



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESTUDO DE ESPRITES E EVENTOS LUMINOSOS
TRANSIENTES (TLES)**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

PROCESSO Nº 138557/2009-8

Erikson Magno Gomes de Oliveira - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica
LMLA/CCR/CRS/INPE – MCT
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CCR/INPE – MCT
E-mail: eriksonmagno6@hotmail.com

Dra. 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, Julho de 2010



RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PROGRAMA: PIBIC/INPE - CNPq/MCT

PROJETO

ESTUDO DOS SPRITES E EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES (TLES)

Relatório elaborado por **ERIKSON MAGNO GOMES DE OLIVEIRA**
relatando as atividades desenvolvidas.

PROCESSO Nº 138557/2009-8

Erikson Magno Gomes de Oliveira - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
E-mail: eriksonmagno6@hotmail.com

Dra. 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/CCR/INPE – MCT
E-mail: njschuch@lacsme.ufsm.br



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título do Projeto:

ESTUDO DOS SPRITES E EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES (TLES)

Processo CNPq/MCT: 138557/2009-8

Bolsista:

Erikson Magno Gomes de Oliveira

Acadêmico do Curso de Meteorologia Bacharelado

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dra. Fernanda de São Sabbas Tavares.

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE - MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

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

Colaboradores:

- Rodrigo da Rosa Azambuja – Mestrando do Curso de Geofísica Espacial – DAE/CEA/INPE – MCT;
- Caitano Luiz da Silva – Mestrando do Curso de Geofísica Espacial – DAE/CEA/INPE – MCT;



Local de execução do projeto:

- **Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica** – LMLA/CRS/INPE – MCT, em Santa Maria, RS;
- **Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica** do Observatório espacial do Sul – LOLA/OES/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

Trabalho desenvolvido no âmbito da parceria: INPE/MCT – UFSM através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM, em Santa Maria, RS.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



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.brDamaris 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.brHome 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	Total: 21
André Passaglia Schuch	Fernando Ramos Martins
Augusta Maria Passaglia Schuch	Lucymara Fassarella Agnez Lima
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Caitano Luiz da Silva	Marcelo Pizzuti Pes
Carlos Frederico Martins Menck	Nelson Jesus Ferreira
Damaris Kirsch Pinheiro	Nelson Jorge Schuch
Daniel Vinicius Fiorin	Neusa Maria Paes Leme
Enio Bueno Pereira	Nivaor Rodolfo Rigozo
Ezequiel Echer	Plínio Carlos Alvalá
Fernanda de São Sabbas Tavares	Ricardo André Guarnieri
Fernando Luís Guarnieri	
Estudantes	Total: 11
Ana Marcelli 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	
<hr/>	
Linhas de pesquisa	Total: 2
<ul style="list-style-type: none">• Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação• Energias Renováveis	
<hr/>	
Relações com o setor produtivo	Total: 0
<hr/>	
Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)	21
Estudante(s)	11
écnico(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 Marcelli 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



<u>Identificação</u>	<u>Recursos Humanos</u>	<u>Linhas de Pesquisa</u>	<u>Indicadores do Grupo</u>
----------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------

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@lasesm.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@lasesm.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**

[Ademar Michels](#)

[Jean Pierre Raulin](#)

Total: 42



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 Lorensen](#)
[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

À Dra. Fernanda de São Sabbas Tavares, Pesquisadora Titular - DAE/CEA/INPE-MCT, em São José dos Campos, SP, pela atenção e orientação prestadas durante a realização do trabalho.

Ao Dr. Nelson Jorge Schuch, pela oportunidade concedida e pela atenção e orientação: acadêmicas, profissionais, e também pessoais.

Aos colaboradores Caitano Luiz da Silva e Rodrigo da Rosa Azambuja que sempre estiveram à disposição para me auxiliar.

Aos colegas de Laboratório, Carlos Pinto da Silva Neto e Thalís José Girardi, pela amizade, companheirismo e ajuda durante o desenvolvimento do projeto.

Meus sinceros agradecimentos: (i) aos funcionários, servidores e Chefia do CRS/CCR/INPE – MCT pelo apoio e pela infra-estrutura disponibilizada; (ii) 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; (iii) 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/CCR/INPE - MCT.



SUMÁRIO

RESUMO	3
INTRODUÇÃO	4
1. A ATMOSFERA TERRESTRE.....	5
1.1. Divisão da Atmosfera segundo o perfil de temperatura.....	5
1.2. Divisão da Atmosfera segundo a composição química.....	7
1.3. Divisão da Atmosfera segundo o perfil de densidade eletrônica.....	7
2. O CIRCUITO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO GLOBAL	10
2.1. Hipótese da Precipitação.....	11
2.2. Hipótese da Convecção.....	12
2.3. Descargas elétricas	13
3. EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES.....	16
3.1. Sprites	17
3.2. Blue Jets.....	18
3.3. Elves.....	19
3.4. Campanhas de observação de TLEs no Brasil.....	20
4. Metodologia	23
5. resultados	24
6. BIBLIOGRAFIA.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - CLASSIFICAÇÃO DA ATMOSFERA SEGUNDO O PERFIL DE TEMPERATURA.	6
FIGURA 1.2 – DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA DA IONOSFERA E SUA DIVISÃO DE CAMADAS.	8
FIGURA 1.3 – ESQUEMA DA MAGNETOSFERA TERRESTRE.	9
FIGURA 2.1 – ESQUEMA DO CIRCUITO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO GLOBAL	11
FIGURA 2.2 – ESQUEMA DO PROCESSO DE ELETRIFICAÇÃO DAS NUVENS DE TEMPESTADE SEGUNDO O MODELO DA HIPÓTESE DA PRECIPITAÇÃO	12
FIGURA 2.3 – ESQUEMA DO PROCESSO DE ELETRIFICAÇÃO DAS NUVENS DE TEMPESTADE SEGUNDO O MODELO DA HIPÓTESE DA CONVECÇÃO.....	13
FIGURA 2.4 – ILUSTRAÇÃO DO LÍDER ESCALONADO E DA DESCARGA CONECTANTE.	14
FIGURA 3.1 – ILUSTRAÇÃO DOS PRINCIPAIS EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES.	16
FIGURA 3.2 – IMAGEM DE UM GRUPO DE SPRITES OBTIDA DURANTE OBSERVAÇÕES NO MONTE AIGOUAL, FRANÇA, EM 19/09/2006	18
FIGURA 3.3 – IMAGEM DE UM BLUE JET ACIMA DE UMA TEMPESTADE.....	19
FIGURA 3.4 – FOTOGRAFIA DE UM ELVE OBTIDA DURANTE OBSERVAÇÕES EM MITZPE RAMON, ISRAEL, EM 13/01/2006 ..	20
FIGURA 3.5 – IMAGEM DO PRIMEIRO SPRITE REGISTRADO NO BRASIL	21
FIGURA 3.6 – A) LOCALIZAÇÃO DO OBSERVATÓRIO EM CACHOEIRA PAULISTA, SÃO PAULO, ONDE FORAM REALIZADAS AS PRIMEIRAS CAMPANHAS DE OBSERVAÇÃO DE TLEs NO BRASIL; B) LOCALIZAÇÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RIO GRANDE DO SUL	21
FIGURA 3.7 – IMAGEM REALÇADA NO INFRAVERMELHO DO SATÉLITE GOES 10 DA TEMPESTADE OBSERVADA NA CAMPANHA REALIZADA EM 2008	22
FIGURA 5.1 – HORÁRIOS NOS QUAIS FORAM OBSERVADOS TLEs DURANTE AS CAMPANHAS DE OBSERVAÇÃO.	25
FIGURA 5.2 – DURAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES DE TLEs NAS TEMPESTADES OBSERVADAS NAS CAMPANHAS.....	25
FIGURA 5.3 – NÚMERO DE TLEs OBSERVADOS POR TEMPESTADE ATIVA DURANTE AS CAMPANHAS DE OBSERVAÇÃO.....	26
FIGURA 5.4 – IMAGEM DO SATÉLITE GOES 10 REALÇADA DA TEMPESTADE DO DIA 10/10/2007	26



RESUMO

O Relatório tem como objetivo relatar as atividades desenvolvidas pelo bolsista durante o período de novembro de 2009 a julho de 2010.

As tempestades com atividade elétrica, que são fenômenos troposféricos (< 15km), têm também efeitos nas camadas mais altas da atmosfera, fato este comprovado pela existência dos TLEs (Transient Luminous Events ou Eventos Luminosos Transientes) que são eventos luminosos que ocorrem na região da estratosfera, mesosfera e região D ionosférica e estão diretamente associados a estes fenômenos troposféricos. Os TLEs são evidências do acoplamento elétrico entre a troposfera (camada inferior até 15 km) com as camadas médias e altas da atmosfera (<100km). Os principais tipos de TLEs observados são os *sprites*, os Halos, os *blue jets* e os Elves. O processo de geração destes TLEs, bem como seu tamanho e duração são diretamente ligados à ocorrência de tempestades e à atividade elétrica na troposfera, e sua coloração depende da constituição da camada atmosférica onde estes ocorrem. Os TLEs são gerados por campos elétricos quasi-eletrostático de curta duração e estão associados a relâmpagos nuvem-solo predominantemente positivos. Os sprites são a classe mais observada de TLEs. São fenômenos que ocorrem na região da mesosfera e região D ionosférica, sendo o seu brilho observado em altitudes que vão de 50 a 88 km em média. Geralmente os sprites não ocorrem sozinhos, normalmente ocorrem em aglomerados (ou feixes) de dois, três ou mais. Sua duração é da ordem de milissegundos a centenas de milissegundos. Foram realizadas cinco campanhas de observação de TLEs em território brasileiro no período de 2002 a 2008. As tempestades ocorreram nas regiões Sudeste (2002-2003), Centro-Oeste (2005), Argentina e Paraguai (2006), e na região Sul do Brasil (2007 e 2008). Devido à altura destes eventos e sua curta duração, os TLEs são observados a partir de câmeras CCD de alta sensibilidade e com alta resolução temporal e espacial, que são utilizadas durante estas campanhas de observação.



INTRODUÇÃO

O Relatório tem como objetivo relatar as atividades realizadas pelo aluno de iniciação científica **Erikson Magno Gomes de Oliveira**, estudante do curso de Meteorologia da UFSM, durante o período relativo a **01/11/2009 a 31/07/2010**, substituindo e dando continuidade as atividades do Projeto anteriormente realizado pelo aluno Rodrigo da Rosa Azambuja, que tem como objetivo o estudo dos Eventos Luminosos Transientes. Inicialmente foi feita uma revisão teórica dos TLEs, que são efeitos ópticos na média e alta atmosfera de campos eletromagnéticos locais de relâmpagos ocorridos nas tempestades na troposfera, bem como dos seus mecanismos de produção, e a características dos relâmpagos geradores e dos sistemas convectivos sobre os quais estes eventos foram observados, o que proporcionou a base teórica para o posterior desenvolvimento prático do trabalho.

Durante o período foram analisadas tempestades que geraram TLEs na América do Sul observadas durante as campanhas de observação realizadas desde 2002. Foram analisados os aspectos das tempestades que favorecem a geração de TLEs, como as características da tempestade, atividade elétrica, horário de ocorrência e duração.

1. A ATMOSFERA TERRESTRE

A Atmosfera é o conjunto de gases que envolvem a Terra e está presa a esta devido à ação da gravidade do planeta. A Atmosfera terrestre é basicamente composta por N₂ (78%), O₂(21%) e Ar(~0,9%). O vapor d'água tem uma concentração muito variável, podendo chegar a 3% e os outros gases representam menos de 1% da composição da Atmosfera e são chamados gases traço.

1.1. Divisão da Atmosfera segundo o perfil de temperatura

A Atmosfera é caracterizada pela variação da temperatura e da pressão com a altura. A partir do perfil dessa variação de temperatura e pressão a Atmosfera é dividida em 4 camadas, que são: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Termosfera.

A Troposfera é a camada mais baixa, ou seja, a que está diretamente em contato com a superfície e sofre influência desta. Se estende até aproximadamente 15 a 18 km no equador e 6 a 8 Km nos pólos, onde se encontra a Tropopausa, onde a temperatura atinge um valor mínimo. Na Troposfera a temperatura decresce com a altura a uma taxa de aproximadamente 6,5 °C por Km. É nesta camada onde ocorrem os fenômenos meteorológicos, como as tempestades e boa parte dos relâmpagos. Esta camada também apresenta intensos movimentos verticais e horizontais e contém cerca de 80% da massa da atmosfera.

Acima da Tropopausa está a Estratosfera que se estende até aproximadamente 50 km, onde encontra-se a Estratopausa. Na Estratosfera a temperatura cresce com a altura devido à absorção de radiação UVB pelo ozônio (O₃) e conseqüente liberação de calor. Esta camada apresenta a maior concentração de ozônio na atmosfera na chamada Camada de Ozônio. Estão presentes na Estratosfera também gases como SO₂, NO₂ e aerossóis.

A partir de 50 km de altitude encontra-se a Mesosfera, onde a temperatura volta a decrescer com a altura até a Mesopausa, que é o ponto mais frio da atmosfera. Nesta camada ocorrem os *sprites*.

Acima da Mesopausa, a partir de 90 km de altitude está a Termosfera. Nessa camada a alta taxa de absorção de radiação solar de onda curta pelas moléculas N_2 e O_2 , faz com que haja altas temperaturas, da ordem de 730 a 1230 $^{\circ}C$. Acima de 400 km de altitude encontra-se a Exosfera, onde a densidade de moléculas é muito baixa e medidas de temperatura são extremamente difíceis de serem obtidas. Nessa camada há constante escape de moléculas menores que sofrem pouco a ação da força gravitacional. A figura 1.1 mostra as divisões da Atmosfera segundo o perfil de temperatura.

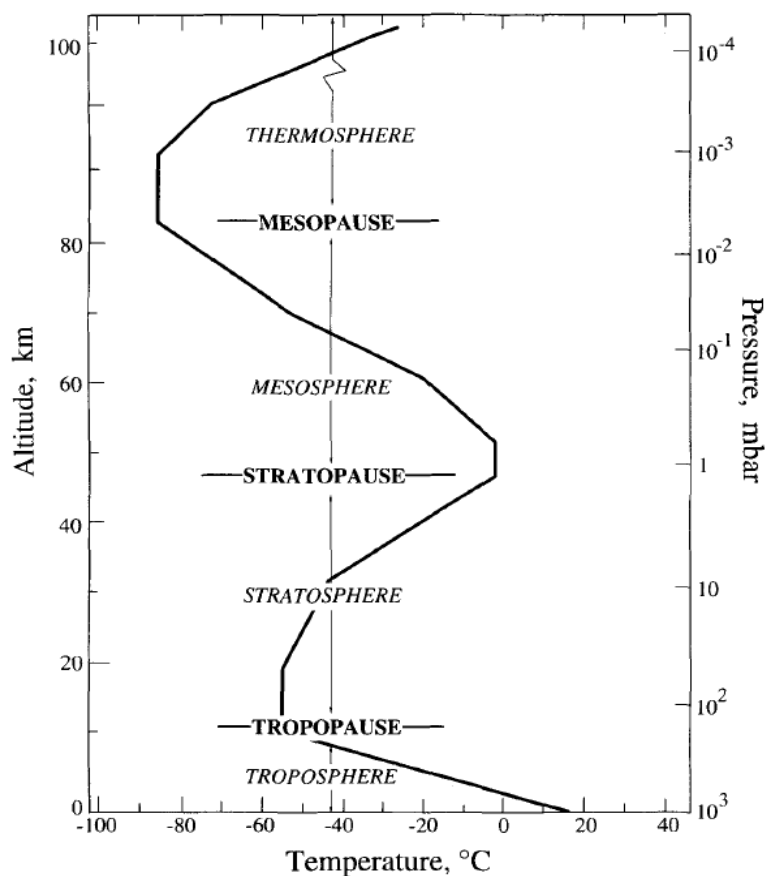


Figura 1.1 - Classificação da Atmosfera segundo o perfil de temperatura.
Fonte: Seinfeld (2006, p.7)

1.2. Divisão da Atmosfera segundo a composição química

Quanto à composição química a Atmosfera pode ser classificada como: Homosfera e Heterosfera. A Homosfera é a região na qual a Atmosfera pode ser considerada homogênea, ou seja, em uma determinada altitude dois pontos próximos têm a mesma composição do ar; compreende troposfera, estratosfera e mesosfera. Na Heterosfera a atmosfera não pode ser considerada homogênea, ou seja, dois pontos próximos na mesma altitude têm composições diferentes; compreende a termosfera.

1.3. Divisão da Atmosfera segundo o perfil de densidade eletrônica

Quanto à densidade eletrônica a Atmosfera é dividida em: Atmosfera Neutra, Ionosfera, e Magnetosfera (*São Sabbas*, 1999, p. 28). A Atmosfera Neutra vai até 60 km de altitude e nela predominam partículas neutras, pois não há radiação suficiente a nesta altura para ionizar os átomos e moléculas nessa camada.

A Ionosfera está situada entre 60 e 1000 km e é a camada da Atmosfera com alta taxa de ionização das moléculas, onde os íons são formados por fotoionização, devido à radiação solar, principalmente na faixa do Ultravioleta e raios X, incidente nas camadas mais altas da Atmosfera. Devido a esta alta densidade de moléculas ionizadas e elétrons, a Ionosfera exerce grande influência sobre a propagação de ondas eletromagnéticas. A Ionosfera é dividida em três regiões (D, E e F) de acordo com os constituintes, taxas de absorção e densidades eletrônicas. A região D situa-se na região entre aproximadamente 60 a 90 km de altitude e é chamada baixa Ionosfera. A ionização desta região é totalmente dependente da radiação solar, devido a isto esta camada praticamente desaparece à noite. A região E vai de, aproximadamente, 90 a 150 km. A ionização desta camada é provocada pela radiação na faixa dos raios X, radiação Lyman- β e a radiação no extremo ultravioleta. A região F situa-se logo acima da região E, em torno de 150 km e vai até, aproximadamente, 1000 km de altitude e divide-se em F1 e F2.

A figura 1.2 apresenta o perfil de distribuição eletrônica da ionosfera, bem como sua subdivisão de camadas.

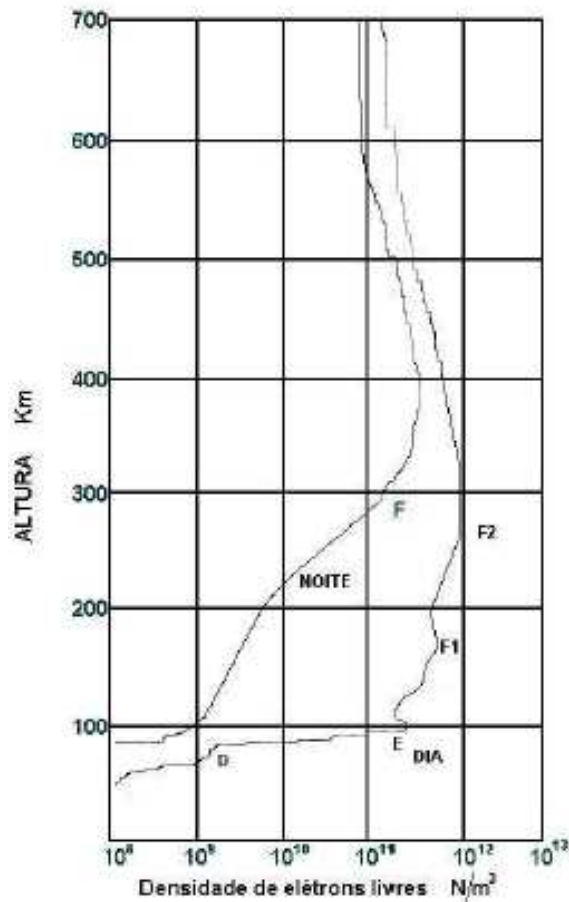


Figura 1.2 – Distribuição eletrônica da ionosfera e sua divisão de camadas.

Fonte: Adaptado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:IonosphereElectronicDistribution.JPG>

A Magnetosfera é a região mais externa da Atmosfera. A radiação eletromagnética do Sol tanto aquece quanto ioniza a atmosfera terrestre. Como a Terra possui um campo magnético, o vento solar incidente interage com essa atmosfera ionizada e magnetizada, estabelecendo uma região espacial dinâmica que envolve a Terra, que é a Magnetosfera (Mendes Júnior e Domingues, 2002). Esta região é subdividida em: Magnetosfera externa, onde as linhas de campo magnético são abertas e Magnetosfera interna, onde as linhas de campo são fechadas (São Sabbas, 1999). Devido à ação do vento solar, no lado diurno da Terra a Magnetosfera é achatada e no lado noturno a magnetosfera é prolongada formando uma ‘cauda’ que pode se prolongar a até 200 vezes raios da Terra. A figura 1.3 ilustra a magnetosfera terrestre e a ação do vento solar sobre esta.

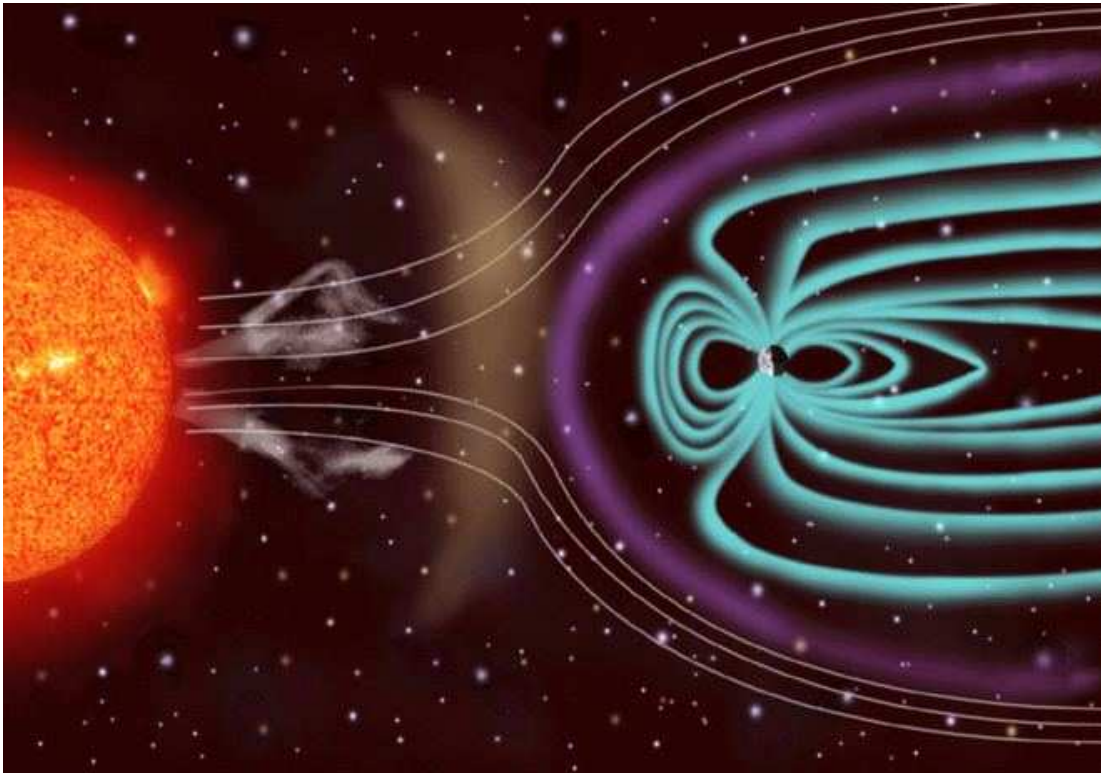


Figura 1.3 – Esquema da Magnetosfera terrestre.
Fonte: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/bestofsoho.html>

2. O CIRCUITO ELÉTRICO ATMOSFÉRICO GLOBAL

A Atmosfera Terrestre próxima à superfície (abaixo de 150 km de altitude) pode ser considerada como um capacitor esférico no qual a ionosfera é a placa positiva e a superfície da Terra a placa negativa. A ionosfera é ionizada pela radiação eletromagnética incidente e compreende a região que vai de 60 a 1000 km. O valor do campo elétrico entre a ionosfera e a superfície da Terra, chamado de campo elétrico de tempo bom, é, na superfície, de aproximadamente 120 V/m e este é dirigido para baixo devido à carga positiva da ionosfera.

A Atmosfera não é um meio completamente isolante, por isso há uma corrente elétrica constante para baixo denominada corrente elétrica de tempo bom, que em escala global resulta em uma corrente de intensidade de 1kA. Devido a essa corrente constante a atmosfera seria completamente descarregada, mas observamos que não é isso que ocorre, devido a processos que mantêm a diferença de potencial entre as “placas” do capacitor. O principal dos processos que mantêm essa diferença de potencial são as tempestades elétricas na baixa atmosfera (*Tavares et al.* 2002). A figura 2.1 ilustra o Circuito Elétrico Atmosférico Global, CEAG.

As nuvens cumulonimbus são nuvens de grande desenvolvimento vertical com topos que podem chegar a -80 °C. Frequentemente essas nuvens se agrupam formando os sistemas convectivos de mesoescala, que apresentam forte movimento convectivo, grande extensão horizontal e duração de mais de 6 horas. Estes sistemas, que são as maiores tempestades convectivas, respondem por grande parte da precipitação nos trópicos e em médias latitudes (*Houze*, 1993). É sobre esses sistemas que são mais frequentemente observados os TLEs.

Nessas nuvens cumulonimbus ocorrem processos de separação de cargas (processo de eletrificação) ficando a parte de baixo da nuvem carregada negativamente e o topo carregado positivamente. O processo de eletrificação das nuvens ainda não é totalmente conhecido. Existem duas principais hipóteses para explicar o processo de eletrificação

das nuvens: Precipitação e Convecção. Ambas as hipóteses baseiam-se em um modelo simples de dipolo, onde existem regiões distintas de carga positiva e negativa na nuvem.

2.1. Hipótese da Precipitação

A hipótese da precipitação diz que, durante movimento de queda das partículas mais pesadas (chuva, granizo) devido à gravidade, estas partículas colidem com partículas menores que estão em movimento ascendente devido a correntes de ar dentro da nuvem, adquirindo assim carga negativa. Devido a esta carga negativa das partículas maiores a base da nuvem acumula cargas negativas enquanto que o topo da nuvem acumula cargas positivas. Esta hipótese foi primeiramente proposta pelos físicos alemães Julius Elster e Hans F. Geitel em 1885. A figura 2.2 ilustra este modelo de eletrificação das nuvens cumulonimbus pela precipitação.

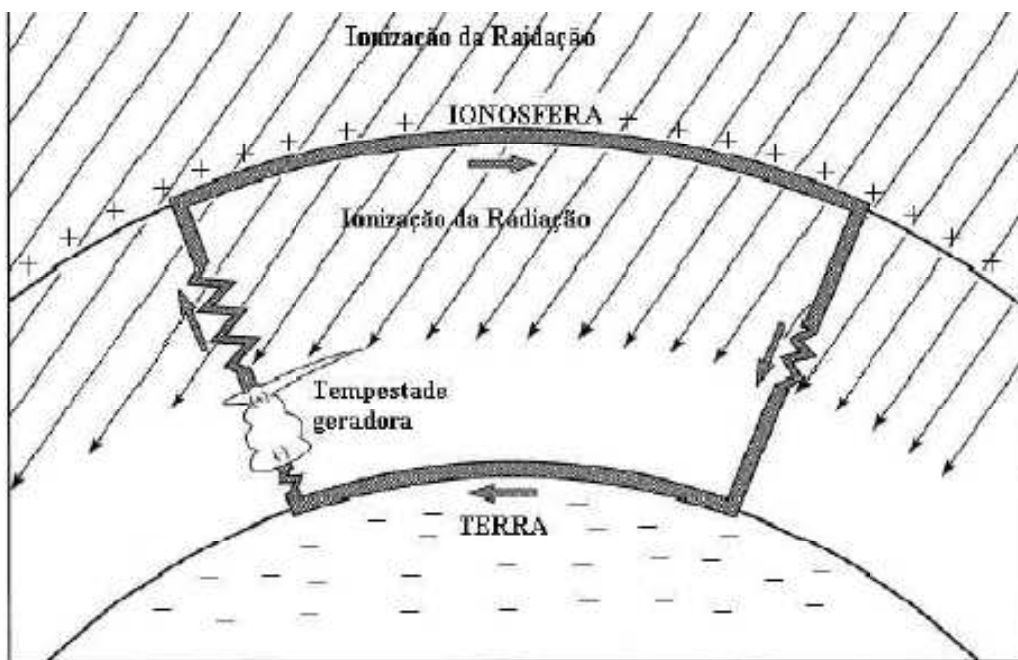


Figura 2.1 – Esquema do Circuito Elétrico Atmosférico Global
Fonte: adaptado de Rycroft *et al.*, 2000.

2.2. Hipótese da Convecção

A hipótese da convecção propõe que cargas positivas presentes no ar quente que sobe devido ao movimento convectivo alcançam as partes mais altas da nuvem. Íons são produzidos por raios cósmicos na atmosfera acima da nuvem e se agregam às partículas de chuva e cristais de gelo. As cargas positivas na região superior das nuvens atraem as partículas carregadas negativamente formando uma camada negativa nessa região mais alta, chamada de camada de blindagem. As correntes descendentes na periferia da nuvem transportam essas cargas negativas para a base da nuvem, formando assim o dipolo. A figura 2.3 ilustra essa hipótese da eletrificação por convecção.

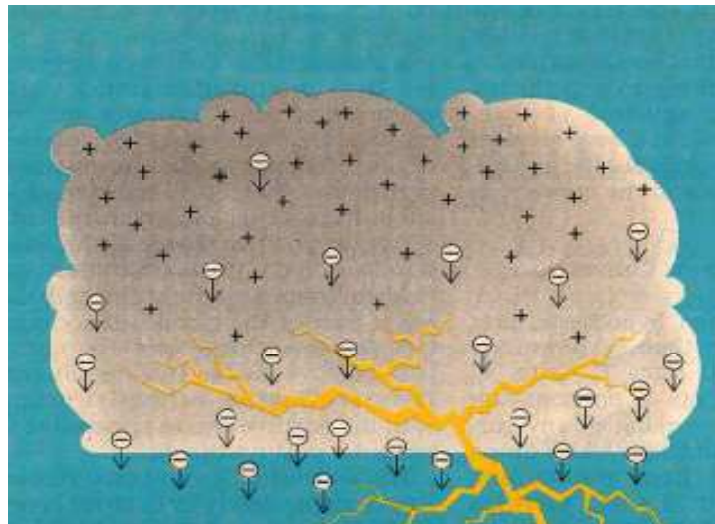


Figura 2.2 – Esquema do processo de eletrificação das nuvens de tempestade segundo o modelo da hipótese da precipitação

Fonte: adaptado de http://www.dca.iag.usp.br/www/material/morales/aca330/aula_carregamento-0.pdf



Figura 2.3 – Esquema do processo de eletrificação das nuvens de tempestade segundo o modelo da hipótese da convecção

Fonte: adaptado de http://www.dca.iag.usp.br/www/material/morales/aca330/aula_carregamento-0.pdf

2.3. Descargas elétricas

A separação de cargas apresentada nas cumulonimbus produz o campo elétrico nessas nuvens que possibilita a ocorrência de fortes descargas elétricas observadas durante as tempestades, os relâmpagos. Estas descargas elétricas ocorrem quando o campo elétrico excede a rigidez dielétrica da atmosfera, por exemplo, para a ocorrência de um relâmpago entre a nuvem e o solo esse campo da ordem de ~ 320 kV/m, quase trezentas vezes o valor do campo elétrico de tempo bom. O processo inicial de um relâmpago nuvem-solo, ou seja que se inicia na nuvem e se propaga em direção ao solo, consiste de uma descarga elétrica que desce e após um curto período, pára, e é sucedido por outro raio que segue o mesmo caminho feito pelo anterior, mas se estendendo um pouco mais. Este processo continua até que a descarga chegue próxima ao chão. Esta etapa é conhecida como líder escalonado. Quando o líder escalonado está próximo ao chão uma descarga conectante sai de encontro a este, quando as duas se encontram acontece a descarga de retorno ou “return stroke”. Sua luminosidade é maior do que a do líder escalonado. A figura 2.4 ilustra o líder escalonado próximo ao solo e a descarga

conectante. Após a primeira descarga de retorno podem ocorrer outras descargas de retorno no mesmo canal, que tornam o relâmpago múltiplo. Da segunda descarga em diante, o líder passa a ser contínuo, pois o canal ionizado já está formado.

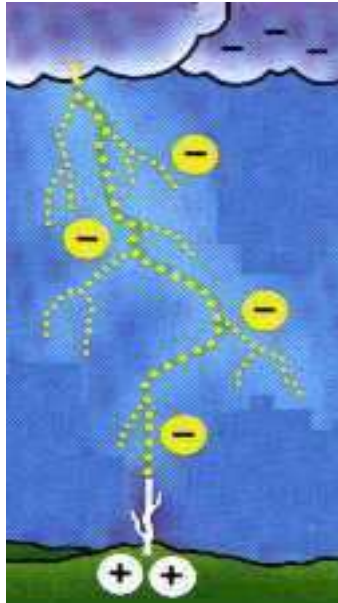


Figura 2.4 – Ilustração do líder escalonado e da descarga conectante.

Fonte: adaptado de

http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/21_tempestades/Raios/paginas/formacao.html

Os relâmpagos são classificados de acordo com a sua origem e configuração, e quanto à sua polaridade, podendo ser nuvem-solo, quando se iniciam na nuvem e se desenvolvem em direção ao solo, solo-nuvem, quando se iniciam no solo e se desenvolvem em direção à nuvem, entre-nuvens, de uma nuvem para outra, intra-nuvem, se ocorrem no interior da nuvem e nuvem-atmosfera, quando se iniciam na nuvem e se desenvolvem para a Atmosfera. Quanto à polaridade podem ser negativos ou positivos.

As descargas elétricas das quais se tem mais conhecimento são as nuvem-solo. Apesar de não serem os mais abundantes os relâmpagos nuvem-solo são os que mais causam danos aos seres humanos e por isso foram melhor estudados. Os relâmpagos nuvem-solo são classificados em positivos e negativos.

Os negativos representam cerca de 90% do total e transferem cargas negativas (elétrons) do interior da nuvem para o solo. Seu processo de iniciação e propagação segue a



descrita anteriormente. Os positivos representam 10% do total e suas etapas são similares às das nuvem-solo negativos, com a diferença de que não ocorre o líder escalonado, apenas o contínuo. Eles tendem a ter multiplicidade baixa e pico de corrente mais alto que os negativos.

3. EVENTOS LUMINOSOS TRANSIENTES

As tempestades com atividade elétrica, que são fenômenos troposféricos (< 15km), têm também efeitos nas camadas mais altas da atmosfera, fato este comprovado pela existência dos Eventos Luminosos Transientes, TLEs (Transient Luminous Events) que são eventos luminosos que ocorrem na região da estratosfera, mesosfera e região D ionosférica e estão diretamente associados às tempestades.

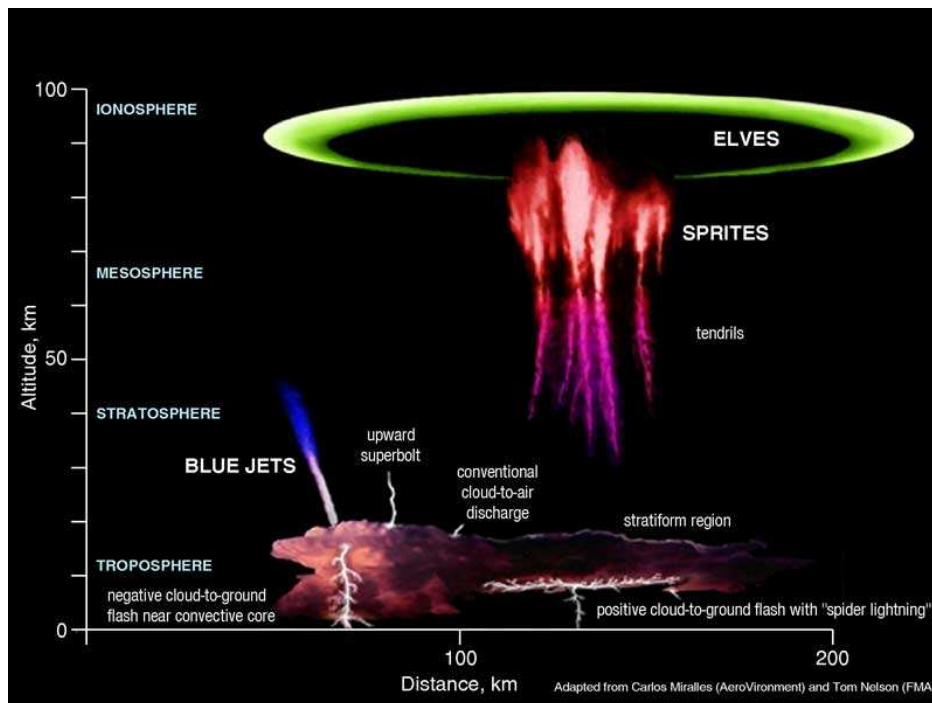


Figura 3.1 – Ilustração dos principais Eventos Luminosos Transientes.
Fonte: adaptado de http://www.nssl.noaa.gov/primer/lightning/ltg_tle.html

Os TLEs são evidências do acoplamento elétrico entre a troposfera (camada inferior a 15 km) com as camadas médias e altas da atmosfera (de 15 a 100 km aproximadamente). O processo de geração destes TLEs, bem como seu tamanho e duração são diretamente ligados à ocorrência de tempestades. Os Principais TLEs observados são: sprites, blue jets (jatos azuis), halos, e os elves. A figura 3.1 mostra

uma ilustração dos principais TLEs dando uma noção da escala de comprimento vertical e horizontal destes eventos luminosos.

Os TLEs foram observados pela primeira vez por pesquisadores norte-americanos em 1989 usando câmeras de vídeo de alta sensibilidade luminosa pois são fenômenos de baixa luminosidade.

3.1. Sprites

Os sprites são a classe mais observada de TLEs. São fenômenos que ocorrem na região da mesosfera e região D ionosférica, sendo observados em altitudes que vão de 50 a 88 km em média (*Sentman et al.*, 1995). Os eventos mais intensos podem alcançar alturas até 95 km chegando às regiões mais baixas da região E ionosférica. Geralmente os sprites não ocorrem sozinhos, normalmente ocorrem em aglomerados de dois, três, ou mais, como se pode ver na figura 3.2. Estudos mais recentes mostram que o alcance horizontal dos sprites pode chegar a 40 km ou mais e centenas de quilômetros para grupos de sprites. Sua duração é da ordem de milissegundos a centenas de milissegundos.

A região mais brilhante dos sprites é chamada ‘cabeça’ (head) e geralmente ocorre a uma altura de 66 a 74 km. Acima há uma região de brilho menos intenso chamada ‘cabeleira’ (hair) que está separado da região mais brilhante por uma região escura chamada ‘linha calva’ (hairline) e é observada geralmente a alturas de até 88 km. Nos sprites mais brilhantes é observada uma banda menos brilhante chamada ‘colar’ (collar) abaixo da ‘cabeça’ e abaixo são observados estruturas parecidas com tentáculos (tendrils) que se desenvolvem para baixo até alturas de 40 km.

Atualmente o modelo mais aceito para a geração dos sprites foi desenvolvido por *Pasko et al.* (1997). O modelo diz que um campo elétrico transiente gerado por um nuvem-solo positivo é o mecanismo dominante para a geração dos sprites. Este modelo diz que quando ocorre um nuvem-solo positivo, é gerado um campo elétrico quasi-eletrostático de curta duração entre o topo da tempestade e a ionosfera que acelera os elétrons livres que se chocam com as moléculas de N_2 excitando-as. Como o tempo de emissão do N_2 é menor que o tempo que ele leva para colidir com outras moléculas a energia adicional

que este adquiriu é emitida na forma de radiação eletromagnética visível na banda do vermelho, característica dos sprites.

São Sabbas et al. [2003] analisaram um grupo de 40 sprites quanto à defasagem temporal e espacial em relação ao nuvem-solo gerador, e obtiveram que o intervalo de tempo $\Delta t = t_{\text{sprite}} - t_{\text{relâmpago}}$ foi em média de 20 ms. A defasagem espacial encontrada foi de, em média, 40 km, e o pico de corrente médio encontrado para o relâmpago nuvem-solo gerador foi de 60 kA. Foram observados também sprites associados com relâmpagos nuvem-solo negativo mostrando que os sprites não são unicamente gerados por relâmpagos positivos como se acreditava anteriormente.



Figura 3.2 – imagem de um grupo de sprites obtida durante observações no Monte Aigoual, França, em 19/09/2006

Fonte: adaptado de http://www.tau.ac.il/~royyaniv/ILAN_website/france18.html

3.2. Blue Jets

Os blue jets são jatos azuis que se desenvolvem para cima a partir do topo das tempestades como pode ser visto na figura 3.3. Têm forma de cone e apresentam uma inclinação de $\sim 15^\circ$ e se estendem para cima com velocidades de aproximadamente 100 km/s. Estes jatos azuis são mais raros e ocorrem em altitudes mais baixas que os sprites, eles atingem altitudes de até 40 km e geralmente estão relacionados com a ocorrência de

relâmpagos nuvem-solo negativo e granizo. A partir das imagens registradas percebe-se que o brilho do jato decai em toda sua extensão simultaneamente em aproximadamente 200 ms..



Figura 3.3 – Imagem de um Blue Jet acima de uma tempestade
Fonte: adaptado de <http://www.spritesandjets.com/how-to-look-for-TLE.htm>

3.3. Elves

Os Elves (Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations from Eletromagnetic Pulse Sources ou Emissões de Luz e Perturbações VLF Causadas Por Fontes de Pulsos Eletromagnéticos) possuem coloração semelhante à dos sprites mas diferente destes se desenvolvem principalmente na horizontal, sendo estruturas parecidas com discos de luminosidade, chegando a extensões horizontais de 600 km. São observados em altitudes em torno de 90 km, na região E ionosférica, logo acima dos sprites. Inan (2002) sugeriu que o mecanismo gerador desses fenômenos é o aquecimento em altitudes em torno de 80-90 km devido aos intensos pulsos eletromagnéticos (EMP) gerados pelas descargas elétricas dos relâmpagos.



Figura 3.4 – Fotografia de um Elve obtida durante observações em Mitzpe Ramon, Israel, em 13/01/2006

Fonte: adaptado de http://www.tau.ac.il/~royyaniv/ILAN_website/elf1.html

3.4. Campanhas de observação de TLEs no Brasil

Foram realizadas cinco campanhas de observação de TLEs em território brasileiro entre 2002 e 2008. Durante a realização dessas campanhas foram registrados mais de 600 TLEs. As duas primeiras campanhas (2002 e 2005) foram realizadas no INPE em Cachoeira Paulista, São Paulo, e nelas foram obtidas as primeiras imagens de sprites no Brasil. As duas campanhas seguintes (2006 e 2007) foram realizadas em no Observatório Espacial Sul em São Martinho da Serra, Rio Grande do Sul. Na campanha realizada em 2006 foi observada uma tempestade sobre a Argentina na qual foram registrados mais de 400 eventos, sendo a tempestade mais ativa observada nas campanhas realizadas no Brasil. A quinta campanha (2008) foi realizada em Fraiburgo, Santa Catarina. Durante essa campanha foram observados 13 TLEs acima de um sistema convectivo de mesoescala na madrugada entre os dias 12 e 13 de outubro de 2008.

A figura 3.5 mostra a primeira imagem de um TLE registrada no Brasil durante a primeira campanha em solo brasileiro em 2002. As figuras 3.6a e 3.6b mostram a localização dos observatórios onde foram realizadas as campanhas de observação entre 2002 e 2007. A figura 3.7 mostra a imagem do GOES 10 realçada da tempestade observada entre os dias 12 e 13 de 2008.



Figura 3.5 – Imagem do primeiro sprite registrado no Brasil

Fonte: adaptado de <http://www.ess.washington.edu/Space/AtmosElec/Brazil.html>

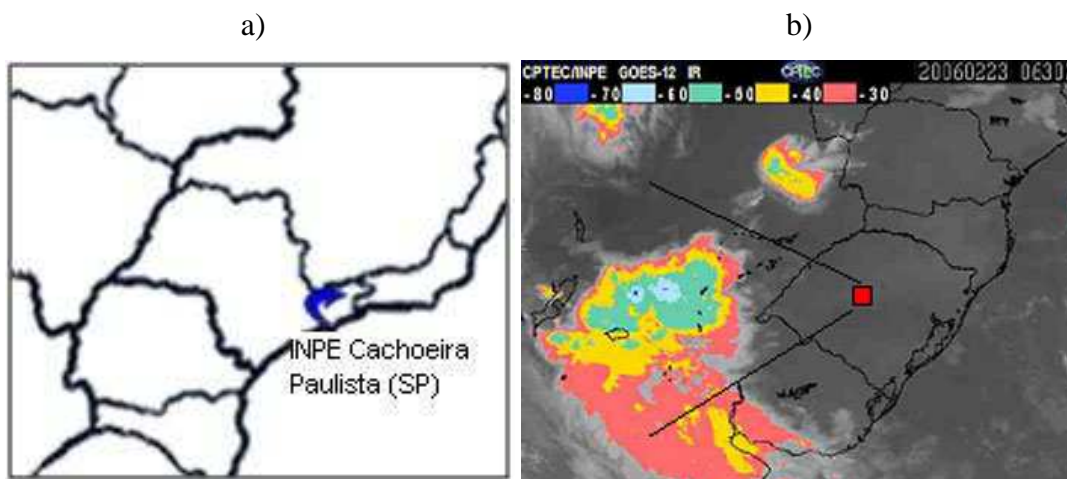


Figura 3.6 – a) Localização do observatório em Cachoeira Paulista, São Paulo, onde foram realizadas as primeiras campanhas de observação de TLEs no Brasil; b) Localização do Observatório Espacial Sul em São Martinho da Serra, Rio Grande do Sul
Fonte: a) sobreposição de imagem do Google Earth; b) <http://www.inpe.br/noticias/index.php>

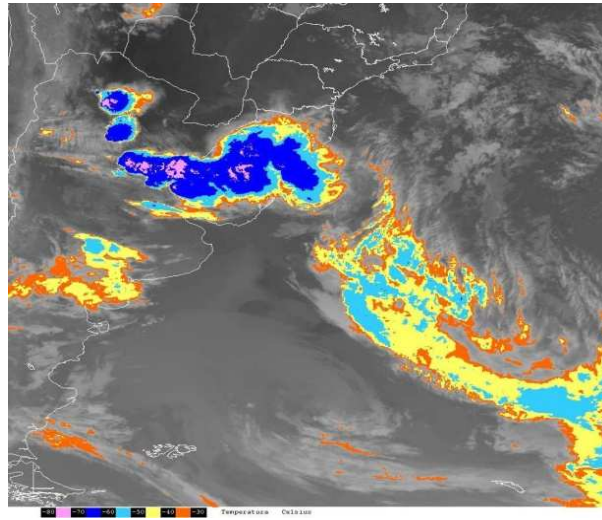


Figura 3.7 – Imagem realçada no infravermelho do satélite GOES 10 da tempestade observada na campanha realizada em 2008
Fonte: banco de imagens DSA-CPTEC/INPE-MCT



4. METODOLOGIA

Foi realizada uma análise estatística dos dados de TLEs coletados nas campanhas de observação realizadas no Brasil. A análise mostra como foi o comportamento das tempestades quanto à produção de TLEs e segue o caminho utilizado em um estudo estatístico de 46 tempestades nos Estados Unidos que produziram mais de 2000 TLEs (Lyons, 2006).

As imagens de TLEs foram obtidas nas campanhas de observação a partir de câmeras CCD e armazenadas em fitas de vídeo. Estas imagens são posteriormente transferidas para o computador. Foram usados na análise cerca de 600 registros de TLEs obtidos nas campanhas, que foram agrupados de acordo com a data de observação, os horários em que foram registrados (UTC), números de eventos observados na campanha e duração das observações. Posteriormente foram elaborados os gráficos apresentados no capítulo 5, que mostram como foi a produção de TLEs nas tempestades analisadas.

5. RESULTADOS

O comportamento, quanto à produção de TLEs, das tempestades observadas durante as campanhas de observação foi analisado segundo o caminho utilizado em *Lyons, 2006*.

A figura 5.1 mostra a distribuição dos horários nos quais foram observados TLEs nas campanhas de observação. As observações dos eventos vão de 23h UTC (20h local) a 8h UTC (5h local). O término das observações por volta das 5h local se deve ao nascer do sol que impossibilita as observações devido à claridade. Foi encontrado um pico entre 2h UTC até 7h UTC (23h local até 4h local).

Na maioria das tempestades que produzem TLEs estes eventos são observados por períodos maiores do que duas horas, mas em alguns casos esta produção foi observada por mais de cinco horas como nas tempestades dos dias 21/03/2002 e 23/02/2006. A figura 5.2 mostra a duração das observações de TLEs acima das tempestades observadas nas campanhas. O número de TLEs observados por tempestade, na maioria dos casos foi menor do que 100, como mostrado na figura 5.3. No entanto algumas tempestades produzem um número muito maior de eventos, como no caso da tempestade observada no dia 23/02/2006. Apenas nesta noite foram registrados mais de 400 TLEs em um período de mais de cinco horas, como já falado anteriormente.

Ocorreram casos, como na campanha de 2007, em que as tempestades que estavam sendo observadas encobriram o sítio de observação impossibilitando assim um maior registro de TLEs. Na figura 5.4 observa-se que a tempestade encobriu São Martinho da Serra de onde estavam localizadas as câmeras.

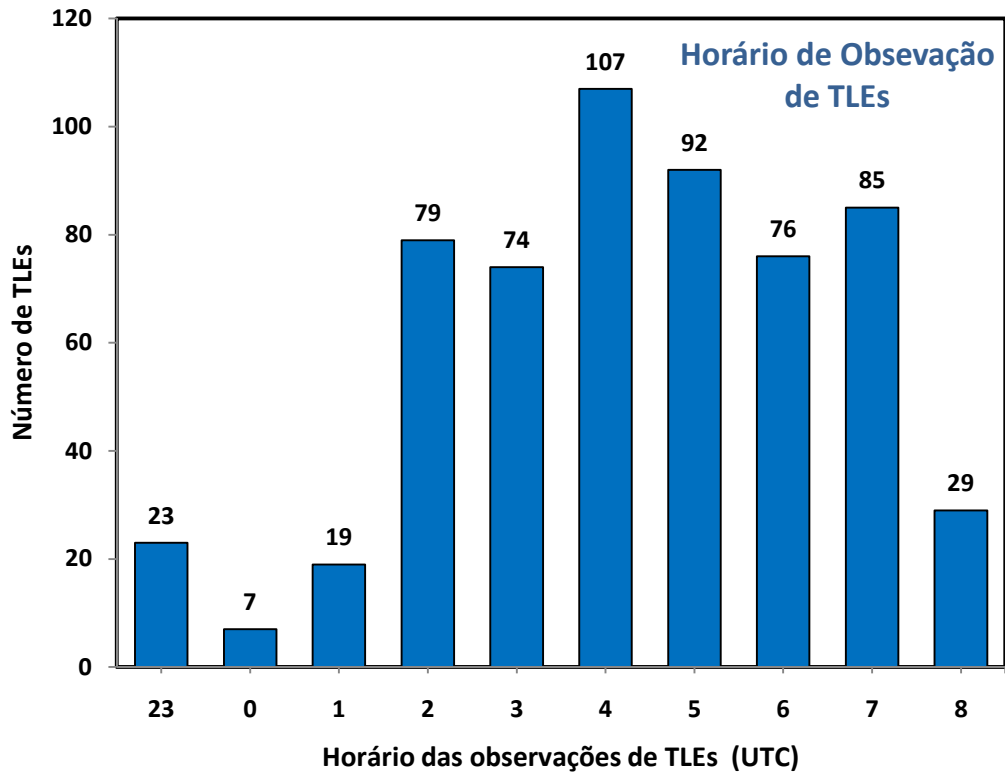


Figura 5.1 – Horários nos quais foram observados TLEs durante as campanhas de observação.

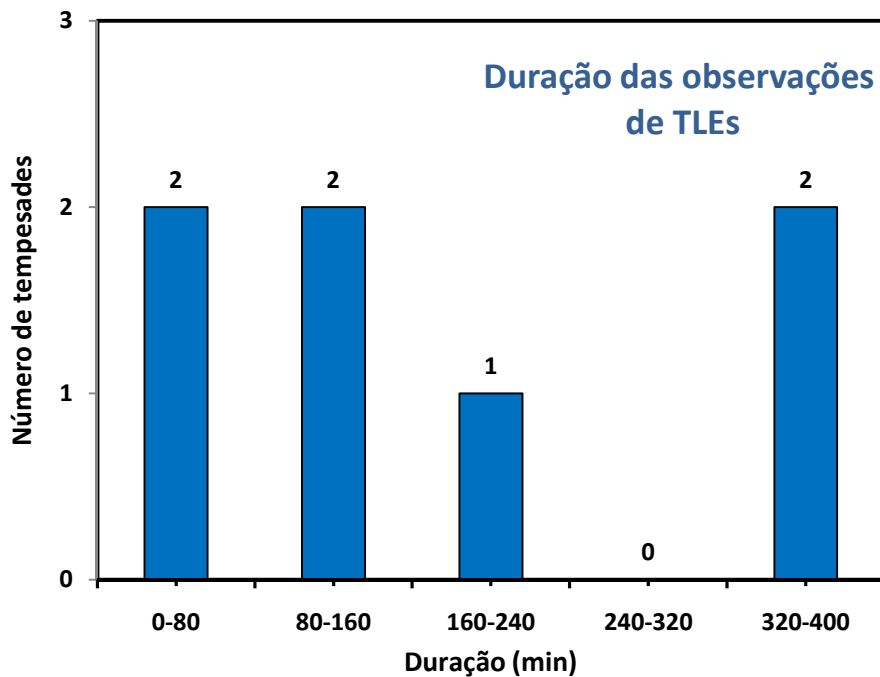


Figura 5.2 – Duração das observações de TLEs nas tempestades observadas nas campanhas

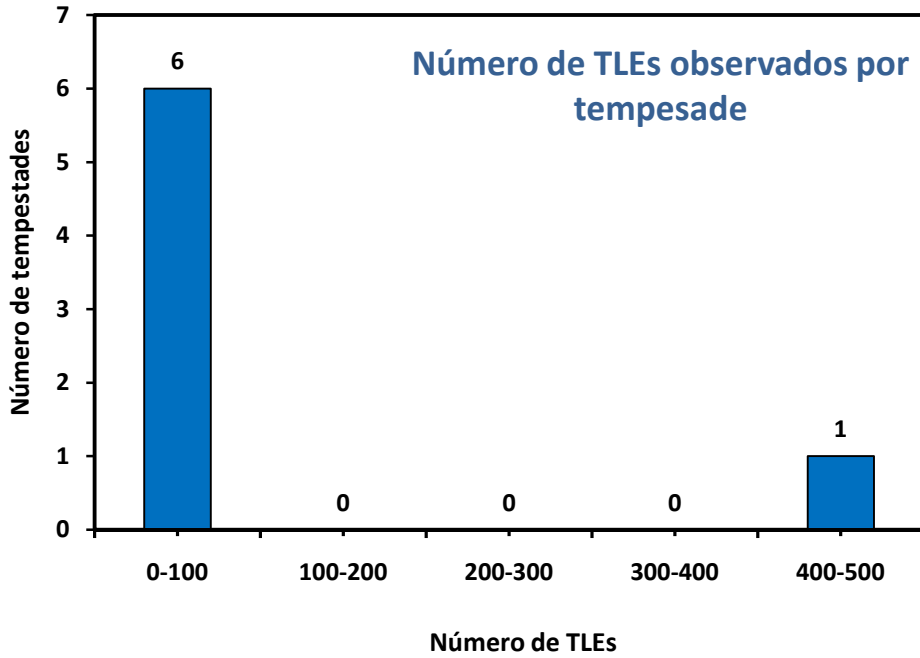


Figura 5.3 – Número de TLEs observados por tempestade ativa durante as campanhas de observação

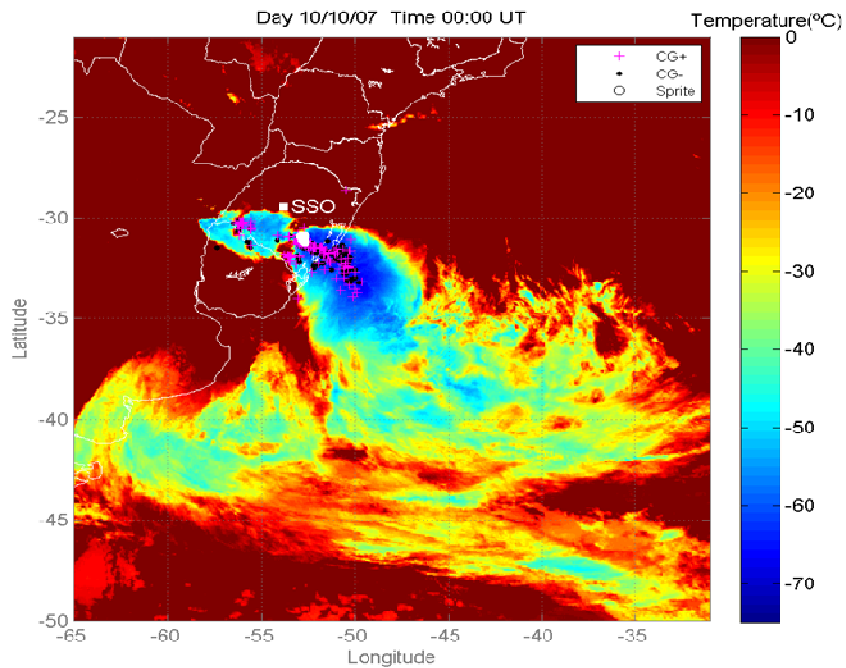


Figura 5.4 – Imagem do satélite GOES 10 realçada da tempestade do dia 10/10/2007



A realização do Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica permitiu ao bolsista a introdução ao método de pesquisa científica e a aquisição de conhecimento acerca dos eventos luminosos transientes, bem dos como processos de obtenção e análise dos dados. As atividades realizadas durante a Iniciação Científica foram de muita importância para o desenvolvimento científico e o aprendizado para o decorrer da formação como profissional de pesquisa em ciências da atmosfera.

6. BIBLIOGRAFIA

- HOUZE Jr, R. A. 1993. Mesoscale convective systems. In: HOUZE Jr, R. A. (ed.) *Cloud Dynamics*. Academic Press, Inc., v. 53, p. 334-404
- LYONS, W. A., Anderson, L., Nelson, T. E., Huffines, G. R., Characteristics of sprite-producing electrical storms in the STEPS 2000 domain, Second Conference on Meteorological Applications of Lightning Data, American Meteorological Society, Atlanta, Georgia, 30 January – 2 February, 2006.
- INAN, U. S. Lightning effects at high altitudes: sprites, elves and terrestrial gamma ray flashes. *C. R. Physique* 3. p. 1411-1421, 2002.
- MENDES JÚNIOR, O.; DOMINGUES, M. O. Introdução à Eletrodinâmica Atmosférica /Introduction to the Atmospheric Electrodynamics. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 3-19., Mar. 2002. (INPE-10266-PRE/5781)
- PASKO, V. P.; Inan, U. S. e Bell T. F. Sprites produced by quasi-electrostatic heating and ionization in the lower ionosphere. *J. Geophys. Res.*, v. 102, n. A3, p. 4529-4561, Mar. 1997.
- SÃO SABBAS, F. T., Estudo da Relação entre Sprites e os Relâmpagos das Tempestades Associadas, Tese de Mestrado, Divisão de Geofísica Espacial, INPE, 1999.
- SÃO SABBAS, F.; D. D. Sentman; E. M. Wescott; O. Pinto; O. Mendes; M. J. Taylor., Statistical analysis of space-time relationships between sprites and lightning. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, v.65, p. 525 – 535, 2003
- 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.