



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**Estudo de variações no Campo Geomagnético observado em São
Martinho da Serra - Um Observatório Geomagnético na Região
da Anomalia Geomagnética**

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

Silvio Buchner (RSU/INPE, Santa Maria, RS, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br

Dr. Nalin B. Trivedi (LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Orientador)
E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br

COLABORADORES

**Dr. Severino L. Guimarães Dutra Colaborador, DGE/INPE,
São José dos Campos, SP**
Dr. Nelson Jorge Schuch - RSU/INPE, Santa Maria, RS

Maio de 2003



**Estudo de variações no Campo Geomagnético observado em São
Martinho da Serra - Um Observatório Geomagnético na Região
da Anomalia Geomagnética**

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

**Silvio Buchner (RSU/INPE, Santa Maria, RS, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br**

**Dr. Nalin B. Trivedi (LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, Orientador)
E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br**





AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em especial ao meu orientador, Dr. Nalin B. Trivedi e colaboradores, Dr. Nelson J. Schuch, Dr. Severino L. Guimarães Dutra e aos demais colegas de trabalho, pela atenção, colaboração e paciência que tiveram comigo, no desenvolver desse Projeto ao Coordenador do Programa PIBIC/CNPq/INPE – MCT, e a UFSM/CT/LACESM, pelo suporte dado e a todos que de alguma maneira contribuíram para a execução deste Projeto e elaboração deste relatório.





ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. OBJETIVOS GERAIS DO PROJETO	7
1.2. PLANO DE TRABALHO	7
1.3. O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 CAVIDADE GEOMAGNÉTICA	14
2.2 CINTURÃO DE VAN ALLEN	15
2.3 ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL	17
2.4 ESTRUTURA DA ATMOSFERA SOLAR E EMISSÃO DE PARTÍCULAS	18
3. MÉTODOS DE AQUISIÇÃO PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	20
4. RESULTADOS E ANALISES	24
4.1. ATIVIDADES DO BOLSISTA	24
4.2. PERSPECTIVAS FUTURAS	28
4.3. REDUÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE DADOS	29
5. CONCLUSÕES	30
6. BIBLIOGRAFIA	32
7. ANEXOS	33
7.1 ANEXO A	34
7.2 ANEXO B	39
7.3 ANEXO C: RESUMOS DE TRABALHOS APRESENTADOS	49
7.4 ANEXO D: CERTIFICADOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS, E PARTICIPAÇÃO DO BOLSISTA EM ESCOLA DE VERÃO	53





1. INTRODUÇÃO

O Campo Geomagnético é uma barreira que impede o avanço do vento solar, fazendo-o contornar a Terra a velocidades supersônicas e criando uma bolha alongada semelhante à forma de um cometa, denominado Magnetosfera. Dentro da cavidade Magnetosférica, o Campo Geomagnético encontra –se em constante interação com o Plasma Solar, gerando ondas hidromagnética na fronteira de interação. Essas interações se propagam ao longo das linhas do Campo Geomagnético, são modificadas ao atravessar a Ionosfera Terrestre e chegam a superfície na forma de variações Geomagnéticas. Na faixa entre 0,2 e 1000 segundos essas variações são conhecidas como pulsações Geomagnéticas. Estas pulsações podem ser divididas em duas classes distintas: as Pulsações Contínuas (Pc) e as Pulsações Irregulares (Pi). As Pulsações Irregulares são provavelmente produzidas por feixes de partículas carregadas que penetram na alta Atmosfera. Esta injeção de partículas provoca na Ionosfera o estabelecimento de sistemas de correntes ocasionando um aumento da condutividade da Ionosfera. Esta por sua vez, passa a oferecer uma blindagem cada vez maior às ondas hidromagnéticas excitadas pelo feixe, fazendo com que as Pulsações Irregulares (Pi) ocorre em geral nas etapas iniciais do desenvolvimento de umas tempestades Magnéticas. As Pulsações Contínuas (Pc) são Pulsações quase senoidais e classificadas como Pc₁ a Pc₅, na faixa de períodos entre 0,2 a 1000 segundos. As Pc₁ são oscilações senoidais regulares, com seus períodos variando de 0,2 a 5 segundos, são mais freqüentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais, as Pc₂ e Pc₃ são tipicamente fenômenos diurnos, com períodos médios, sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio dia. A ocorrência das Pc₄ aumenta com a diminuição da atividade Solar, são dominantes nos mínimos solares. as Pc₅ possuem uma forma inteiramente senoidal, sendo muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade Magnética.

As pesquisas nessa área têm como objetivos coletar, analisar, dados coletados no Observatório Espacial do Sul – OES/RSU/INPE, estudar essas pulsações geomagnéticas e fazer uma comparação com dados obtidos em outras Estações geomagnéticas.



Este relatório é iniciado com a apresentação do Projeto, seus objetivos, o desenvolver das atividades experimentais e a apresentações de alguns resultados experimentais que foram estudados até o momento.





1.1. OBJETIVOS GERAIS DO PROJETO

- Realizar medidas geomagnéticas contínuas das três componentes ortogonais H (norte-sul), D (leste-oeste) e Z (vertical para baixo) do Campo Geomagnético, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra – RS (29°S, 53°W).
- Estudar o comportamento das pulsações geomagnéticas durante tempos quietos magneticamente como também nos períodos magneticamente perturbados na região da Anomalia Magnética e região do Eletrojato Equatorial ao longo do equador Magnético.
- Estudar as variações impulsivas com períodos longos e curtos.
- Operar o Observatório Geomagnético de São Martinho da Serra.
- Estudar as possíveis fontes geradoras das pulsações e a sua propagação até a superfície Terrestre.

1.2. PLANO DE TRABALHO

Primeira Fase:

- Separar eventos de pulsações com amplitudes maiores ou iguais à 0.1nT, (Pc3,Pc4), e para períodos maiores que 200 segundos.
- Estudar tópicos sobre pulsações geomagnéticas.

Segunda Fase:

- Distinguir pulsações Contínuas e impulsivas.
- Catalogar os eventos de pulsações geomagnéticas e examinar a estatística de ocorrência de pulsações geomagnéticas.
- Identificar pulsações Impulsivas com grandes amplitudes.

Terceira Fase:

- Detectar eventos nos dados geomagnéticos e escrever relatório sobre pesquisa realizada.
- Estudar as correlações de grandes pulsações com precipitação de elétrons de altas energias, vistas pelos satélites geoestacionários e Campo interplanetário.



- Comparar as variações impulsivas observadas em SMS com as variações Impulsivas observadas em outras estações Magnéticas.

1.3. O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS

O Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra – RS, tem como atribuições:

- Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Geofísica Espacial, nas áreas de Geomagnetismo, Magnetosfera e Heliosfera, eletricidade atmosférica, física e química da média e baixa Atmosfera;
- Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico e científica em Aeronomia, na área de física da alta Atmosfera e da Ionosfera;
- Coletar dados, arquivando-os e mantendo-os em banco de dados formatados de acordo com padrões internacionais;
- Desenvolver e fortalecer atividades de cooperação científica com pesquisadores e instituições de pesquisa nacionais e estrangeiras.

O Programa de escolha de sítio envolveu estudo técnico de escolha de sítios, nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, no Rio Grande do Sul, finalmente na grande região de Santa Maria e atendendo a metodologia da consideração dos fatores: antropogênicos, logísticos, macro e microclima, meteorológicos e do nível da rádio interferência natural e artificial, pré-requisitos básicos e necessários na pesquisa de escolha e instalação de um sítio, observatório, para observações rádio astronômica.

A localização geográfica e topografia do Observatório são estratégicas, devendo ser ressaltado que não se tem conhecimento da existência de nenhum outro Observatório Espacial do gênero, no Hemisfério Sul, na latitude do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, o que torna inédita, original e de primeira mão, a natureza dos dados coletados por seus instrumentos.

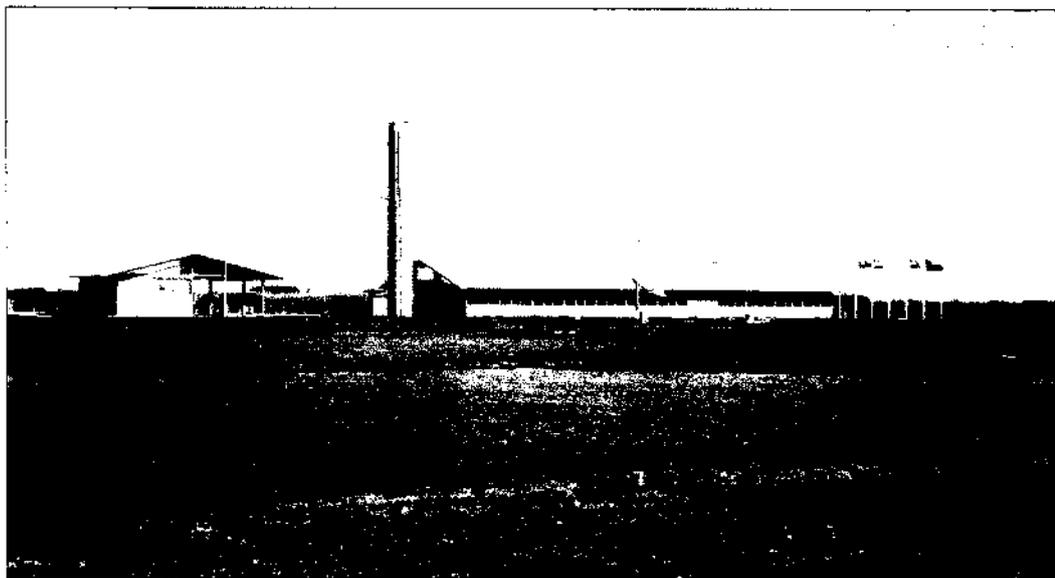


Figura 1.3 - 1 - Prédios 2 e 3, de um total de seis prédios, do Observatório Espacial do Sul -OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS.

Os sensores e equipamentos, como também as antenas instalados e ou a serem instalados na área do Observatório Espacial do Sul, são de natureza passiva e não são ou serão poluidores, produzindo impacto destrutivo ao meio ambiente e ao Espectro Eletromagnético.

2 . FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Terra possui um campo de forças, chamado Campo Geomagnético (Figura 2 - 1). Esse campo de forças pode ser dividido em um campo principal, que corresponde à cerca de 99% do seu total e é gerado supostamente através de correntes elétricas que fluem na parte líquida do núcleo Terrestre, e o resto produzido por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas vizinhas ao planeta.

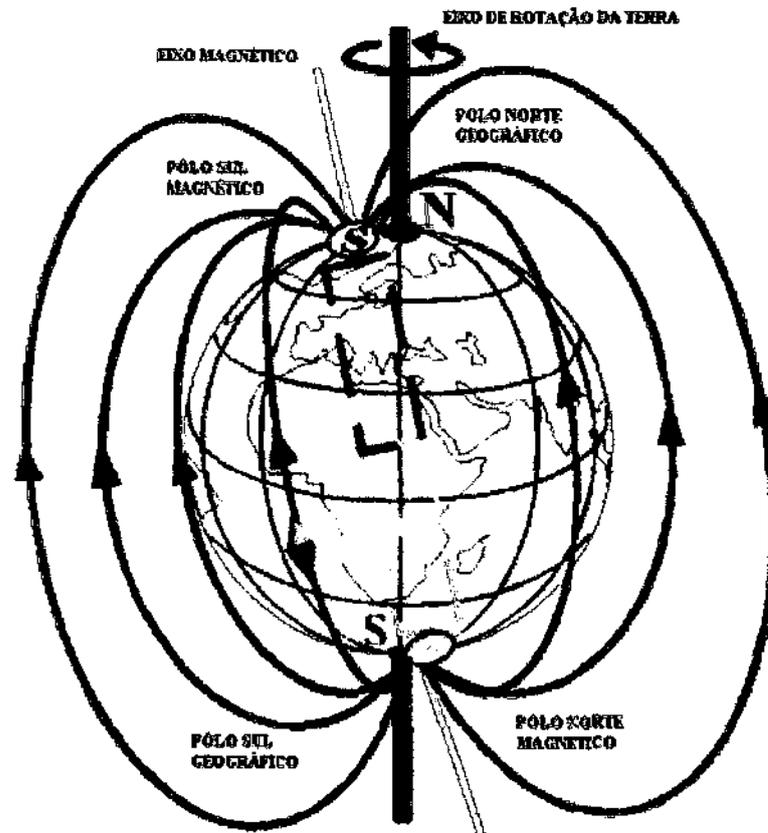


Figura 2-1 - Dipolo magnético colocado no centro da Terra e levemente inclinado em relação ao eixo de rotação. (Pinto e Gonzales, 1989)

O Campo Geomagnético não é estável, apresentando variações temporais e espaciais com amplitudes muito inferiores à do Campo Magnético gerado no núcleo, em várias ordens de grandeza.

Essas variações geomagnéticas podem ser classificadas em seculares (períodos maiores que de um ano), diurnas (período de 24 horas), distúrbios (associados a tempestades magnéticas e com períodos bastante variáveis), pulsações (com períodos entre 0,2 e 1000s), atmosféricas (períodos inferiores a 1 s) e produzidas pelo homem. Sendo que as variações seculares são as únicas com origem interna a Terra.

A variação diurna é causada por sistemas de corrente elétrica, que se originam devido ao movimento das camadas atmosféricas ionizadas através das linhas do Campo Magnético Terrestre, devido principalmente à atração gravitacional do Sol. Esses sistemas de corrente circulam na região E da Ionosfera¹, tendo dois vórtices localizados nas proximidades das latitudes 30°N e 30°S e são fixos no espaço em relação ao Sol,

¹ Ionosfera - região da atmosfera, de aproximadamente 60 a 1000 km de altitude, em que a densidade de íons é alta o suficiente para afetar transmissões de ondas eletromagnéticas em rádio frequência.



enquanto a Terra gira embaixo deles. A variação diurna é função da época do ano, da atividade solar e da latitude geomagnética.

Com base no índice de atividade magnética K, podemos classificar os dias, de acordo com a atividade magnética, em calmos, perturbados e normais. A variação do Campo Magnético sobre dias magneticamente calmos é chamada variação Sq (do inglês, Solar quiet). Correspondentemente, para dias perturbados, a variação é chamada SD (Solar Disturbed). A variação que ocorre durante uma tempestade magnética é chamada D_{ST} (Storm Time Disturbance).

Os distúrbios magnéticos resultam da entrada de grandes quantidades de plasma solar na Magnetosfera², por ocasião de Tempestades Magnéticas. As Tempestades Magnéticas são consequência do aumento de correntes magnetosféricas e ionosféricas devido à interação entre o vento solar³ e o Campo Magnético Terrestre, e a incidência de raios-X solares e radiação UV solar, aumentando os sistemas de correntes ionosféricas de tal maneira que o Campo Magnético experimenta fortes perturbações. Uma Tempestade Magnética típica pode ser dividida em uma fase inicial, com duração de três a quatro horas, uma fase principal, com várias horas de duração, e uma fase de recuperação, com duração de algumas horas a alguns dias, dependendo da intensidade da tempestade.

Pulsações geomagnéticas são manifestações de ondas de plasma de frequência ultra-baixa (ULF) na Magnetosfera terrestre. Essas pulsações tem intervalos de frequência desde aproximadamente 1 mHz até 10 Hz e aparecem como oscilações quase senoidais nos dados registrados em magnetômetros na superfície terrestre, na Ionosfera e na Magnetosfera.

Historicamente, as primeiras observações das pulsações geomagnéticas foram feitas por Stewart (1861), o qual notou pulsações geomagnéticas nos registros de uma grande tempestade geomagnética, observada em Kew Observatory (Greenwich, Inglaterra). Somente no Ano Internacional de Geofísica (1958) (IGY) ocorreu um substancial aumento no número de observações das pulsações geomagnéticas e estabeleceu-se o estudo das ondas de Plasma e pulsações na Magnetosfera como uma disciplina madura. Um subcomitê do “International Association of Geophysics and

² Magnetosfera - região em que o campo magnético domina o movimento do plasma, constituído principalmente de prótons e elétrons.

³ Vento Solar - fluxo de partículas ionizadas (plasma) emanadas pelo Sol.





Aeronomy” (IAGA) sugeriu um esquema de classificação baseado em duas classes principais de pulsações (Jacobs et al., 1964). A primeira inclui pulsações de caráter mais ou menos contínuo e foi denotada por Pc. A segunda classe inclui pulsações mais ou menos impulsivas e foi denotada por Pi. Vamos falar um pouco sobre cada classe:

- **Pulsações Regulares ou Contínuas**

Abrangem o intervalo inteiro das pulsações, com períodos de 0,2 a 600 segundos. Podem ser subdivididas em subgrupos, dependendo de seus períodos.

Pulsações Contínuas Pc1 (T = 0,2 – 5 s)

Estas pulsações são importantes fontes de informações de instabilidades de plasma que podem se desenvolver nas regiões dos cinturões de radiação e são, usualmente, o indicador do estado da Magnetosfera.

As Pc1 são oscilações senoidais regulares, com períodos variando de 0,2 a 5 segundos. Estas pulsações ocorrem na forma de explosões separadas, desenvolvendo-se gradualmente em, uma série de pulsações que se estendem de 10 minutos a horas. Elas podem também ocorrer na forma de grupos de pulsações com bruscas variações de frequência.

Investigações no solo da ocorrência das Pc1 e as características nas mudanças de suas amplitudes com a latitude indicam que elas são mais frequentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais.

Pulsações Contínuas Pc2-3 (T=5-10, 10-45 s)

As amplitudes de sinais observadas das Pc2-3 são, usualmente, menores de 0,5 γ e os períodos típicos são em torno de 2 a 30 segundos. São tipicamente fenômenos diurnos, com período médio sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio-dia. A principal direção do vetor horizontal perturbado, embora tipicamente norte-sul, sofre uma variação diurna nas maiorias das latitudes e, com essa mudança, ocorrem vários sentidos de polarização.

A frequência característica das Pc2-3 aumenta com o aumento do índice de atividade magnética K. há incidência destas pulsações também durante a fase inicial das tempestades magnéticas.

Pulsações Contínuas Pc4 (T = 45 – 150 s)

As amplitudes típicas das Pc4 são de 5 a 9 γ nas altas latitudes e 1 γ nas baixas latitudes. Os sinais, usualmente, duram de 10 minutos a várias horas. Estes, muitas vezes,



aumentam lentamente até uma amplitude máxima que se sustenta por um longo tempo, e depois decaem imediatamente. Nas médias e baixas latitudes o modelo de ocorrência diária tem um máximo ao meio-dia.

A frequência de ocorrência das Pc4 aumenta com a diminuição da atividade solar, embora suas amplitudes permaneçam quase constantes por todo o ciclo solar. Por outro lado, a frequência de ocorrência das Pc3 não muda muito ao longo do ciclo solar; já suas amplitudes decrescem repentinamente com o decréscimo da atividade solar. Assim, as Pc4 são muito mais dominantes que as Pc3 nos mínimos solar.

Em todas as latitudes a ocorrência das Pc4 pode ser conectada com o ciclo solar; mais ativamente nos anos de mínimas manchas solares.

Pulsações Contínuas Pc5 ($T = 150 - 600 s$)

Esta classe de pulsações, com longos períodos (3 – 10 minutos), podem ter amplitudes extremamente grandes, chegando a várias centenas de γ , nas latitudes altas e várias dezenas de nT nas latitudes baixas. Estendem-se por um período de 10 minutos à várias horas, e suas formas são inteiramente senoidais, muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade magnética.

Há uma larga distribuição latitudinal das Pc5, incluindo um rápido decréscimo em amplitude com o aumento da distância à zona auroral e um claro aumento equatorial. O aumento da amplitude na região equatorial pode ser explicado pelas correntes ionosféricas chamadas de eletrojetos equatoriais.

- **Pulsações Irregulares**

Esta classe de pulsações é caracterizada por sua forma irregular. Elas tem conexão com os distúrbios do campo magnético e possuem correlação com os distúrbios da magnetosfera superior. Esta classe é dividida em dois sub-grupos:

Pulsações Irregulares Pi1 ($T1 - 40 s$)

As Pi1 tem formas irregulares com períodos menores do que 15 segundos ($\approx 6 - 10 s$). Suas amplitudes tem valores máximos nas zonas aurorais e sua intensidade decresce rapidamente com a latitude. Estas oscilações tem formas de microestruturas devido aos distúrbios lentos do campo magnético, observadas durante a fase principal das tempestades magnéticas.

A atividade Pi1 mostra uma dependência distinta com o índice K, aumentando com o aumento de K. Algumas vezes, as Pc1 e Pi1 são registradas simultaneamente



com distúrbios lentos e, também, como distúrbios de campos independentes.

Pulsações Irregulares pi2 (T = 40 – 150 s)

As Pi2 possuem formas irregulares com períodos localizados num intervalo de 40 – 150 segundos, podendo, às vezes, apresentar períodos acima de 250 segundos, e suas amplitudes variam de 1 - 5 γ . As Pi2 tem como características principais o seu pequeno tempo de duração e a sua superposição nas Pi1, as quais podem ser seguidas, em certas ocasiões, pelas Pc1.

A probabilidade de ocorrência das pi2 aumenta com o aumento do índice K. Para um mesmo intervalo de tempo, as atividades Pi1 aumentam com o máximo das manchas solares, sugerindo que as Pi1 e Pi2 tem diferentes fontes de geração ou que tem diferentes modos de propagação sobre a superfície da Terra.

Na região entre a Terra e o Sol temos um estado gasoso altamente ionizado, porém macroscopicamente neutro, que recebe o nome de plasma. A propriedade fundamental de um plasma é a tendência de permanecer eletricamente neutro. Qualquer alteração dinâmica no fluido dará origem a campos elétricos induzidos, os quais, por sua vez, produzirão corrente elétricas. Devido a presença de um campo magnético, estas correntes elétricas ficarão sujeitas a forças que irão modificar o movimento original do fluido, resultando num complexo acoplamento entre o sistema material e os campos eletromagnéticos. Para frequências baixas, $(\omega \ll \Omega_i^2 + \Omega_c^2)^{1/2}$, isto é, frequências muito menores que a girofrequência dos íons e que a frequência de colisões no plasma. O acoplamento entre os dois sistemas produz assim chamada onda magnetoidrodinâmica ou onda hidromagnética.

2.1 CAVIDADE GEOMAGNÉTICA

Medições feitas com satélites artificiais e foguetes indicam que as grandes distâncias da Terra, próximo a fronteira externa da Magnetosfera (mais de 70.000 Km de altura), as linhas de campo terrestre afastam-se daquelas previstas pelo modelo do dipolo. Tal afastamento se apresenta na forma de uma variação diurna conforme vista de um ponto sobre a Terra girante, mas apresenta-se constante conforme visto por um observador inercial no sol (desprezando o efeito resultante do fato que o eixo de rotação da Terra e o eixo do dipolo não coincidem).



Esta deformação é associada ao movimento da Terra através do gás interplanetário, e ao chamado Vento Solar (fluxo de plasma continuamente ejetado pelo sol).

Abramos aqui um parênteses a fim de estabelecer o conceito de Plasma, uma vez que essa noção é de grande importância no entendimento dos vários fenômenos geomagnéticos. Quando um gás é elevado a temperaturas suficientemente altas ou submetido a intensa radiação (X ou ultra-violeta), os átomos e moléculas do mesmos se tornam ionizados, sendo os elétrons arrancados por violentas colisões entre as partículas devido a agitação térmica, ou expulsos dos átomos como resultado da absorção de fótons com altas energias. Quando isso ocorre o comportamento dinâmico do gás passa a ser grandemente afetado por forças eletromagnéticas que agem sobre os íons e elétrons livres, e suas propriedades se tornam suficientemente diferentes das do gás normal não ionizado que se justifica uma mudança de denominação. Assim para se representar esse estado gasoso altamente ionizado, porém macroscopicamente neutro, escolheu-se o nome de plasma. A propriedade mais fundamental de um plasma é a sua tendência de permanecer eletricamente neutro. Quando por alguma razão, em uma dada região do mesmo a densidade de carga difere de zero, desenvolvendo-se altos potenciais que fazem as partículas carregadas moverem se rapidamente de modo a reduzir as diferenças de potencial e restabelecer a neutralidade elétrica. É este fenômeno o principal responsável pelas oscilações hidromagnéticas e pelas várias peculiaridades associadas as ondas eletromagnéticas que se propagam em plasmas.

O Vento Solar com seu contínuo fluxo de Plasma, ao passar pela Terra, liga-se as linhas de Campo Magnético e as arrasta consigo, trazendo como resultado uma compressão da magnetosfera no lado oferecido ao sol e uma alongação da mesma ao lado oposto.

2.2 CINTURÃO DE VAN ALLEN

A Magnetosfera é uma região situada aproximadamente ente 1000 e 1500 quilômetros de altitude, onde a Ionosfera termina e na qual o movimento de partículas carregadas é governado fundamentalmente pelo Campo Magnético da Terra. Em altitudes inferiores, onde a densidade da Atmosfera é muito maior, o movimento dessas partículas é controlado sobretudo por colisões.





A Magnetosfera situada no lado frontal do sol estende-se além da superfície da Terra aproximadamente 5700km, ou cerca de 10 raios terrestres. Do outro lado do Sol, a Magnetosfera se estende provavelmente por centenas de raios Terrestres (ver figura 2.2-1). A forma alongada resulta da influência do Vento Solar, ou do Plasma Solar, consistido principalmente de prótons e elétrons emitidos pelo Sol, e que comprime grandemente a Magnetosfera, do lado mais próximo do Sol.

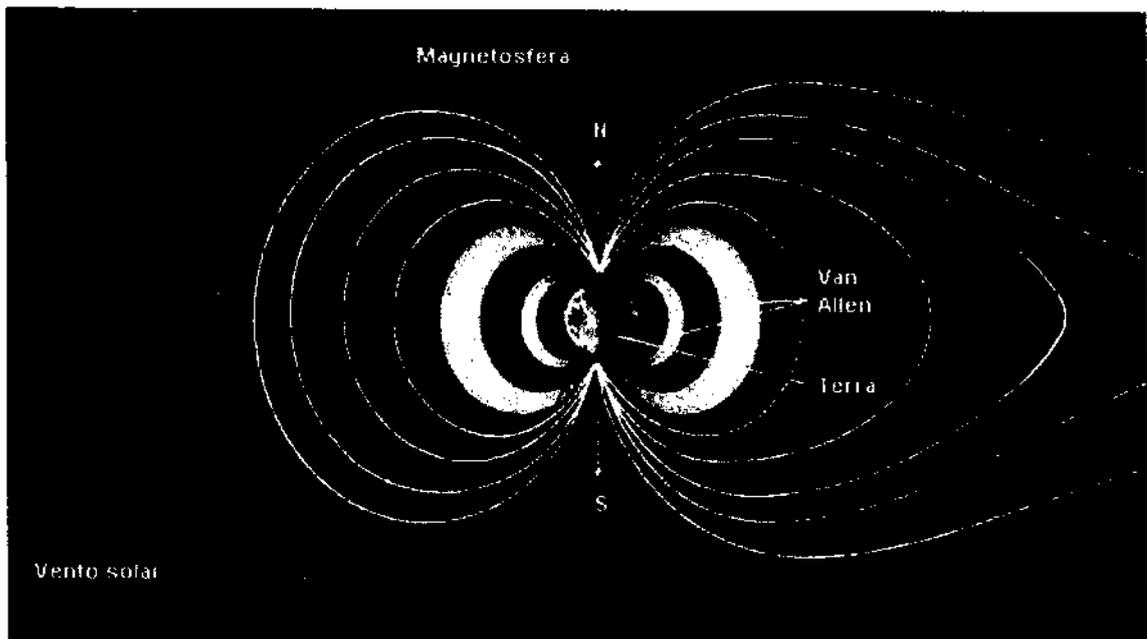


figura 2.2-1 – Magnetosfera Terrestre e os Cinturões de Van Allen

<http://geocities.yahoo.com.br/sal.ade fisica5/leituras/vanallen>

Em 1958 descobriram-se imensas regiões de radiação dentro da Magnetosfera. Essas regiões, conhecidas como cinturão de radiação Van Allen, devido ao seu descobridor contêm prótons e elétrons energéticos presos pelo Campo Magnético da Terra. Quando esses intensos cinturões de radiação foram descobertos, os cientistas ficaram apreensivos quanto às sérias ameaças que poderiam oferecer às viagens espaciais. Estes cinturões contem prótons e elétron de alta energia entre 1-100Mev, que penetram facilmente numa nave espacial e podem causar a uma exploração prolongada, danos aos instrumentos e perigo para os astronautas. Tanto em missões tripuladas como as não tripuladas evitam essa região.



O cinturão de Van Allen é composto de duas faixas, das quais a interior ($L=1.2-2.5$ centrada perto de $1.5 R_e$) se situa entre 2200 e 5000 quilômetros, e a exterior (centrada em 4 a $5 R_e$) entre 13000 e 55000 quilômetros da superfície da Terra.

Cinturão Interior: Este é constituído principalmente de prótons de alta energia devido ao choque das partículas de raios Cósmiticos.

Cinturão Exterior: Formado principalmente por elétrons de alta energia, provenientes de raios Cósmiticos e por processos de aceleração magnetosféricos.

2.3 ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

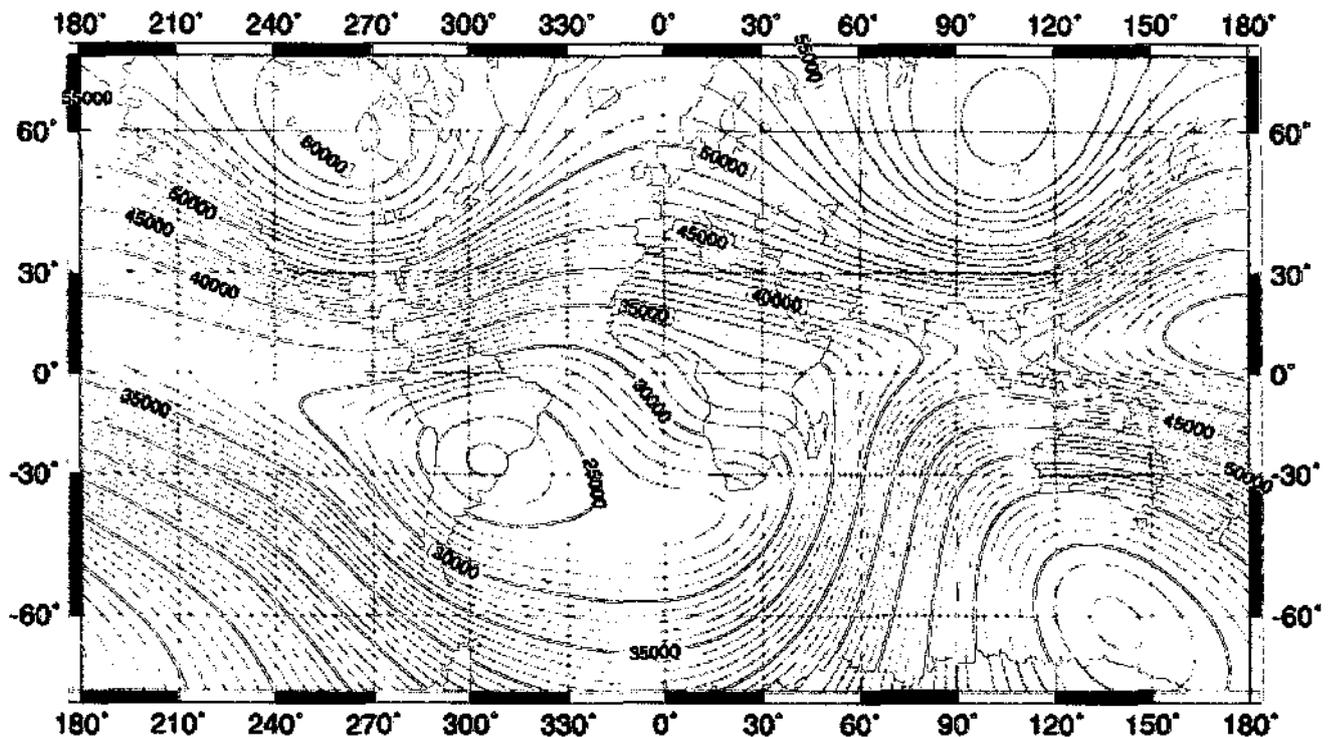
A Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA) está localizada sobre o sul do Brasil. O valores mínimos do Campo Total Geomagnético F está em torno de 22800nT em 26° Sul e 54° Weste, de acordo com o modelo referente a 2000 do IGRF (International Geomagnetic Reference Field). Em torno de 1000 Km ao redor do ponto de mínimo o valor do Campo Magnético total é menor que 23000nT.

A figura 2.3-1 mostra a região englobada pela Anomalia Magnética do Atlântico Sul (SAMA).

A localização e determinação do centro da Anomalia, é feita pela combinação de mapas feitos pelo Observatório Nacional (Rio de Janeiro – Brasil) e pelo modelo do IGRF (2000). Em São Martinho da Serra (SMS) ($29^{\circ}.43$ S, $53^{\circ}.80$ W) o valor do Campo Geomagnético Total é de 22883 nT, e este campo decresce a uma taxa de 28 nT/ano.

A Anomalia Magnética do Atlântico Sul se torna importante, porque as astronave nessas órbitas passam periodicamente por essa zona. O intenso fluxo de partícula nessa região requer proteção mais intensa para a tripulação.

US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000 Total Intensity - Main Field (F)



Unidade : nanoTeslas
Contour Interval : 1000 nanoTeslas
Map Projection : Mercator

Figura 2.3-1 – Anomalia Magnética do Atlântico Sul
http://geomag.usgs.gov/frames/mag_charts.htm

2.4 ESTRUTURA DA ATMOSFERA SOLAR E EMISSÃO DE PARTÍCULAS

A luz emitida pelo Sol origina-se em três diferentes e razoavelmente bem definidas camadas: Fotosfera, Cromosfera e Coroa.

O Sol consiste primariamente de Hidrogênio gasoso, em mistura com pequenas quantidades de outros elementos (He 5 a 10 vezes menos abundante, e O, N e C com 1 milésimo da concentração do H). O grosso da massa solar acha-se contido na Fotosfera, que é vista como o “disco solar”, com seus contornos bem definidos. Observada monocromaticamente a luz de H-Balmer alfa (6562.8 Angstrom), na qual é feita atualmente uma sistemática observação do Sol por uma série de estações distribuídas sobre nosso planeta, a Fotosfera se apresenta com um aspecto granular. Esta aparência



se deve a movimentos convectivos em tal região, estando os grãos brilhantes associados a colunas gasosas ascendentes com temperaturas maiores que as massas descendentes circunvizinhas, representadas pelas regiões mais escuras que servem de fundo.

As duas outras camadas, numa razão crescente de rarefação e transparência, são a Cromosfera e a Coroa (ou coroa).

O movimento de difusão da Coroa no espaço ao redor do Sol é que da origem ao chamado Vento Solar.

A emissão corpuscular por parte do Sol consiste de três tipos básicos:

- partículas com alta energia, associadas a “flares”.
- nuvens de Plasma, associadas a “flares”.
- Plasma que se evade continuamente da Coroa Solar, constituindo o chamado “Vento Solar”.

Este Vento Solar consiste num ténue gás, com densidade de aproximadamente 5 partículas por centímetro cúbico que flui radialmente a partir do Sol, com uma velocidade de cerca de 400 a 600 Km/s, e que carrega consigo um “campo congelado”, tendo uma direção curva, quase radial com respeito ao Sol. O Vento Solar apresenta, nas vizinhanças da Terra, um Campo Magnético quiescente de aproximadamente 20 gammas.

Esta emanção gasosa de plasma da Coroa Solar tem, conforme dito acima, existência contínua, estando presente mesmo em dias calmos. É ela a responsável pela deformação permanente introduzida no Campo Magnético da Terra em distâncias maiores que 70.000 Km.

Como a velocidade do Vento Solar é muito sensível à temperatura coronal, os feixes corpusculares do Sol, responsáveis por perturbações geomagnéticas devem se originar em regiões de alta temperatura, tais como aquelas de condensação da Coroa. A gradação de intensidade nas perturbações terrestres está ligada ao aumento de intensidade do Vento Solar devido às outras partículas.

Nossos conhecimentos dos processos solares que dão origem às partículas que atingem a Terra ainda é fragmentário e cheio de conjecturas. Os fatores causais, provavelmente, estão associadas mais de perto a fenômenos fotosféricos e cromosféricos, onde observações óticas podem ser feitas com boa definição, enquanto que na Coroa está a sede das emissões rádio excitadas no Plasma Coronal pela matéria solar ejetada.



3. MÉTODOS DE AQUISIÇÃO PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

O Campo Geomagnético não pode ser medido diretamente, sendo necessária à interação do Campo em outros processos físicos para produção de efeitos mensuráveis. Além disso, devido a grande extensão espacial do campo com relação às dimensões dos sensores, apenas medidas pontuais são obtidas.

O equipamento utilizado para medir o Campo Geomagnético é chamado magnetômetro. Devido a grande variedade de fenômenos que respondem a Campos Magnéticos, existe uma grande variedade de magnetômetros, cada um com suas vantagens distintas. Neste trabalho, discutiremos alguns tipos de magnetômetro que existem para efetuar medidas geomagnéticas. O magnetômetro do tipo Fluxgate está operando junto ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS.

- **Magnetômetro Fluxgate (núcleo saturado)**

Neste equipamento, um núcleo altamente permeável, de fácil saturação, é utilizado para amplificar o sinal do campo Magnético obtido. A propriedade de histerese do núcleo saturável é utilizada pela imposição de um campo oscilante intenso, que é cancelado pelo campo local. A intensidade do Campo Geomagnético é obtida pela geração de harmônicos de distorção no campo de saída, medidos pelo sensor secundário ao redor do núcleo. A quantidade de interesse é o segundo harmônico da frequência de excitação, gerado no range de saturação linear do sensor.

Um Campo Geomagnético ambiente H_0 é sobreposto a um campo de excitação senoidal A , $A \gg H_0$, no qual A é ajustado para ser tão grande quanto necessário para saturação do núcleo de alta permeabilidade. O cancelamento do campo assimétrico causado pela adição do campo ambiente, H_0 , resulta numa distorção da forma da variação da densidade de fluxo magnético B , unindo-se a uma segunda bobina censora enrolada ao redor do núcleo. Esta distorção da variação de B com relação ao tempo, t , contém harmônicos pares em suas componentes de Fourier. A função do campo de entrada pode ser aproximada como $B(t) = a(H_0 + H_e) + b(H_0 + H_e)^3 + c(H_0 + H_e)^5$, onde H_e é o campo de excitação e a , b e c são constantes.

Os harmônicos, a partir do terceiro, podem ser desconsiderados, pois são consideravelmente menores do que o segundo. Com um filtro de banda estreita, este



segundo harmônico de saída é selecionado para tornar-se a medida do campo ambiente, H_0 , depois de serem comparados a um segundo harmônico “artificial” a partir de uma duplicação da oscilação de excitação original. Com uma oscilação de excitação de aproximadamente 700 c/s, uma variação de $1-\gamma$, do campo ambiente, produz uma saída de aproximadamente $25 \mu\text{V}$. Para medidas de sinais fracos, são utilizados dois núcleos em direções opostas no circuito de excitação, e uma bobina secundária cercado ambos. As duas contribuições primárias, nas bobinas com núcleo saturado postas em direções opostas, são então canceladas (Figura 3-1).

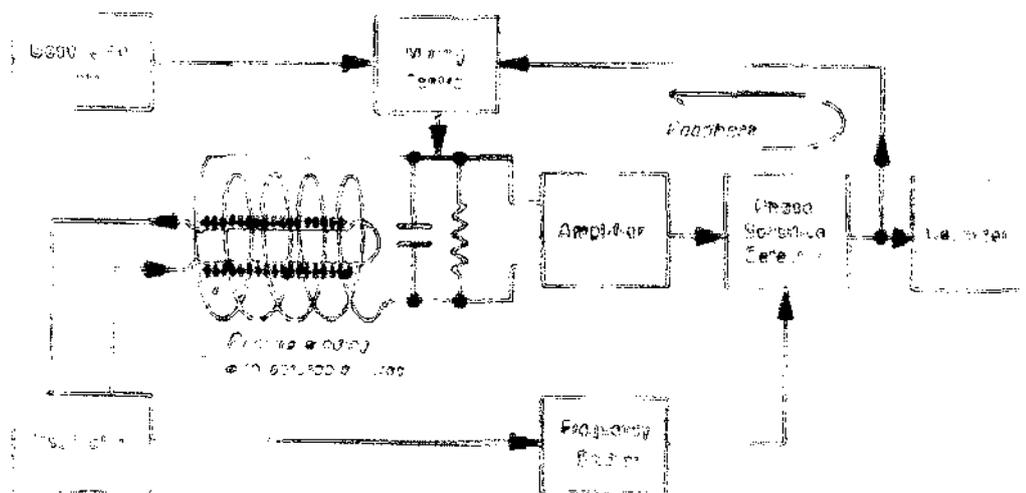


Figura 3-1 – Magnetômetro Fluxgate para medida direcional do Campo Geomagnético. (Campbell, 1997)

- **Magnetômetro de Precessão de Prótons**

Se um fluido rico em prótons tal como querosene, combustível de avião, heptano, etc. é colocado em um campo magnético os prótons irão alinhar-se ao longo do vetor Campo Magnético. O Campo Magnético é induzido no sensor pressionando-se um botão. Então este campo é repentinamente removido. Prótons, que se comportam como giroscópios elementares, iniciarão a precessão ao redor do Campo Magnético restante - o Campo Magnético Terrestre. A frequência de precessão é diretamente proporcional ao Campo Magnético da Terra. O magnetômetro conta esta frequência, divide ela por uma constante apropriada para obter um valor em gamas e mostrar a leitura, calculando o Campo Geomagnético através da seguinte relação:

$$B_E = \frac{2\pi}{\gamma_P} \nu$$

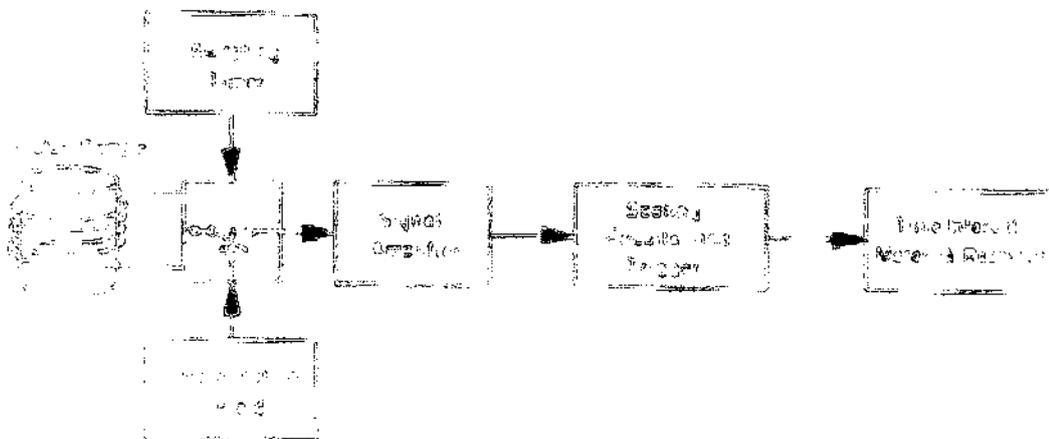


Figura 3-2 – Magnetômetro de próton para medida do Campo Geomagnético total. A bobina ao redor da amostra é utilizada para alinhar os prótons e detectar o período de precessão dos mesmos. (Campbell, 1997)

Todas as medidas do Campo Magnético Terrestre envolvem a determinação da magnitude e direção do campo vetorial F , (ambas características dependem do tempo). Três direções são necessários para estas medição: horizontal H (norte-sul), D (leste-oeste) e Z (vertical para baixo), este projeto visa medir as pequenas variações que vão de 10 à 600 segundos. A dinâmica das variações do Campo Magnético Terrestre são grandes, variando-se desde períodos de alguns séculos até variações rápidas, com períodos de milisegundos. Devido a grande variação, das componentes do campo, vários instrumentos tem sido desenvolvidos para realizar medidas ou para registrar as variações magnéticas de diferentes aspecto geomagnético.

Uma unidade de aquisição de dados geomagnéticos consiste basicamente de duas partes: sistemas de medição (para o nosso projeto o sistema de medição é feita através de magnetômetros, e o sistema de processamento e armazenamento de dados. Foram desenvolvidas unidades de aquisição com interfaceamento capaz de selecionar as saídas analógicas dos sensores e digitalizá-las por um conversor analógico - digital. Os dados digitalizados são formatados e transferidos para fitas cassetes, ou cartões de memória, para posterior processamento em computador digital.



Para este estudo fez-se uso de dados geomagnéticos coletados pela estação geomagnética instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE -MCT, em São Martinho da Serra – RS (29°S, 53°W).

A filtragem visa alterar a informação espectral contida no sinal, produzindo assim um realce das características espectrais. Um grande número de estruturas diferentes podem ser usadas para implementar filtros digitais. As mais comuns, filtragem direta, em cascata e em paralelo. A conversão da estrutura de filtragem direta para a estrutura em forma de cascata envolve a fatoração dos polinômios de maneira que o produto das funções de transferência individuais é igual a uma função de transferência. Similarmente, a conversão para a estrutura em paralelo requer a expansão em funções parciais, de tal forma que a filtragem direta é representada pela soma das funções de transferência individuais.

A estimação espectral é um poderoso método de análise de dados é frequentemente usado para estudar processos geofísicos. Muitas técnicas têm sido desenvolvidas para análise de longas séries temporais estacionárias. Contudo, estas técnicas não são universalmente aplicadas para series temporais que envolvem processos não estacionários de curta duração. O principal problema tem sido isolar frequências.

Uma nova técnica de estimação espectral, apresentada por Thomson (1982), tem sido aplicada na análise de séries temporais. Na técnica de análise espectral por múltiplas janelas os dados são multiplicados por várias janelas com propriedades de resistência ao vazamento espectral, formando uma seqüência ortogonal de janelas, que minimizam o vazamento do espectro estimado, fazendo a transformação de Fourier nas auto-janelas “plotar” com o programa “Auto Signal” tem se os espectros correspondentes a cada uma dessas janelas.

Cada arquivo criado armazena os dados de um dia para as três componentes do Campo Geomagnético H, D, Z registradas com intervalos de amostragem de dois ou três segundos, tendo os dados digitalizados e dispostos em um arquivo pode se obter o gráfico da variação do Campo Magnético utilizando o programa Auto Signal, que é um programa específico para ser usado na área de geomagnetismo.





- **Processamento de dados**

Os dados que estamos nos referindo nesse relatório, são gravados em cartão de memória flash de 40 Mbytes. A leitura é feita pelo micro computador usando o programa Narod.

Os dados são transformados para o formato ASC II para posterior análise e para visualizarmos plotam-se as variações diurnas das três componentes.

As Amplitudes das Pc3, Pc4 e Pc5 são bem menores que as variações diurnas. Por isso para avaliar qualitativamente a atividade das pulsações precisamos separar as pulsações das variações diurnas com grandes amplitudes usando técnicas de filtragem digital. Usamos filtros ban-passante para separar Pc3/Pc4 e Pc5 das variações diurnas.

Plotamos dados filtrados para visualização. E usamos técnicas de análise espectral baseadas nos métodos de Fourier para obter a informação quantitativa das amplitudes das pulsações em função do seu período ou frequência.

4. RESULTADOS E ANALISES

4.1. ATIVIDADES DO BOLSISTA

Durante o trabalho na área de Geomagnetismo, desenvolvido no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/UFSM e no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, o bolsista desenvolveu e participou das seguintes atividades.

- Realizou visitas semanais ao Observatório Espacial do Sul OES/CRSPE/INPE para manutenção dos equipamentos e para a coleta de dados.
- Participou da leitura e discussão do manografo: “Introduction to Geomagnetic Fields - Wallace H. Campbell “.
- Participou da leitura e discussão do livro: “ Instrumentos Geomagnéticos – Fritz Primdahl”.
- Com os dados que são coletados na Estação Geomagnética de São Martinho da Serra o bolsista analisou catalogou e fez gráficos das variação da componente H do Campo Magnético Terrestre.
- O bolsista vem estudando também a física da Magnetosfera, com a leitura de artigos, revistas e livros indicados pelo orientador.
- O bolsista vem usando algumas técnicas de análise de dados que foram descritas na cessão anterior.



- O bolsista fez uma estatística de ocorrência de pulsações durante os meses de Setembro á Dezembro de 1994 e janeiro de 1995. Neste período foram encontrados vários eventos com amplitudes diferentes.
- Os eventos geomagnéticos encontrados na análise dos dados foram colocados em tabelas, separadas a cada meia hora, esta separação foi feita para sabermos nos meses analisados qual a hora em que se teve maior números de eventos.
- Com toda a análise dos melhores eventos da estação magnética de São Martinho da Serra, foi estendido o nosso estudo numa comparação com dados de outras Estações Magnética.
- No anexo (A) estão plotados alguns gráficos após filtrados entre 60 a 7200 segundos da variações diurnas da estação de São Martinho da Serra (Como os dados são de 1994 antes era Santa Maria, e a partir de 1996 passou a ser Estação Magnética de São Martinho da Serra) e uma comparação com os dados da estação de Alcântara.
- Nos três últimos gráficos do anexo A temos a apresentação de pulsações impulsivas (com taxa de aquisição a cada dois segundos) observadas em São Martinho da Serra, e comparadas com as da estação de São Luiz e de Eusébio.
- Também se fez um estudo com dados de janeiro de 2001 à dezembro de 2002.
- Fez se a conversão desses dados para que se possa trabalha-los melhor. Nessa conversão usou se o programa Narod, que faz está conversão de um arquivo de 24 aquisições que corresponde a um dia de aquisição referentes a Estação Magnética de São Martinho da Serra, e os transforma para um arquivo só, referente ao dia de aquisição, e no programa mesmo se tem a opção de fazer o gráfico e assim fica mais fácil o estudo, pois se já temos a evidencia de algum evento magnético podemos filtra-lo em diferentes períodos e encontrarmos o que estamos procurando.
- No anexo B estão apresentados alguns gráficos feitos pelo bolsista, de um total de 11 CD completos.
- Foram convertidos dados de Janeiro de 2001 a dezembro de 2002 das Estações Magnéticas de São Martinho da Serra (sms) (29.43° S, 53.82° W), Eusébio (eus) (3.52° S, 38.26° W), São Luiz (slz) (2.56° S, 44.37° W), Ji-Paraná (10.45° S, 62.35° W), e Belém.



- Estão sendo verificados todos os eventos nesse período na Estação Magnética de São Martinho da Serra, e comparando com as demais estações para verificar quantos eventos são devido a precipitação de elétrons devido ao Campo Magnético mínimo na região de São Martinho da Serra.
- No final do relatório encontra se o anexo referente a trabalho apresentado nas Jornadas acadêmica e integrada da Universidade Federal de Santa Maria, no Seminário de Iniciação Científica do INPE (CICINPE)
- Estamos procurando eventos conforme o gráfico da figura 4.1-1, e 4.1-2 (N.B. Trivedi –2001). Ou seja eventos em que quando se feito um estudo de comparação com outras estações e com os satélites geoestacionários as amplitudes encontradas em São Martinho da Serra sejam maiores que as de outros lugares. Estes eventos são devido a precipitação de elétrons na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS).



31 OCT 2000

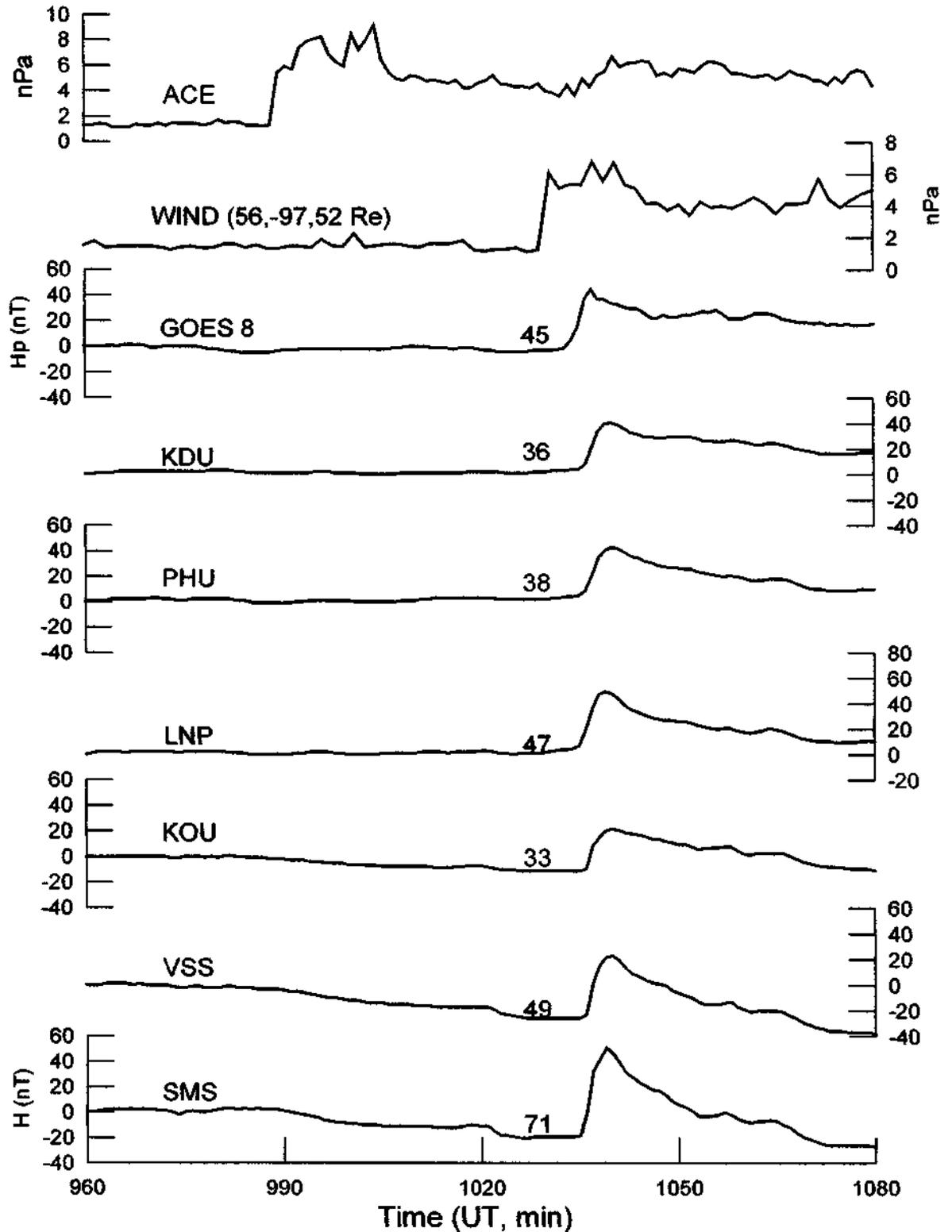


figura 4.1-1 - Evento devido a precipitação de elétrons na Estação Magnética de São Martinho da Serra e comparação com outras Estações Magnéticas.



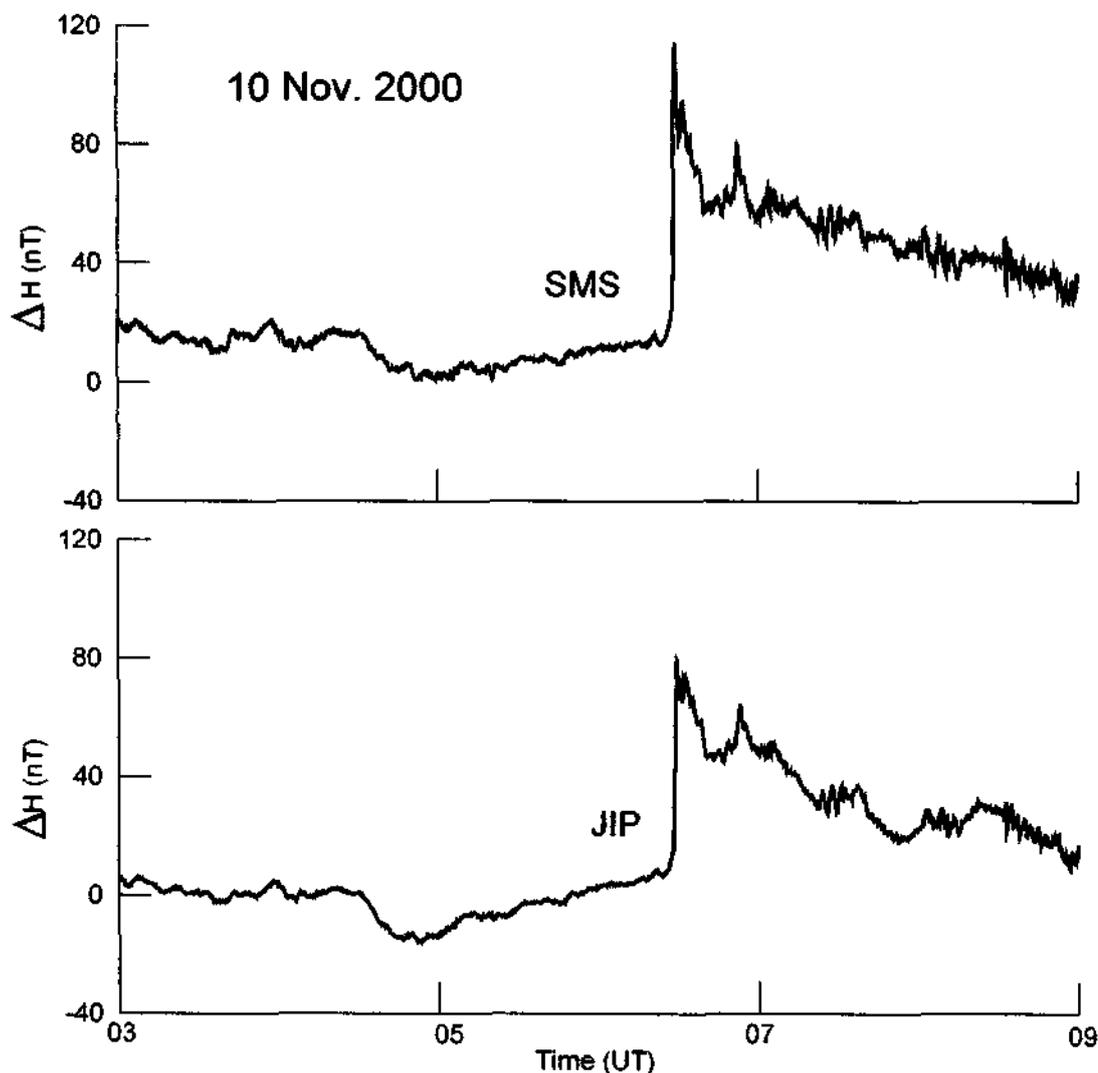


figura: 4.1-2 – Pulsação Impulsiva do dia 10 de Novembro de 2000, observada no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná

4.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

- O bolsista deverá continuar realizando medidas das variações geomagnéticas que ocorrem na região da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul para continuar monitorando as características das pulsações geomagnéticas na região da Anomalia.
- Durante a seqüência do trabalho na área de geomagnetismo o bolsista pretende participar da elaboração e apresentação de trabalhos para a apresentação nas próximas Jornadas Acadêmica Integrada da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, leitura e discussão de livros e continuar realizando visitas



semanais ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE -MCT para manutenção de equipamentos e coletas de dados.

- O bolsista pretende continuar o estudo da física magnetosférica.
- O bolsista deve continuar auxiliando na manutenção do Observatório Espacial do Sul.
- Realizar estudos sobre pulsações geomagnéticas contínuas e impulsivas. Estudar processos físicos responsável pela geração destas pulsações, estudando conjuntamente as pulsações Observadas em SMS, no Campo Magnético IMP (Satélite ACE e WIND) e Campo Magnético observado a bordo dos satélites Geoestacionario GOES – 8 e GOES - 10.

4.3. REDUÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE DADOS

Dando seqüência ao trabalho desenvolvido no ano anterior onde o bolsista se dedicou ao estudo de bibliografias referentes ao Geomagnetismo entre as quais estudou sobre as pulsações contínuas e impulsivas, e onde também foram feitas aquisições de dados no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE. O bolsista estudou várias técnicas de análise de dados geomagnéticos, uma técnica estudada pelo bolsista foi a análise pelo método de múltiplas janelas, onde após filtrados (filtro ban passante), esses dados são separados de acordo com o evento que ocorreu, essa técnica é usada para estudar as pulsações contínuas.

Foram filtrados dados das variações diurnas das Estações de São Martinho da Serra e de Alcântara. Os gráficos feitos após essa filtragem estão apresentados no anexo (A).

Para os dados referentes ao período de Janeiro de 2001 à dezembro de 2002, está se usando o programa Narod, para fazer a conversão desses dados, para um formato em que possamos trabalharmos melhor. Está se procurando eventos cuja causa seja a precipitação de elétrons na região de Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS).

Estão apresentados no anexo (B), alguns desses eventos que são devido a precipitação de elétrons nessa região que estamos estudando.

Os gráficos apresentados em anexo estão em tempo universal.



5. CONCLUSÕES

No decorrer desse relatório o bolsista tentou mostrar um pouco do que ele juntamente com seus colegas do Laboratório de Magnetosferas, Interações Terra – Sol/Geomagnetismo estão fazendo junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. As variações que encontramos e estudamos são supostamente geradas pela interação do Vento Solar com o Campo Magnético da Terra, pelos processos físicos dentro da Magnetosfera e pela interação entre as ondas eletromagnéticas/hidromagnetodinâmicas e pelos elétrons precipitados (devido a Anomalia Geomagnética – SAA) na Ionosfera acima da grande região Santa Maria, no Centro do Estado do Rio Grande do Sul.

Para um dos períodos estudados, o correspondente a Setembro - Dezembro de 1994 encontramos 73 eventos correspondentes a pulsações contínuas do tipo Pc3, 523 eventos do tipo Pc4, e 105 do tipo Pc5. Nesse estudo se verificou que o número de eventos do tipo Pc4, são mais frequentes que os correspondentes as Pc5 e Pc3.

No anexo B, são apresentados gráficos, feito pelo bolsista, correspondente as variações diurnas da componente H do Campo Magnético de Janeiro de 2001 à Dezembro de 2002, da Estação Magnética de São Martinho da Serra, e uma comparação com dados de outras estações magnéticas conforme descrito anteriormente. Verificou-se muitas evidências de eventos apresentados serem devido a precipitação de elétrons. Ao comparar os dados apresentados nos gráficos correspondentes ao Observatório Espacial do Sul, de São Martinho da Serra, com os das outras estações verificou-se que algumas variações na região de São Martinho da Serra são maiores que os de outras estações estudadas.

Estamos estudando em primeiro lugar as variações que ocorrem na componente H do Campo Magnético.

O Projeto em estudo pelo bolsista baseia-se na comparação, da variação que ocorre na componente H do Campo Magnético, em diferentes localidades. Encontramos muitos eventos no período estudado, estamos classificando-os com relação a precipitação de elétrons, e também vamos estudar os dias de Tempestades Magnéticas.

A amplitude das pulsações impulsivas ou contínuas encontradas na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, depende da condutividade Ionosférica. Quando os elétrons proveniente dos cinturões de Van Allen precipitam na Ionosfera em torno da



Anomalia, ocorre um acompanhamento de pulsações contínuas e impulsivas, aumenta a condutividade Ionosférica e conseqüentemente aumentam as amplitudes das pulsações. Assim os eventos das pulsações acompanhados de precipitação de elétrons têm amplitudes maiores no centro da Anomalia comparada com as variações geomagnética observadas fora da região da Anomalia. Por isso as pulsações têm amplitudes maiores na região de São Martinho da Serra (SMS) do que as observadas em Ji-Paraná (JIP), Eusébio(EUS), São Luiz (SLZ), Belém (BLM), durante o período noturno.





6. BIBLIOGRAFIA

Amarante, J. A. A. General Topics on Geomagnetism and Studies of the Occurrence of Micropulsations in São José dos Campos. Relatório interno do INPE / LAFE – 48, 1966.

Campbell, W. H. Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, New York, 1997.

Jankowski, J e C. Sucksdorff, Guide for magnetic measurements and observatory practice, International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Boulder, 1996.

Kirchhoff, V. W. J. H. Introdução à Geofísica Espacial, Ed. Nova Estella.

Pereira, O. J. Estudos de Polarização de Pulsações Magnéticas na Faixa Pc3 a Pc5 Observadas em Santa Maria e Eusébio, 1993, dissertação de Mestrado INPE.

Primdahl, F., Instrumentos Geomagnéticos, Publicações do Observatório Nacional, Publicação Especial, N^o 09, 1986.

Schuch, N. J.; Adaime, S. F.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; Costa, J. M.; Kirchhoff, V. M. J. H.; Dutra, S. L. G.; Sobral, J. H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.; Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/INPE, Revista Brasileira de Geofísica; Vol. 15, 65-70, 1997.

Trivedi, N.B.; D. B. Rai, I. M. Martin, J. M. Da Costa, - Particle precipitation in Brazilian Geomagnetic Anomaly during magnetic storms. Planet. Space Sci., 21:1699-1704 , 1973.

Zmuda , A . J . , Ionization enhancement from Van Allen electrons in the South Atlantic geomagnetic anomaly, J. Geophys. Res., 71, 1911-1917, 1966.

Mendes A. M., S. Ananthkrishnan, VLF phase changes produced by particle precipitation into the geomagnetic anomaly during solar proton events, Radio Science, 7 (4), 465-468, 1972.

Roederer , J. G., Dynamics of geomagnetically trapped radiation , Springer-Verlag, 1970.



7. ANEXOS





7.1 ANEXO A

(Variação diurna do Campo Magnético Terrestre observado na Estação Magnética de Santa Maria (transferida posteriormente para o Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra) e comparação com a variação diurna observado na Estação de Alcântara, analisadas na faixa de 60 a 7200 segundos)



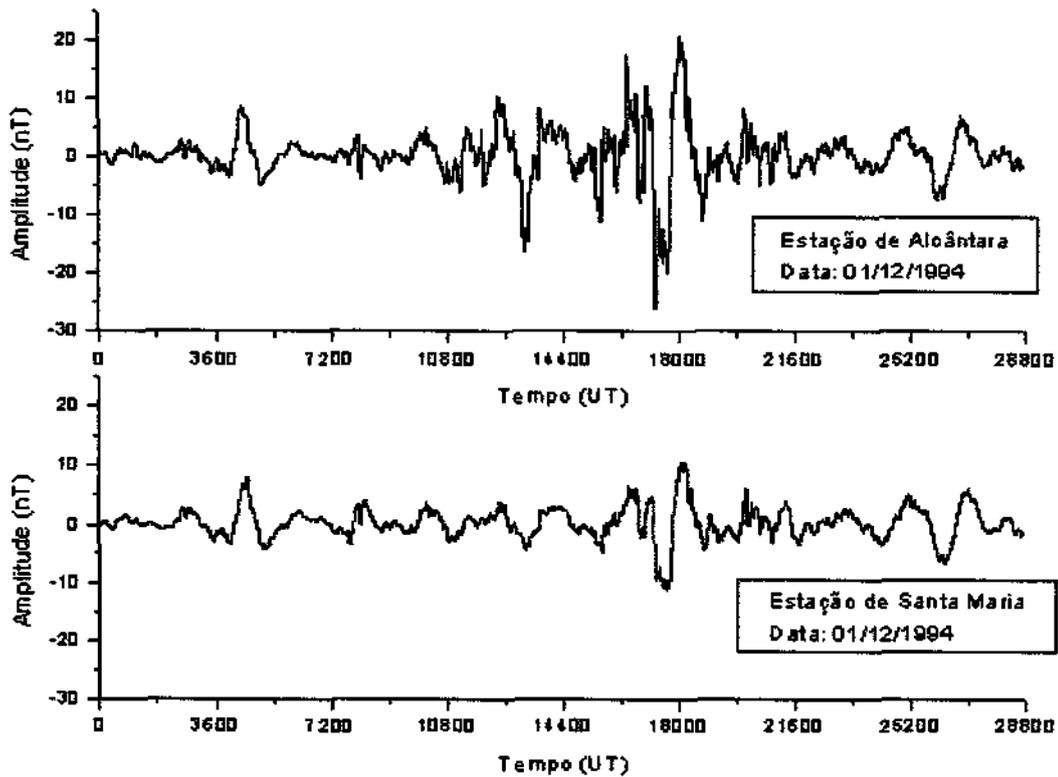


Figura 7.1-1 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 01/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara

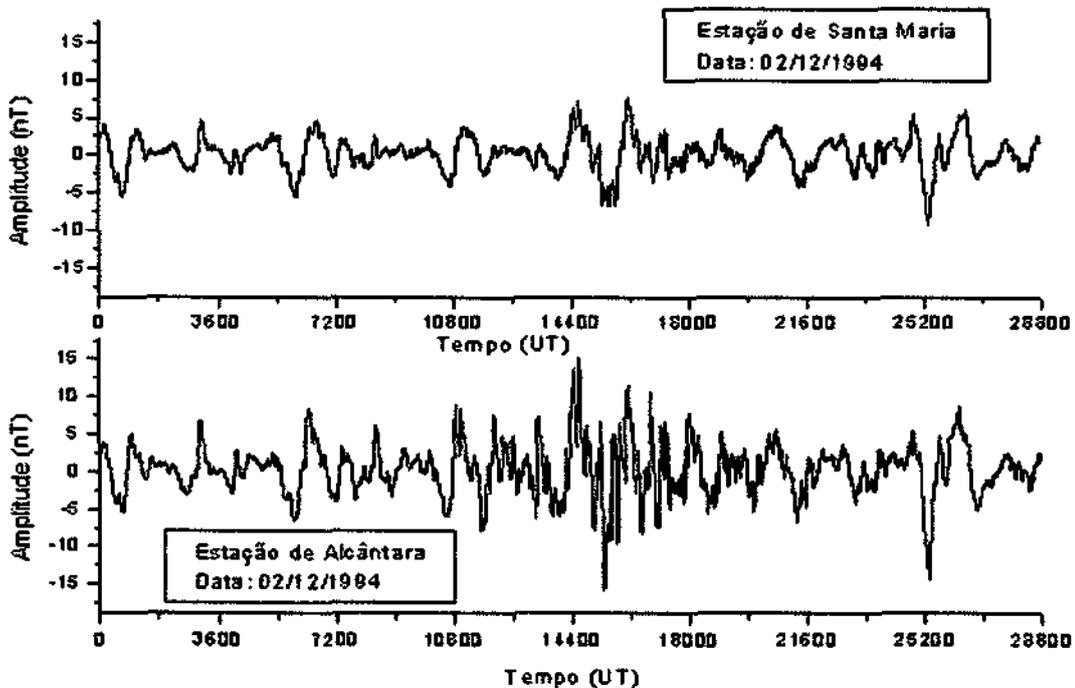


Figura 7.1-2 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 02/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara



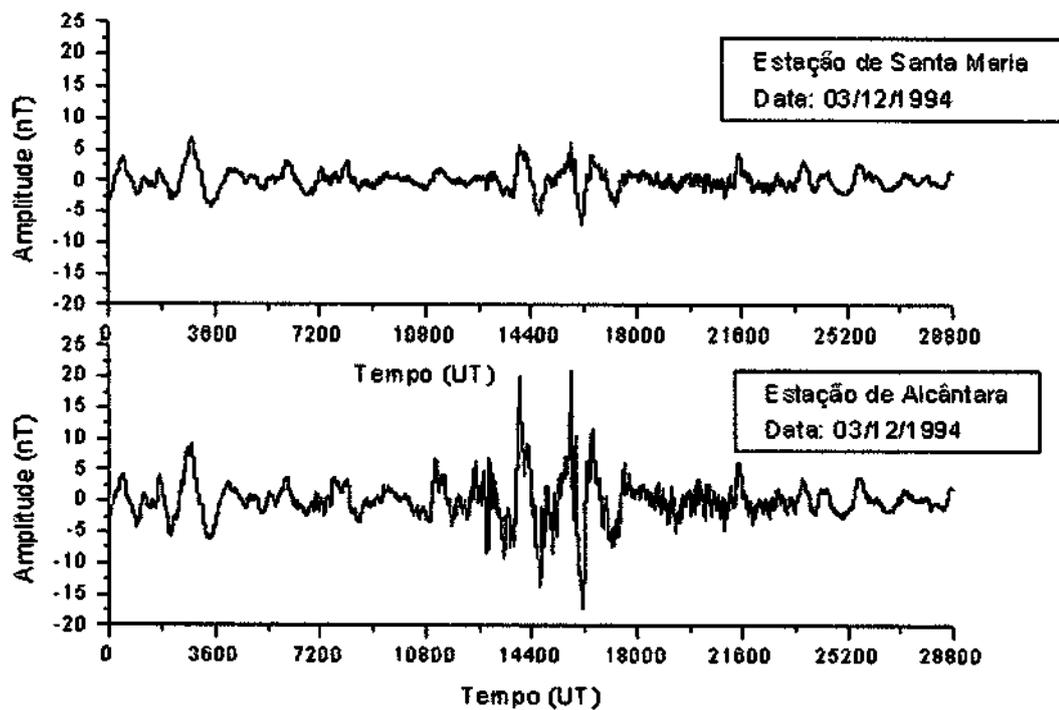


Figura 7.1-3 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 03/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara

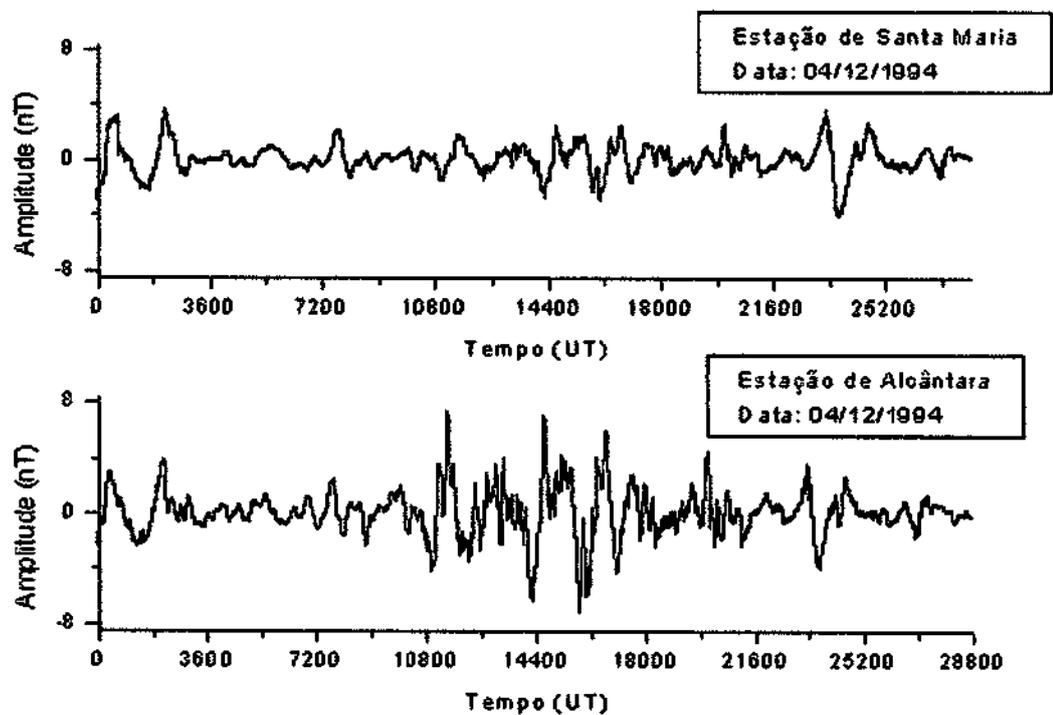


Figura 7.1-4 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 04/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara



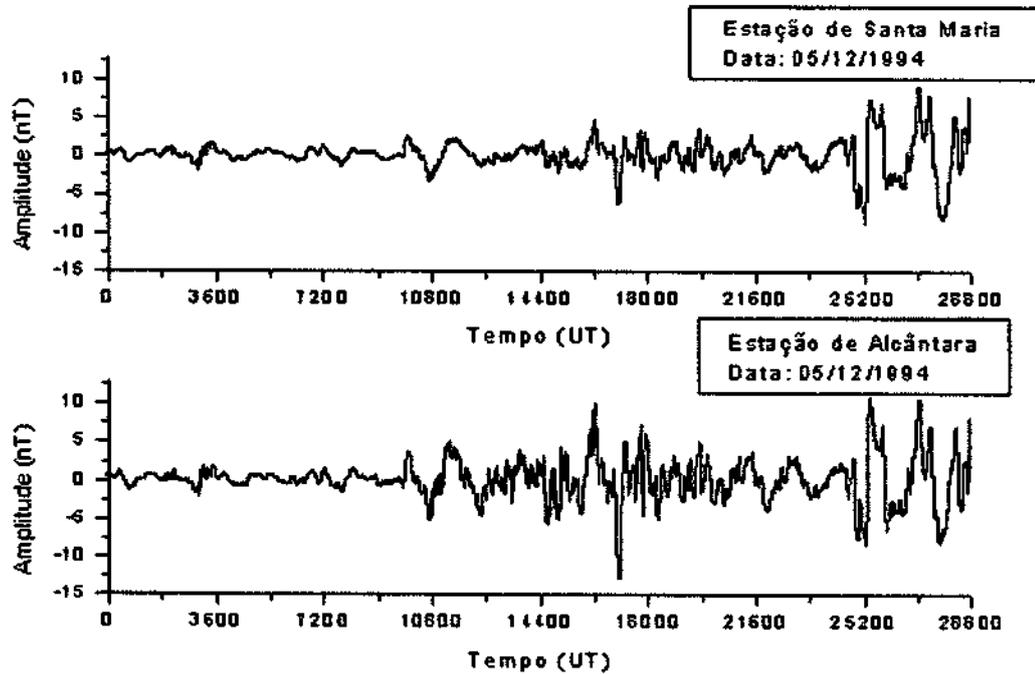


Figura 7.1-5 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 05/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara

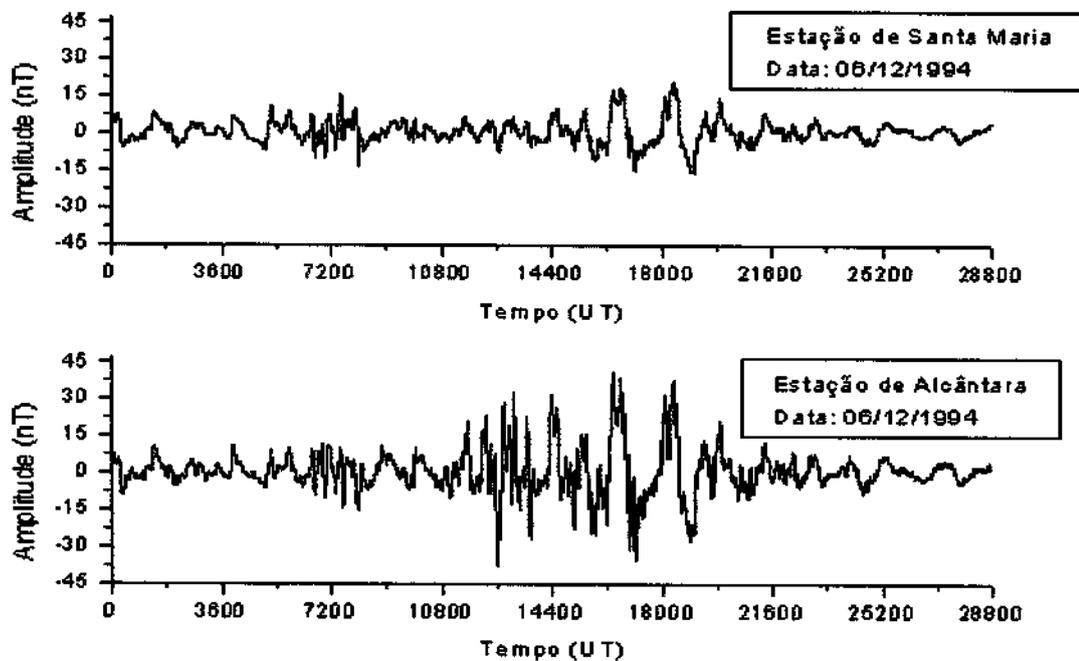


Figura 7.1-6 Variação diurna na Estação Magnética de Santa Maria (hoje SMS) no dia 06/12/1994 e comparada com a Estação Magnética de Alcântara



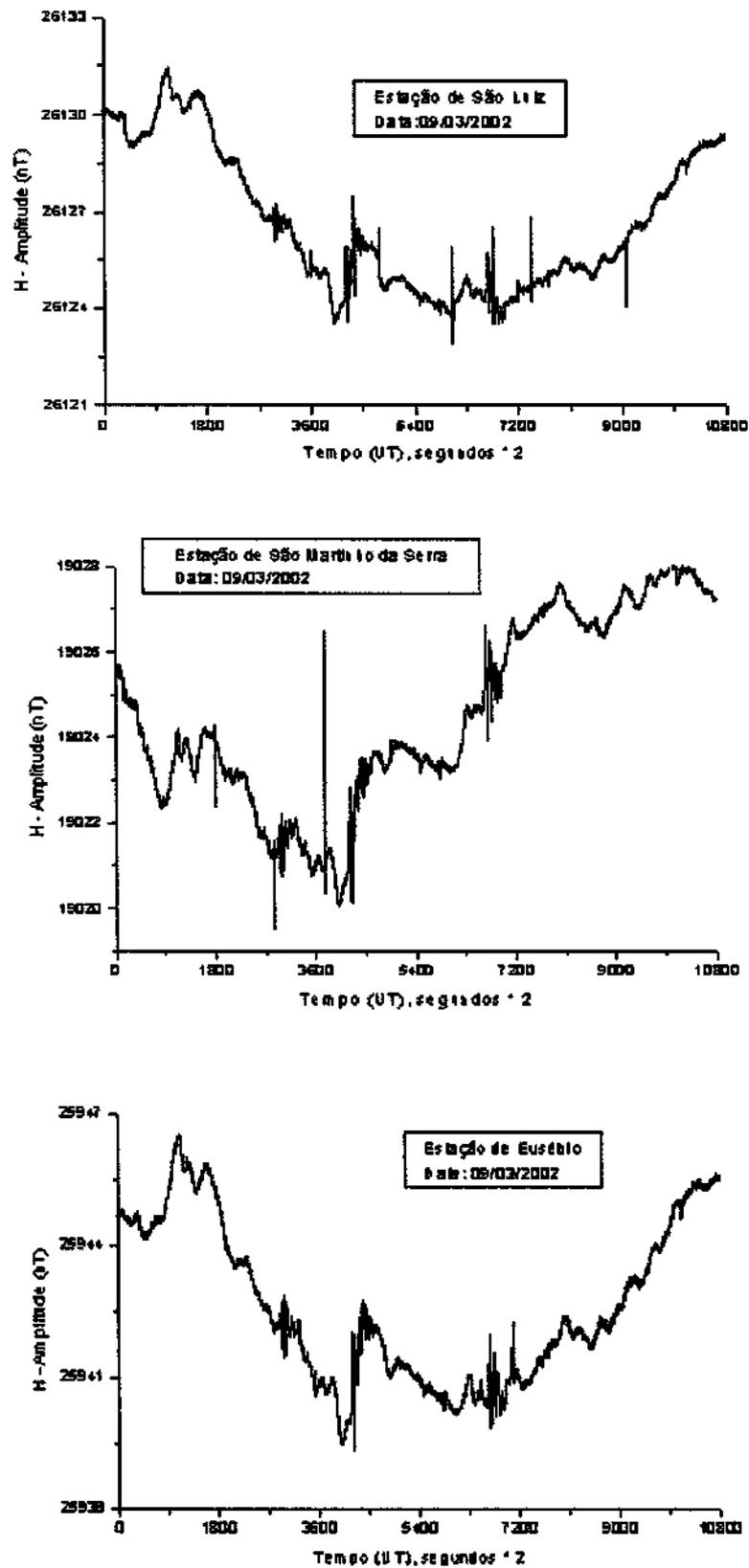


Figura 7.1-6(a,b,c) Pulsção Impulsiva observada no dia 09/03/2002 na Estação Magnética de São Martinho da Serra e comparada com as Estações Magnéticas de São Luiz (SLZ) e Eusébio (EUS)

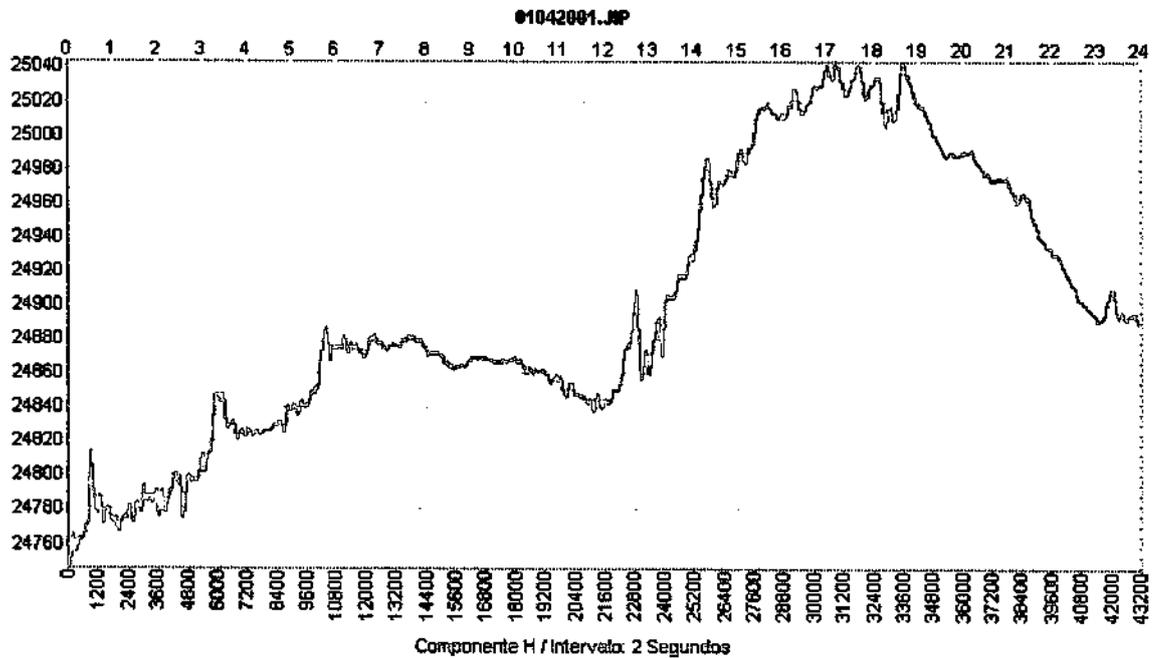
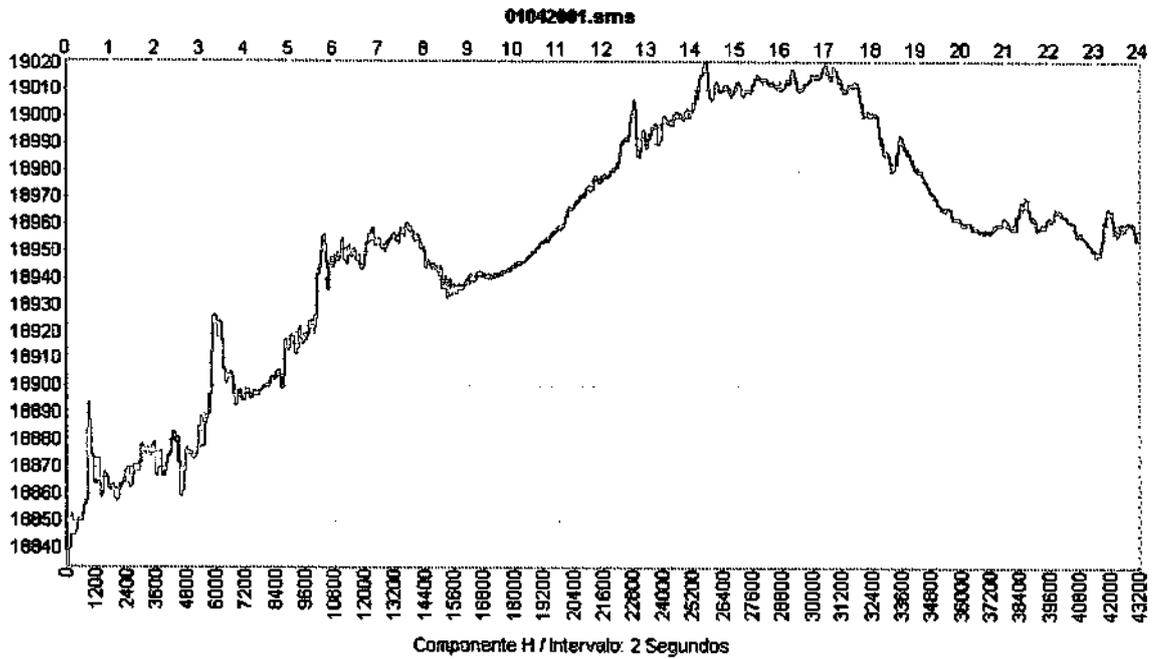




7.2 ANEXO B

(Variação diurna do Campo Geomagnético Terrestre observado nas Estações Magnéticas do Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra (SMS), Ji-Paraná (JIP), Eusébio (EUS), São Luiz (SLZ) e Belém (BLM))





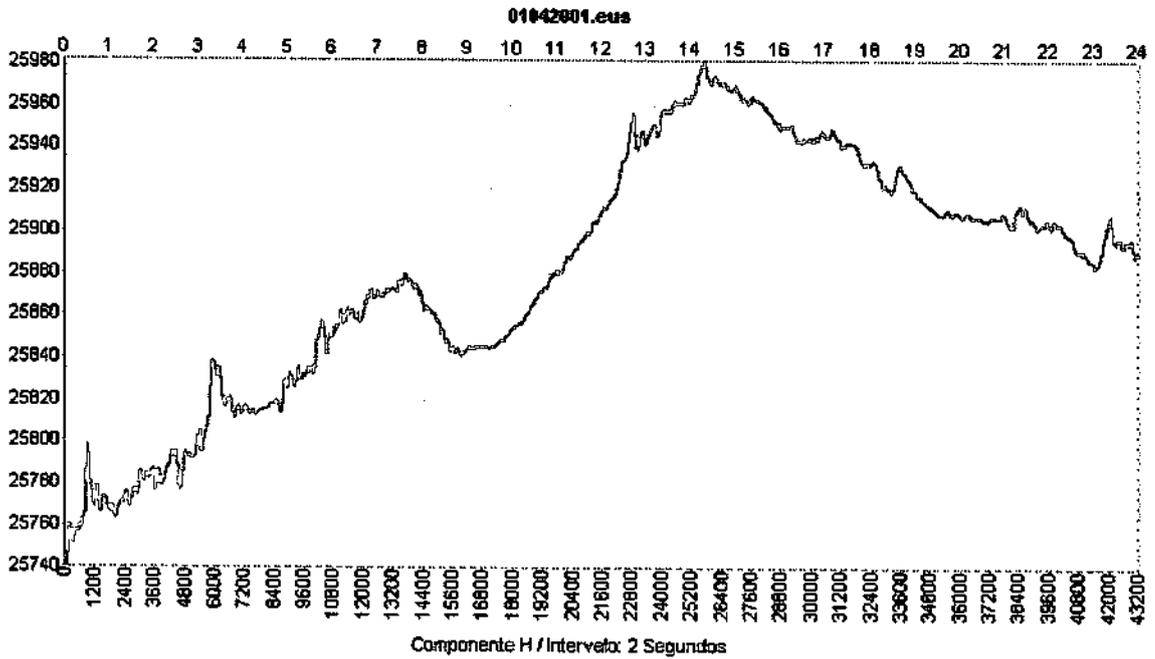
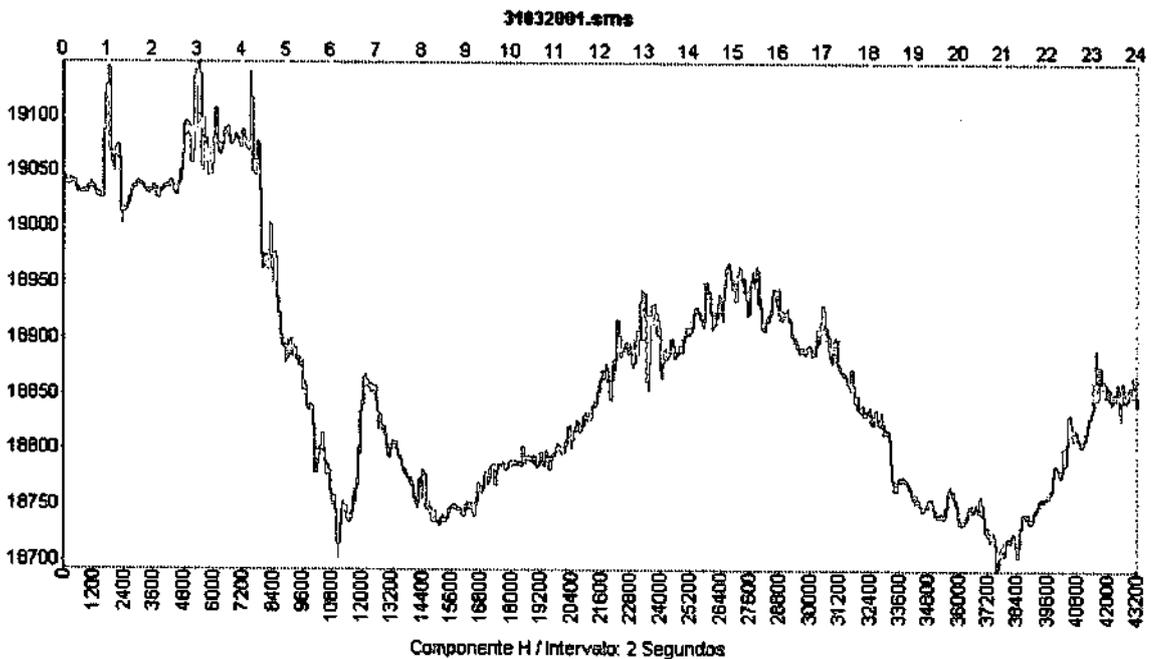


Figura 7.2-1 (a,b,c) Variação diurna na componente H do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 01/04/2001 e comparada com as Estações Magnéticas de Ji-Paraná (JIP) e Eusébio (EUS)



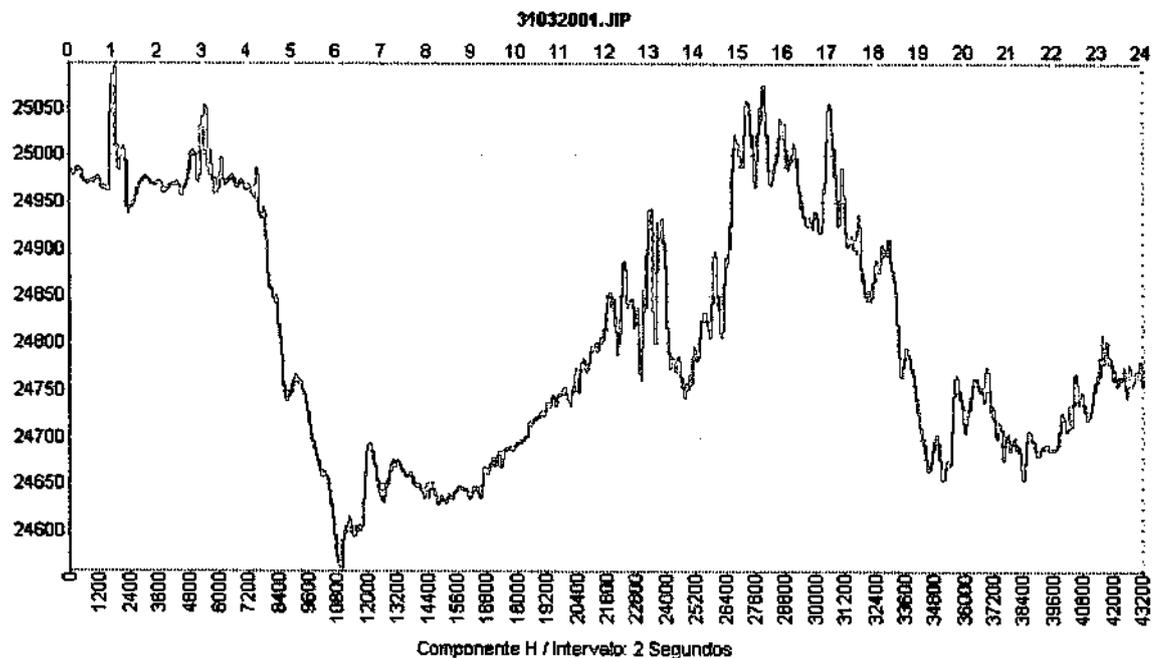
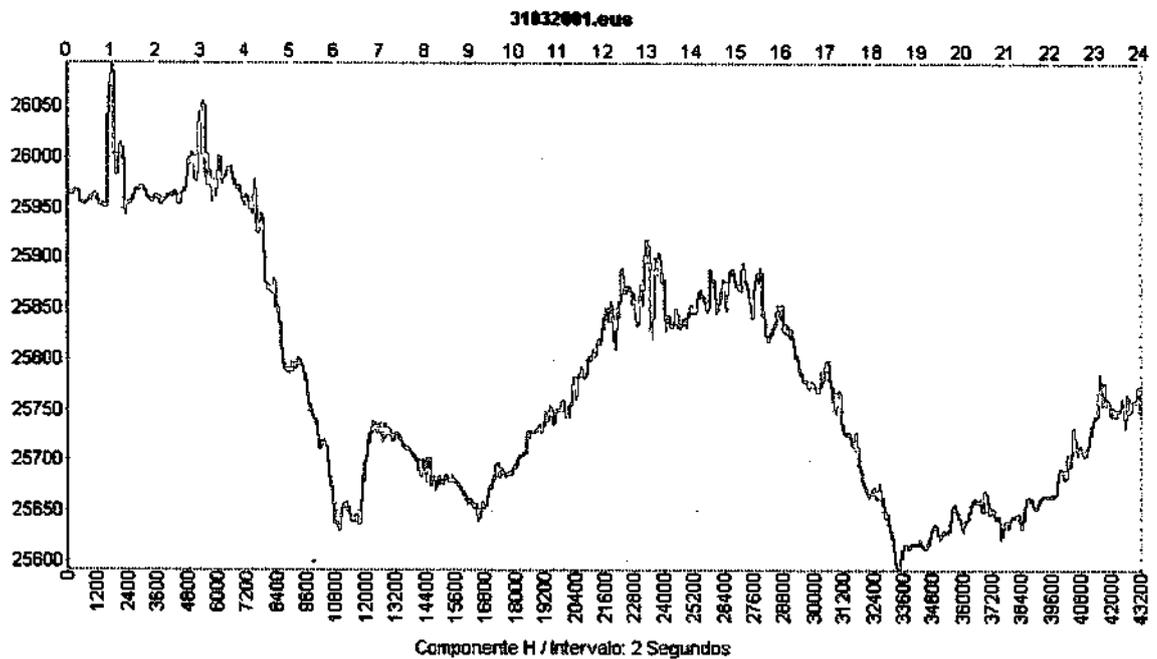


Figura 7.2-2 (a,b,c) Variação diurna na componente H do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 31/03/2001 e comparada com as Estações Magnéticas de Ji-Paraná (JIP) e Eusébio (EUS)

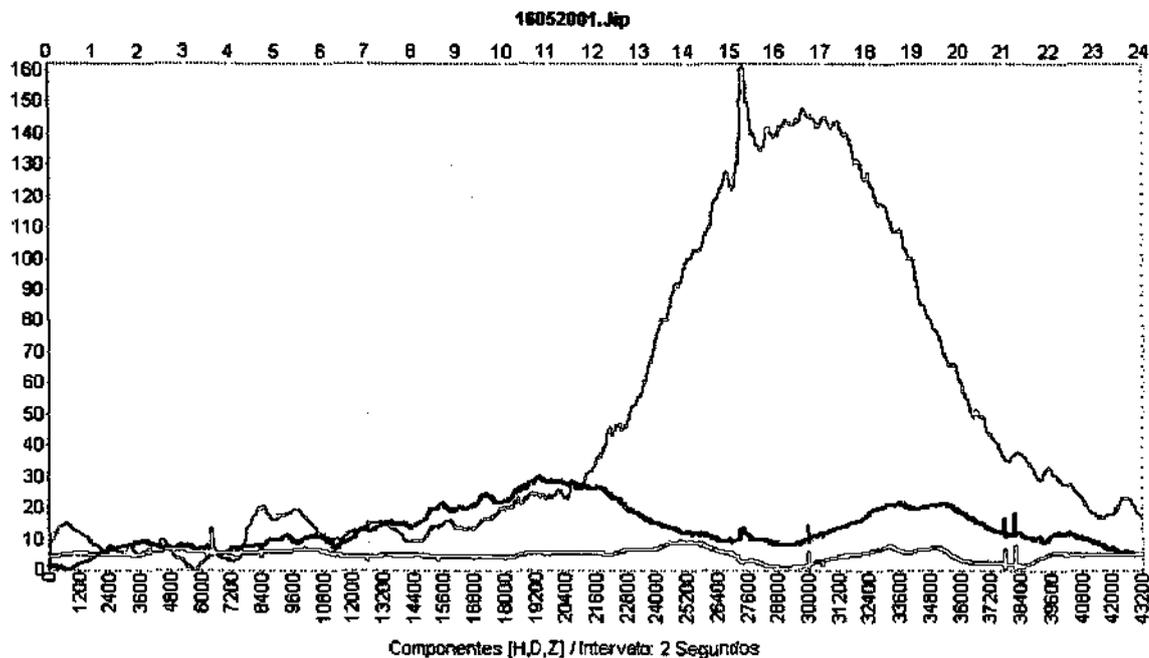
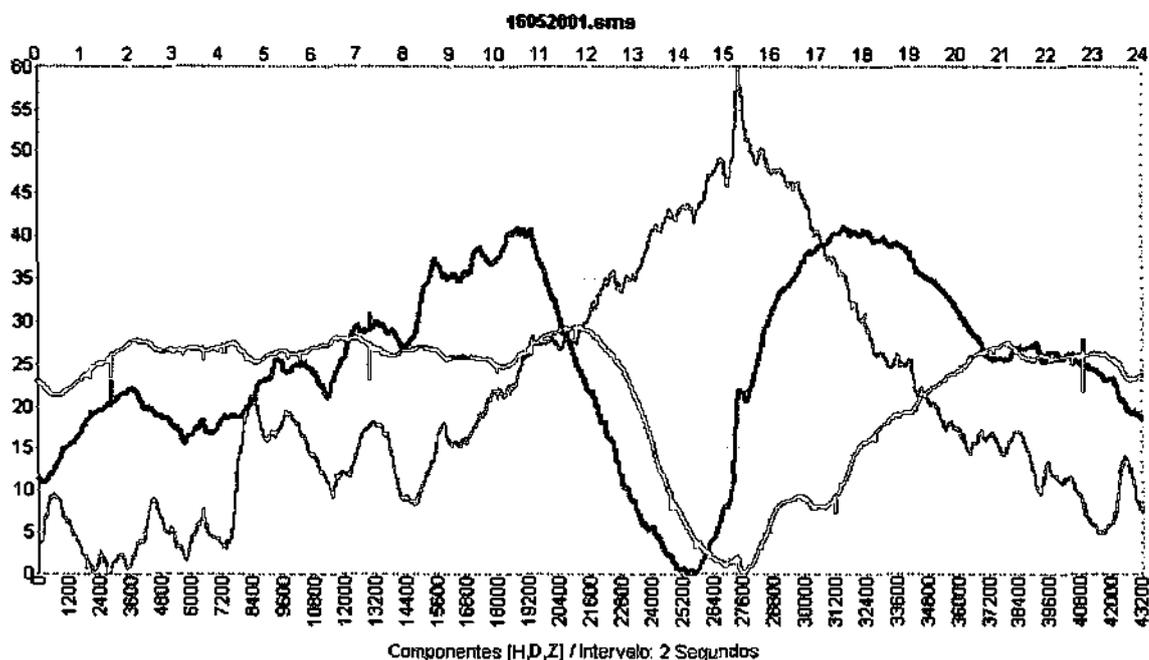


Figura 7.2-3 (a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 16/05/2001 e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná (JIP)

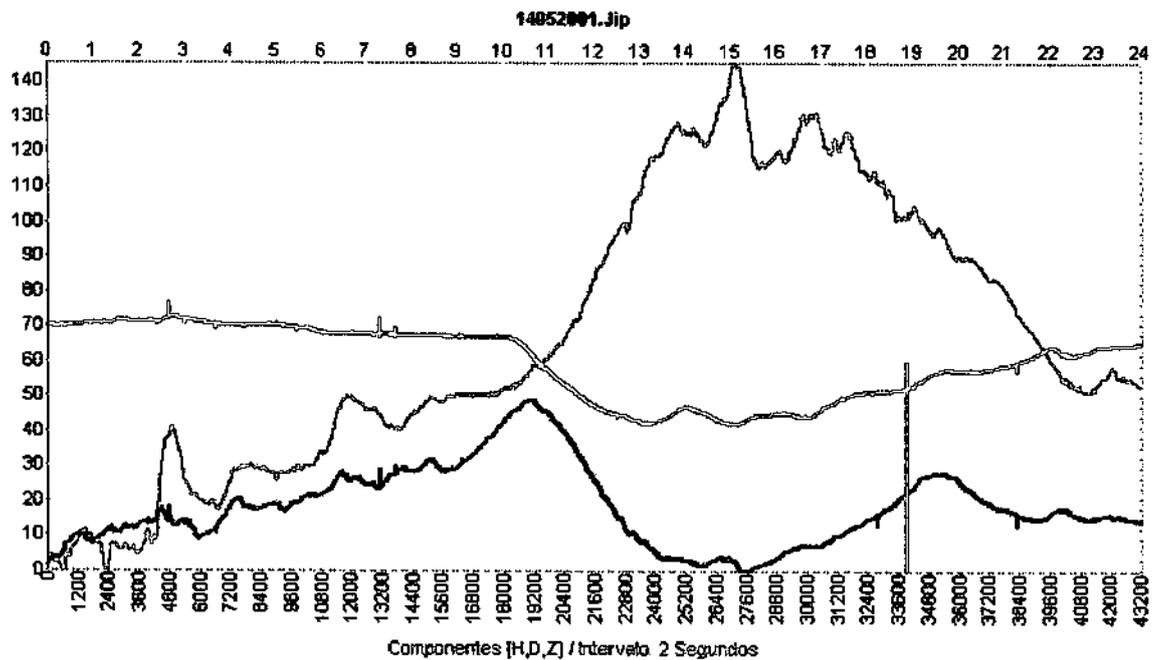
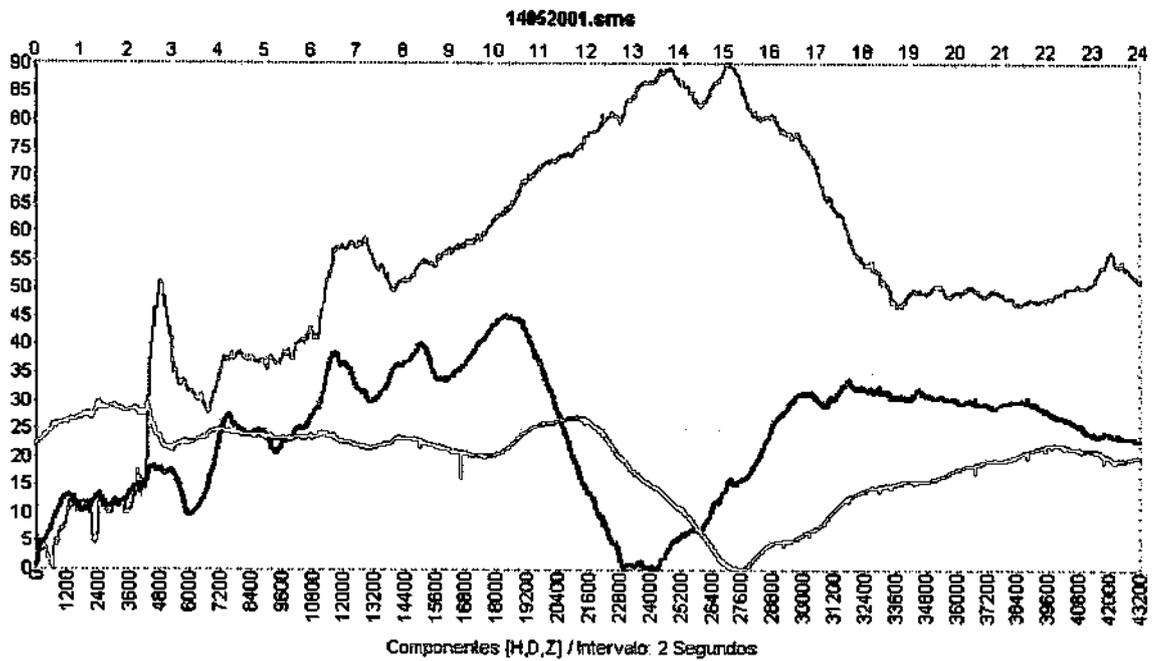


Figura 7.2-4(a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 14/05/2001 e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná (JIP)



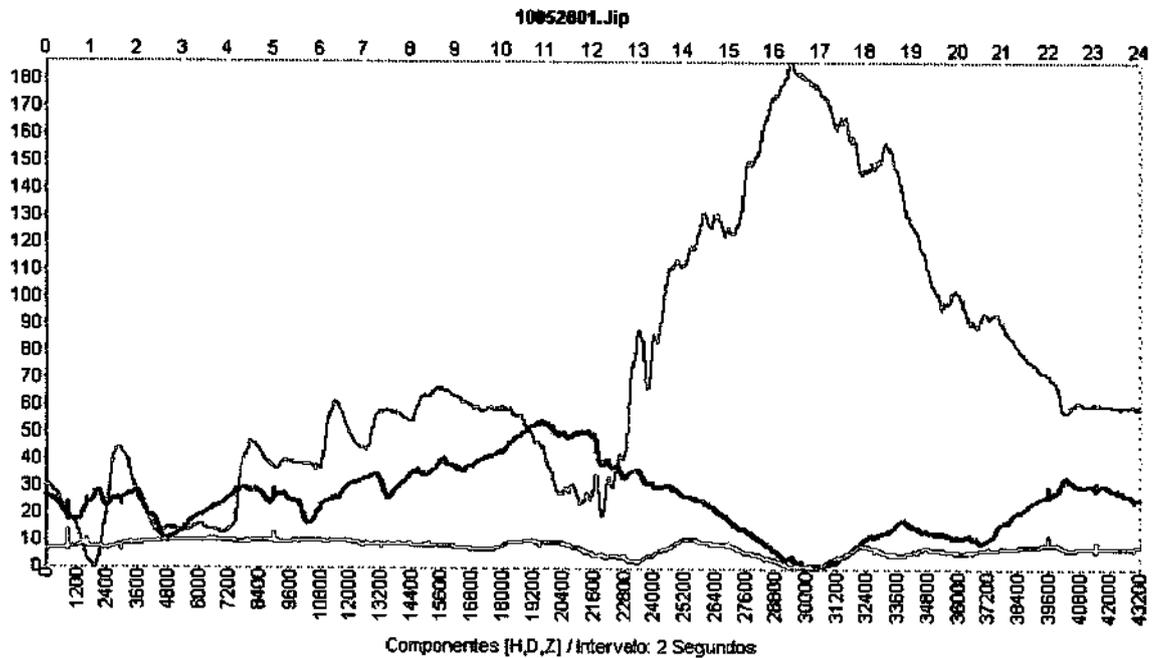
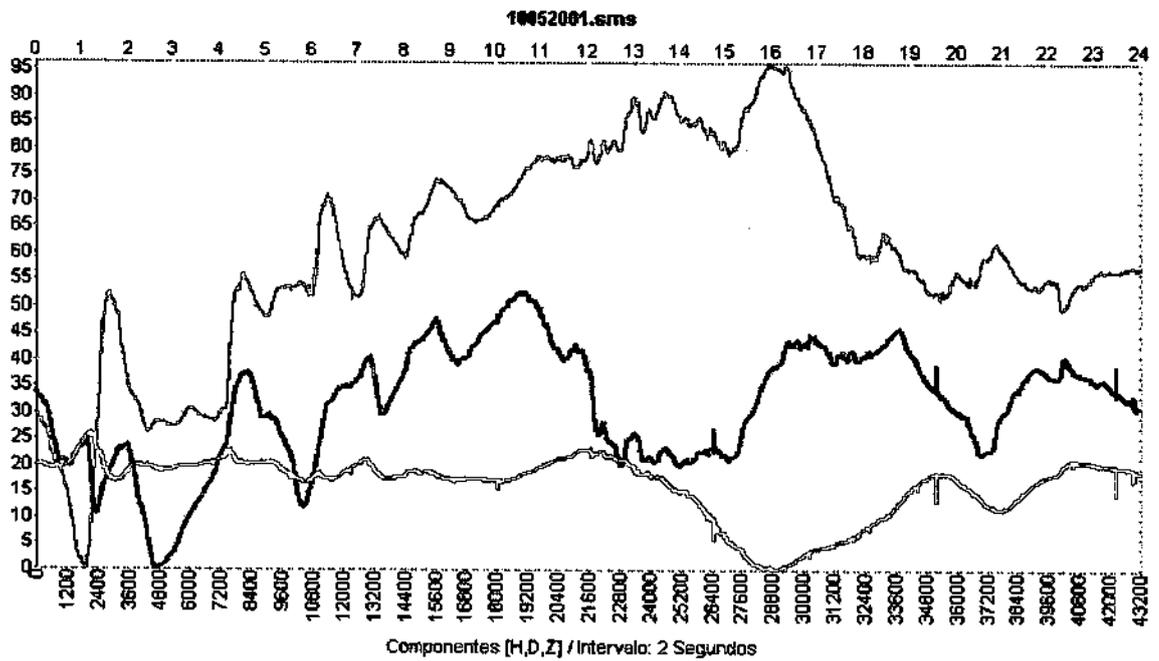


Figura 7.2-5 (a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 10/05/2001 e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná (JIP)



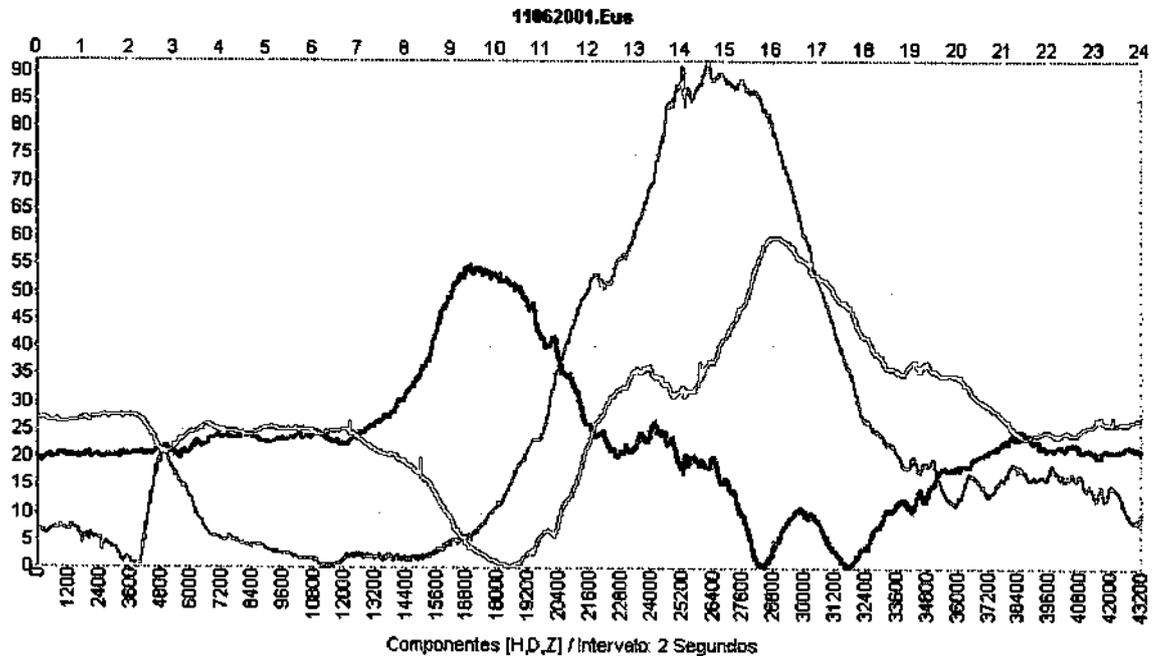
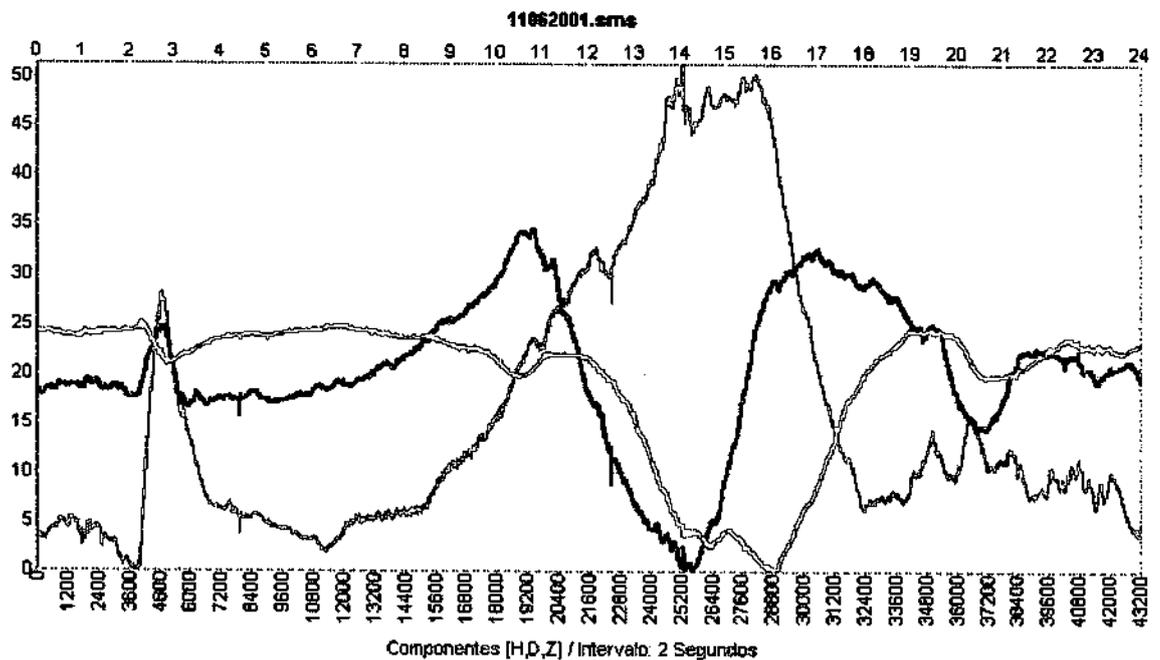


Figura 7.2-6 (a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 11/06/2001 e comparada com a Estação Magnética de Eusébio (EUS)

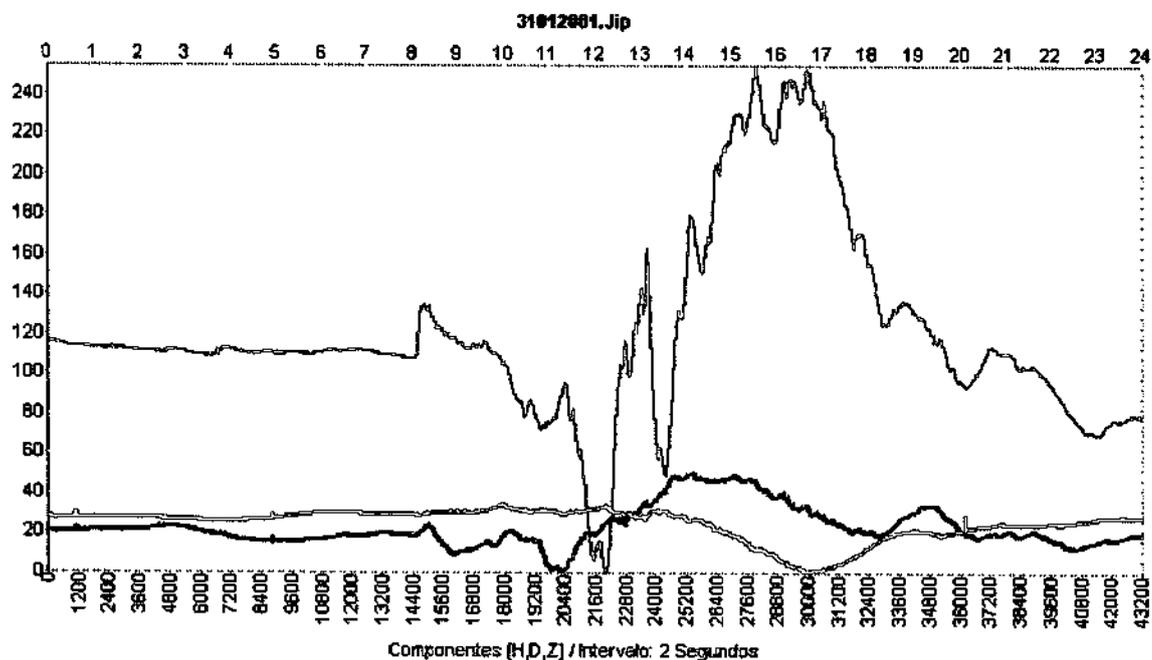
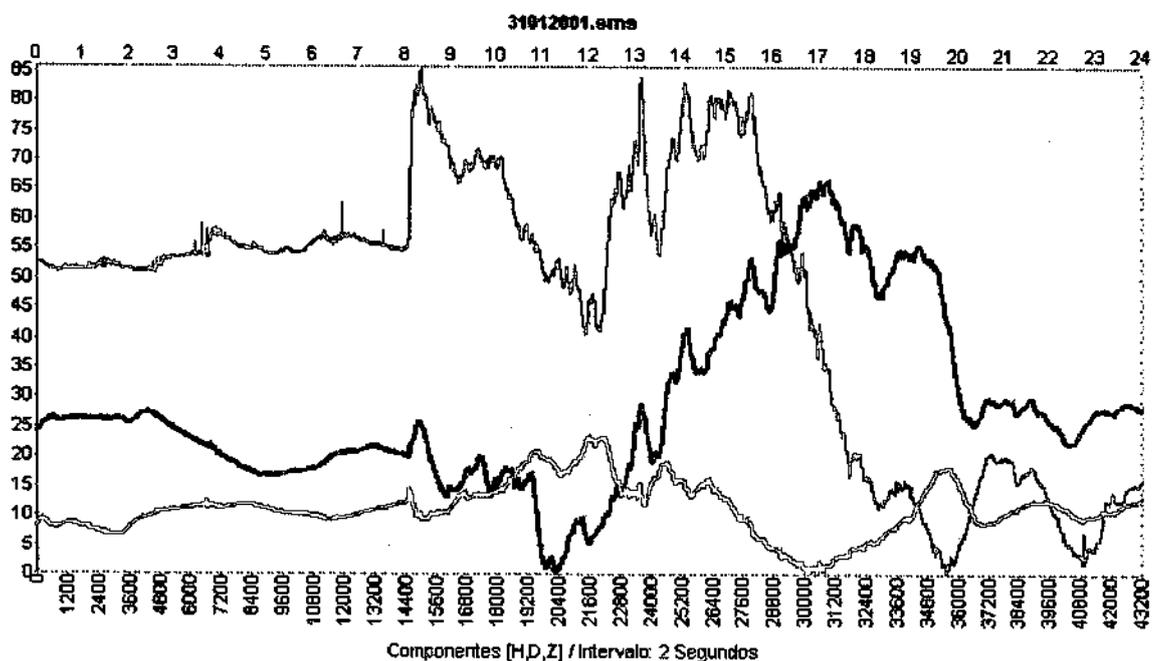


Figura 7.2-7 (a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 31/01/2001 e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná (JIP)

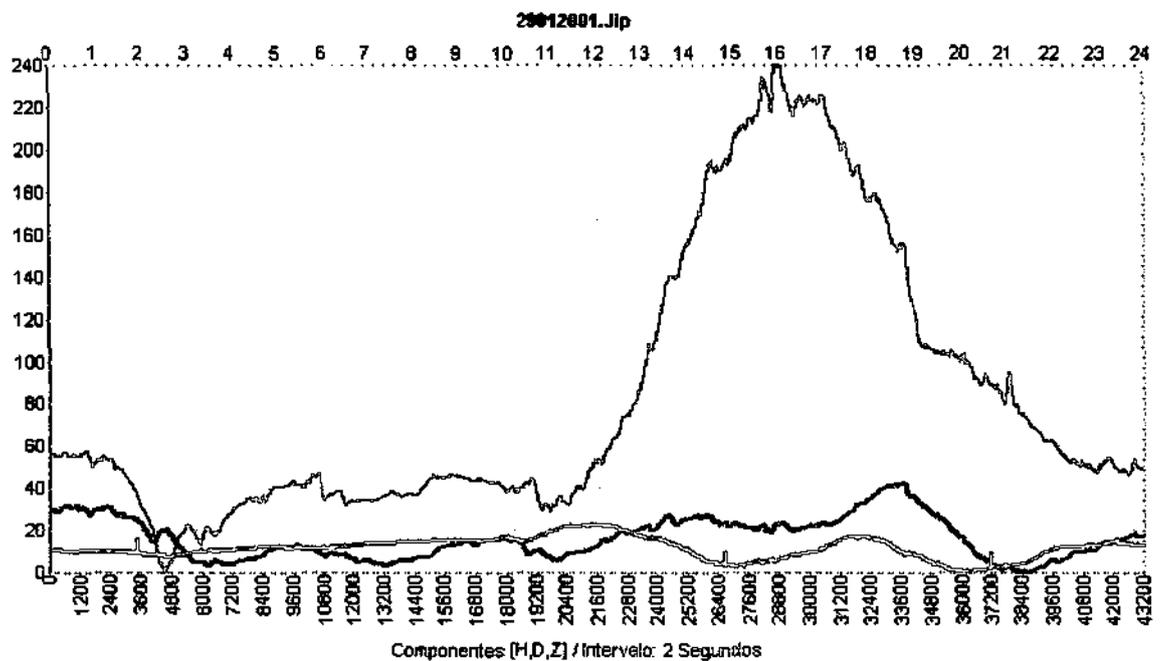
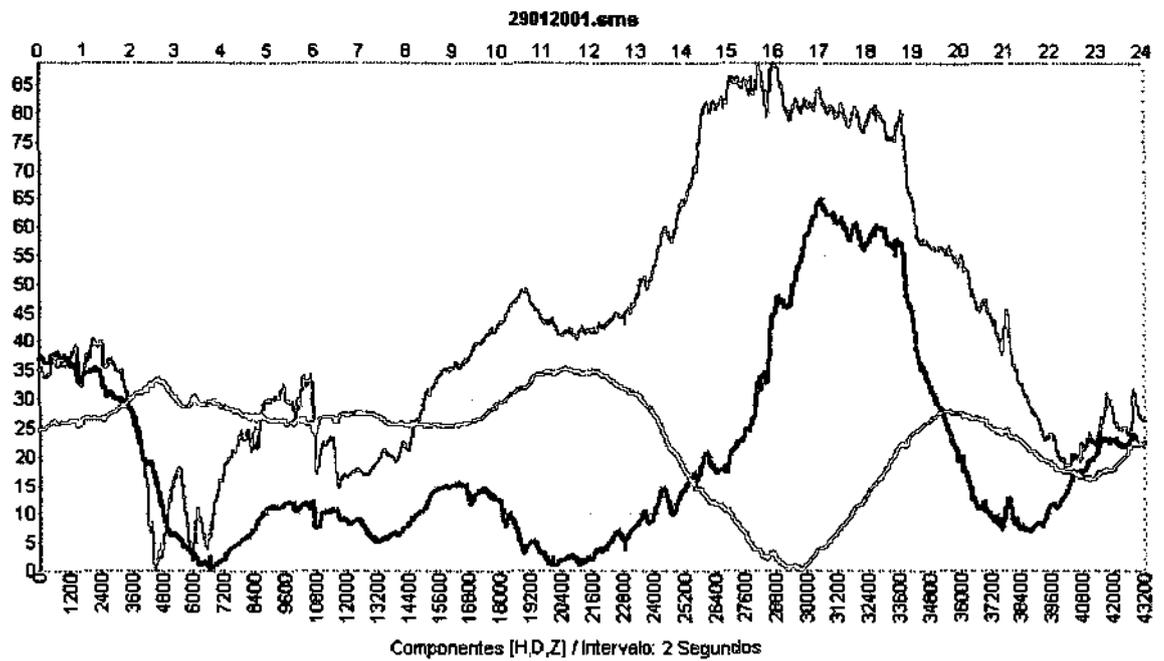


Figura 7.2-8(a,b) Variação diurna nas componentes H, D e Z do Campo Magnético Terrestre observada na Estação Magnética de São Martinho da Serra (SMS) no dia 29/01/2001 e comparada com a Estação Magnética de Ji-Paraná (JIP)



7.3 ANEXO C: RESUMOS DE TRABALHOS APRESENTADOS





ESTUDO DE MICROPULSAÇÕES MAGNÉTICAS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL ⁽¹⁾

Silvio Buchner⁽²⁾, Nalin B. Trivedi⁽³⁾, Lucídio V. Kunrath⁽⁴⁾, Ederson Staudt⁽⁵⁾, Nelson Jorge Schuch⁽⁶⁾,

As micropulsões podem ser definidas como Pulsões Geomagnéticas de baixa frequência. Estas pulsões podem ser divididas em duas classes distintas: as Pulsões Contínuas (Pc) e as Pulsões Irregulares (Pi). Muitos destes distúrbios tem aspecto senoidal em aparência e, tem sido atribuído a ondas hidromagnéticas ou magneto – hidrodinâmicas (MHD), dentro da Magnetosfera da Terra podendo ser vistas como oscilações do Campo Magnético da Terra. As Pulsões do pacote Irregular são provavelmente produzidas por feixes de partículas carregadas que penetram na alta Atmosfera. Esta injeção de partículas provoca também na Ionosfera o estabelecimento de sistemas de correntes ocasionando um aumento da condutividade da Ionosfera. Esta por sua vez, passa a oferecer uma blindagem cada vez maior às ondas hidromagnéticas excitadas pelo feixe, fazendo com que as Pulsões Irregulares (Pi) ocorrerem em geral nas etapas iniciais do desenvolvimento de umas tempestades Magnéticas. As Pulsões Contínuas (Pc) são Pulsões quase senoidais e classificadas como Pc1 a Pc5, na faixa de períodos entre 0,2 a 1000 segundos. As Pc₁ são oscilações senoidais regulares, com seus períodos variando de 0,2 a 5 segundos, são mais frequentemente excitadas em zonas aurorais e sub-aurorais, as Pc₂ e Pc₃ são tipicamente fenômenos diurnos, com períodos médios, sofrendo variações diurnas, maximizando-se ao meio dia, a ocorrência das Pc₄ aumenta com a diminuição da atividade Solar, são dominantes nos mínimos solares, as Pc₅ possuem uma forma inteiramente senoidal, sendo muitas vezes amortecidas, com algumas distorções que aparecem com o aumento da atividade Magnética. Na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMS) ocorre o rebaixamento do cinturão de radiação de Van Allen e sua principal consequência é a maior precipitação de partículas, que podem atingir os satélites que passam por esta região, atingindo experimentos a bordo destes satélites, e principalmente devemos nos preocupar com a segurança dos astronautas que passam por esta região, por isso se torna necessário este estudo. Estas micropulsões Magnéticas estão sendo medidas no Observatório Espacial do Sul, OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra, na região da Grande Anomalia Magnética do Atlântico Sul, e estudadas por pesquisadores do INPE em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (LACESM). Inicialmente foram analisados dados de Setembro a Dezembro de 1994 e Janeiro de 1995, foram separados os maiores eventos pela suas amplitude e na seqüência deste trabalho estamos classificando as Pulsões Contínuas, as Impulsivas e as comparando com dados de outras estações Magnéticas, para podermos entender os processos físicos que ocorrem na Magnetosfera Terrestre.

⁽¹⁾ Pesquisa financiada pelo INPE, PIBIC/CNPq, UFSM;

⁽²⁾ Apresentador/Autor: Acadêmico do curso de Física;

⁽³⁾ Orientador: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT;

⁽⁴⁾ Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de física;

⁽⁵⁾ Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de física;

⁽⁶⁾ Co-autor do trabalho: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT;





ESTUDO DAS PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL⁽¹⁾

Lucídio V. Kunrath⁽²⁾, Nalin B. Trivedi⁽³⁾, Silvio Buchner⁽⁴⁾, Ederson Staudt⁽⁵⁾, Nelson Jorge Schuch⁽⁶⁾

O Sistema Solar é imerso no plasma, emitido continuamente pelo sol. O Plasma, gás ionizado, propaga-se no espaço com velocidades de 500 a 1500 km/s, levando partículas carregadas até os Planetas, incluindo a Terra. A Terra é protegida do Vento Solar (Plasma Solar) por um Campo Geomagnético, que é gerado no núcleo líquido da Terra. Este Campo Magnético barra a passagem das partículas, fazendo com que elas não colidam com a superfície terrestre. Quando as partículas constituintes do Vento Solar conseguem penetrar na Magnetosfera, ocorrem vários fenômenos, dentre eles: as auroras nas latitudes altas (> 60 graus), tempestades e pulsações geomagnéticas. O Campo Geomagnético pode ser dividido em duas partes: um campo principal, cuja origem atribui-se a correntes existentes no núcleo da Terra, e que corresponde a 99% de seu total; e outros campos, de intensidade variável, e que são produzidos por correntes elétricas nas regiões ionizadas vizinhas ao planeta (ionosfera e magnetosfera). A distribuição global da Intensidade Total do Campo Geomagnético apresenta uma região de mínimo, a qual compreende parte do Território Brasileiro e parte do Oceano Atlântico, e é conhecida como região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS – ou também como região da Anomalia Magnética Brasileira – AMB. Sua principal consequência é a ocorrência de uma maior precipitação de partículas nessa região devido ao rebaixamento do cinturão de radiação que circunda o Planeta, conhecido como cinturão de Van Allen. O Campo Geomagnético apresenta variações temporais e espaciais com amplitudes muito inferiores à do Campo Magnético gerado no núcleo, em várias ordens de grandeza. Estas variações classificam-se em: seculares, diurnas (período de 24 horas), distúrbios (associados a tempestades magnéticas e com períodos bastante variáveis) e pulsações (com períodos entre 0,2 a 1000s). O grupo de Geomagnetismo do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria (LACESM), está atualmente se dedicando ao estudo das Variações Geomagnéticas, na faixa de períodos compreendidos entre 0,2 a 1000 segundos, que ocorrem devido à interação entre o Plasma Solar incidente e o Campo Magnético terrestre. O objetivo desta pesquisa é monitorar as variações geomagnéticas e a deriva da Anomalia Magnética como também estudar o clima espacial.

(1) Pesquisa financiada pelo INPE, CNPq, PRAE - UFSM;

(2) Apresentador/Autor: Acadêmico do curso de Física;

(3) Orientador: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT;

(4) Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de Física;

(5) Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de Física;

(6) Co-autor do trabalho: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT.





ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES GEOMAGNÉTICAS EFETUADAS EM SÃO MARTINHO DA SERRA – RS E EM ALCÂNTARA – MA⁽¹⁾

Ederson Staudt⁽²⁾, Nalin B. Trivedi⁽³⁾, Lucídio V. Kunrath⁽⁴⁾, Silvio Buchner⁽⁵⁾, Nelson Jorge Schuch⁽⁶⁾

O Planeta Terra possui ao seu redor um intenso Campo Magnético cuja intensidade não é constante globalmente. A Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) é uma região anômala localizada na região oeste de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul onde a intensidade do Campo Magnético é bem reduzida em comparação com a intensidade média global. O campo é modulado e distorcido por um fluxo contínuo de plasma a partir do Sol fazendo com que as linhas de campo sejam comprimidas na direção voltada para o Sol e alongadas na direção oposta, formando uma cavidade conhecida como Magnetosfera. Os processos físicos que ocorrem nesta cavidade modulam o fluxo de energia carregado pelo Vento Solar para a Terra. Várias são as teorias modernas que procuram explicar as inúmeras características destes processos, experimentalmente observados. As micropulsações são uma classe de flutuações, que podemos encontrar no campo magnético, de curto período (da ordem de minutos a segundos). As amplitudes destas típicas flutuações são menores do que uma parte em 10^4 do campo principal e tem efeito transitório. A faixa de período na qual se considera as micropulsações está entre 0,2 e 7 minutos, com amplitudes de frações até centenas de “nano teslas” (nT). Em geral é aceito que as micropulsações magnéticas são provocadas pela manifestação de ondas hidromagnéticas geradas por vários processos físicos, sendo que estas ondas podem ser detectadas por aparelhos na superfície terrestre ou em satélites em órbita. Aparelhos deste tipo (magnetômetros) estão instalados no Observatório Espacial do Sul do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra (SMS). Neste trabalho realizamos a análise dos dados coletados nos meses de dezembro de 1994 e janeiro de 1995, envolvendo a catalogação dos eventos encontrados, tratamento estatístico e gráfico. Posteriormente comparamos os eventos encontrados na estação localizada próxima ao centro da AMAS com os eventos encontrados na análise dos dados coletados pela estação de Alcântara (MA), localizada em uma região fora da AMAS. Como conclusão obtemos as informações de que, os eventos encontrados na estação de Alcântara possuem as amplitudes de suas oscilações consideravelmente superiores se comparados às amplitudes dos eventos da estação de SMS. Isso se deve ao fato de que, na região de Alcântara o Campo Magnético sofre variações devido à presença de um sistema de correntes elétricas na Ionosfera, conhecido como Eletro Jato Equatorial. Como trabalho futuro estamos propondo a comparação dos dados coletados por aparelhos na superfície terrestre com os dados coletados pelos satélites GOES 6 e GOES 8 para estudarmos a contribuição da ionosfera na propagação destes eventos.

⁽¹⁾ Pesquisa financiada pelo INPE, PIBIC/CNPq, UFSM;

⁽²⁾ Apresentador/Autor: Acadêmico do curso de Física;

⁽³⁾ Orientador: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT;

⁽⁴⁾ Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de física;

⁽⁵⁾ Co-autor do trabalho: Acadêmico do curso de física;

⁽⁶⁾ Co-autor do trabalho: Pesquisador CRSPE/INPE – MCT.





**7.4 ANEXO D: CERTIFICADOS DOS TRABALHOS APRESENTADOS, E
PARTICIPAÇÃO DO BOLSISTA EM ESCOLA DE VERÃO**



XVII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

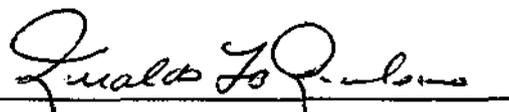
Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

Certificamos que
SILVIO BUCHNER

Participou da XVII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 02, 03 e 04 de outubro de 2002, como apresentador/autor do trabalho

ESTUDO DE MICROPULSAÇÕES MAGNÉTICAS NA REGIÃO
DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL


Comissão Executiva
Outubro de 2002

acenda sua idéia!

2002

UFSM

www.ufsm.br/jornada

XVII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

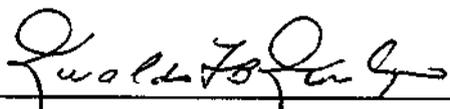
Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

Certificamos que
SILVIO BUCHNER

Participou da XVII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 02, 03 e 04 de outubro de 2002, como co-autor do trabalho

ESTUDO DAS PULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS NA REGIÃO
DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL


Comissão Executiva
Outubro de 2002

acenda sua idéia!

2002
UFSM
www.ufsm.br/jornada

XVII JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

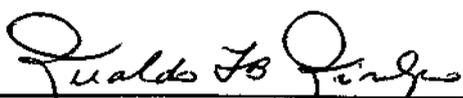
CERTIFICADO

Certificamos que

SILVIO BUCHNER

Participou da XVII Jornada Acadêmica Integrada, realizada nos dias 02, 03 e 04 de outubro de 2002, como co-autor do trabalho

ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES GEOMAGNÉTICAS
EFETUADAS EM SÃO MARTINHO DA SERRA - RS E EM
ALCÂNTARA - MA


Comissão Executiva
Outubro de 2002

acenda sua idéia!

2002

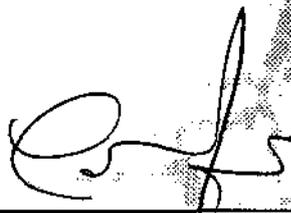
UFSM
www.ufsm.br/jornada

XI Escola de Verão Jorge André Swieca Física Nuclear Teórica

CERTIFICADO

A Comissão Organizadora certifica que **SILVIO BUCHNER** participou da XI Escola de Verão Jorge André Swieca – Física Nuclear Teórica de 10 a 21 de fevereiro de 2003, no Instituto de Física – USP, São Paulo - SP.

São Paulo, 21 de fevereiro de 2003



Prof. Gastão Krein
XI EVJAS Física Nuclear Teórica



Título

2214

ESTUDOS DE VARIAÇÕES NO CAMPO GEOMAGNÉTICO OBSERVADO EM SÃO MARTINHO DA SERRA - UM OBSERVATÓRIO GEOMAGNÉTICO NA REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA

Autor

Silvio Buchner; Nalin B. Trivedi; Severino L. Guimarães Dutra; Nelson Jorge Schuch

Tradutor

Não há.

Editor

Origem	Projeto	Série	No. de Páginas	No. de Fotos	No. de Mapas
DMC	Pibic		57	23	0

Tipo

RPQ PRE NTC PRP MAN PUD TAE

Divulgação

Externa Interna Reservada Lista de Distribuição Anexa

Períódico / Evento

Seminário de Iniciação Científica do INPE - SICINPE 2003

Convênio

Autorização Preliminar

___/___/___
Data

Revisão Técnica

Solicitada Dispensada
Recebida ___/___/___ Devolvida ___/___/___

Leonel Fernando Perondi
Coordenador Geral
Engenharia e Tecnologia Especial
LI - 1074

Assinatura do Revisor

Revisão de Linguagem

Solicitada Dispensada
Recebida ___/___/___ Devolvida ___/___/___

Leonel Fernando Perondi
Coordenador Geral
Engenharia e Tecnologia Especial
LI - 1074

Assinatura do Revisor

Autorização Final

___/___/___
Data

Titular da Unidade

Palavras Chave

campo geomagnético, anomalia geomagnética, observatório geomagnético

**ESTUDO DE VARIAÇÕES NO CAMPO GEOMAGNÉTICO OBSERVADO EM
SÃO MARTINHO DA SERRA – UM OBSERVATÓRIO GEOMAGNÉTICO NA
REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA**

Silvio Buchner⁵⁹ (CRSPE/INPE-MCT, Bolsista PIBIC/CNPq)
Dr. Nalin B. Trivedi⁶⁰ (LACESM/CT/UFSM-MEC)
Dr. Nelson Jorge Schuch⁶¹ (CRSPE/INPE-MCT)

RESUMO

Medidas das variações geomagnéticas foram efetuadas, nas componentes H, D, e Z do Campo Geomagnético, em São Martinho da Serra (29.43 S, 53.80 W) operando um magnetometro do tipo 'fluxgate magnetometer' de três componentes ortogonais. O magnetometro usado é de baixo ruído e as variações geomagnéticas (H, D, e Z) estão sendo registradas a cada 2 segundos continuamente. Os sinais de GPS fornece o padrão de tempo. Os dados geomagnéticos adquiridos na Estação Magnética de São Martinho da Serra - SMS permite nos estudar as variações geomagnéticas diurnas durante periodos magneticamente calmos, Tempestades Magnéticas durante a atividade solar elevada e as pulsações geomagnéticas, na faixa de periodos entre 0.2 segundos e 1000 segundos. As pulsações geomagnéticas entre 0.2 segundos a 1000 segundos são geradas pela interação entre o vento solar (plasma solar) e a Magnetosfera terrestre. A Estação Geomagnética de SMS está situada quase no centro da Anomalia Magnética do Atlantico Sul – AMAS, onde devido a menor intensidade globalmente do Campo Geomagnético Total, F, ocorrem precipitação das particulas carregadas: elétrons e prótons, aumentando a ionização na região D, e E da ionosfera sobre a AMAS. Estudamos as variações impulsivas registradas na Estação de SMS para o periodo de 2001 e 2002. Este estudo mostrou que certos eventos das variações impulsivas quando acompanhadas de precipitação de particulas carregadas tem amplitudes maiores em SMS, em comparação com os amplitudes observadas nas Estações Magnéticas de Vassouras (22.40 S, 43.65 W) e Eusebio (3.85 S, 38.42 W). O mesmo fenômeno é observado nas pulsações continuas como Pc5 (faixa de periodos 150 a 1000 segundos. Apresentamos os resultados sobre os estudos realizados.

⁵⁹ Aluno do Curso de Física Licenciatura Plena, UFSM. E-mail: silvio@lacesm.ufsm.br

⁶⁰ Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: trivedi@lacesm.ufsm.br

⁶¹ Chefe do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br