

**IRREGULARIDADES NO PLASMA IONOSFÉRICO  
OBSERVADOS ATRAVÉS DE MEDIDAS ÓTICAS DA EMISSÃO  
OI 630 NM NA REGIÃO TROPICAL BRASILEIRA.**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Douglas Willian Duarte de Vargas (Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCTI)

**Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica**

LMLA/CRS/CCR/INPE – MCTI

**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais**

CRS/CCR/INPE – MCTI)

E-mail: douglas\_v89@hotmail.com

Alexandre Alvares Pimenta (DAE/CEA/INPE-MCTI, Orientador)

**Divisão de Aeronomia**

DAE/CEA/INPE-MCTI

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

INPE – MCTI

E-mail: pimenta@laser.inpe.br

Julho de 2012



## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:**

### **Título:**

# **IRREGULARIDADES NO PLASMA IONOSFÉRICO OBSERVADOS ATRAVÉS DE MEDIDAS ÓTICAS DA EMISSÃO OI 630 NM NA REGIÃO TROPICAL BRASILEIRA.**

**Processo: 102987/2012-2**

### **Aluno Bolsista no período de fevereiro/2012 a Julho/2012:**

**Douglas Willian Duarte de Vargas**

Acadêmico do Curso de Física Bacharelado

Centro de Ciências Naturais e Exatas – CCNE/UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

### **Orientador:**

**Dr. Alexandre Alvares Pimenta.**

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE – MCTI

### **Co-Orientador:**

**Dr. Nelson Jorge Schuch**

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

### **Colaboradores:**

Doutorando Cristiano Sarzi Machado - CRS/CCR/INPE – MCTI – LACESM/CT –  
UFSM

### **Local de Trabalho/Execução do projeto:**

Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica – CRS/INPE - MCTI

Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE – MCTI

Trabalho desenvolvido no âmbito da parceria INPE/MCT – UFSM, através do Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica - LMLA/CRS/CCR/INPE – MCTI com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao Dr. Nelson Jorge Schuch do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE-MCT, pela confiança, paciência e dedicação depositada em mim.

Ao Dr. Alexandre Álvares Pimenta do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT, pela orientação nas minhas atividades de Iniciação Científica.

Ao Doutorando em Geofísica Espacial Cristiano Sarzi Machado por todo apoio prestado e pela sua amizade.

Aos colegas do curso de Física e do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE-MCT pelas discussões e constante companheirismo, ao meu colega de laboratório Michel Baptistella Stefanello, pelo auxílio e amizade.

Aos meus pais, Nilton Duarte de Vargas e Neusa Duarte de Vargas por me darem suporte, amor, carinho e dedicação.

Meus sinceros agradecimentos:

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

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

A Sra. Egidia Inácio da Rosa, pelo constante apoio, alertas e sua incansável preocupação com toda a burocracia e datas limites do Programa para com os bolsistas de I. C. & T do CRS/INPE - MCTI.

De maneira geral, agradeço a todos que de alguma forma colaboraram com a execução deste trabalho.



## **Preâmbulo**

O Projeto teve a bolsista Aline Amorim de Almeida, aluna do Curso de Engenharia Aeronáutica e Espaço da UNIVAP, substituída no mês de fevereiro do ano de 2012 pelo acadêmico Douglas Willian Duarte de Vargas, aluno do Curso de Física Bacharelado da UFSM, que passou a realizar os trabalhos referentes ao Projeto a partir do mês de Fevereiro de 2012. O novo bolsista teve como principal objetivo nesta primeira etapa, estudar a literatura relacionada ao Projeto, como teses de doutorado, relatórios anteriores a fim de familiarizar-se com o Projeto que iria desenvolver ao longo do ano. A etapa seguinte será realizar a análise dos dados coletados pelo Imageador “All-Sky” localizado no município de São Martinho da Serra, RS.



## **RESUMO**

As irregularidades de plasma de grande escala na região F tropical e de baixas/médias latitudes se manifestem como redução/aumentos na densidade do plasma devido às instabilidades na base na ionosfera. Tais irregularidades podem interferir na propagação de sinais de rádio empregados nas telecomunicações bem como nos sinais empregados em sistemas de navegação e posicionamento, como os GPS. Através de medidas óticas da emissão OI 630nm e OI 777.7nm, obtidas com imageadores do tipo All-Sky, podemos observar Dark Band Structures (DBS), Brightness Waves (BW) e Bolhas de plasma. O fenômeno conhecido como Dark Band Structures trata-se de uma instabilidade de plasma ionosférico, onde o plasma da camada F é empurrado para alturas superiores, causando a redução na intensidade da emissão OI 630nm. Em imagens “all-sky”, as DBS se manifestam como uma onda atravessando o campo de visão do imageador e se propagando de sudoeste para noroeste. As Brightness Waves tratam-se de uma anomalia na temperatura da termosfera na região tropical, e é decorrente de uma interação não linear entre modos de marés que causam um aumento de temperatura em torno da meia noite. Esse aumento de temperatura causa um gradiente de pressão que modifica os ventos meridionais. O fenômeno conhecido como Bolhas de Plasma tem origem na ionosfera equatorial. As bolhas de plasma ocorrem na ionosfera, acima de 200 km, e sempre no período da noite. Essas têm a propriedade de interferir na propagação de ondas de Rádio-Frequência (RF). Neste trabalho apresentamos e discutimos alguns eventos relacionados com essas instabilidades de plasma na região F ionosférica.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
<i>LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA</i> .....	9
2.1. <i>Ionosfera</i> .....	9
2.2. <i>Luminescência Atmosférica na região F</i> .....	11
2.3. <i>OI 630.0 NM</i> .....	11
2.4. <i>OI 557.7 nm</i> .....	12
2.5 <i>OI 777.4 NM</i> .....	13
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
<b>IRREGULARIDADES IONOSFÉRICAS</b> .....	<b>14</b>
3.1 <i>Aspectos Gerais</i> .....	14
3.2 <i>Dark Band Structures (DBS)</i> .....	14
3.3 <i>Brightness Waves (BW)</i> .....	15
3.4 <i>Bolhas de Plasma</i> .....	17
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>18</b>
<b>INSTRUMENTAÇÃO</b> .....	<b>18</b>
4.1 <i>Imagiador All-Sky</i> .....	18
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>21</b>
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>22</b>
<b>PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>23</b>
<b>PRINCIPAIS ATIVIDADES A CONCLUIR</b> .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>24</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>25</b>



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 2.1.1- Nomenclatura e localização das camadas ionosféricas.....	10
Figura 3.2.1- Imagens de emissão OI 630 nm obtidas nos dias 02-03 de julho de 2005, das 01:12:51 às 02:37:52, atravessando o campo de visão do imageador.....	15
Figura 3.3.1- Sequência de imagens obtidas pelo fotômetro na noite de 28 de agosto de 1987. Nesta imagem, a BW (Brightness Waves) atravessa o campo de visão do imageador. ....	16
Figura 3.3.1 - Uma série de imagens de uma bolha de plasma obtida através do imageador “all-sky”. No dia 19/01/2012.....	17
Figura 4.1.1 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem externa do equipamento. ....	19
Figura 4.1.2 - A roda de filtros de interferência. Sob a mesma, encontra-se uma unidade eletrônica de controle.....	20



## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

O estudo das irregularidades ionosféricas é muito importante para se entender os processos dinâmicos da alta Atmosfera e Ionosfera. Através da emissão do OI 630nm e OI 777.4nm, observa-se as irregularidades do plasma ionosférico, tais como DBS (Dark Band Structures), BW (Brightness Waves) e Bolhas de Plasma. Para as Dark Band Structures as imagens mostram eventualmente frentes de onda atravessando o campo de visão do imageador, propagando-se de sudeste para noroeste, passando pelo zênite por volta das 24h (hora local). Este fenômeno trata-se de uma instabilidade de plasma ionosférico, onde o plasma da camada F é empurrado para alturas superiores, causando a redução na intensidade da emissão OI 630nm.

As Brightness Waves tratam-se de uma anomalia na temperatura da termosfera na região tropical, e é decorrente de uma interação não linear entre modos de marés que causam um aumento de temperatura em torno da meia noite. Esse aumento de temperatura causa um gradiente de pressão que modifica os ventos meridionais, que normalmente sopram em direção ao equador.

Já as Bolhas de Plasma têm origem na ionosfera equatorial. O fenômeno ocorre sempre no período da noite, têm tendência de se alinhar de norte a sul propagando-se para leste. As bolhas de plasma ocorrem na faixa da ionosfera, acima de 200 km. Estas têm a propriedade de interferir na propagação de ondas de RF. Para detectá-la podemos usar, por exemplo, ionossonda (rádio) e também o imageador all-sky (ótico).

## CAPÍTULO 2

### LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA

#### 2.1. Ionosfera

A Ionosfera é um plasma parcialmente ionizado (porém neutro) que conduz eletricidade e está situada a uma altura de, aproximadamente, 60 km e estende-se a alturas superiores de 1000 km. A formação da ionosfera é essencialmente governada pela ação da radiação solar sobre os constituintes atmosféricos, através de processos como a fotoionização e recombinação (radiativa ou dissociativa). Partículas de alta energia também podem penetrar na atmosfera promovendo a ionização de seus constituintes, embora este processo seja típico de regiões de altas latitudes magnéticas.

De acordo com sua variação com a altura, divide-se a ionosfera em diversas regiões. Essas variam conforme a hora do dia, estações do ano e condições solares. A explicação para a formação dessas camadas se dá por dois fatores: a intensidade solar não é a mesma para todos os comprimentos de onda, e com isso pode ser mais intensa em um comprimento de onda específico; e a composição da atmosfera neutra ser altamente variada, promovendo assim a fotoionização por radiações de diferentes comprimentos de onda.

As regiões iônicas da ionosfera são: D; E e F

**Região D:** parte inferior da ionosfera, até 80 km, como a densidade atmosférica é maior nesta região as colisões entre elétrons, íons e partículas neutras são relativamente frequentes, causando atenuações nos sinais de rádio que interagem com a ionosfera. Quando há radiação solar a camada D desaparece. Radiações ionizantes predominantes são os raios X e a radiação Lyman- $\alpha$ .

**Região E:** Sua altitude média é entre os 80 e 130 km, é uma região importante, pois é onde se desenvolvem as correntes elétricas ionosféricas. A região E está presente durante o dia e à noite, sua concentração diminui sensivelmente.

**Região F:** engloba as camadas F1 e F2.

A região F1 é formada pela ionização do oxigênio atômico O pelos raios EUV (extremo ultravioleta), o que produz elétrons livres e  $O^+$ . Sua concentração de elétrons depende do ângulo zenital do sol e da atividade solar.

A região F2 também é composta, principalmente, de elétrons livres e  $O^+$ . Sua concentração de elétrons varia com a atividade solar. Durante o dia, apresenta os maiores valores de concentração de elétrons livres. Durante a noite, a concentração sofre uma diminuição, mas a camada não desaparece. E o presente estudo se concentra nessa região.

A figura abaixo apresenta as regiões ionosféricas em função da densidade eletrônica.

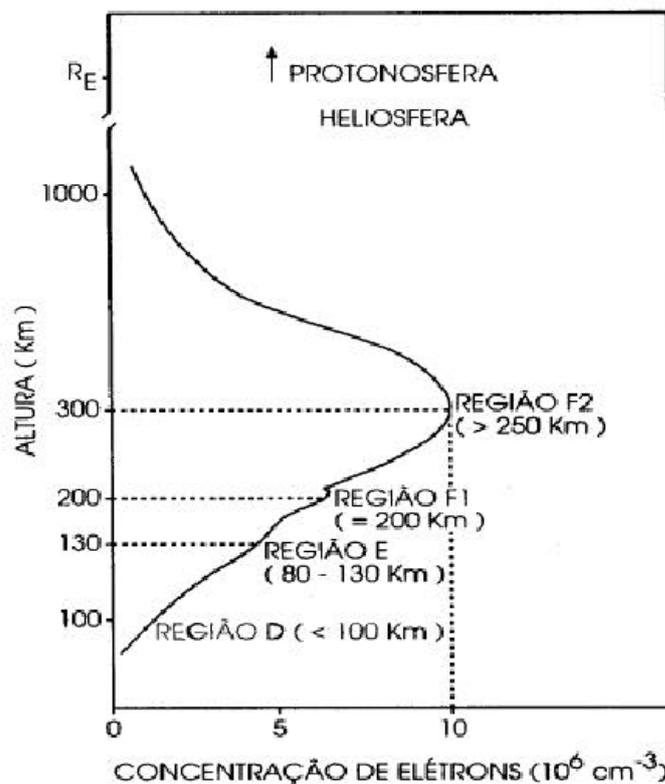


Figura 2.1.1- Nomenclatura e localização das camadas ionosféricas.

FONTE: Kirchhoff (1991, p.77)

## 2.2. Luminescência Atmosférica na região F

Na atmosfera noturna, íons e elétrons se recombinaem formando átomos neutros que, sendo excitados, liberam energia na forma de fótons. Esse fenômeno é conhecido como luminescência atmosférica.

A luminescência tem sua origem em reações fotoquímicas e reações de recombinação do plasma ionosférico, e sua fonte principal de energia é a absorção da radiação eletromagnética solar. A emissão instantânea é denominada de “dayglow”, e emissões com demora suficiente são denominadas “nightglow”.

As emissões noturnas na região F da ionosfera mais estudadas são: OI 630 nm; OI 557,7 nm e OI 777,4 nm. Em torno de aproximadamente 250 km de altura ocorre a emissão do oxigênio atômico em um comprimento de onda de 6300Å gerando uma luz vermelha. Sua unidade e medida são dadas em Rayleigh (10<sup>6</sup> fótons por centímetro quadrado de coluna por segundo) e comprimento de onda (da ordem de Ângstrons Å).

Neste estudo serão analisadas emissões de OI 630 nm.

## 2.3. OI 630.0 NM

Na região de baixa latitude, a recombinação dissociativa do O<sub>2</sub><sup>+</sup> elétrons na região F é um processo dominante para a produção de átomos de oxigênio excitados, os quais ao decaírem para o estado fundamental liberam o excesso de energia na forma de radiação eletromagnética. O oxigênio atômico se origina na recombinação dissociativa do íon O<sub>2</sub><sup>+</sup> com elétrons livres da região F. As equações a seguir representam as reações químicas que geram a emissão OI 630 nm na região F:



Em que,

O<sub>2</sub> = oxigênio molecular

O<sub>2</sub><sup>+</sup> = íon do oxigênio molecular;

O\* = átomo de oxigênio excitado;



e = elétron ;

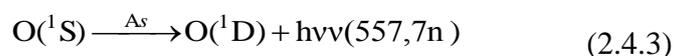
h = energia do fóton;

Trata-se de uma luz vermelha, gerada em uma camada de aproximadamente 50 km de espessura na termosfera a uma altura de aproximadamente 250 km. O pico da emissão OI630 nm ocorre na parte inferior da região F, em torno de 220-300 km. A intensidade da luminescência nesse comprimento de onda varia conforme o movimento vertical do plasma ionosférico, aumentando ou diminuindo quando o plasma ionosférico move-se para baixo ou para cima, respectivamente.

#### **2.4. OI 557.7 nm**

A linha de luminescência OI 557,7 nm (linha verde) possui duas fontes na atmosfera: uma camada de emissão entre 90 e 110 km de altitude, na região E da ionosfera e outra entre 220 e 300 km de altitude, na região F ionosférica. (MACHADO, C.S. 2011).

Ela surge na sua maior parte da recombinação do oxigênio atômico. As Observações feitas do solo desta emissão medem a intensidade integrada das duas fontes, isto é, das regiões E e F. Já está bem estabelecido que o processo de produção do oxigênio atômico excitado O(1S) na região F é a recombinação dissociativa do íon oxigênio molecular com elétrons. Na região F os átomos O(1S) resultam do mesmo mecanismo que gera a linha vermelha (recombinação dissociativa de íons de oxigênio molecular na ionosfera). O tempo de vida da transição do estado O(1S) na região F é aproximadamente 0,74 segundos (PETERSON et al. 1966). Assim sendo, podemos escrever as reações do OI 557,7 nm envolvidas no processo de recombinação dissociativa como:





## **2.5 OI 777.4 NM**

É uma das menos utilizadas, devido sua intensidade ser muito fraca. Essa linha é resultado da transição do oxigênio atômico, tem intensidade fraca (aproximadamente de 20 Rayleighs) e depende fortemente da concentração eletrônica, Sua maior intensidade se dá durante a atividade solar máxima, período em onde a densidade eletrônica da ionosfera é mais alta. A emissão é gerada em todas as alturas da ionosfera, sendo seu pico em torno de 350 km, região do pico de densidade eletrônica da região F. Os dois mecanismos de recombinação são: recombinação radiativa e recombinação íon-íon.

## CAPÍTULO 3

### IRREGULARIDADES IONOSFÉRICAS

#### 3.1 Aspectos Gerais

As irregularidades de plasma de grande escala da região F equatorial se manifestam como depleções na densidade do plasma devido às instabilidades na base na ionosfera. Tais irregularidades podem interferir na propagação de sinais de rádio empregados nas telecomunicações bem como nos sinais empregados em sistemas de navegação e posicionamento, como os GPS. Onde há ocorrência dessas irregularidades é na ionosfera tropical logo depois do pôr-do-sol, quando sob a intensificação de campos elétricos zonais a camada ionosférica se eleva rapidamente na direção vertical dando origem a gradientes abruptos de densidade na base da camada, que através disso originam-se as irregularidades.

#### 3.2 Dark Band Structures (DBS)

O fenômeno das Dark Band Structures (DBS) trata-se de uma instabilidade de plasma ionosférico, onde o plasma da camada F é empurrado para alturas superiores, causando a redução na intensidade da emissão OI 630nm. A instabilidade de plasma Perkins pode estar envolvida na formação das estruturas DBS. Perkins, (1973), criou um modelo para estudar uma possível instabilidade da ionosfera em média latitude, [veja Perkins (1973), Kelley and Miller, (1997); Hamza, (1999); Garcia et al., (2000), para a teoria da instabilidade Perkins].

Com imagens obtidas pelo imageador All-Sky, na linha de emissão OI 630nm, observa-se a propagação de bandas escuras, as quais são denominadas DBS (Dark Band Structures).

A mais notável característica das DBS é sua tendência de se alinhar de nordeste a sudoeste, propagando-se para o noroeste. Outra característica importante é que a maior ocorrência do fenômeno se dá em períodos de atividade solar mínima, atividade solar ascendente e descendente, sendo que, em períodos de máxima atividade solar não há

registros da ocorrência do fenômeno. Isso implica que a ocorrência das DBS não se deve a condições de distúrbios geomagnéticos.

A figura 3.2.1 ilustra o fenômeno observado na noite de 03 de julho de 2005 das 01:12:51 às 02:37:52 hora local, com um imageador All-Sky localizado em Cachoeira Paulista-SP.

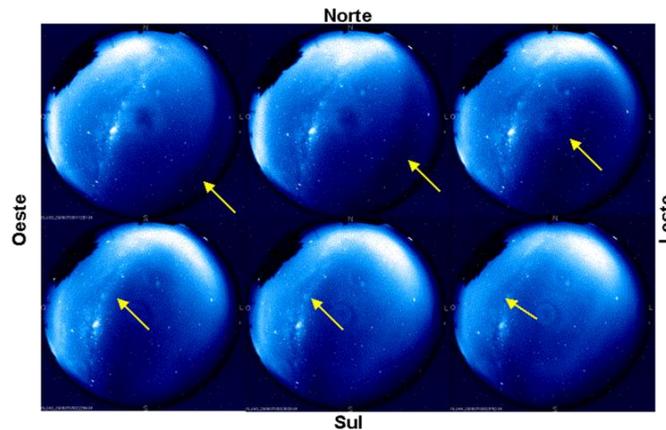


Figura 3.2.1- Imagens de emissão OI 630 nm obtidas nos dias 02-03 de julho de 2005, das 01:12:51 às 02:37:52, atravessando o campo de visão do imageador.

### 3.3 Brighthness Waves (BW)

É uma anomalia na temperatura da termosfera na região tropical, e é decorrente de uma interação não linear entre modos de marés que causam um aumento de temperatura em torno da meia noite. Esse aumento de temperatura causa um gradiente de pressão que modifica os ventos meridionais, que normalmente sopram em direção ao equador. Devido a essa anomalia na temperatura termosférica, ocorre uma inversão dos ventos, deslocam do equador para os pólos. Devido à inversão dos ventos, o plasma ionosférico se desloca para baixo ao longo das linhas de campo magnético, caracterizando-se por aumentos na emissão OI 630 nm, que pode ser vistos através de medidas de airglow.

Com imagens obtidas pelo imageador All-Sky, na linha de emissão OI 630 nm, observa-se a propagação de bandas claras, as quais são denominadas BW (Brighthness Waves). A figura a 3.3.1 ilustra o evento na noite de 28 de agosto de 1987 das 01h00min às 02h40min em Cachoeira Paulista –SP.

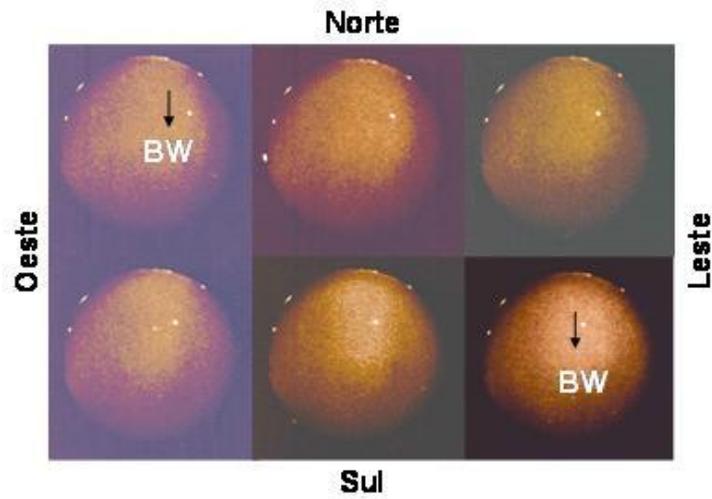


Figura 3.3.1- Sequência de imagens obtidas pelo fotômetro na noite de 28 de agosto de 1987. Nesta imagem, a BW (Brightness Waves) atravessa o campo de visão do imageador.

### 3.4 Bolhas de Plasma

Dentre os fenômenos observados na ionosfera terrestre estão as irregularidades de plasma de grande escala originárias da região equatorial, denominadas Bolhas de Plasma. O fenômeno ocorre sempre no período da noite, têm tendência de se alinhar de norte a sul propagando-se para o leste quando observada pelo imageador. As bolhas de plasma ocorrem na faixa da ionosfera, acima de 350 km de altitude e, portanto, podem ser detectadas através de medições da emissão OI 630 nm. As bolhas podem atingir mais de 2.000 km de altitude. Estas têm a propriedade de interferir na propagação de ondas de rádio frequência. Para o estudo das bolhas de plasma temos, por exemplo, a ionossonda (rádio) e também o imageador all-sky (ótico).

A figura 3.3.1 mostra um caso de distúrbio ionosférico, denominado bolha de plasma, observado no monitoramento do OI 630.0 nm no dia 19 de janeiro de 2012 das 22h35min às 23h13min em São Martinho da Serra –RS.

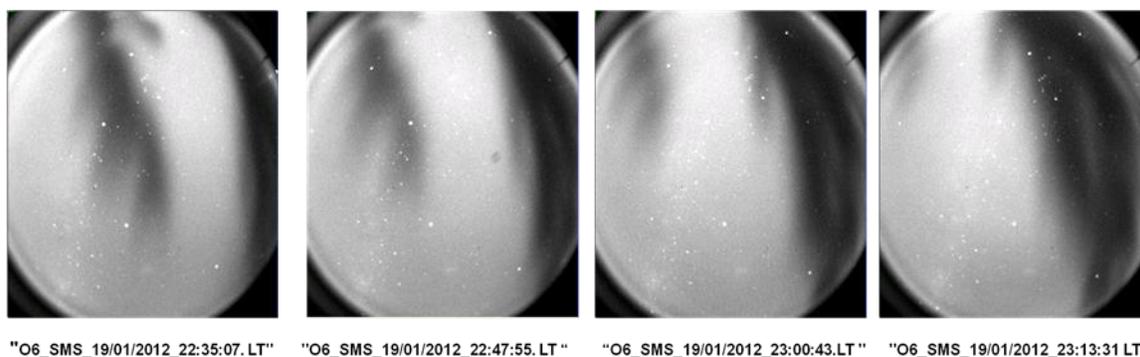


Figura 3.3.1 - Uma série de imagens de uma bolha de plasma obtida através do imageador “all-sky”.  
No dia 19/01/2012

## **CAPÍTULO 4**

### **INSTRUMENTAÇÃO**

#### **4.1 Imagiador All-Sky**

O imageador "All-Sky" é um instrumento óptico utilizado para fazer medidas de luminescência atmosférica em diversos comprimentos de onda. Ele é formado por uma lente tipo all-sky que fornece um campo de visão de aproximadamente 180°, esse tipo de lente introduz efeitos de compressão e curvatura da imagem, conforme se aproxima das bordas da mesma. Uma roda de filtros que possui cinco filtros que giram automaticamente, sendo que cada um se destina a uma emissão, é gerenciada pelo programa de aquisição de dados. O sistema telecêntrico de lentes torna os feixes perpendiculares à roda de filtro, evitando, assim, o deslocamento na linha de emissão selecionada, o sistema telecêntrico que direciona a luz monocromática para a câmara CCD (matriz de células fotossensíveis) que reproduz as imagens do céu, além disso, todo o processo de captação das imagens é controlado por um microcomputador.

O imageador "All-Sky" do LASER / INPE: instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCTI –, em São Martinho da Serra, RS, foi adquirido pelo INPE conveniado com a FAPESP, por meio do Dr. Alexandre Álvares Pimenta. Esse imageador trata-se de um imageador monocromático com filtros de 4 polegadas e uma câmera CCD de 2048 x 2048 pixels. As figuras 4.3.1 e 4.3.1 a seguir mostram o equipamento instalado em São Martinho da Serra.

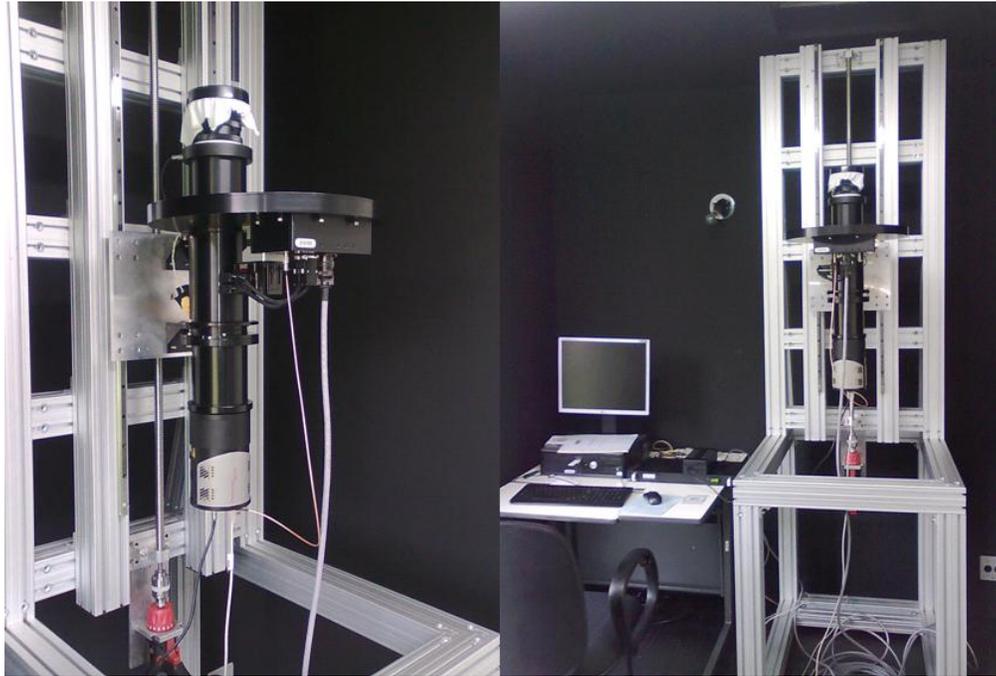


Figura 4.1.1 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem externa do equipamento.

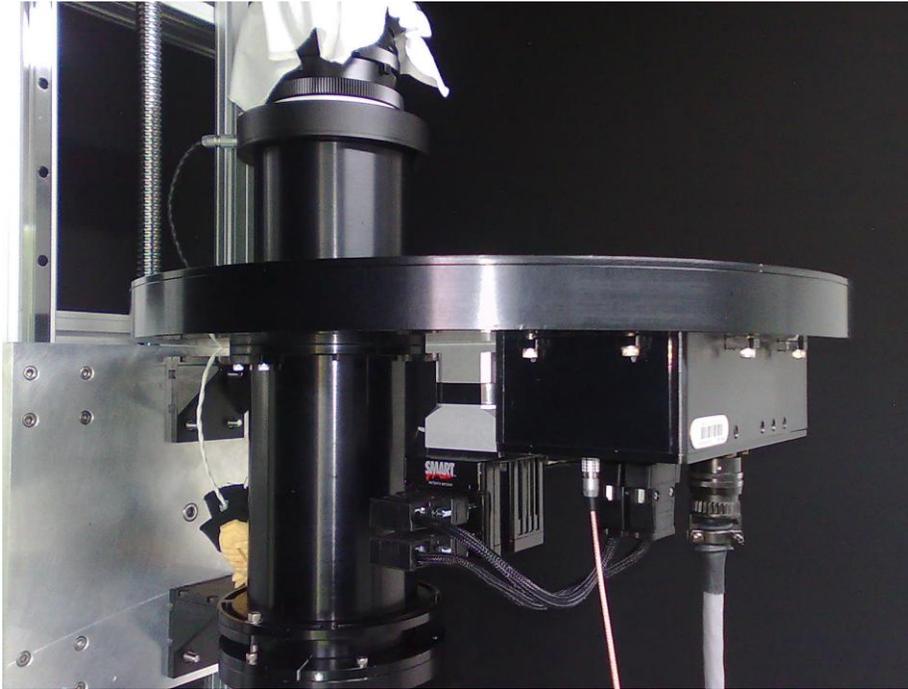


Figura 4.1.2 - A roda de filtros de interferência. Sob a mesma, encontra-se uma unidade eletrônica de controle.

O imageador CCD All-sky necessita de céu claro para operar. Com isso, seu período de observação é de aproximadamente 13 dias por mês, durante o período das luas nova e minguante. Se as condições meteorológicas não forem boas neste período, o imageador não opera.



## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

Com base na bibliografia consultada e outros estudos realizados pela Divisão de Aeronomia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, apresentamos as principais características dessas irregularidades ionosféricas:

Dark Band Structures (DBS) têm tendência de se alinhar do nordeste a sudoeste, propagando-se para o noroeste a uma altitude de aproximadamente 300 km. Tal fenômeno não está relacionado a distúrbios geomagnéticos e ocorre, preferencialmente, em períodos de atividade solar mínima e atividade solar ascendente e descendente.

Brightness Waves (BW) trata-se de uma anomalia na temperatura da termosfera que se origina na região tropical, e é decorrente de uma interação não linear entre ondas de marés que causam um aumento de temperatura em torno da meia noite. As BW têm tendência de se propagar do norte a sul, a uma altitude de aproximadamente 300 km e estão relacionadas a distúrbios geomagnéticos.

Bolhas de Plasma têm tendência de se alinhar de norte a sul, propagando-se para o leste. Ocorrendo na faixa da ionosfera, acima de 350 km de altitude e, portanto, podendo ser detectadas através de medições da emissão OI 630 nm. As mesmas têm a propriedade de interferir na propagação de ondas de RF.



## **CAPÍTULO 6**

### **PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Realizou-se uma revisão bibliográfica de livros e artigos científicos sobre os fenômenos como Luminescência Atmosférica e sobre os fenômenos estudados.

Além disso, o bolsista auxiliou na manutenção e no funcionamento do imageador “all-sky”. Participação do seminário de Iniciação Científica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (SICCRS), com a apresentação do trabalho intitulado: “IRREGULARIDADES NO PLASMA IONOSFÉRICO OBSERVADOS ATRAVÉS DE MEDIDAS ÓTICAS DA EMISSÃO OI 630 NM NA REGIÃO TROPICAL BRASILEIRA”



## **CAPÍTULO 7**

### **PRINCIPAIS ATIVIDADES A CONCLUIR**

Redução dos dados, tratamento das imagens e cálculo da velocidade das irregularidades no plasma ionosférico.

Elaboração de trabalhos científicos e participação em congressos.

Continuação da revisão bibliográfica sobre os fenômenos estudados e auxílio na manutenção e funcionamento do imageador “all-sky”.



## **CAPÍTULO 8**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A execução do Trabalho de Pesquisa ajudou o bolsista a aplicar os novos conhecimentos ao longo do Curso de Física.

Durante sua atuação no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica e no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica o bolsista aprofundou seus conhecimentos relacionados com as áreas da Geofísica Espacial, especialmente em Aeronomia.

É preciso enfatizar que as atividades de Iniciação Científica foram essenciais para o desenvolvimento científico do bolsista envolvido, contribuindo para sua formação, visto que estimulou fortemente o interesse pela Ciência.



## REFERÊNCIAS

Amorim, D. C. M. **Caracterização de distúrbios ionosféricos propagastes na região de baixas latitudes no setor brasileiro associados a Instabilidade de plasma perkins gerada em médias latitudes**. 2010. 134p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.

Bageston, J. V. **Determinação da temperatura da mesosfera superior utilizando espectro - imageador**. 2005. 139p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

Braessur, G., Solomon, S. **Aeronomy of the middle atmosphere**. Dordrecht, Holanda: D. Reidel 1986, 441 p.

Chamberlain, J. W.; **Physics of the Aurora and Airglow**, American Geophysical Union, 1995.

Machado, Cristiano Sarzi. **Estudo de ocorrência de bandas claras utilizando luminescência atmosférica da região F de baixas latitudes em função do ciclo solar**. 2011. 135p. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2011.

Amorim, A. A. **Medidas simultâneas de ondas atmosféricas na região F e bolhas de plasma usando técnicas óticas e de rádio** . 2010. Relatório de projeto (iniciação científica) – Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Santa Maria RS. 2010.

Kirchhoff, V. W. J. H. **Introdução à geofísica espacial**. São José dos Campos: INPE, 1991. 149 p. ISBN 85-7233-001-1. (INPE-7306-RPQ/700).

Maekawa, R. **Development mult-color all sky airglow CCD imaging system**. Kyoto University, Dec, 1998 (RASC Research Report).

Makita, K.; Okano, S.; Yukimatsu, A.; Nishino, M.; Shibasaki, K.; Yamamoto, H.; Kikuchi, T.; Nozaki, K.; Fujitaka, K.; Furukawa, M.; Takahashi, H.; Schuch, N.J.; **Upper**



**Atmosphere Observations in the Brazilian Geomagnetic Anomaly Region, Bulletin of Science and Engineering**, Takushoku University, V. 1, No.2, 1997.

Peterson, V.I.; Steiger, W.R. F-region nightglow emissions of atomic oxygen. **Journal of Geophysical Research**, v.71, no.9, p. 2267-2277, 1966.

Pimenta, Alexandre Álvares. **Estudos da deriva zonal e Dinâmica das Bolhas de Plasma na região Tropical**. 2003. 184p. Tese (doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Sahai, Y.; Fagundes, P.R.; Bittencourt, J.A. Transequatorial F-region ionospheric plasma bubbles: solar cycle effects. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v.62, p. 1377-1383, 2000.

Santana, C. D. **Estudos da evolução temporal/espacial das derivas das depleções de plasma ionosféricos, por imagens digitais da aeroluminescência OI 630 nm noturna**. 2001. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.

Siqueira J. de. **Desenvolvimento de instrumentação para medidas geomagnéticas de baixo ruído a bordo de satélites científicos – magnetômetro de núcleo saturado**. 2009. Relatório Final de atividade (iniciação científica). - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Santa Maria RS. 2009.

Wrasse, Cristiano Max. **Observação da temperatura rotacional da hidroxila através da aeroluminescência na região da mesosfera terrestre**. 2000. 125p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2000.

Wrasse, Cristiano Max. **Estudos de Geração e propagação de ondas de gravidade atmosféricas**. 2004. 253p. Tese (doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.