



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESTUDO DAS EMISSÕES ÓTICAS DA ALTA ATMOSFERA
NA REGIÃO DA
ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL.**

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
Programa: PIBIC/INPE – CNPq/MCT

Pablo Fernando Carlesso

Aluno do Curso de Física da UFSM,
Bolsista do Programa: PIBIC/INPE – CNPq/MCT
E-mail: pablo@lacesm.ufsm.br

Dr. Hisao Takahashi

Orientador - DAE/CEA/INPE – MCT
E-mail: hisaotak@laser.inpe.br

CO-ORIENTADORES

Dr. Nelson Jorge Schuch (CRS/CIE/INPE – MCT)
E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Dr. Marcelo Barcelos da Rosa (CRS/CIE/INPE – MCT)
E-mail: mbdarosa@lacesm.ufsm.br

Julho de 2007

Dados de Identificação:**Processo N°:**

Processo CNPq N° 104420/2006-5.

Bolsista:

Pablo Fernando Carlesso
Acadêmico do Curso de Física Bacharelado
Universidade Federal de Santa Maria

Orientador:

Dr. Hisao Takahashi
Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE – MCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

Título do Projeto:

**ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA
AEROLUMINESCÊNCIA NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA
DO ATLÂNTICO SUL.**

Local de execução do projeto:

No Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LMLA/CRS/CIE/INPE - MCT, em Santa Maria, RS e no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica, do Observatório Espacial do Sul – LOLA/OES/CRS/CIE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra, RS.

Pesquisadores e Estudantes Colaboradores:

- Dr. Hisao Takahashi – DAE/CEA/INPE – MCT
- Dr. Nelson Jorge Schuch – CRS/CIE/INPE – MCT
- Dr. Marcelo Barcellos da Rosa – CRS/CIE/INPE - MCT
- Dr. Delano Gobbi – DAE/CEA/INPE – MCT
- Dr. Cristiano Max Wrasse – DPD/UNIVAP
- Acadêmico Cristiano Sarzi Machado – CURSO DE FÍSICA – UFSM
- Acadêmico Mateus Sabadi Schuh – CURSO DE FÍSICA – UFSM

Participantes da Cooperação Brasil – Japão em Ciências Espaciais Básicas diretamente envolvidas no Projeto:

- Dr. Kazuo Makita – Takushoku University
- Dr. Hiromasa Yamamoto – Rikkyo University



**Aguardando
certificação
da instituição
?**

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

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

Identificação

Dados básicos

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

Status do grupo: **aguardando certificação pela instituição**

Ano de formação: 1992

Data da última atualização: 14/06/2007 11:09

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

Damaris Kirsch Pinheiro - damaris@lacosm.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@lacosm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

O Grupo de Pesquisa - Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação Ultravioleta - Energias Renováveis, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/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/ICBII e IAG), do LACESM-UFSM e internacionais: Japão (Universidades de Takushoku e Rikkyo) e EUA(NASA). Linhas de Pesquisas: CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, OZÔNIO x RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA, ENERGIAS RENOVÁVEIS. Pesquisa: a composição, a estrutura, os processos físico-químicos e dinâmicos, o potencial renovável e o transporte de energia, com medidas in situ e fenômenos: Aerossóis e Biosféricos. O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PNOA, criado por Nelson Jorge Schuch em maio de 1992, executado em Convênio: CRS/CIE/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); aerossóis; dados de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS. Aeronomia dos fenômenos físico-químico e dinâmica da Atmosfera observando com radares, imageadores e fotômetros, rastros meteóricos e a aeroluminescência noturna, (medidas dos perfis de ventos) das ondas atmosféricas: ondas planetárias, de gravidade e marés atmosféricas. 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: 14

André Passaglia Schuch	Hisao Takahashi
Augusta Maria Passaglia Schuch	Marcelo Barcellos da Rosa
Damaris Kirsch Pinheiro - (líder)	Marcelo Pizzuti Pes
Enio Bueno Pereira	Nelson Jesus Ferreira
Ezequiel Echer	Nelson Jorge Schuch - (líder)
Fernando Luís Guarnieri	Plínio Carlos Alvalá
Fernando Ramos Martins	Ricardo André Guarnieri

Estudantes Total: 15

Ana Marcelli Soares	Marcus Guedes
Caroline Bertagnolli	Mateus Sabadi Schuh
Cristiano Sarzi Machado	Nadiera Pereira
Daniel Vinicius Fiorin	Pablo Fernando Carlesso
Diogo Alessandro Arsego	Pabulo Henrique Rampelotto
Germano Possani	Rafael Jonas Righi Batista
Gustavo Pereira Guerra	Simone Spiazzi Favarin
Luana Serafini dos Santos	

Técnicos Total: 5

Anderson Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica
 Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação
 Fabrício Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico de Manutenção
 Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas
 Roben Castagna Lunardi - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação

Empresas associadas ao grupo Total: 0

Indicadores de recursos humanos do grupo

	Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)		14
Estudante(s)		15
Técnico(s)		5

Nome grafados em vermelho: integrantes sem Currículo Lattes ou com inconsistências nos dados de identificação entre os formulários de Currículo e de Grupo de Pesquisa.

Fechar

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Hisao Takahashi, pela gentileza e apoio neste Projeto de Pesquisa, aos co-orientadores Dr. Marcelo Barcellos da Rosa, Dr. Cristiano Max Wrasse e Dr. Delano Gobbi pelo apoio prestado. Ao Dr. Nelson Jorge Schuch por ter possibilitado o acesso à pesquisa de ponta em Ciências Espaciais e por sua dedicação na luta pela descentralização das Pesquisas Espaciais no Brasil ao ter implantado o Centro Regional Sul.

Agradeço a meus colegas de laboratório, Cristiano Sarzi Machado, Mateus Sabadi Schuh e Henrique Orlandi Goulart que possibilitaram a continuidade dos estudos referentes à Aeronomia no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica.

E finalmente, agradeço ao Dr. José Carlos Becceneri, Coordenador do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pela aprovação do projeto de Pesquisa e pelo apoio prestado.

RESUMO

Este trabalho relata as atividades desenvolvidas pelo aluno Pablo Fernando Carlesso, acadêmico do curso de Bacharelado em Física, da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, durante o período compreendido entre Julho de 2006 a Julho de 2007, referente à continuação do projeto de iniciação científica cuja Linha de Pesquisa é: *“Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul”*. As atividades foram desenvolvidas dentro da parceria da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM-MEC – através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM-MEC – com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE-MCT. O acadêmico atuou como responsável na operação de equipamentos e manutenção do banco de dados do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA/OES/CRS/CIE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, e do Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica – LMLA/CRS/CIE/INPE – MCT.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	04
RESUMO.....	05
SUMÁRIO.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	07
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO (LINHA DE PESQUISA).....	09
1.1 Estudo das Emissões Ópticas da Ionosfera na Região da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul.....	09
1.2 Metodologia.....	10
CAPÍTULO 2	
A ALTA ATMOSFERA TERRESTRE (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA).....	11
2.1 Características Físicas e Químicas da Alta Atmosfera Terrestre.....	11
2.2 A Aeroluminescência.....	13
2.2.1 Emissões do Oxigênio Atômico.....	14
2.2.2 As bandas vibracionais e rotacionais do OH.....	16
2.3 As Bolhas de Plasma Ionosférico.....	20
CAPÍTULO 3	
INSTRUMENTAÇÃO E COLETA DE DADOS.....	22
3.1 Fotômetro Zenital FotSul.....	22
3.2 Câmeras Imageadoras.....	23
3.3 Fotômetro 4 Janelas.....	24
3.4 Fotômetro FotOH 6-2.....	25
CAPÍTULO 4	
TRABALHOS REALIZADOS.....	26
4.1 Campanhas de coleta de dados no Observatório Espacial do Sul.....	26
4.2 Instalação do Espectrofotômetro FotOH(6-2).....	28
4.3 Variação Sazonal da Aeroluminescência Observada no Observatório Espacial do Sul.....	29
4.4 Estudo das Bolhas de Plasma Ionosférico no Observatório Espacial do Sul.....	33
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS - Trabalhos apresentados em eventos.....	40
Trabalho apresentado no SBGEA.....	40
Trabalho apresentado na JAI – UFSM.....	41

LISTA DE FIGURAS

- ❖ FIGURA 1: Gráfico da densidade eletrônica em função da altura, referente a períodos de máxima e mínima atividade solar. Medidos durante o dia e durante a noite.....12
- ❖ FIGURA 2: Taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de Aeroluminescência, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes.....14
- ❖ FIGURA 3: diagrama de nível de energia; onde são mostrados os níveis de energia do oxigênio atômico relativos as transições eletrônicas deste átomo.....15
- ❖ FIGURA 4: Taxa de emissão volumétrica obtida a partir do OH(8-3), por Hisao Takahashi (1996).....17
- ❖ FIGURA 5: Movimentos possíveis para uma molécula de OH.....18
- ❖ FIGURA 6: Representação dos níveis vibracionais e de algumas linhas rotacionais do espectro do OH.....19
- ❖ FIGURA 7: Imagem meramente ilustrativa, que representa o deslocamento de uma Bolha de Plasma na Alta Atmosfera terrestre.....20
- ❖ FIGURA 8: Ilustração representando a formação de uma Bolha Ionosférica, segundo a Teoria de Rayleigh-Taylor.....21
- ❖ FIGURA 9: Imagem do Fotômetro Zenital Fotsul, instalado no observatório Espacial do Sul.....22
- ❖ FIGURA 10: Diagrama de Bloco do sistema do Fotsul, com o esquema de coleta e armazenamento dos dados.....23
- ❖ FIGURA 11: Imagem da Câmera Imageadora Fish-Eye, instalada no OES.....24

❖ FIGURA 12: Imagem da Câmera Wide -Angle, instaladas no Observatório Espacial do Sul.....	25
❖ FIGURA 13: Imagem do fotômetro 4 janelas, instalado no Observatório Espacial do Sul.....	26
❖ FIGURA 14: Imagem do centro de operação dos equipamentos, no interior do LOLA, em São Martinho da Serra.....	27
❖ FIGURA 15: Exemplo de um gráfico da variação na intensidade da Luminescência Noturna.....	30
❖ FIGURA 16: Gráfico da variação da intensidade média noturna do OI6300 em função dos dias do ano.....	32
❖ FIGURA 17: Gráfico da variação da intensidade média noturna do OI5577 em função dos dias do ano.....	32
❖ FIGURA 18: Gráfico da variação da intensidade média mensal do OI5577.....	33
❖ FIGURA 19: Gráfico da variação da intensidade média mensal do OI6300.....	34
❖ FIGURA 20: gráfico mostrando o número de dias com coletas de dados a cada ano.....	35
❖ FIGURA 21: Exemplo de gráfico de intensidade da luminescência noturna que detecta a ocorrência de uma bolha de plasma, como se pode notar pela abrupta queda na intensidade medida.....	36
❖ FIGURA 22: Gráfico mostrando o número de ocorrências de Bolhas de Plasma detectadas com o fotômetro Fotsul.....	37
❖ FIGURA 23: Gráfico mostrando os horários de ocorrência das Bolhas de Plasma detectadas pelo fotômetro Fotsul (hora local).....	38

1. INTRODUÇÃO

1.1 Estudo das Emissões Ópticas da Ionosfera na Região da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul.

A luminescência atmosférica – aeroluminescência – é a radiação emitida na atmosfera da terra formando varias camadas de emissão entre 80 e 300 km de altitude, e estendendo-se do ultra-violeta ao infravermelho próximo. A emissão de luz ocorre através de emissões fotoquímicas e iônicas na região, as variações temporais e espaciais das intensidades destas emissões fornecem informações de processos fotoquímicos e dinâmicos daquela região. A observação de aeroluminescência, portanto, é uma técnica conveniente para sensoriamento remoto da alta atmosfera.

A Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul (AMAS) é onde há menor intensidade do Campo Magnético Terrestre (Makita,1989)[2,4,5], Na região da AMAS, cujo centro localiza-se na região próxima ao estado de Rio Grande do Sul, existem fenômenos Geofísicos diferentes em comparação com outras regiões da terra. Os dados de satélite mostram maior precipitação das partículas energéticas na Alta Atmosfera, acima de 100 km de altitude.

Entre várias técnicas para estudar os possíveis fenômenos relacionados à precipitação de partículas na Alta Atmosfera, uma é observar as emissões óticas por um Imageador de Aeroluminescência, no caso deste projeto usar-se-á o fotômetro FOTSUL que mede a intensidade da radiação zenital das emissões de oxigênio OI557,7 e OI630 nm da ionosfera, e o imageador do céu da emissão de OI630 nm.

O INPE vem realizando pesquisa sobre Ciência Espacial desde 1966. As pesquisas na área de luminescência atmosférica do INPE começaram em 1970. Foi instalado um observatório de luminescência em Cachoeira Paulista, SP, em 1974 e, desde então, estão sendo observadas as emissões de oxigênio atômico OI 557,7 nm, 630,0 nm, 777,4 nm, oxigênio molecular O2b(0,1), sódio em 589,3 nm e hidroxila, as bandas de OH(6,2) e OH(9,4). Atualmente existem 5 diferentes tipos de fotômetros em operação. O Dr. Hisao Takahashi, que está se responsabilizando pela colaboração do INPE com a Universidade

Federal de Santa Maria neste projeto, está à disposição para colaborar neste projeto, participando da instalação dos equipamentos e investigação científica no assunto.

O presente projeto tem como objetivo principal a investigação dos fenômenos geofísicos espaciais que ocorrem na região da Anomalia geomagnética do América Sul - AMAS, utilizando o fotômetro FOTSUL e o imageador de all sky que se encontram instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra/RS.

Dentre os principais assuntos envolvidos na pesquisa estão as variações temporais e espaciais das intensidades das emissões na ionosfera e o efeito da anomalia na região AMAS.

1.2 Metodologia

Para estudar a ionosfera e o efeito da anomalia geomagnética do América do Sul - AMAS, especialmente a precipitação das partículas energética na Alta Atmosfera, será utilizada dois instrumentos ópticos, o fotômetro FOTSUL e o imageador do céu de 630 nm. O FOTSUL mede a intensidade zenital das emissões de OI 557,7 e OI 630 nm e investiga suas variações temporais durante a tempestade geomagnética. O imageador de OI630 nm observa a variação espacial da emissão de OI630 nm e investiga o comportamento da ionosfera durante a tempestade. A coleta de dados (espectros) do céu noturno será efetuada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT em São Martinho da Serra/RS durante a fase da lua nova.

CAPÍTULO 2 – A ALTA ATMOSFERA TERRESTRE

2.1 Características Físicas Atmosfera Terrestre

Conforme a altura em relação à superfície da terra aumenta, a atmosfera vai apresentando distintos perfis de temperatura, composição química e processos físicos.

A Alta Atmosfera terrestre caracteriza-se por ser uma região de baixa pressão e fortemente influenciada pela radiação solar. Ela se divide em camadas segundo seus processos físicos, sua composição química e sua temperatura.

A **Troposfera** – camada mais baixa – estende-se até 15 km da superfície da Terra, e sua temperatura vai diminuindo com a altura. A camada posterior, denominada **Estratosfera**, tem um gradiente positivo de temperatura, pois a absorção de radiação solar ultravioleta pela molécula do Ozônio e pela água e abrange uma região compreendida entre 15 e 50 km de altura. A partir daí, a temperatura começa a diminuir com a altura, na região denominada **Mesosfera**, que é a região mais fria da atmosfera terrestre, com temperatura de 200 K. Quando então, a partir dos 90 km de altitude a temperatura volta a ter um gradiente positivo na Troposfera, região que se estende até 300 km de altitude,

As regiões intermediárias entre as camadas – que possuem gradiente de temperatura nulo, são denominadas **Tropopausa**, **Estratopausa**, e **Mesopausa**.

2.2 A Ionosfera

A Ionosfera situa-se entre a Mesosfera e a Termosfera, e é constituída em grande parte por íons que são em grande parte o resultado da interação entre as partículas neutras da atmosfera com a radiação provinda principalmente do Sol. Essa radiação que é absorvida pelos constituintes atmosféricos pertence à faixa do Ultra Violeta e Raios-X. A fotoionização ocorre quando fótons com energia superior a 12 eV atinge um átomo neutro, fazendo um elétron desse átomo ficar energizado e “escapar” do átomo neutro, restando assim um íon positivo e um fotoelétron, e constituindo assim o **Plasma Ionosférico**.

Constantemente, entretanto, ocorre o processo de recombinação iônica, onde os íons recuperam seus elétrons e voltam a ser átomos neutros, emitindo a luminescência

atmosférica. A resultante entre os processos de produção e perda iônicas determina o perfil de densidade eletrônica da ionosfera; assim a Ionosfera é dividida em várias camadas de acordo com seus perfis característicos. Essas regiões são denominadas **D**, **E** e **F**.

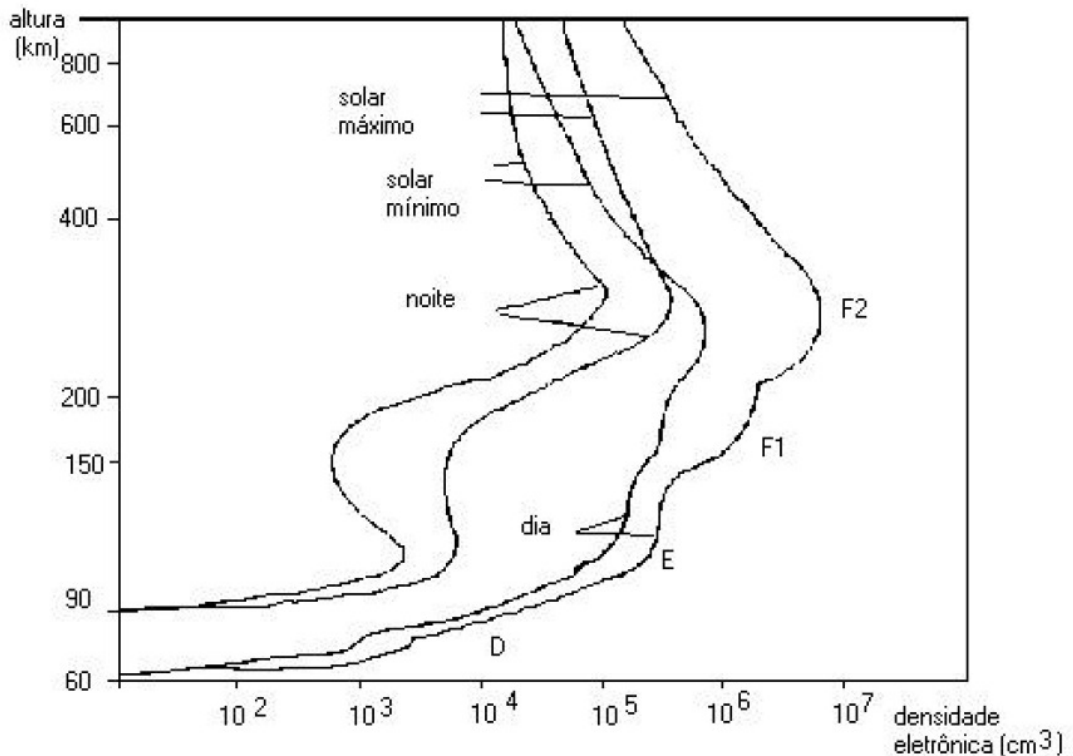


FIGURA 1: Gráfico da densidade eletrônica em função da altura, referente a um período de máxima e mínima atividade solar. Medidos durante o dia e durante a noite.

FONTE: Dissertação de Mestrado, Daniela Santana (2001), p.27.

A **Região D** é a camada mais baixa da ionosfera localizada entre 60 e 90 km de altitude, Esta região possui uma baixa densidade eletrônica, e deixa de existir durante a noite, quando não há mais a incidência da radiação solar. Nessa região há uma constante interação entre íons, elétrons e partículas neutras. As principais características desta camada são a presença de íons negativos em grande quantidade, e a presença de íons complexos que resultam da aglutinação de íons às moléculas de água. Nesta região as radiações ionizantes dominantes são os Raios-X (que produzem O_2^+ e N_2^+) e a radiação Lyman- α ($\lambda = 1216 \text{ \AA}$)

A **Região E** localiza-se logo acima da camada D, situando-se entre 90 e 150 km de altitude aproximadamente. Esta região possui grande condutividade elétrica, existindo correntes elétricas que interagem com o campo magnético da Terra.

As principais radiações ionizantes que incidem sobre esta camada são:

- Raios-X ($\lambda \geq 10 \text{ \AA}$), que produz O_2^+
- Radiação de Lyman- β ($\lambda = 1025,7 \text{ \AA}$); produz O_2^+
- EUV ($\lambda = 1000 \text{ \AA}$); produz O_2^+
- EUV ($\lambda \leq 900 \text{ \AA}$); produz N_2^+ e O_2^+

A **Região F** estende-se até o limite superior da Ionosfera (aproximadamente 1000 km de altitude), ela é dividida em três sub-camadas: F1, F2 e F3; a camada F1 é a de menor altitude, e geralmente acaba por desaparecer quando está livre da influência da radiação solar. A camada F2 é a mais significativa, apresentando fenômenos físicos interessantes. Como esta camada se encontra à uma altitude bastante elevada, a pressão atmosférica não é capaz de propiciar a recombinação eletrônica completa, e então esta camada permanece mesmo sem influência de radiação solar à altas horas da madrugada. A camada F3 tem uma altitude dependente de condições solares, sazonais e atmosféricas.

2.3 A Aeroluminescência

A Aeroluminescência é um processo resultante da absorção de energia solar pelas partículas da Alta Atmosfera, onde os constituintes atmosféricos tendem a liberar a quantidade de energia absorvida na forma de uma tênue luminescência que permeia todo o Céu. A emissão de luminescência na atmosfera da Terra ocorre dia e noite; durante o dia, ocorre a emissão instantânea, que é denominada *Dayglow*, e à noite ocorre a emissão retardada com o processo de relaxação energética denominado *Nightglow*.

Os tipos mais importantes de luminescência são:

1. Emissões do Oxigênio Atômico e Molecular.
2. As bandas vibracionais e rotacionais do OH.
3. As emissões de átomos metálicos, tais como Sódio, Cálcio, Potássio e Magnésio.

Neste trabalho, serão tratados apenas os dois primeiros casos.

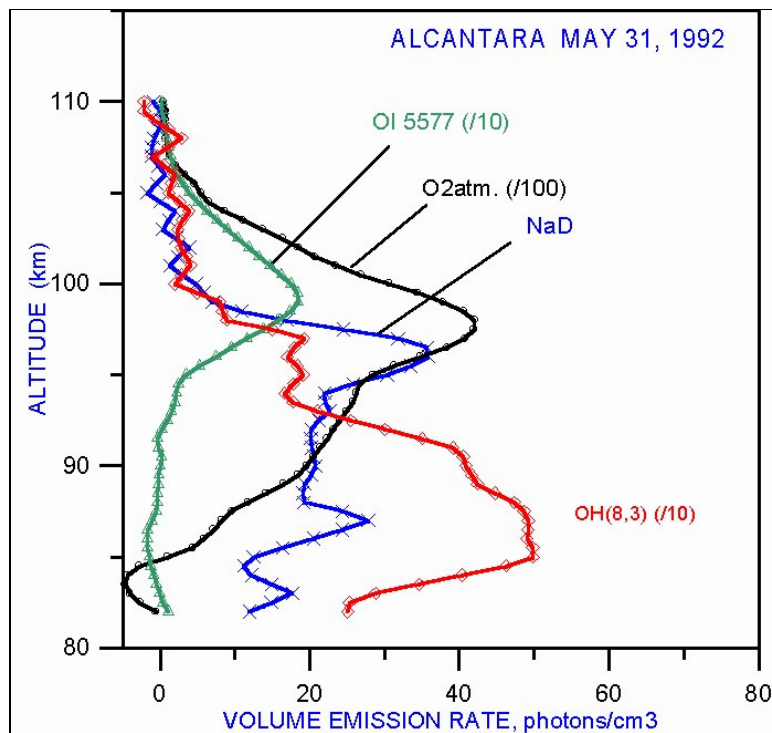


FIGURA 2: Taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de Aeroluminescência, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes.

FONTE: (<http://www.laser.inpe.br/lume/foguete.htm>)

2.3.1 Emissões do Oxigênio Atômico.

As linhas de emissão do Oxigênio Atômico mais utilizadas para estudar a dinâmica da Alta Atmosfera são nos comprimentos de onda 557,7 e 630 nanômetros.

O **OI 6300** é conhecido como a linha vermelha do oxigênio atômico, e possui pico de emissão no topo da região F ionosférica (localizada entre 240 e 350 km de altitude), tendo espessura de aproximadamente 50 km. A intensidade de emissão desta linha, é proporcional a densidade eletrônica do Plasma nesta região, tendo seu valor reduzido quando o Plasma ionosférico se move para cima, e aumentado quando ocorre o contrário. A recombinação dissociativa do oxigênio molecular com os elétrons resulta na produção do oxigênio atômico excitado - $O(^1D)$ na região F durante a noite. Então, ao decair, libera energia em forma de radiação, no comprimento de onda de 630 nm:

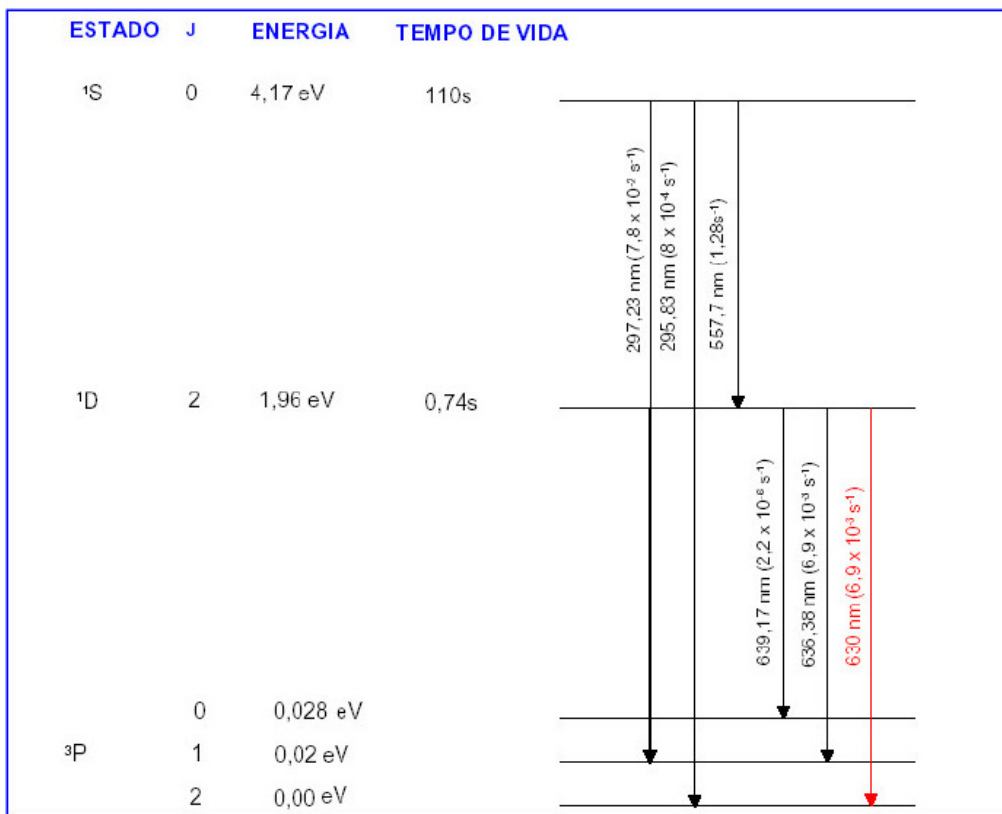
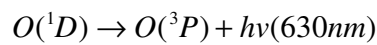


FIGURA 3: diagrama de nível de energia; onde são mostrados os níveis de energia do oxigênio atômico relativos as transições eletrônicas deste átomo.

FONTE: Krassovsky (1962), p. 912.

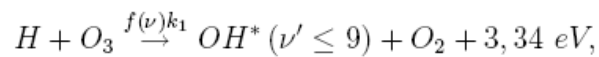
Já a linha **OI 5577**, é emitida duas camadas diferentes: uma na região E (entre 90 e 110 km de altitude) e outra na região F (entre 250 e 300 km de altitude). Em médias latitudes, a maior parte desta emissão é decorrente da recombinação do

Oxigênio Atômico na Mesopausa (entre 90e 110 km de altitude); entretanto, em regiões próximas ao equador, uma significativa fração desta emissão surge de processos de recombinação dissociativa na região F.

2.3.2 As bandas vibracionais e rotacionais do OH.

Processos de grande importância são a produção e perda do HO*, pois são processos que contribuem enormemente para a emissão da aeroluminescência. Esses processos são reações fotoquímicas que produzem H e O₃.

A reação:



Onde k_1 é o coeficiente cinético da reação e $f(\nu)$ é a produção fracional no nível de energia ν .

Essa é a principal fonte de excitação do OH nos níveis vibracionais com $\nu \leq 9$, pois vemos que é um processo exotérmico (que libera energia).

A taxa de emissão volumétrica do OH(6-2) é calculada levando-se em consideração o equilíbrio fotoquímico entre a perda (L) e produção (P) do OH(6):

$$P - L = 0$$

Assim, sendo [OH(6)] a concentração do OH(6), temos:

$$\frac{d[OH(6)]}{dt} = P - L = 0$$

Esta concentração de OH se deve a produção de OH nesse nível vibracional, que tem origem diversa: sua origem na reação do oxigênio com o ozônio, no decaimento

radioativo, em cascatas colisionais ou na reação do OH₂ com o O. Já as perdas se devem por emissão espontânea ou por colisões com outras moléculas.

A taxa de emissão volumétrica pode ser aferida com a relação:

$$V(6,2) = A(6,2)[OH(6)],$$

Onde A(6,2) é a probabilidade de ocorrer a transição do nível 6 para o nível 2.

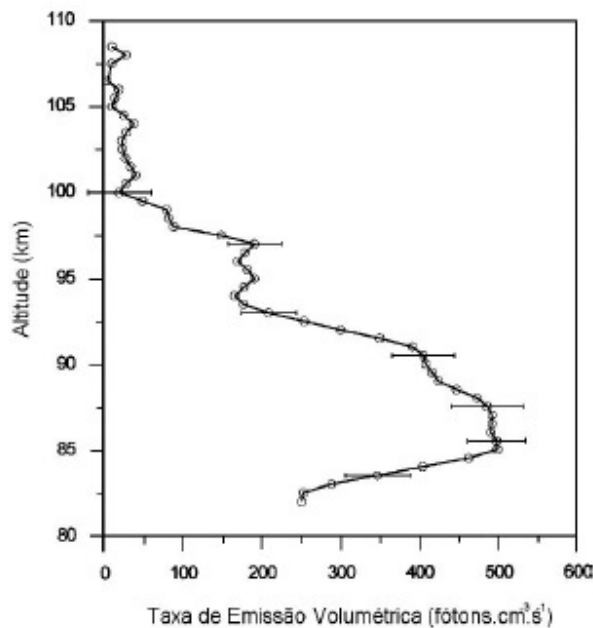


FIGURA 4: Taxa de emissão volumétrica obtida a partir do OH(8-3), por Takahashi et al. (1996).

Fonte: Dissertação Valentim Bageston (2005), p.34.

Os perfis de emissão volumétrica obtidos por diferentes bandas bem próximas em relação ao pico e a largura da camada de emissão.

O espectro de emissão do OH esta associado aos graus de liberdade da molécula, que pode possuir três movimentos: vibração, translação e rotação. Assim, diferentemente das emissões do oxigênio atômico, que tem seu espectro de emissão definido por linhas, o espectro do OH é constituído por bandas de emissão.

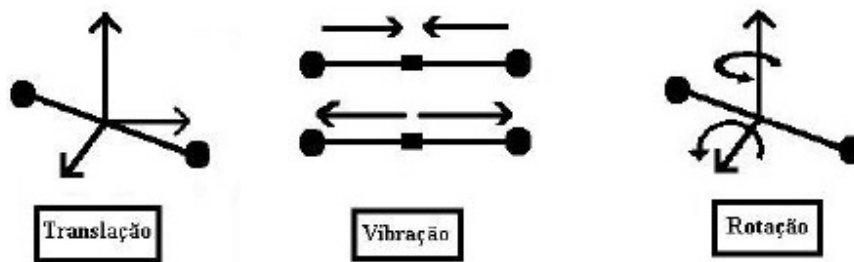
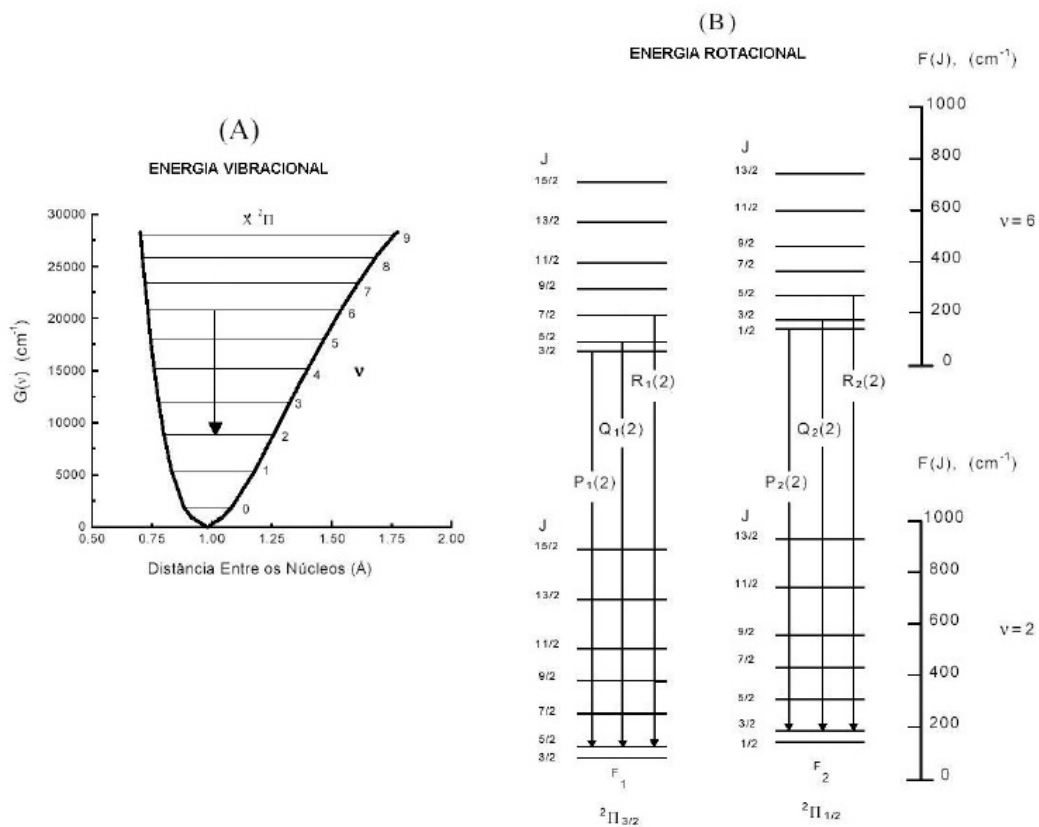


FIGURA 5: Movimentos possíveis para uma molécula de OH.
Fonte: Dissertação Valentin Bageston (2005), p.35.

Para cada estado eletrônico há vários estados vibracionais, e a cada estado vibracional há vários estados rotacionais associados.

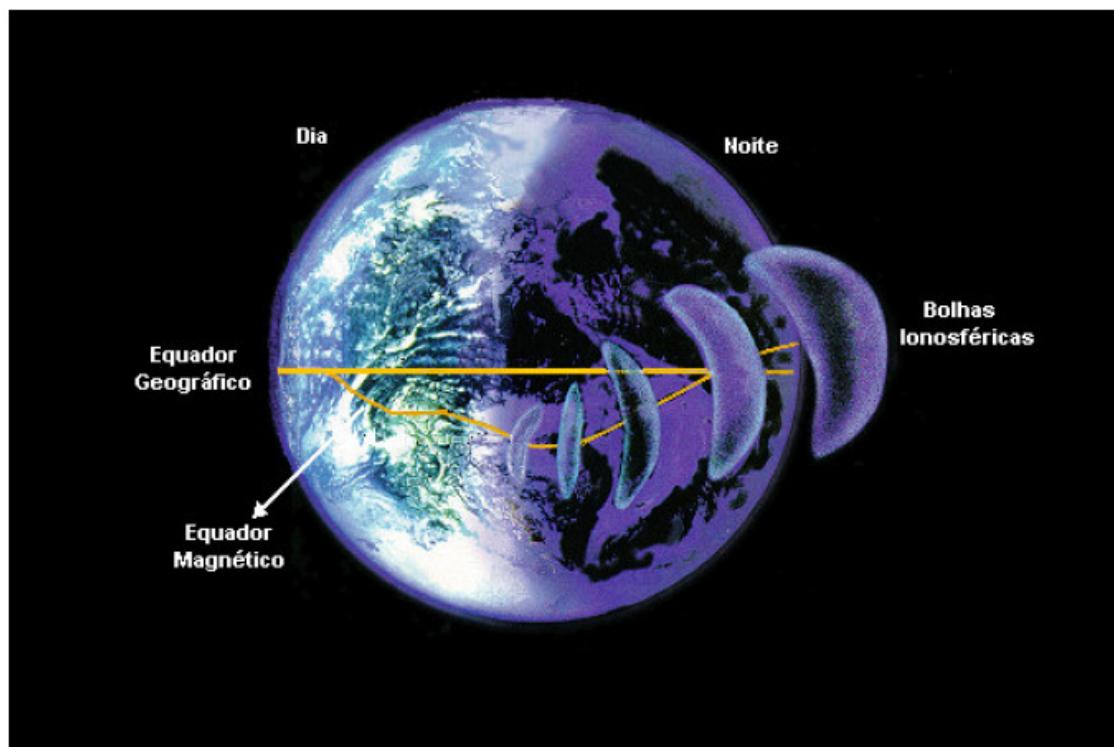
Por exemplo, a emissão do OH(6-2) ocorre quando esta molécula passa do sexto nível de energia para o segundo, essa diferença de energia é liberada para o ambiente; como se pode observar na figura seguinte a ocorrência das transições vibracional e rotacional do OH(6-2):



2.4 As Bolhas de Plasma Ionosférico

Os processos de dissociação molecular devido à incidência da radiação solar, têm como resultado a formação de um Plasma tênue que permeia a Ionosfera. Mas o comportamento dinâmico do desse Plasma é de difícil previsibilidade, não comportando-se como os gases ou líquidos. Assim, é freqüente a observação de anomalias na dinâmica do Plasma ionosférico. Uma dessas anomalias são as Bolhas de Plasma Ionosférico. As Bolhas de Plasma são regiões onde a densidade de íons cai abruptamente. Essas Bolhas se formam logo após o ocaso solar; têm como local de origem a base da camada F, e a partir daí começam a desenvolver-se até grandes altitudes. O Campo Magnético terrestre exerce influência significativa sobre estas regiões. Essas Bolhas deslocam-se ao longo do equador magnético terrestre, sendo mais comum sua ocorrência em regiões de baixas latitudes.

FIGURA 7: Imagem meramente ilustrativa, que representa o deslocamento de uma Bolha



de Plasma na Alta Atmosfera terrestre.
FONTE: <http://dae.inpe.br/iono/entrada.html>

A teoria mais aceita para explicar o surgimento desta anomalia é conhecida como teoria da Instabilidade de Rayleigh-Taylor. Esta teoria explica que, ao entardecer, quando não há mais a influência da radiação solar, pequenos eventos podem causar distúrbios entre duas camadas distintas da ionosfera: ao haver uma região de menor densidade eletrônica a baixo de uma região de maior densidade, este sistema será instável, e bastará qualquer pequeno distúrbio para que a camada com menor densidade penetre na camada acima, gerando uma Bolha de Plasma que então se propagará para maiores altitudes.



FIGURA 8: Ilustração representando a formação de uma Bolha Ionosférica, segundo a Teoria de Rayleigh-Taylor.

FONTE: Dissertação de Mestrado – Daniela Santana (2001), p.32.

A linha vermelha de emissão do oxigênio atômico - OI6300 - é de grande utilidade para se detectar as Bolhas de Plasma, pois sua taxa de emissão é proporcional à densidade eletrônica do Plasma Ionosférico, e como essas irregularidades são regiões de densidade eletrônica muito baixa, quando há a ocorrência de uma Bolha torna-se detectável uma abrupta redução na intensidade desta linha de emissão.

CAPÍTULO 3 - INSTRUMENTAÇÃO E COLETA DE DADOS

3.1 Fotômetro Zenital Fotsul

A técnica de fotometria é de grande relevância no estudo da aeronomia, podendo-se estudar linhas de emissão específicas de diversas regiões da alta atmosfera terrestre. Com o objetivo de se estudar a emissão da luminescência noturna nas linhas do Oxigênio Ionizado OI 5577 e OI 6300, foi instalado o Fotômetro Fotsul no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS, dentro da cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas.

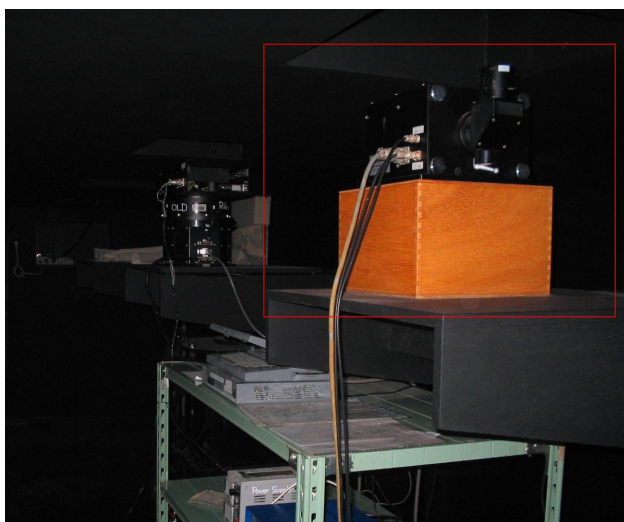


FIGURA 9: Imagem do Fotômetro Zenital Fotsul, instalado no observatório Espacial do Sul.

FONTE: Pertencente aos arquivos do LMLA.

Este fotômetro é formado por um sistema de filtros de interferência óptica que seleciona o comprimento de onda a ser medido, acoplado com um tubo fotomultiplicador e um sistema eletrônico de discriminação e processamento de sinal. Este fotômetro é acoplado à um computador onde são feitos o armazenamento e coleta dos dados.

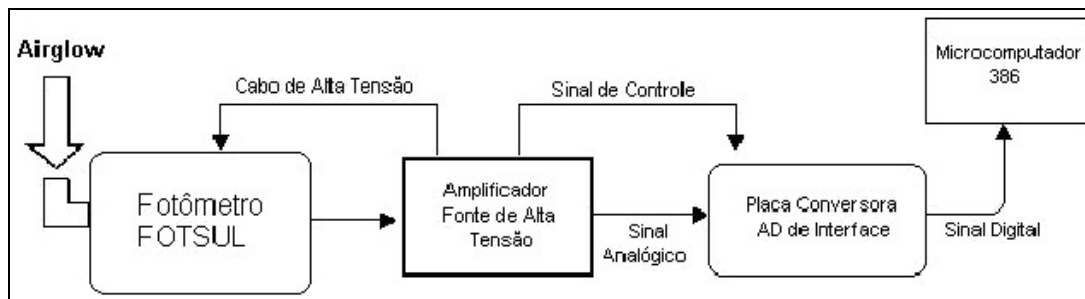


FIGURA 10: Diagrama de Bloco do sistema do Fotsul, com o esquema de coleta e armazenamento dos dados.

FONTE: Pertencente aos arquivos do LMLA.

O fotômetro opera com quatro filtros que se alternam periodicamente para registrar a intensidade aparente de quatro comprimentos de onda distintos, sendo que dois desses só são utilizados com a finalidade de calibrar o equipamento, para assim armazenar as duas linhas do oxigênio atômico vistas anteriormente.

Para uma adequada aquisição de dados, o fotômetro é posicionado em um lugar fixo, plano, aprumado de tal forma que sua lente fique perpendicular a superfície, apontando para o zênite.

3.2 Câmeras Imageadoras

Há duas Câmeras Imageadoras que fazem coleta de dados da variação temporal e espacial da aeroluminescência noturna instalada no laboratório de óptica e Luminescência Atmosférica (LOLA) do Observatório Espacial do Sul. Ambas as câmeras tem um tempo de exposição de 50 segundos, para cada imagem, e mais dez segundos para o armazenamento da imagem, assim, elas coletam uma imagem por minuto.

A câmera *Fish-Eye* tem um ângulo de abertura de 180°, e sensibilidade de 1 kR. Possuindo a vantagem de poder coletar dados de todo o céu, até o horizonte.



FIGURA 11: Imagem da Câmera Imageadora Fish-Eye, instalada no OES.
FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

A câmera *Wide-Angle* tem um ângulo de abertura de 90° , e sensibilidade de 100 R. E tem a vantagem de produzir imagens mais nítidas e com melhor definição.



FIGURA 12: Imagem da Câmera Wide -Angle, instaladas no Observatório Espacial do Sul.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

3.3 Fotômetro 4 Janelas

O Fotômetro 4 Janelas, ou FotOH(3-1), é composto por quatro lentes que também funcionam a partir de filtros de interferência ótica e possuem a função de medir a temperatura rotacional da Hidroxila (OH), a intensidade do OH (3-1) ligada a linha de emissão $P_1(2)$, a intensidade do $P_1(4)$ e a intensidade do $O_2(0-0)$.

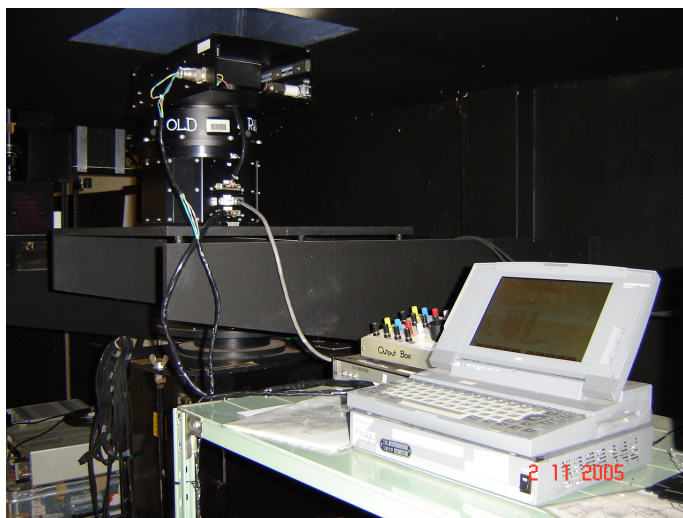


FIGURA 13: Imagem do fotômetro 4 janelas, instalado no Observatório Espacial do Sul.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

3.4 Fotômetro FotOH(6-2)

O fotômetro funciona com um filtro de interferência óptica que faz uma pequena varredura no comprimento de onda, através da inclinação do seu eixo óptico. Ele é constituído basicamente por um filtro, uma lente convergente e um fotodetector. Possui também um motor de passo, que é responsável por fazer a inclinação do filtro de interferência, e uma câmera fotomultiplicadora. Para evitar erros nas medidas, o filtro é mantido refrigerado a uma temperatura constante. Seu sistema computacional possibilita que o fotômetro funcione automaticamente.

O fotômetro tem como objetivo medir as emissões do OH na banda 6-2, que é a emissão resultante da transição do radical hidroxila ao passar do sexto nível quântico de energia para o segundo. Tornando-se assim possível estimar a temperatura da mesosfera superior.

O fotômetro FotOH(6-2) está em processo de instalação no LOLA Observatório Espacial do Sul.

CAPÍTULO 4 – TRABALHOS REALIZADOS

4.1 Campanhas de coleta de dados no Observatório Espacial do Sul

O Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica, situado no Observatório espacial do Sul, em São Martinho - RS, tem como finalidade possibilitar o alojamento de equipamentos que são operados a fim de se realizar medidas sobre os parâmetros da Alta Atmosfera Terrestre.

Assim, foram realizadas campanhas periódicas de coleta de dados em períodos de Lua Nova, ou quando não há outras fontes de luz significativas, que podem interferir nos dados de Luminescência Atmosférica coletados, ou até mesmo danificar os equipamentos, por serem muito sensíveis à luz. Levando em consideração também a ocorrência de chuva durante esses períodos, quando também se torna inapropriado a operação dos equipamentos. Então foi realizadas coletas mensais de dados sobre a Aeroluminescência Noturna que se restringem, em média à três dias por a cada mês.=



FIGURA 14: Imagem do centro de operação dos equipamentos, no interior do LOLA, em São Martinho da Serra.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

Os equipamentos que foram utilizados na coleta de dados, foram:

- O Fotômetro Zenital Fotsul; depois de coletados, são feitas duas cópias desses dados: uma é trazida ao LMLA, onde os dados são trabalhados, e outra cópia é levada para o Japão, pelo Dr. Kasuo Makita, docente da Universidade de Takushoku. Na parceria Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas. Este equipamento está em operação desde 2001.
- A Câmera imageadora Fish-Eye; os dados são gravados em DVD, sendo uma cópia trazida ao LMLA, onde os dados são reduzidos e trabalhados. E outra cópia é enviada a Faculdade de Engenharia da Universidade de Takushoku, Japão. Este equipamento está instalado e operando desde o ano 2000.
- A Câmera Imageadora Wide-Angle; sendo que os dados também são gravados em DVD, sendo uma cópia trazida ao LMLA, onde os dados são reduzidos e trabalhados. E outra cópia é enviada a Faculdade de Engenharia da Universidade de Takushoku, Japão. Este equipamento opera no LOLA desde o ano 2000.
- Uma Câmera de TV imageadora - CCD (Charge Coupled Device), que coleta dados em seqüência temporal que são gravados em uma fita digital. Esses dados não são utilizados pelo LMLA, por não possuírem-se os equipamentos adequados para analisá-los, assim esses dados são enviados diretamente para a Universidade de Takushoko. E está em operação desde o ano 2000.

Há ainda outros três equipamentos que estão temporariamente fora de operação:

- O Fotômetro 4 Janelas; este equipamento apresentou problemas técnicos no ano de 2006 e, portanto, está temporariamente inoperante, mas no segundo semestre de 2007 o Dr. Hiromasa Yamamoto – Rikkyo University, participante no processo de instalação e operação deste equipamento, virá repará-lo. Este equipamento foi instalado no LOLA em 2003, e desde então vinha operando na aquisição de dados que eram trazidos ao LMLA e também levados ao Japão pelo Dr. Yamamoto.

- Fotômetro de Varredura Meridional - MIS este equipamento também apresentou problemas técnicos ao ser instalado no LOLA em 2005, e foi enviado ao INPE de São José dos campos, onde está em processo de reparação.
- O Fotômetro FotOH(6-2). Este equipamento está em processo de instalação no LOLA. Sendo que seus dados serão utilizados pelos integrantes do Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica.

4.2 Instalação do Espectrofotômetro FotOH(6-2)

No mês de abril do ano de 2006, foi realizada uma visita técnica de 5 dias a São José dos Campos para calibração do Fotômetro FotOH(6-2), também foram realizadas reuniões com o Dr. Hisao Takahashi e o Dr. Cristiano Max Wrasse, para delinear os trabalhos futuros a serem realizados no LMLA.

Este equipamento é oriundo do Programa Antártico Brasileiro (PAN). Sendo que estava operando na Antártica. Então ele foi levado ao INPE de São José dos Campos, onde foi readaptado para operar no Observatório Espacial do Sul.

O processo de calibração foi realizado da seguinte maneira: foi posta uma lâmpada específica para calibração, e então foram realizadas medidas para cada um dos 190 canais nos quais opera o equipamento. Assim foi possível determinar a sensibilidade absoluta do equipamento, tendo em consideração que a lâmpada utilizada tinha uma radiância espectral bem conhecida.

Já no mês de abril de 2007, o Dr. Delano Gobbi (DAE/CEA/INPE – MCT) realizou uma visita técnica para instalação do FotOH(6-2), no Observatório Espacial do Sul, onde foram esclarecidas as especificações de funcionamento do equipamento, e realizados testes para verificar seu funcionamento.

4.3 Variação Sazonal da Aeroluminescência Observada no Observatório Espacial do Sul

Foi realizado um trabalho com os dados do fotômetro Fotsul para estudar a variação sazonal da aeroluminescência noturna sobre o sul do Brasil. Com base nos dados coletados pelo equipamento, de 2001 a 2006, foi desenvolvido um estudo sobre a relação dos diferentes períodos sazonais com a intensidade média da luminescência noturna, utilizando para isso duas linhas de emissão do oxigênio atômico – OI 5577 e OI 6300. Os dados foram trabalhados com o auxílio de programas em linguagem IDL (Interactive Data Language).

Através do desenvolvimento de programas em linguagem IDL, foram criados gráficos da variação na intensidade do OI 5577 e OI 6300 para cada noite observada – Figura 3. Assim foi possível estabelecer um valor médio da luminescência noturna para todos os dados coletados de 2001 a 2006.

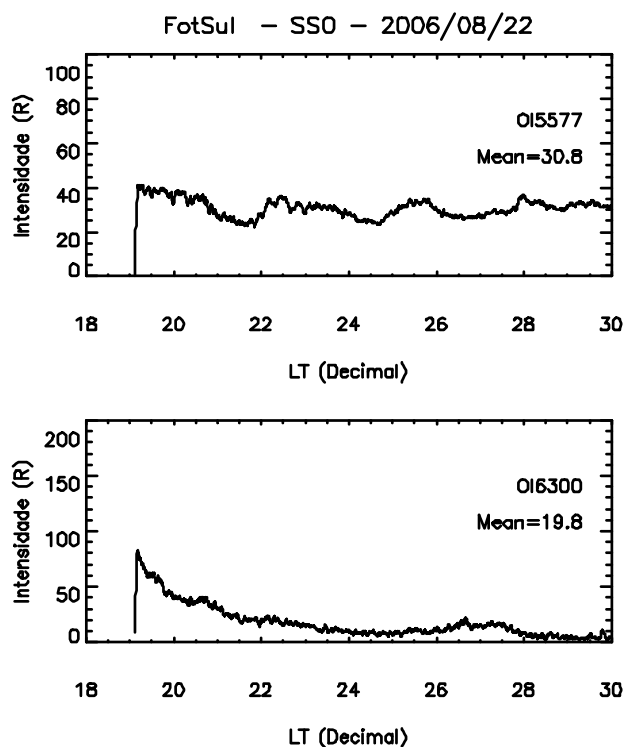


FIGURA 15: Exemplo de um gráfico da variação na intensidade da Luminescência Noturna nas linhas OI 5577 e OI6300 do dia 22 de agosto de 2006.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

Pôde-se claramente perceber, nos gráficos, a relação entre o índice médio de luminescência noturna e os períodos sazonais com atividade solar mais intensa.

A taxa de emissão média anual na linha vermelha do oxigênio atômico – OI 557,7 – está na faixa de 140 Rayleighs, variando de 80 a 220 Rayleighs, sendo que o mínimo de emissão ocorre no intervalo de junho a agosto.

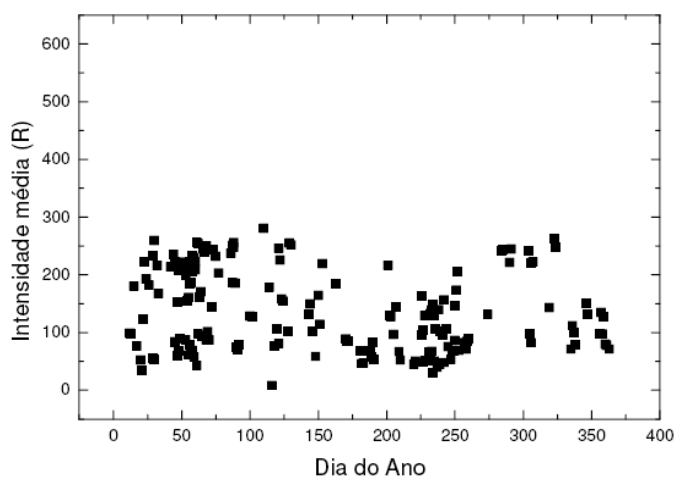


FIGURA 16: Gráfico da variação da intensidade média noturna do OI6300 em função dos dias do ano.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

A linha verde – OI6300 – apresenta uma menor taxa de emissão, tendo intensidade média anual de aproximadamente 120 Rayleighs e variando na faixa de 20 a 170 Rayleighs.

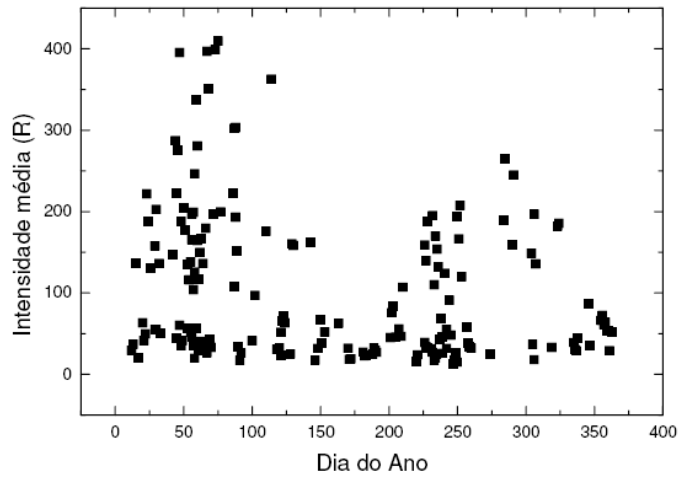


FIGURA 17: Gráfico da variação da intensidade média noturna do OI5577 em função dos dias do ano.

FONTE: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

No gráfico de intensidade média mensal da aeroluminescência noturna, vemos que o OI 557,7 apresenta dois picos: o primeiro nos meses de Março e Abril e o segundo, sendo o máximo global, no mês de Outubro.

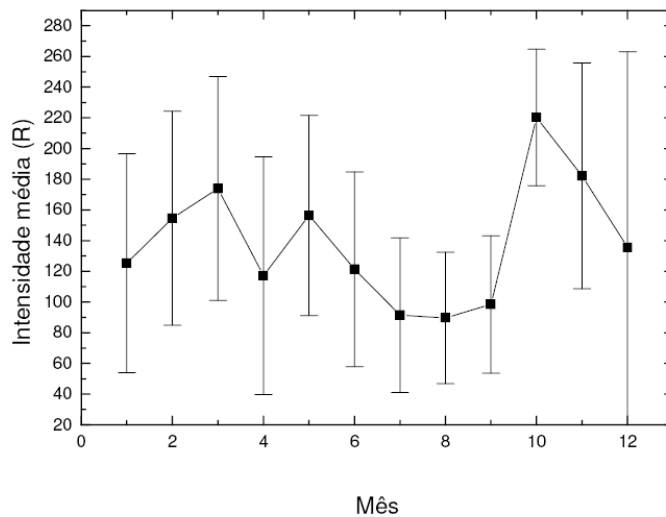


FIGURA 18: Gráfico da variação da intensidade média mensal do OI5577.

FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

A banda de emissão do OI 6300 apresenta uma variação semi-anual simétrica na sua taxa de emissão, com picos em de Março e Outubro e valores mínimos entre Julho a Setembro.

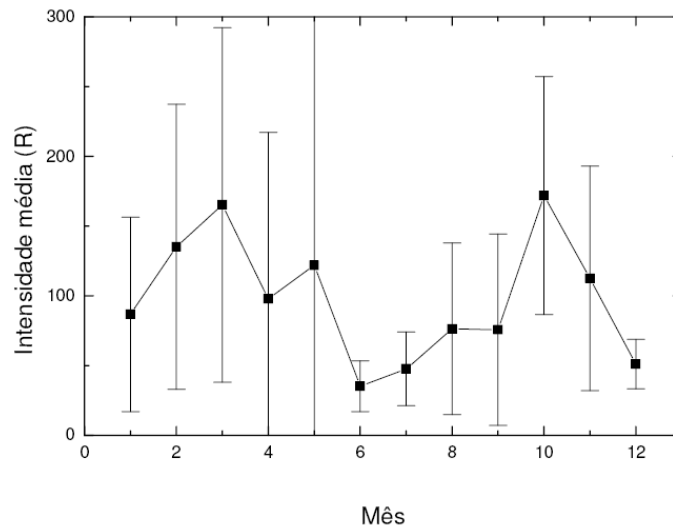


FIGURA 19: Gráfico da variação da intensidade média mensal do OI6300.
FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

Neste Trabalho pode-se demonstrar que nos meses de outono e primavera a taxa de emissão média de luminescência noturna atinge valores máximos e que entre os meses de Maio a Setembro – no período de inverno – o índice médio de luminescência é mínimo.

Observou-se que as emissões possuem certos comportamentos diferenciados, como a taxa de emissão do OI 6300 em Dezembro, que possui um valor muito baixo, tendo em vista que em dezembro há um alto índice de atividades ionosféricas. São observadas também mudanças abruptas de um mês para outro na emissão de OI5577, onde a taxa de emissão eleva-se significativamente de Setembro para Outubro.

4.4 Estudo das Bolhas de Plasma Ionosférico no Observatório Espacial do Sul

Neste trabalho foi utilizado principalmente o fotômetro Fotsul para verificar a taxa ocorrência de Bolhas de Plasma sobre a região sul do país.

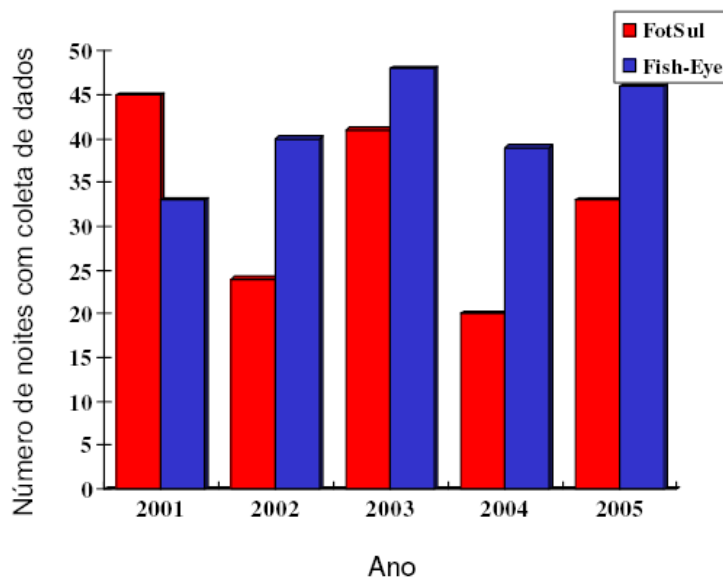


FIGURA 20: gráfico mostrando o número de dias com coletas de dados a cada ano.
 FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

Como já foi explanado anteriormente, é possível detectar a ocorrência de Bolhas Ionosféricas verificando a variação noturna da Aeroluminescência na linha de emissão de 630 nm do Oxigênio Atômico, pois a taxa de emissão volumétrica desta linha é diretamente proporcional a densidade eletrônica da região onde a radiação é emitida, e como as Bolhas de Plasma são regiões da ionosfera que possuem uma forte depleção de íons, pode-se então observar bruscas quedas nos gráficos da variação da intensidade média noturna do OI6300.

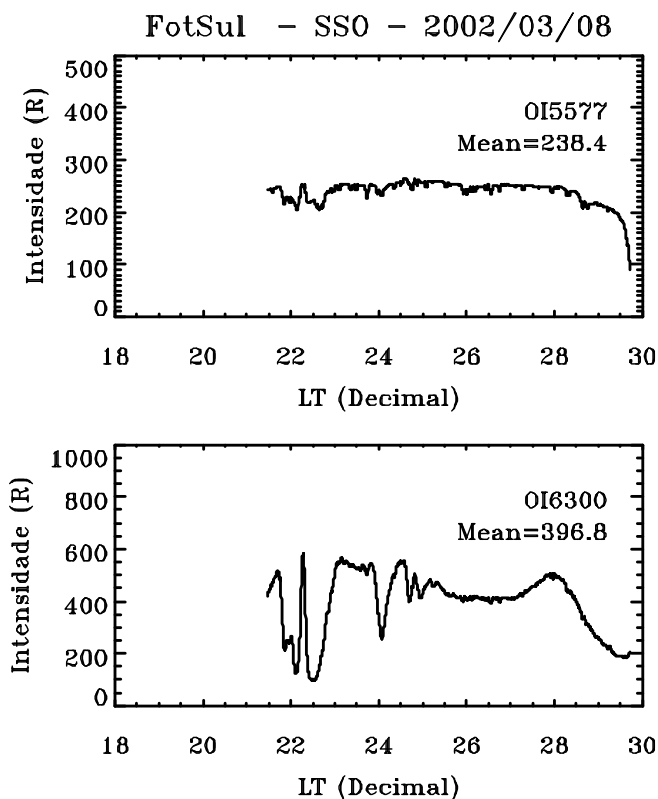


FIGURA 21: Exemplo de gráfico de intensidade da luminescência noturna que detecta a ocorrência de uma bolha de plasma, como pode-se notar pela abrupta queda na intensidade medida.

FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

Pode-se perceber que a variação da intensidade do OI5577 não varia significativamente com a ocorrência de uma Bolha de Plasma, assim é possível diferenciar quando a queda na intensidade do OI6300 se deve a uma bolha ou a algum outro fenômeno, como por exemplo a passagem de nuvens sobre o campo de visão do fotômetro.

Mas ainda assim, é possível corroborar os dados do fotômetro utilizando as imagens das câmeras. Com o auxílio do programa Bitran Câmera, as imagens são transformadas do formato CCD para o formato BMP, ao mesmo tempo em que são clareadas para facilitar a visualização dos fenômenos ionosféricos. E então se utiliza o programa CCD Câmera para rodar as imagens em seqüência, de modo que se torne possível observar claramente as variações espaciais e temporais da Alta Atmosférica.

E então analisando os dados de 2001 a 2005 foram selecionados as noites onde se evidenciou a ocorrência de Bolhas de Plasma e foi realizada uma análise de frequência na ocorrência do fenômeno.

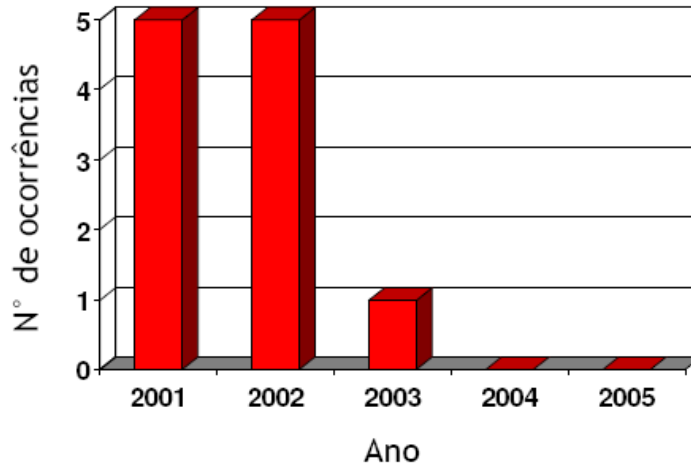


FIGURA 22: Gráfico mostrando o número de ocorrências de Bolhas de Plasma detectadas com o fotômetro Fotsul.

FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

Assim, todas as Bolhas Ionosféricas foram detectadas no período de **verão**, entre os meses de **fevereiro** e **março**.

Observou-se que os anos com maior número de ocorrência foram em períodos de máxima atividade solar, não sendo registrado casos no período de mínimo solar (2006).

Foi observado também que o horário de maior ocorrência de Bolhas é do início à metade da noite, não havendo casos registrados além das duas horas da manhã.

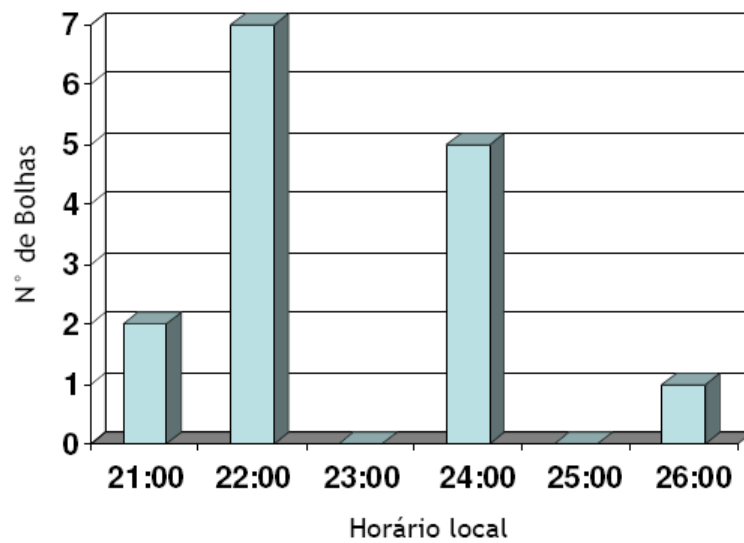


FIGURA 23: Gráfico mostrando os horários de ocorrência das Bolhas de Plasma detectadas pelo fotômetro Fotsul (hora local).
FONTE: Gráfico pertencente aos arquivos do LMLA.

É importante ressaltar que o fotômetro Fotsul coleta dados de uma limitada região do céu, assim, analisando esses dados não é possível inferir sobre a ocorrência de Bolhas de Plasma em regiões ionosféricas afastadas do Zênite, e neste trabalho foram detectadas apenas as Bolhas que se estendem sobre o campo de visão do Fotômetro.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

No decorrer da vigência da Bolsa, o acadêmico realizou estudos teóricos à respeito dos fenômenos que ocorrem na Alta Atmosfera terrestre, tais como a Luminescência Atmosférica e as Bolhas de Plasma em literaturas científicas especializadas (dissertações, livros, internet e artigos).

Foram realizadas campanhas de coleta de dados à respeito dos parâmetros da Alta Atmosfera, instalação de novos equipamentos no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica (LOLA) no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIEINPE-MCT.

Neste período foram analisados os dados antigos foram feitas reformulações na estrutura do banco de dados do Laboratório de Luminescência Atmosférica LMLA/CRS/CIEINPE - MCT. Com esses dados, analisou-se as variações sazonais e noturnas na intensidade da Luminescência Atmosférica.

Foram feitos estudos à respeito das Bolhas de Plasma Ionosférico, utilizando o banco de dados do LMLA, onde analisou-se como se comportam essas irregularidade, os horários e as épocas do ano em que mais ocorrem onde analisou-se a frequência de ocorrência desse fenômeno sobre a região sul do Brasil.

Neste período, o acadêmico ampliou significativamente seus conhecimentos sobre a área de Geofísica Espacial, com ênfase na Aeronomia. E pode adquirir conhecimentos que lhe permitem compreender o funcionamento de uma carreira científica, ao conviver com pesquisadores experientes que puderam lhe passar suas experiências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Chamberlain, J. W.; *Physics of the Aurora and Airglow*, American Geophysical Union, 1995.
- ❖ Makita, K.; *Change of Earth Environment Due to Decreasing Geomagnetic Field The Necessity of Observation in Brazilian Geomagnetic Anomaly Region*; Rev. Takushoku University, 40, 15-24, 1996.
- ❖ Wrasse, C. M.; *Observação da Temperatura Rotacional da Hidroxila Através da Aeroluminescência na região da Mesosfera Terrestre*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE-8003-TDI/751, 2000
- ❖ Santana, D. C.; *Estudo da evolução temporal/espacial das derivas das depleções do plasma ionosférico por imagens digitais da aeroluminescência OI 630 nm noturna*; INPE-8179-TDI/759, São José dos Campos, 2001.
- ❖ Santos, P. M. T.; *Estudo das derivas zonais das Irregularidades de Plasma Ionosférico na região brasileira*; INPE-8208-TDI/763, São José dos Campos, 2001.
- ❖ Bageston, J. V.; *Determinação da Temperatura de Mesosfera Superior utilizando um Espectro-Imageador*. São José dos Campos, 2005.

ANEXOS

Trabalhos Apresentados em Eventos:

Trabalho apresentado no SBGEA

– **CARLESSO, Pablo Fernando**; Goulart, Henrique Orlandi; WRASSE, Cristiano Max; MAKITA, Kazuo; TAKAHASHI, Hisao; SCHUCH, Nelson Jorge. **VARIAÇÃO SAZONAL DA AEROLUMINESCÊNCIA NOTURNA OBSERVADA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL**. Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia – SBGEA, São José dos Campos - SP, Brasil.

Resumo

Estudos relacionados à aeroluminescência noturna – *nightglow* – utilizando dados do fotômetro Fotsul, instalado no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica no Observatório Espacial do Sul – LOLA/OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra (29°S, 53°W), RS, Brasil, são realizados no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LMLA/CRSPE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS, no âmbito da parceria INPE-UFSM com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM e CRS/CIE/INPE – MCT. O fotômetro mede a intensidade da luminescência atmosférica do Oxigênio atômico, linha verde (OI 557,7 nm) e vermelha (OI 630,0 nm). O trabalho apresenta os resultados referentes às variações médias noturnas, obtidas de janeiro de 2001 a agosto de 2006, onde são discutidas as variações sazonais, anuais e semi-anuais.

Trabalho apresentado na JAI – UFSM

– **CARLESSO, Pablo Fernando**; Goulart, Henrique Orlandi; WRASSE, Cristiano Max; TAKAHASHI, Hisao; SCHUCH, Nelson Jorge. **ESTUDO DE BOLHAS DE PLASMA IONOSFÉRICO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM 29 GRAUS SUL**. XI Jornada Acadêmica Integrada – JAI, Santa Maria - RS, Brasil.

Resumo

O estudo da alta atmosfera através da aeroluminescência na região da anomalia magnética do Atlântico Sul vem sendo desenvolvido pelo Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica - LMLA/CRS/CIE/INPE/MCT, no âmbito dos parceiros: INPE – UFSM e Brasil – Japão em Ciências Espaciais Básicas, desde 2001, coletando dados da aeroluminescência noturna em São Martinho da Serra, RS, Brasil (29° S, 53° W) no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE/MCT. Utilizando o Fotômetro Fotsul, equipamento óptico constituído de uma fotomultiplicadora e de um sistema de filtros de interferência é possível medir as emissões do oxigênio atômico, nos comprimentos de onda 557,7 nm (linha verde) 630,0 nm (linha vermelha). Através destas medidas torna-se possível detectar a ocorrência de Bolhas de Plasma (a rarefação do plasma) na Ionosfera. Este fenômeno ocorre devido a atividade dinâmica na ionosfera, cujo período de maior ocorrência coincide com os períodos sazonais de maior atividade solar – de setembro a março. Este trabalho visa apresentar de forma estatística a frequência de ocorrência desse fenômeno no período de 2001 a 2006.