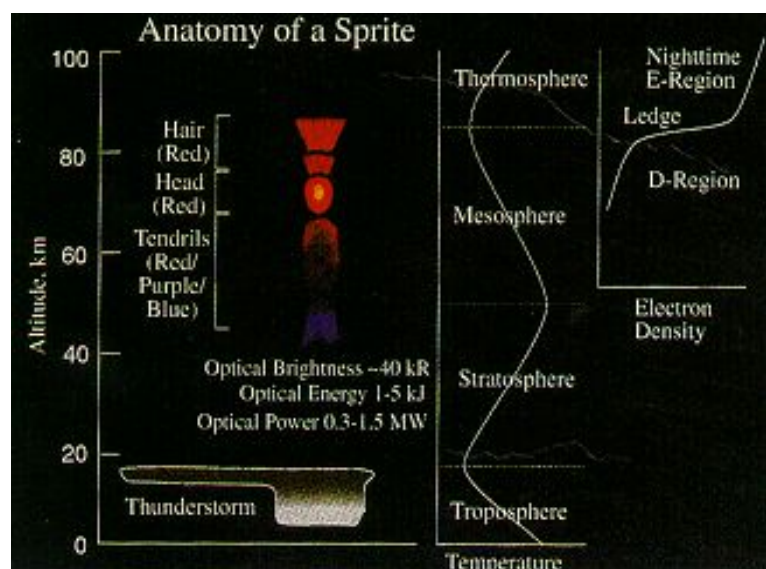


Figura 2 - Anatomia de um sprite individual e a relação da sua altura com a temperatura atmosférica e o perfil típico da densidade eletrônica noturna.

FONTE: adaptado de <<http://www.gi.alaska.edu/~heavner/rs/redsprites.html>>

2.1.2 Halos

Também é conhecido como *sprite-halo*. Geralmente estão associados à *sprites*, porém os halos podem ocorrer de forma independente. Frequentemente, observações mostram que os *sprites* são precedidos ou acompanhados por um halo de luz difuso a uma altitude entre 70 e 80km (Tavares e Santiago, 2002).

O processo de formação de *sprites* e halos se assemelham, modelos indicam que o mecanismo de emissão óptica do nitrogênio molecular excitado está envolvido na produção de ambos. Estes modelos indicam que um campo quasialetrostático (QE) é responsável pelo aquecimento, ionização e emissão que gera *sprites* e halos.

2.1.3 Blue Jets, gigantic jets e blue starters

Os blue jets ou jatos azuis são estreitos feixes de luz de coloração azulada que partem do topo das nuvens de tempestades se dirigindo para cima com tempo de vida da ordem de um décimo de segundo. O cone de luz formado por estes jatos tem amplitude média de 15 graus e se propaga com velocidade média da ordem de 100 km/h (Wescott et al., 1998).

As emissões normalmente não ultrapassam 40km de altitude, porém foram observado fenômenos que alcançaram 70km de altitude, que foram chamados de *gigantic jets* ou jatos gigantes (Pasko et al., 2002).

A imagem mostrada na Figura 3 mostra um *Blue Jet* se propagando no topo de uma nuvem cb.



Figura 3 - Imagem de um Blue Jet
FONTE: adaptado de Pasko et al 2002., 2002

2.1.4 Elves

Os *elves* (Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations from Eletromagnetic Pulse Sources) são anéis de luminosidade avermelhada, que aparece na imagem da Figura 1 como uma estrutura circular um pouco acima do topo do *sprite*, isto é, na altura da região E ionosférica (cerca de 90km de altitude). *Elves* são gerados na base da ionosfera pelos pulsos eletromagnéticos (EMP) gerados por relâmpagos (Inan, 2002).

Possuem coloração semelhante e forma distinta dos *sprites*. Os *sprites* possuem uma estrutura vertical bem desenvolvida e os *elves* podem ser considerados fenômenos horizontais. Os *elves* são caracterizados por atingir extensões horizontais de até 600 km.

2.2 Tempestades Severas

Tempestades severas referem-se a chuvas de grande intensidade que podem ser perigosas a diversas atividades humanas. Essas tempestades vêm acompanhadas de ventos fortes, granizo, descargas elétricas, repentinas mudanças de temperatura e, ocasionalmente, tornados.

2.2.1 Formação de uma nuvem de tempestade

A principal nuvem em tempestades severas é a cumulonimbus (Cb). É uma nuvem de grande desenvolvimento vertical, tendo o topo de forma semelhante a uma bigorna. Nas nuvens de tempestades, o principal fator de seu surgimento é o fato da atmosfera estar suficientemente instável devido ao aquecimento da superfície.

Na atmosfera instável, o ar aquecido em contato com a superfície sobe. A formação da nuvem de tempestade inicia-se quando esse ar aquecido se expande e começa a condensar. Eventualmente, o ar é resfriado até seu ponto de orvalho e alcança a saturação, formando nuvens cumulus. Se a atmosfera estiver muito instável, os cumulus continuarão a se desenvolver na vertical, até virarem cumulonimbus.

Muitas tempestades são de vida curta e não causam danos. Entretanto, se uma nuvem de tempestade crescer mais que a média, esta irá se desenvolver com uma estrutura interna com elevada turbulência. Essas tempestades são conhecidas na Meteorologia Aeronáutica como trovoadas severas, podem crescer até 20km e estão associadas a elevada atividade elétrica. (Ferreira, 2006)

A seqüência de imagens mostradas na Figura 4 e 5 indica o processo de formação de uma nuvem de tempestade. A imagem mostrada na Figura 4 mostra o ar quente e úmido em superfície em ascensão e ventos que chegam na parte lateral desta porção de ar. Enquanto na Figura 5 este ar quente e úmido ascende ainda mais devido a entrada de ar frio.

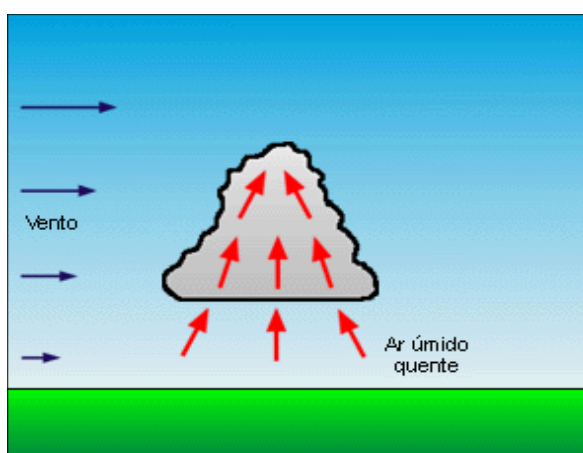


Figura 4 - Esquema de formação de uma nuvem de tempestade.
FONTE: adaptado de Fontinele, 2007, p.37

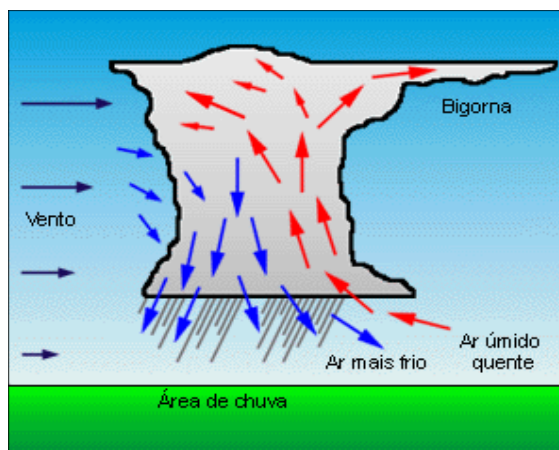


Figura 5 - Esquema de formação de uma nuvem de tempestade
FONTE: adaptado de Fontinele, 2007, p.37

2.2.2 Fênômenos de Escala Sinótica

As nuvens de tempestades se desenvolvem rapidamente e estão relacionadas com outros eventos meteorológicos. A observação desses eventos meteorológicos é importante para identificação de regiões propícias a aparição de tempestades. Comumente são observados na América do Sul ciclones, sistemas frontais, ZCAS, ZCIT, correntes de jato e VCANs que contribuem para aparição de nuvens Cb, diretamente responsáveis pelas tempestades e suas conseqüências.

2.2.2.1 Ciclones Extratropicais

Os ciclones são formados devido a um centro de baixa pressão. Os ciclones apresentam uma banda espiral de nebulosidade que giram no sentido horário em torno da área de baixa pressão. A área de baixa pressão gera um cavado que está associado a nebulosidade e precipitação.

Segue abaixo a imagem (Figura 6) de um exemplo de um ciclone extratropical, o Catarina, que ficou mundialmente famoso por ser o primeiro furacão extratropical conhecido. Segundo cientistas o ciclone extratropical que atingiu a Região Sul do Brasil em março de 2004 foi classificado como furacão categoria 1.

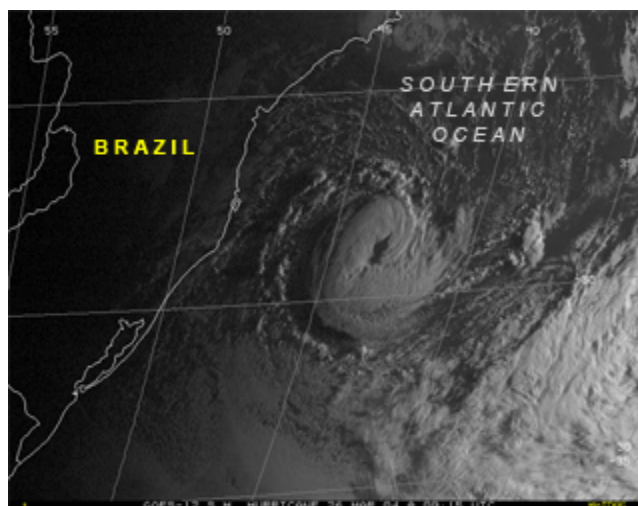


Figura 6 - Furacão Catarina

Fonte: adaptado de <<http://www.ncdc.noaa.gov/img/climate/research/2004/mar/catarina-large.gif>>

2.2.2.2 Sistemas Frontais

Tempestades severas estão eventualmente associadas com as linhas de convergência organizadas pelos sistemas frontais. Logo, o sistema frontal organiza o escoamento em superfície em grande escala de modo que os ventos convergem ao longo desta frente.

O Brasil é atingido com frequência por sistemas frontais, especificamente frentes frias. A imagem mostrada na Figura 7 identifica o processo de formação das nuvens ao longo da frente fria e, conseqüentemente nuvens Cb. Quando a massa de ar frio de maior densidade avança sob uma área de ar quente, ela força o ar quente a subir e se condensar ocasionando uma situação de instabilidade. A frente fria é a zona de transição entre essas duas massas de ar, onde a massa de ar fria avança sob a massa de ar quente.

A imagem mostrada na Figura 8 mostra um exemplo de uma frente fria que avança sobre o sul da América do Sul Brasil.

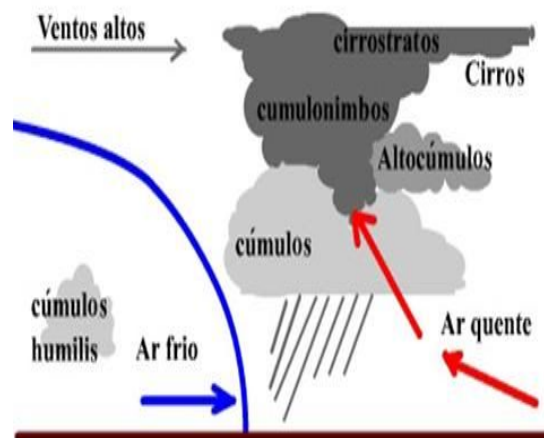


Figura 7 - Esquema de formação de uma frente fria

Fonte: adaptado de <<http://meteorologia.no.sapo.pt/interpretacao/20de/20cartas/20de/20tempo.htm>>

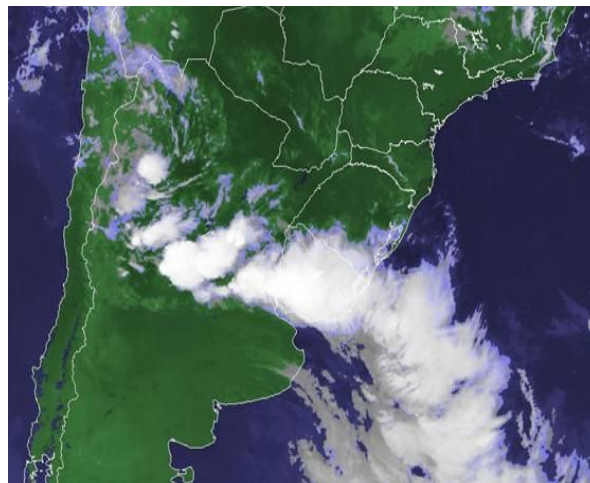


Figura 8 - Imagem colorida de um sistema frontal

Fonte: adaptado de <http://www.metsul.com/secoes/visualiza.php/cod_subsecao=1&cod_texto=1002>

2.2.2.3 Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos que atuam na região tropical. Devido a sua estrutura física, a ZCIT tem sido decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e clima em diversas áreas do trópicos. Ela tem uma crucial importância sobre as precipitações nos continentes africanos, americano e asiático (Ferreira, 2006).

É uma zona de convergência em baixos níveis (divergência em altos níveis) na região de fronteira entre os hemisférios Norte e Sul. O aquecimento do ar sobre as águas quentes localizadas próximas a linha do Equador, associada aos ventos alísios causam

uma convecção diária ao longo da ZCIT. Assemelha-se a um cinturão com atividades convectivas onde se espalham diversas nuvens Cbs. Estas nuvens unem-se em aglomerados e caracterizam-se pelo transporte de calor, massa e "momentum" da superfície para a alta troposfera. A partir da alta troposfera, transportados para as latitudes médias.

A climatologia indica que a ZCIT tem o deslocamento para o Norte durante os meses de junho a setembro (inverno no HS) e mais para o sul, aproximando-se da linha equatorial, nos meses de dezembro a fevereiro (verão no HS).

A imagem mostrada na Figura 9 mostra um exemplo de posição de nebulosidade ao longo da ZCIT. A elipse vermelha delimita regiões de nuvens Cb na imagem.

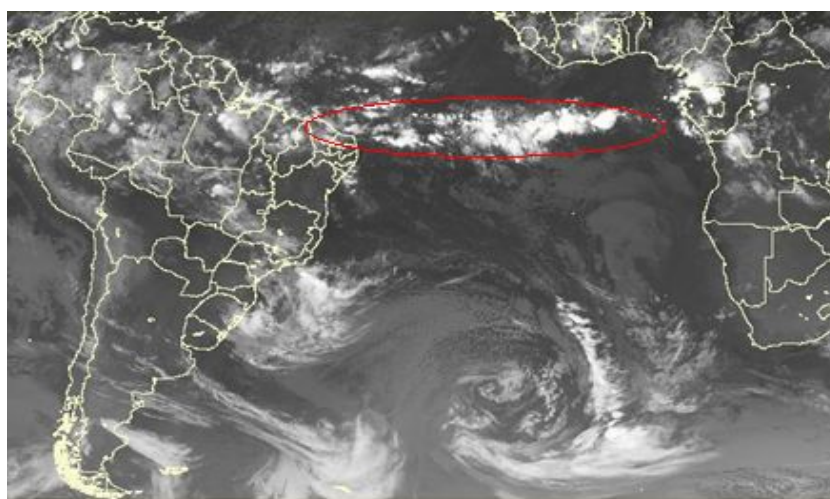


Figura 9 - Imagem Satélite IR (exemplo de posicionamento da ZCIT)

Fonte: adaptado de <<http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/2008/abr/>>

2.2.2.4 Zona de Convergência do Atlântico Sul

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é a denominação da banda de nebulosidade orientada no sentido Noroeste/Sudoeste sobre a América do Sul. Esta associada a uma zona de convergência em baixos níveis estendida desde a Amazônia até o Oceano Atlântico. Dependendo desta banda de nebulosidade, ela pode se desenvolver e se tornar nuvens de tempestade.

A ZCAS ocorre nos meses de verão e sua formação está associada a convecção sobre o continente. Essa zona de convergência provoca o transporte de umidade, essencial para

a formação de uma tempestade, principalmente para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, provocando uma ocorrência maior de precipitações.

A imagem mostrada na Figura 10 exemplifica um evento de ZCAS, com nebulosidade se estendendo da região amazônica até o Oceano Atlântico.

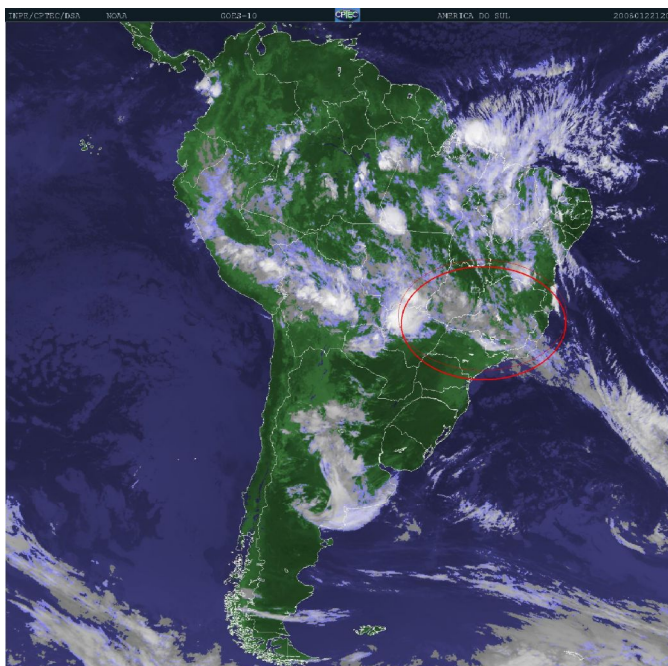


Figura 10 - Imagem de satélite colorida (exemplifica o posicionamento da ZCAS)
Figura 2.7 – Imagem de satélite colorida (exemplifica o posicionamento da ZCAS)
FONTE: banco de imagens DSA-CPTEC/INPE-MCT

2.2.2.5 Corrente de Jato

A corrente de jato (jet stream) influencia diretamente o desenvolvimento das tempestades. A maioria das tempestades severas ocorre em regiões de divergência dos ventos em altos níveis. Existem dois tipos de jato sobre a América do Sul: o jato subtropical e o jato polar.

A divergência em ar superior indica que está havendo movimento ascendente em altos níveis favorecendo o aparecimento de nuvens convectivas. Essa divergência associadas com instabilidade em médios e baixos níveis caracteriza uma situação eminente de tempestade.

A imagem mostrada na Figura 11 foi feita pelo GrADS a partir dos dados de reanálise do NCEP/NCAR. Representa o posicionamento do Jato Subtropical e do Jato Polar se

estendendo respectivamente sobre o Chile, Argentina, Uruguai e o estado do Rio Grande do Sul (Brasil) e extremo sul da América do Sul.

isotachs (m/s) 200 mb 00Z 04mar2006

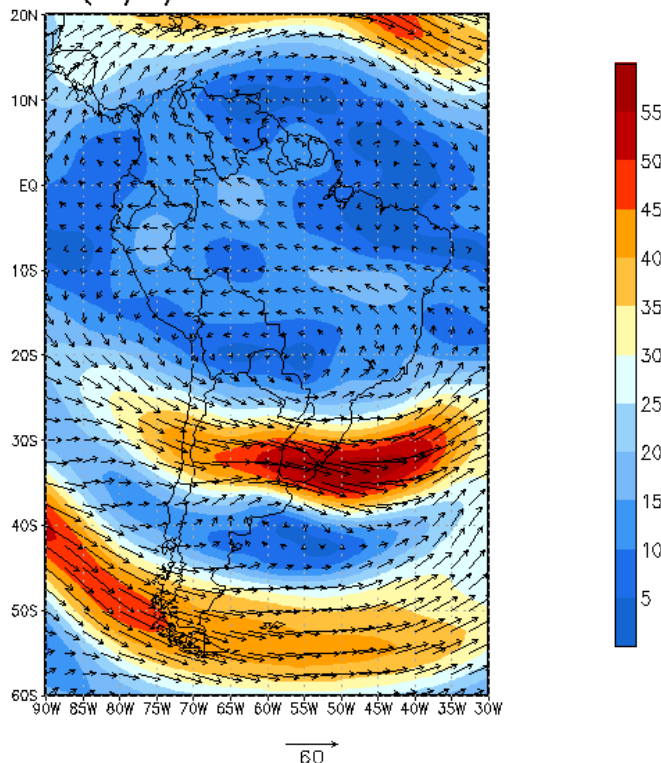


Figura 11 - Mapa de velocidade e direção do vento em 200mb.

2.2.2.6 Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

Os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCANs) são sistemas de baixa pressão em grande escala, formados na alta troposfera cuja a circulação ciclônica fechada apresenta o centro mais frio do que a sua periferia. A circulação ciclônica, horária no hemisfério sul, surge inicialmente nas partes altos níveis estendendo-se gradualmente a níveis mais baixos. Os ventos nos baixos e médios níveis são fracos, aumentando a velocidade com a altura e atingindo a sua velocidade máxima próxima a 200hPa (Gan, 1983).

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 Aquisição das imagens

A aquisição das imagens de eventos é feita através de uma câmera CCD. Os sensores em uma câmera CCD (charge-coupled device) baseiam-se no efeito fotoelétrico. Em cada fóton coletado um elétron é liberado e esta corrente é armazenada carregando toda a informação da imagem.

A conversão analógica/digital consiste no processo de tradução da carga proveniente do sensor num formato binário que é reconhecido pelo computador.

As imagens são feitas em fitas de vídeo e posteriormente transferidas para o computador por uma placa PCI de entrada firewire.

Os vídeos dos eventos são captados a partir do software UFO capture. Se trata de um programa que grava vídeos de segundos antes e posteriores as luminosidades ocorrerem no vídeo. Posteriormente os vídeos dos eventos são separados em frames com o auxílio do Adobe Premiere Pro Tryout. Para uma melhor resolução temporal da imagem, utiliza-se o software Jasc Paint Shop Pro para separar as linhas ímpares e pares da imagem.

3.2 GrADS, Variáveis NCEP/NCAR, Perfis Termodinâmicos, Imagens de Satélite

O software GrADS (Grid Analysis and Display System) é de domínio público e se trata de um programa para visualização e análise de dados de Ciências da Terra e trabalha com dados de modelos de 4 dimensões, onde as dimensões são usualmente latitude, longitude, nível e tempo.

Os dados utilizados ao longo das atividades são de reanálise do NCEP/NCAR (National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research) disponibilizados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). O NCEP/NCAR dispõe de dados para análise e previsão a partir de 1948 aos dias de hoje, estes dados são de variáveis meteorológicas e estão disponíveis através da rede mundial

de computadores. Um grande subconjunto desses dados é disponibilizado 4 vezes ao dia (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) como seus valores médios diários.

Os perfis termodinâmicos utilizados são diagramas skew-t disponibilizadas através da rede mundial de computadores pelo MASTER/IAG-USP (Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais/Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo) e pelo departamento de ciências atmosféricas da Universidade de Wyoming (USA).

Ao longo das atividades desenvolvidas, foi necessária a utilização das imagens de satélite tanto para avaliação e caracterização dos eventos quanto para observação de temperaturas no topo das nuvens.

As imagens utilizadas são do satélite de órbita geoestacionária GOES 10 (Geostationary Operational Environmental Satellites). A órbita geoestacionária indica que é um satélite equatorial que fica permanentemente sobre a linha do equador.

Os sensores do satélite GOES estão distribuídos em 5 canais, registrando radiação proveniente da Terra em 5 faixas de comprimento de onda. Cada elemento de informação (pixel) corresponde a uma área de 1x1 km (canal visível), 4x8 km (vapor d'água) ou 4x4 km (canal infravermelho), no nadir (ponto subsatélite) (DSA/CPTEC-INPE).

CAPÍTULO 4

ATIVIDADES REALIZADAS – RESULTADOS

4.1 Visitas ao Observatório Espacial do Sul

Visitas mensais foram realizadas ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS, com a finalidade de coleta de dados e verificar o funcionamento dos equipamentos de responsabilidade do bolsista. Tais equipamentos são:

- Um receptor de VLF (very low frequency), integrante da rede STARNET (*Sferics Timing and Ranging Network*). A STARNET, através da detecção de *sferics*, possibilita a localização de raios em tempo real, em grande parte da América Latina. A partir de janeiro de 2009 foram realizadas coletas dos dados brutos da STARNET e enviados em DVD para o Dr. Carlos Augusto Morales, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Espaciais da Universidade de São Paulo (IAG/USP).
- Sensores de campo elétrico e campo magnético, fruto de uma colaboração internacional entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e a Duke University, via o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE – MCT e o *Electrical and Computer Engineering Department*.

4.2 Elaboração de resumo expandido (11th SBGF)

Foi elaborado um resumo expandido para ser apresentado em agosto de 2009 no 11º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. O trabalho intitulado “Condições sinóticas para geração de *sprites* e outros eventos luminosos transientes (TLEs) sobre o Paraguai em 04/03/2006” apresenta a caracterização do cenário meteorológico sinótico que levou a formação do Sistema Convectivo de Mesoescala que originou os TLEs.

Os TLEs foram observados durante a campanha de observação de *sprites* que aconteceu nos meses de fevereiro e março de 2006 e foi realizada a partir do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE – MCT. Na noite de 04/03/2006 foram observados 94 eventos.

4.3 Análise Sinótica das campanhas de Observação de TLEs

Durante o período de vigência da bolsa o aluno realizou a análise da situação meteorológica em escala sinótica dos eventos observados nas 6 campanhas de observação de TLEs que ocorreram no Brasil.

Segue uma tabela com os anos das campanhas indicando os dias, as horas de observação e o número de eventos observados.

Tabela 1 - Campanhas de observação de Sprites no Brasil

Ano	Dia	Hora	Sprites
2002	25/11/2002	02:49:19 - 02:52:15	2
	26/11/2002	03:00:11 - 03:09:50	4
2003	21/03/2003	00:41:11 - 07:14:41	12
2005	25-26/10/2005	23:41:24 - 01:26:49	11
2006	22-23/02/2006	02:35:24 - 08:36:51	382
	03-04/03/2006	01:40:13 - 05:27:45	94
2007	09-10/10/2007	23:00:50 - 01:16:02	25
2008	12-13/10/2008	22:58:13 - 00:10:45	13

Os mapas para avaliação sinótica foram feitos pelo GrADS com base nos dados de reanálise do NCEP/NCAR. Segue abaixo um exemplo dos mapas que foram utilizados mostrados nas Figuras 12, 13 e 14:

- Linha de corrente e temperatura em 850hPa:

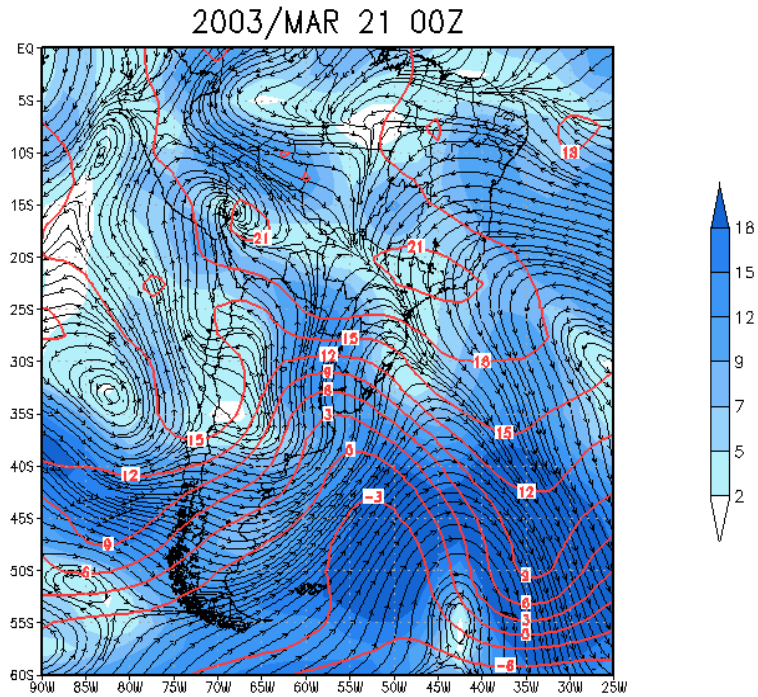


Figura 12 - Linha de corrente e temperatura em 850hPa

- Pressão reduzida ao nível do mar e umidade específica em 850hPa:

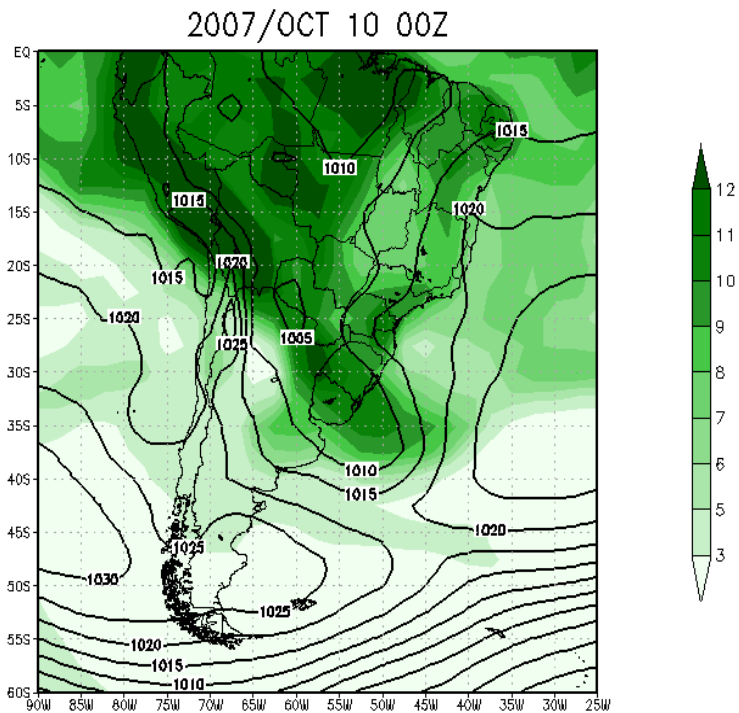


Figura 13 - Pressão (nível do mar) e umidade específica em 850hPa

- Direção e velocidade do vento em 500hPa e 200hPa:

isotachs (m/s) 500 mb 00Z 21mar2003 isotachs (m/s) 200 mb 00Z 21mar2003

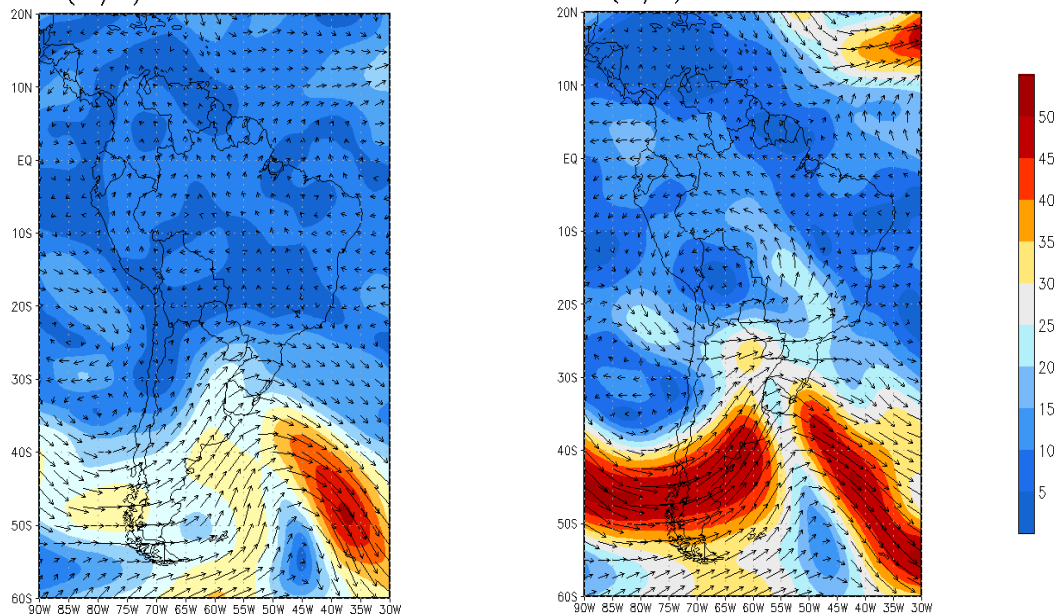


Figura 14 – Direção e velocidade do vento em 500hPa e 200hPa

4.4 Elaboração do trabalho para o SICINPE

Foi desenvolvido um estudo para ser apresentado no Simpósio de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

O trabalho desenvolve um estudo de indicação de tempestades propícias a observações de TLEs por meio da avaliação de sete tempestades que ocorreram na América do Sul nos anos de 2007 e 2008. Os sistemas a serem analisados são: (1) Duas frentes frias sobre o Atlântico Sul nos dias 09-10/10/2007 e 16-17/08/2008, a primeira composta por tempestades ao longo da linha frontal que originaram 25 *sprites* observados entre 23:50 UT e 01:16 UT, e a segunda formada por sistemas de instabilidades pré-frontais sobre o Rio Grande do Sul; (2) Um sistema convectivo sobre o Rio de Janeiro e São Paulo de 10 a 12/02/2007, sob forte influência da ZCAS; (3) Uma tempestade sem influência da ZCAS, ocasionada por convecção local no dia 21/10/2008; (4) Duas tempestades sobre os estados do Pará e Tocantins nos dias 27/03/2007 e 18/10/2008 respectivamente, a primeira sob influência da ZCIT e a segunda ocasionada por convecção local; (5) Um Sistema Convectivo de Mesoescala nos dias 12-13/10/2008 sobre a Argentina, Uruguai e Rio Grande do Sul, que produziu 13 *sprites* observados entre 22:58 UT e 00:10 UT. São feitas análises da taxa de ocorrência de relâmpagos e sua polaridade, bem como da

cobertura de nuvens utilizando imagens de satélites. A probabilidade de produção de *sprites* é avaliada comparando-se as características convectivas e a atividade elétrica das tempestades com os respectivos parâmetros dos dois sistemas geradores dos *sprite*.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

- Com relação a análise sinótica dos eventos meteorológicos onde foram feitas as filmagens durante as campanhas de observação. Observamos que as tempestades estão relacionadas com a passagem de sistemas frontais. Estes sistemas são frentes frias que organizam o escoamento em grande escala e se formam devido ao encontro de massas de ar frio e quente, transportadas respectivamente por áreas de baixa e alta pressão.

Nas noites de 10/10/2007 e 25-26/10/2005 foram feitas as observações na eminência do sistema frontal. Em 10/10/2007 a frente se deslocava para leste sobre o litoral do Uruguai e Rio Grande do Sul. Neste caso o sistema convectivo se formou no cavado (alongamento das isóbaras de baixa pressão) gerado pelo ciclone em deslocamento. As tempestades observadas no Centro-Oeste brasileiro entre a noite de 25-26/10/2005 fazem parte de um sistema convectivo originado através de convecção tropical.

Em alguns casos as tempestades foram observadas após a passagem do sistema frontal, nas noites de 04/03/2006 e 13/10/2008, onde um ponto de colo a leste da frente organizou o escoamento. Este ponto de colo é a área localizada entre duas áreas de circulação ciclônica (baixa pressão) e duas áreas de circulação anticiclônica (alta pressão). Estas circulações favoreceram a advecção de ar frio e ar quente e úmido oriundo da região amazônica.

As tempestades com maior TLEs observados ocorreu na Argentina entre 22-23/02/2006 e se devem a um sistema convectivo de mesoescala. O sistema se formou devido ao encontro de dos jatos de baixos níveis que traziam ar quente e úmido da Amazônia e a massa de ar polar continental (frio e seco).

- No processo de digitalização das fitas, foram assistidas as disponíveis no laboratório referentes as campanhas de 2006 e 2007.

Em 2006 foram observados 94 *sprites* nos dias 03 e 03 de março. A imagem mostrada na Figura 15 mostra um *sprite* observado na campanha.



Figura 15 - Imagem de um sprite - 01:40:13.224 (04/03/2006), observado no OES/CRS/INPE-MCT

Nas fitas referentes as campanhas de 2007, que ocorreram nos dia 09-10/10/2007, foram observados 25 *sprites*. A Tabela 2 mostra os eventos observados (hora, minutos, segundos.milisegundos).

Tabela 2 – Sprites (09-10/10/2007)

Hora	Minutos	Seg.milis
23	0	50.602
23	1	50.838
23	2	27.414
23	3	54.164
23	4	56.787
23	9	32.556
23	39	45.170
23	40	37.287
23	41	23.851
23	42	49.063
23	43	12.410
23	45	45.120
23	46	11.334
23	46	23.965
23	46	58.539
23	47	31.477
23	48	33.632
23	54	57.610
23	57	22.377
0	1	47.635
0	6	4.365
0	7	17.650
0	9	32.673
0	10	40.251
1	16	2.028

- No trabalho desenvolvido para o 11th SBGF: o Sistema Sistema Convectivo de Mesoescala que se formou sobre o Paraguai é resultado do ciclone, gerado devido a uma área de baixa pressão sobre a Argentina. A ciclogênese desencadeou um sistema frontal que se deslocou para leste, e essa frente fria foi a responsável pela formação da tempestade sobre o Paraguai que produziu os TLEs observados durante a campanha. Ao longo da noite de observação de *sprites* foram observados um total de 94 eventos. A maioria dos eventos, 57 *sprites* (~61% dos eventos), ocorreu entre o período das 02:09 UTC e 03:09 UTC. Esse horário que representa o período em que os aglomerados convectivos (tempestades individuais) desenvolvidos se tornarem um único aglomerado de nuvens Cb. Esse período representa o ápice do SCM, onde o sistema tem sua maior extensão. No período entre 03:09 UTC e 04:09 UTC foram registrados apenas 9 eventos, a queda de eventos está relacionada com a significativa diminuição (dissipação) de nuvens do tipo Cb.

CAPÍTULO 6

REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferreira, A. G. Meteorologia Prática, p. 109-115, 2006.

Gan, M. A., Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil, Tese de mestrado, INPE, 1983.

Houze Jr, R. A. 1993. Mesoscale convective systems. In: HOUZE Jr, R. A. (ed.) *Cloud Dynamics*. Academic Press, Inc., v. 53, p. 334-404.

M. J. Taylor, M. A. Bailey, P. D. Pautet, S. A. Cummer, N. Jaugey, J. N. Thomas, N. N. Solorzano, F. Sao Sabbas, R. H. Holzworth, O. Pinto, and N. J. Schuch. Rare measurements of a sprite with halo event driven by a negative lightning discharge over Argentina. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 35, 2008.

Pasko, P. P.; Stanley, M. A. Mathews, J. D.; Inan, U. S.; Wood, T. G. Electrical discharge from a thundertop to the cloud lower ionosphere. *Nature*, v. 416, p. 152, 14 mar. 2002.

Pinto Jr., O.; Pinto, I. R. C. de A. Tempestades e Relâmpagos no Brasil. Belo Horizonte, 2000, 193 p.

São Sabbas, F. T., Estudo da Relação entre Sprites e os Relâmpagos das Tempestades Associadas, Tese de Mestrado, Divisão de Geofísica Espacial, INPE, 1999.

Sentman, D. D.; Wescott, E. M.; Osborne, D. L.; Hampton, D. L.; Heavner M. J. Preliminary results from the Sprites94 aircraft campaign: 1. Red Sprites. *Geophys. Res. Lett.*, v. 22, n. 10, p. 1205-1208, Maio 1995.

Tavares, M.; Santiago, M. A. M. Eletricidade atmosférica e fenômenos correlatos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 24, n. 4, 2002.

Wescott, E. M.; Sentman, D. D.; Heavner, M. J.; Hampton, D. L.; Vaughan, O. H. Jr. Blue Jets: their relationship to lightning and very large hailfall, and their physical mechanisms for their production. *J. Atmos. and Solar-Terr. Physics*, v. 60, p. 713-724, fev. 1998.