



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA
SERRA NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ**

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

PROCESSO: 118328/2007-7

Guilherme Simon da Rosa - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
Laboratório de Radiofrequência e Comunicações
LRC/CRS/CIE/INPE – MCT
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CIE/INPE – MCT
E-mail: guilherme@lacesm.ufsm.br

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

Santa Maria, Junho de 2008

**RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO
PROGRAMA: PIBIC/INPE - CNPq/MCT
PROJETO
SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA
SERRA NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ**

PROCESSO: 118328/2007-7

**Relatório elaborado em conjunto por partes, I e II, relativas aos respectivos períodos de
execução das atividades por:**

Guilherme Simon da Rosa - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

Parte II - E-mail: guilherme@lacesm.ufsm.br

e

Cleomar Pereira da Silva - UFSM, Bolsista Substituído

Parte I - E-mail: cleomar@lacesm.ufsm.br

Dr. Nelson Jorge Schuch - Orientador

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

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Dr. Natanael Rodrigues Gomes - Co-Orientador

**Depto. Eletrônica e Computação e Laboratório de Ciências Espaciais
de Santa Maria do Centro de Tecnologia – LACESM/CT - UFSM**

E-mail: natanael@lacesm.ufsm.br

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título: SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ

Processo CNPq Nº: 118328/2007-7

Aluno Bolsista no período de Agosto/07 a Setembro/07:

Cleomar Pereira da Silva

Curso de Engenharia Elétrica

Centro de Tecnologia – CT/UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Aluno Bolsista no período de Outubro/07 a Julho/08:

Guilherme Simon da Rosa

Curso de Engenharia Elétrica

Centro de Tecnologia – CT/UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT

Co-Orientador:

Dr. Natanael Rodrigues Gomes

Depto. Eletrônica e Computação do Centro de Tecnologia da UFSM e Pesquisador do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT - UFSM.

*Relatório Final de Atividades, 2008***Colaboradores:**

Eduardo Ceretta Dalla Favera,

Tiago Jaskulski,

Igor Freitas Fagundes,

Jean C. Daroit.

Alunos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM que desenvolvem programas de I.C. no CRS/CIE/INPE – MCT.

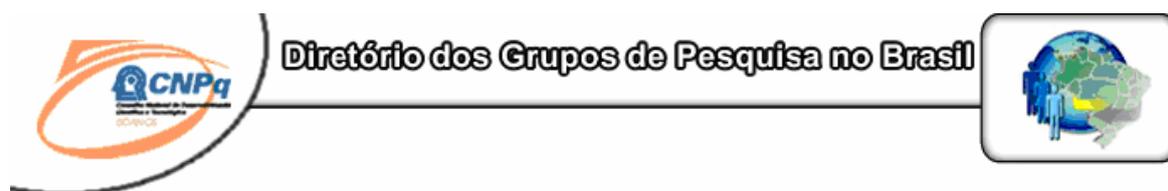
Local de Trabalho/Execução do projeto:

Laboratório de Radiofrequência e Comunicações – CRS/CIE/INPE – MCT

Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE – MCT

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

Relatório Final de Atividades, 2008



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

**Identificação****Recursos Humanos****Linhas de Pesquisa****Indicadores do Grupo****Identificação****Dados básicos**

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

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1996

Data da última atualização: 18/06/2008 16:08

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@pq.cnpq.br
Ademar Michels - michels@ct.ufsm.br

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE

Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

CEP: 97110970

Cidade: Santa Maria

UF: RS

Telefone: 33012026

Fax: 33012030

E-mail: njschuch@lancesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

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

Relatório Final de Atividades, 2008

Recursos humanos	
Pesquisadores	Total: 32
Ademar Michels	Jean Carlo Santos
Alan Prestes	Jean Pierre Raulin
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez	Joao Paulo Minussi
Alisson Dal Lago	Jose Humberto Andrade Sobral
Antonio Claret Palerosi	Mangalathayil Ali Abdu
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Clezio Marcos De Nardin	Nalin Babulal Trivedi
Cristiano Max Wrasse	Natanael Rodrigues Gomes
Delano Gobbi	Nelson Jorge Schuch
Eurico Rodrigues de Paula	Odin Mendes Junior
Ezequiel Echer	Osmar Pinto Junior
Fabiano Luis de Sousa	Otavio Santos Cupertino Durão
Fábio Augusto Vargas dos Santos	Petrônio Noronha de Souza
Fernando Luís Guarnieri	Polinaya Muralikrishna
Hisao Takahashi	Severino Luiz Guimaraes Dutra
Ijar Milagre da Fonseca	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon
Estudantes	Total: 29
Alan Carlos Klein	Juliano Moro
Antonio Marcos Martins Silveira	Lilian Piecha Moor
Bernardo Henz	Lorenzo Marzari Félix
Carlos Roberto Braga	Lucas Lopes Costa
Cassio Espindola Antunes	Marcos Vinicius Dias Silveira
César Augusto Daroit	Mateus Sabadi Schuh
Cristiano Sarzi Machado	Nikolas Kemmerich
Eduardo Ceretta Dalla Favera	Rafael Lopes Costa
Fabrício Deives Kummer	Samuel Martins da Silva
Fernando de Souza Savian	Silvano Lucas Prochnow
Guilherme Simon da Rosa	Tardelli Ronan Coelho Stekel
Igor Freitas Faundes	Tiago Domingos dos Santos
Jean Carlos Daroit	Tiago Jaskulski
Jose Fernando Thuorst	Willian Rigon Silva
Josemar de Siqueira	
Técnicos	Total: 5
Anderson Pereira Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica	
Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação	
Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas	
Roben Castagna Lunardi - Graduação - Técnico em Computação	
Vinicius Ceregati Costa - Graduação - Outra Função	

Relatório Final de Atividades, 2008

Linhas de pesquisa	Total: 4
<ul style="list-style-type: none">• AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA• MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO• MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL• NANOSATC-BR	

Relações com o setor produtivo	Total: 0

Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)	32
Estudante(s)	29
Técnico(s)	5

AGRADECIMENTOS

O Bolsista aproveita para agradecer ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, assim como ao Coordenador do Programa PIBIC/INPE – CNPQ/MCT, pela oportunidade para desenvolver seu potencial acadêmico através do seu projeto de Iniciação Científica. De forma especial agradece ao Orientador do Projeto, Dr. Nelson Jorge Schuch, Pesquisador Titular AIII do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, pelo empenho e dedicação prestada com suas sugestões na metodologia do projeto, bem como sua importante presença na formação profissional e pessoal do Bolsista. Igualmente agradeço ao Dr. Natanael Rodrigues Gomes, Pesquisador do LACESM/CT-UFSM e colaborador do CRS/CIE/INPE – MCT e Co-Orientador do projeto cujo auxílio técnico foi indispensável. Aos colegas de Laboratório, Eduardo Ceretta Dalla Favera, Tiago Jaskulski e Igor Freitas Fagundes, pelas sugestões e pelo apoio sempre feito de forma extrovertida, bem como construtiva, durante o trabalho.

RESUMO

O Relatório descreve as atividades desenvolvidas pelo bolsista **Cleomar Pereira da Silva** e pelo bolsista substituto **Guilherme Simon da Rosa** no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS, visando a realização do estudo de rádio interferência no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, a montagem e testes de um protótipo de antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR. Sendo que estas atividades constituem-se no objetivo do Projeto do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT: “**SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ**”, realizado em parte no OES/CRS/CIE/INPE – MCT e no CRS/CIE/INPE – MCT.

SUMÁRIO

PARTE I.....	20
ATIVIDADES TÉCNICAS CIENTÍFICAS DESENVOLVIDAS NO PROJETO PELO BOLSISTA SUBSTITUÍDO CLEOMAR PEREIRA DA SILVA.....	20
CAPÍTULO I.....	21
Introdução.....	21
1.2 Objetivo.....	21
1.3 Organização do Relatório.....	22
CAPÍTULO II.....	23
LOFAR - LOW FREQUENCY ARRAY.....	23
2.1 Introdução.....	23
2.1.1 ASTRON.....	24
2.2 Sistema LOFAR.....	25
2.2.1 Campos de Sensores.....	26
2.2.2 Redes de Grande Escala.....	27
2.2.3 Sistema de Processamento Central.....	27
2.2.4 Programas do Sistema.....	28
2.3 Aspecto Científico Relacionado à Astronomia.....	28
2.4 Aplicações na Geofísica.....	30
2.5 Agricultura.....	30
CAPÍTULO III.....	32
METODOLOGIA PARA CONTROLE DO ANALISADOR DE ESPECTRO.....	32
3.1 O Barramento GPIB.....	32
3.1.2 “Hardware” do Barramento GPIB.....	34
3.1.3 Endereçamento de Instrumentos.....	35
3.1.4 Controladores, Locutores e Ouvintes.....	36
3.1.5 Funções Empregadas no Barramento GPIB.....	37
3.1.6 As Linhas do Barramento GPIB.....	38
3.1.7 As Sub-Rotinas de Controle do Barramento GPIB.....	42
3.2 Compilador.....	43

Relatório Final de Atividades, 2008

3.3 Ambiente Integrado de Desenvolvimento.....	44
3.4 Ajustando a Hora do Computador Automaticamente	44
3.5 Operando o Computador de Aquisição de Dados Remotamente	44
CAPÍTULO IV.....	45
ANTENAS LOFAR PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS	45
4.1 Antena “ <i>Fat Dipole</i> ”	45
4.2 Protótipo de Antena do Lofar Desenvolvido pelo ASTRON.....	46
4.2.1 Varredura Espectral de 10 – 150 MHz.....	46
4.3 Antena de Monitoramento de $\frac{1}{4} \lambda$	47
4.3.1 Monitoramento por um longo período de tempo.....	48
CAPÍTULO V	49
ANÁLISE DE DADOS, DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E ATIVIDADES	
COMPLEMENTARES NO CRS/CIE/INPE – MCT.....	49
5.1 Metodologia de Análise	49
5.2 Resultados Obtidos e Discussão.....	53
PARTE II.....	79
ATIVIDADES TÉCNICAS CIENTÍFICAS DESENVOLVIDAS NO PROJETO PELO	
BOLSISTA SUBSTITUTO GUILHERME SIMON DA ROSA.....	79
INTRODUÇÃO.....	80
CAPÍTULO 1.....	81
SISTEMA LOFAR - <i>LOW FREQUENCY ARRAY</i>	81
1.1 Introdução	81
1.2 Os Radiotelescópios.....	81
1.3 Sistema LOFAR.....	83
1.3.1 Metodologia do LOFAR	85
1.3.2 Método de processamento de dados do LOFAR.....	90
1.3.3 Aplicação na Radioastronomia	91
1.3.4 Aplicação na Geofísica	91
1.3.5 Aplicação na Agricultura.....	93
1.3.6 Estágio Atual de Desenvolvimento do LOFAR.....	94
CAPÍTULO 2.....	99

Relatório Final de Atividades, 2008

METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS ESPECTRAIS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL	99
2.1 Introdução	99
2.2 Equipamentos empregados	99
2.2.1 Analisador de Espectro	100
2.2.2 Antena monopolo	100
2.2.3 Microcomputador PC	101
2.2.4 Barramento GPIB.....	101
2.2.5 SciTE	102
2.2.6 GNU Compiler Collection.....	103
2.2.7 Mozilla Firefox	104
2.2.8 UltraVNC	104
2.2.9 MATLAB	105
2.2.10 Atomic Clock Sync	106
2.3 Metodologia para obtenção de dados espectrais	106
2.3.1 Sistema de aquisição	107
2.3.2 Sistema de validação	110
2.3.3 Sistema de estocagem.....	110
2.3.4 Sistema de comparação instantânea	116
2.3.5 Sistema de sincronismo	117
2.3.6 Sistema de aquisição remota	118
CAPÍTULO 3.....	119
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA AMPLIAR AS FAIXAS DE MONITORAMENTO DE ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL.....	119
3.1 Introdução	119
3.2 Metodologia para ampliar e integrar o monitoramento de radio sinais	119
3.2.1 Novos equipamentos.....	120
3.3 Monitoramento contínuo da Rádio Interferência no OES.....	121
CAPÍTULO 4.....	122
ATIVIDADES COMPLEMENTARES DESENVOLVIDAS DURANTE A VIGÊNCIA DA BOLSA.....	122
CAPÍTULO 5.....	124
CONCLUSÕES	124



Relatório Final de Atividades, 2008

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125

.....

ÍNDICE DE FIGURAS

Parte I

FIG. 2.1 – LOFAR. ACIMA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM ESPIRAL DAS ESTAÇÕES; ABAIXO, DISTRIBUIÇÃO DAS ANTENAS DENTRO DE CADA ESTAÇÃO.....	24
FIG. 2.2 – ANTENA DE BANDA BAIXA – (30 – 80) MHZ.....	26
FIG. 2.3 – ANTENA DE BANDA ALTA – (120 - 240) MHZ.....	27
FIG. 3.1 – CONFIGURAÇÕES TÍPICAS DO BARRAMENTO GPIB: A) ESTRELA, B) LINEAR.....	32
FIG. 3.2 – CONECTOR PADRÃO GPIB.....	34
FIG. 3.3 – CONJUNTO DE CINCO INTERRUPTORES PARA DEFINIÇÃO DO ENDEREÇO PRINCIPAL DO INSTRUMENTO.....	35
FIG. 3.4 – PLACA DE INTERFACE ISA-GPIB.....	36
FIG. 3.5 – SEQUÊNCIA TEMPORAL DE "HANDSHAKE".....	39
FIG. 4.1 – ANTENA "FAT DIPOLE".....	45
FIG. 4.2 – PROTÓTIPO DE ANTENA DO LOFAR.....	46
FIG. 4.3 – VARREDURA ESPECTRAL DE 10 – 150 MHZ.....	47
FIG. 4.4 – ANTENA DE MONITORAMENTO DE $\frac{1}{4} \lambda$	47
FIG. 4.5 – ESPECTROGRAMA NA FAIXA DE 80 – 200 MHZ, OBSERVADO EM WSRT NA HOLANDA.....	48
FIG. 5.1 - ANALISADOR DE ESPECTRO DA TEKTRONIX MODELO 2754P DO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES – LRC DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT.....	50
FIG. 5.2 - ANTENA MONOPOLO UTILIZADA NO PROJETO E INSTALADA AO LADO DO PRÉDIO 6 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS...	51
FIG. 5.3 – PRIMEIRO PROTÓTIPO DE ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR, DESENVOLVIDA E MONTADA PARA TESTES NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.....	52
FIG. 5.4 - ANALISADOR DE REDE DA HP, MODELO 8754A, DO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.....	52
FIG. 5.5 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 200 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 1992.....	53
FIG. 5.6 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 148 – 154 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 1992.....	54

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.7 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 100 – 110 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2003.....	55
FIG. 5.8 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 110 – 180 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2003.....	55
FIG. 5.9 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	56
FIG. 5.10 - GRÁFICO DA MÉDIA SIMPLES DE 10 CURVAS ESPECTRAIS DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	56
FIG. 5.11 - GRÁFICO DA MÉDIA SIMPLES DE 100 CURVAS ESPECTRAIS DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	57
FIG. 5.12 - GRÁFICO 3 D NA BANDA DE 20 – 230 MHZ, COMPOSTO PELO AGRUPAMENTO NO TEMPO, DAS CURVAS ESPECTRAIS APRESENTADAS NA FIG. 5.10, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	58
FIG. 5.13 – GRÁFICO 3 D NA BANDA DE 20 – 230 MHZ, COMPOSTO PELO AGRUPAMENTO NO TEMPO, DAS CURVAS ESPECTRAIS APRESENTADAS NA FIG. 5.11, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	59
FIG. 5.14 – GRÁFICO NA BANDA DE 20 – 230 MHZ, OBTIDO A PARTIR DO GRÁFICO DA FIG. 5.12, ONDE A POTÊNCIA DO SINAL FOI CONVERTIDA EM UMA ESCALA DE CORES, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	60
FIG. 5.15 – GRÁFICO NA BANDA DE 20 – 230 MHZ, OBTIDO A PARTIR DO GRÁFICO DA FIG. 5.13, ONDE A POTÊNCIA DO SINAL FOI CONVERTIDA EM UMA ESCALA DE CORES, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	61
FIG. 5.16 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS SINAIS NA FREQUÊNCIA DE 93.5 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.....	62
FIG. 5.17 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 10,0 – 30,0 MHZ.....	64
FIG. 5.18 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 30,0 – 108,0 MHZ.....	65

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.19 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 108,0 – 235,0 MHZ.	66
FIG. 5.20 – ESPECTRO DE RF OBTIDO PARA TESTES DO PRIMEIRO PROTÓTIPO, DESENVOLVIDO NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, DE UMA ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR, MONTADA NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.	68
FIG. 5.21 – ESPECTRO DE RF OBTIDO COM A ANTENA COMERCIAL MONOPOLO NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS, PARA EFEITO DE COMPARAÇÃO COM OS SINAIS OBTIDOS A PARTIR DA ANTENA DIPOLO SIMILAR A USADA NO SISTEMA LOFAR.	69
FIG. 5.22 – NÍVEL DE RUÍDO OBTIDO A PARTIR DE UMA CARGA PURAMENTE RESISTIVA DE 50 OHMS DIRETAMENTE CONECTADA A ENTRADA DO ANALISADOR DE ESPECTRO.	69
FIG. 5.23 – MODELO DE ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR DESENVOLVIDA NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT PARA SER USADA PARA SIMULAÇÃO COM O SOFTWARE MMANA203 PARA A OBTENÇÃO DE PARÂMETROS.	70
FIG. 5.24 – COMPORTAMENTO DA IMPEDÂNCIA DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR AO LONGO DA FAIXA DE 10-90 MHZ. A VARIAÇÃO DA PARTE REAL DA IMPEDÂNCIA É REPRESENTADA PELA LINHA PRETA E A VARIAÇÃO DA PARTE IMAGINÁRIA É REPRESENTADA PELA LINHA VERMELHA.	71
FIG. 5.25 – BALUN ATIVO.	72
FIG. 5.26 – PRÉ-AMPLIFICADOR MOSTRANDO AS CONEÇÕES DA ANTENA DIPOLO À DIREITA E DO CABO COAXIAL 50 OHMS À ESQUERDA.	72
FIG. 5.27 – SUGESTÃO DE PRÉ-AMPLIFICADOR DESENVOLVIDO NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, PELO ALUNO BOLSISTA, PARA SER CONECTADO DIRETAMENTE À CADA ELEMENTO DA ANTENA DIPOLO, COM A FINALIDADE DE COMPENSAR A VARIAÇÃO DE IMPEDÂNCIAS.	73
FIG. 5.28 – TENSÕES DE ENTRADA/SAÍDA DO CIRCUITO DA FIG. 5.27 PARA CASAMENTO DE IMPEDÂNCIA PARA ANTENA PROTÓTIPO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR.	74
FIG. 5.29 – CORRENTES DE ENTRADA/SAÍDA DO CIRCUITO DA FIG. 5.27 PARA CASAMENTO DE IMPEDÂNCIA PARA ANTENA PROTÓTIPO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR.	74
FIG. 5.30 – PLANO E, ESCALA LINEAR.	75
FIG. 5.31 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 10 MHZ.	76
FIG. 5.32 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 45 MHZ.	76

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.33 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 90 MHZ.	77
FIG. 5.34 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 10 MHZ.	77
FIG. 5.35 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 45 MHZ.	78
FIG. 5.36 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 90 MHZ.	78

Parte II

FIG. 1.1 – RADIOTELESCÓPIO DE ARECIBO, EM PORTO RICO	82
FIG. 1.2 – RADIOTELESCÓPIO CONVENCIONAL (E) E SISTEMA DE DEFASAGEM USADO NO LOFAR (D).....	83
FIG. 1.3.1 – REPRESENTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO LOFAR	84
FIG. 1.3.1 – DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES LOFAR.....	85
FIG. 1.3.1.1.1 – ANTENAS DE BANDA BAIXA OPERANDO EM UMA ESTAÇÃO LOFAR	87
FIG. 1.3.1.1.2 – ANTENAS DE BANDA ALTA USADAS LOFAR	88
FIG. 1.3.1.1.3 – GEOFONE USADO NO LOFAR.....	88
FIG. 1.3.1.1.4 – MICROBAROMETRO KNMI	89
FIG. 1.3.4.1 – <i>SUBSIDÊNCIA NO NORTE DA HOLANDA</i>	92
FIG. 1.3.5.1 – FUNGO DA PHYTOPHTORA, QUE PODERÁ SER SENSORIADO FEITO PELO LOFAR_AGRO	93
FIG. 1.3.5.2 – METODOLOGIA DO SENSORIAMENTO FEITO PELO <i>LOFAR_AGRO</i>	94
FIG. 1.3.6.1 – EM VERMELHO, NO MAPA, A DISPOSIÇÃO DAS PRIMEIRAS 32 ESTAÇÕES DA FASE 1 DO LOFAR.....	95
FIG. 1.3.6.1.1 – ESTAÇÃO <i>LOFAR (IS-DE1)</i> EM EFFELSBURG, NA ALEMANHA, É VISTA NO PRIMEIRO PLANO. AO FUNDO O GIGANTESCO RADIOTELESCÓPIO <i>EFFELSBURG 100-M</i>	96
FIG. 1.3.6.1.2 – LOCALIZAÇÕES DAS OITO ESTAÇÕES LOFAR PREVISTAS NA ALEMANHA (DESTAQUE ALARANJADO) E DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DO NÚCLEO DO LOFAR (CS-01), NA HOLANDA (DESTAQUE AZUL).	97
FIG. 1.3.6.2.1 – INFRAESTRUTURA DO LOFAR, LOCALIZADA NA HOLANDA E NOROESTE DA ALEMANHA, E A REPRESENTAÇÃO DAS 32 ESTAÇÕES DO LOIS, SITUADAS NO SUL DA SUÉCIA, CENTRADAS NA UNIVERSIDADE DE VÄXJÖ	98
FIG. 2.2.1 – SPECTRUM ANALYZER TEKTRONIX 2754P	100
FIG. 2.2.1 – ANTENA OMNIDIRECIONAL <i>D-130</i>	101
FIG. 2.2.4 – PLACA DE GPIB 488.2 SOQUETE ISA (E) E CABO DE GPIB (D)	102

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 2.2.5 – EDITOR <i>SCITE</i> 1.73, EDITANDO O CÓDIGO FONTE DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DO <i>SPECTRUM ANALYZER</i>	103
FIG. 2.2.7.1 – <i>MOZILLA FIREFOX 3 BETA</i> DESENHANDO UMA IMAGEM SVG DA FREQUÊNCIA DE 80 – 90 MHZ	104
FIG. 2.2.8.1 – <i>ULTRAVNC SERVER (E)</i> E <i>ULTRAVNC VIEWER (D)</i> , USADOS, RESPECTIVAMENTE, NO COMPUTADOR DE AQUISIÇÃO NO OES, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, E NO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES, NO CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.....	105
FIG. 2.2.10.1 – <i>ATOMIC CLOCK SYNC</i> FAZENDO O SINCRONISMO NO COMPUTADOR DE AQUISIÇÃO	106
FIG. 2.3.3.1.1 – ORGANIZAÇÃO DE UM ARQUIVO A PARTIR DA ESTOCAGEM PLANA PARA O INTERVALO DE FREQUÊNCIAS DE 80 – 90 MHZ.....	112
FIG. 2.3.3.1.2 – COMPOSIÇÃO DO NOME DE UM ARQUIVO DE DADOS	113
FIG. 2.3.3.2.1 – EXEMPLO DE IMAGEM SVG REPRESENTANDO A RÁDIO INTERFERÊNCIA NA FAIXA DE 80 – 90 MHZ	114
FIG. 2.3.3.2.2 – METODOLOGIA DE ORGANIZAÇÃO DE UM ARQUIVO SVG, USADO NA ESTOCAGEM VETORIAL DOS DADOS ESPECTRAIS COLHIDOS PELO SISTEMA DE AQUISIÇÃO	115
FIG. 2.3.4.1 – GRÁFICOS DO ESPECTRO RECEBIDO (AZUL) E A DIFERENÇA ENTRE A POTÊNCIA ATUAL E A POTÊNCIA COMPARADA (VERMELHO) PARA A FAIXA DE 85 MHZ A 95 MHZ.....	117
FIG. 2.3.6.1 – SISTEMA DE AQUISIÇÃO REALIZADO ATRAVÉS DE UM COMPUTADOR NO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES DO CRS/CIE/INPE – MCT, USANDO O SOFTWARE <i>ULTRAVNC</i> PARA CONTROLAR UM SEGUNDO COMPUTADOR NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS	118
FIG. 3.2.1.1 – RADIO RECEPTOR JAPAN RADIO NRD-545, DISPONÍVEL NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT.....	120
FIG. 3.2.1.2 – PLACA DE PORTA SERIAL DB-9 (E) E CABO DB-9 (D).....	121

ÍNDICE DE TABELAS

Parte I

TABELA 3.1 – ESPECIFICAÇÕES GERAIS DO BARRAMENTO GPIB	33
TABELA 3.2 – FUNÇÕES IMPLEMENTADAS POR UMA INTERFACE GPIB	37
TABELA 3.3 – TABELA DE COMANDOS DO BARRAMENTO GPIB	41
TABELA 3.4 – TABELA COM SUB-ROTINAS GPIB	42
TABELA 5.1 – DESTINAÇÕES E ATRIBUIÇÕES DOS SINAIS.....	67

Parte II

TABELA 2.3.1 - SUB-ROTINAS GPIB.....	107
TABELA 2.3.3 - TAMANHOS DE CLUSTERS PARA FAT-32.....	111



PARTE I

ATIVIDADES TÉCNICAS CIENTÍFICAS DESENVOLVIDAS NO PROJETO PELO BOLSISTA SUBSTITUÍDO

CLEOMAR PEREIRA DA SILVA

CAPÍTULO I

Introdução

Radiotelescópios são equipamentos projetados para observar fenômenos cósmicos através do monitoramento do espectro eletromagnético dentro de uma determinada faixa de frequências. O Sistema LOFAR - *Low Frequency Array* é um radiotelescópio digital que está sendo projetado e desenvolvido na Europa para trabalhar na faixa de frequências de 10 a 240 MHz. É composto por um conjunto de antenas dipolos e por um computador central capaz de simular um telescópio convencional parabólico de até 350 km de diâmetro.

O Grupo de Pesquisa do CNPq – Astrofísica – Radioastronomia, liderado pelo Dr. Nelson Jorge Schuch, esta avaliando a possibilidade de instalação de equipamentos similares aos do sistema LOFAR no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS. Para isso, foi analisado o nível de interferência eletromagnética na faixa de 10 a 240 MHz. Esta análise foi efetuada através do monitoramento do espectro eletromagnético empregando um Analisador de Espectro. A aquisição de dados e o controle das funções do equipamento puderam ser realizados remotamente por computador através de uma placa de interface GPIB.

Na etapa seguinte, foi construído um protótipo de antena dipolo similar ao usado no sistema LOFAR. O protótipo foi montado na cobertura do prédio sede do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS. Os testes do referido protótipo foram realizados com o emprego do Analisador de Espectro e Analisador de Rede. Esses testes permitiram avaliar impedância da antena e faixa de frequências de melhor desempenho.

1.2 Objetivo

O Projeto foi desenvolvido com o objetivo de determinar o nível de rádio interferência para fins de instalação de equipamentos similares aos utilizados pelo

Relatório Final de Atividades, 2008

sistema LOFAR (*The Low-Frequency Array*) no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

A montagem e a realização de testes de um protótipo de antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR constitui-se em outro objetivo do Projeto. Sendo esta fase realizada na cobertura do prédio sede do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS, para facilitar os trabalhos, reduzindo o tempo gasto em deslocamentos até o OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

1.3 Organização do Relatório

O Relatório é dividido em seis capítulos. No primeiro é feita uma breve introdução e são relacionados os objetivos do Projeto. O segundo Capítulo apresenta o sistema LOFAR e suas aplicações na Astronomia, na Geofísica e na Agricultura. O Capítulo III é usado para introduzir a interface GPIB, rotinas, compilador e ambiente integrado através dos quais é feita a aquisição de dados e controle do Analisador de Espectro. Alguns modelos de antenas experimentais do LOFAR descritas na literatura são apresentados no Capítulo IV. A análise dos dados de rádio interferência e comparação com resultados de projetos anteriores são efetuadas no Capítulo V. Também são apresentados no Capítulo V a montagem de um protótipo de antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR e os testes realizados. No Capítulo VI é feita a conclusão sobre o trabalho realizado.

CAPÍTULO II

LOFAR - LOW FREQUENCY ARRAY

Neste Capítulo é apresentado o LOFAR, seu sistema e tipos de antenas. São descritos algumas das aplicações do LOFAR na Astronomia, na Geofísica e na Agricultura.

2.1 Introdução

O LOFAR surgiu com a necessidade de aumentar a sensibilidade dos equipamentos usados para fazer observações astronômicas nas faixas de frequências inferiores a 250 MHz. Os radiotelescópios convencionais utilizam grandes antenas de rádio com formato parabólico para captação dos sinais que a seguir são enviados a um receptor para detecção e análise. Grande parte do custo destes equipamentos concentra-se na estrutura física necessária para suporte e movimentação da antena.

O LOFAR é o primeiro radiotelescópio de grande porte a empregar tecnologias sofisticadas, usando um conjunto de antenas omnidirecionais relativamente menos complexas quando comparadas às grandes parabólicas usadas nos radiotelescópios tradicionais e nos rádio interferômetros convencionais. Os sinais eletromagnéticos captados pelas antenas são digitalizados e enviados a um grande processador central, onde são processados para simular uma antena convencional. Neste modelo de radiotelescópio, o custo maior é devido á eletrônica envolvida na sua construção. Como a tendência é que os equipamentos eletrônicos venham a se tornar mais baratos, no futuro será possível construir radiotelescópios cada vez maiores. As antenas são simples, mas serão usadas muitas delas – no Projeto original do LOFAR estão previstas 25000 [17]. As antenas do LOFAR serão dispostas em uma área de 350 km de raio, gerando Tera-bits/sec de dados, os quais necessitarão uma capacidade de Tera-FLOPS para serem processados [17].

Uma ilustração da organização e distribuição espacial em espiral das estações do LOFAR e da distribuição das antenas dentro de cada estação é apresentada na Fig. 2.1.

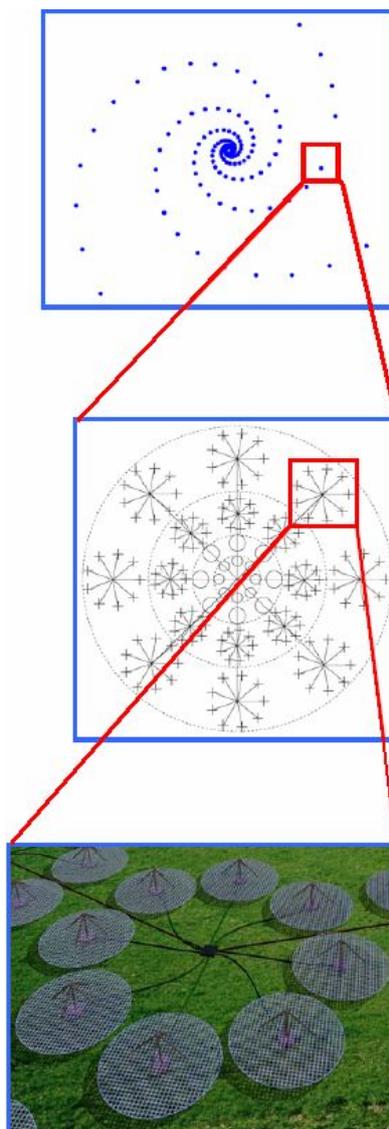


FIG. 2.1 – LOFAR. ACIMA, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM ESPIRAL DAS ESTAÇÕES;
ABAIXO, DISTRIBUIÇÃO DAS ANTENAS DENTRO DE CADA ESTAÇÃO.

Fonte: Attridge, 2002.

2.1.1 ASTRON

O ASTRON é um instituto da organização Holandesa para pesquisa científica, NWO. O principal objetivo do ASTRON é possibilitar novas descobertas em

Relatório Final de Atividades, 2008

astronomia através de ações como desenvolvimento e operação de telescópios astronômicos e suporte à instrumentação [14].

O LOFAR está sendo desenvolvido por um grupo composto por institutos de pesquisa, universidades e indústrias liderados pelo ASTRON. A seguir são citadas algumas das instituições e universidades envolvidas no projeto LOFAR [17]:

Universidade de Groningen;

Universidade de Leiden;

Universidade de Amsterdam;

Universidade de Radboud;

O Instituto Max-Planck para Radioastronomia;

A Universidade de Tecnologia de Delft;

O Instituto de Meteorologia da Holanda – KNMI;

O Instituto Holandês de Geociências Aplicadas - TNO-NITG;

Instituto Nacional de Pesquisas em Matemática e Ciências da Computação – CWI;

Universidade de Tecnologia de Eindhoven – COBRA;

Universidade Uppsala;

2.2 Sistema LOFAR

O LOFAR usa um grande número de sensores de baixo custo tais como antenas, geofones e outros. A transmissão de dados é feita através de fibra ótica e os sinais passam por processamento digital avançado para implementar a maioria das aplicações.

Os subsistemas principais que constituem o LOFAR são:

- Campos de Sensores: compostos pelo campo central chamado de núcleo compacto e por campos menores que se encontram distribuídos e são chamados de estações remotas.
 - Redes de Grande Escala, para transmissão de dados e controle.
 - Sistema de processamento central.
 - Programas do sistema, incluindo controle e a interface com o usuário.
-

2.2.1 Campos de Sensores

A fase inicial do LOFAR é constituída por um núcleo central e de 45 estações remotas. Os campos de sensores do núcleo central e das estações remotas serão equipados com 100 antenas de banda baixa, 100 antenas de banda alta, 13 geofones, 3 microbarômetros e outros sistemas auxiliares para monitoramento do tempo e posicionamento por GPS.

2.2.1.1 Antena de Banda Baixa – (30 – 80) MHz

A antena de banda baixa ilustrada na Fig. 2.2 é otimizada para a escala de 30-80 MHz, com um filtro para corte das frequências acima de 80 MHz. A supressão dos sinais abaixo de 30 MHz é devida ao ambiente. A antena somente suprimirá as frequências necessárias para manter a linearidade ao longo de toda a faixa utilizada. O receptor terá um filtro separado para frequências abaixo de 30 MHz, o qual irá combinar os sinais com a escala dinâmica disponível no conversor analógico/digital, permitindo observações em 80% do período noturno.



FIG. 2.2 – ANTENA DE BANDA BAIXA – (30 – 80) MHz.

Fonte: LOFAR, 2006.

2.2.1.2 Antena de Banda Alta – (120 - 240) MHz

A antena de banda alta, Fig. 2.3, pode ser usada entre 120-240 MHz. A faixa de FM é suprimida nos amplificadores de ambas as antenas para minimizar os produtos de intermodulação dos transmissores FM.



FIG. 2.3 – ANTENA DE BANDA ALTA – (120 - 240) MHZ.

Fonte: LOFAR, 2006.

2.2.2 Redes de Grande Escala

A taxa de transmissão de dados da conexão entre cada estação remota e o sistema de processamento central foi planejada para aproximadamente 10 Gbps. A transmissão será baseada na comunicação digital por fibra ótica. O método utilizado para codificar e transmitir os dados será função da taxa de dados a ser suportada, da distância da transmissão e da natureza da infra-estrutura da fibra.

A rede está sendo implementada usando-se a tecnologia 10 Gigabit Ethernet (10 GbE). Essa é a melhor escolha para transmissões em distâncias de até 40 km e que deverá ser usada para distâncias maiores, caso uma solução mais barata não seja encontrada.

2.2.3 Sistema de Processamento Central

O processador central do LOFAR combina e processa os sinais dos campos de sensores. O Sistema é um supercomputador especialmente projetado para suportar uma alta taxa de processamento de dados de forma robusta e eficiente.

A seção de entrada do processador central é dimensionada para 32 estações do núcleo central e 50 estações remotas operando simultaneamente.

No núcleo do processador central tem-se o último supercomputador da IBM, o sistema BlueGene/L, ou BG/L. O BG/L trabalha cercado por um conjunto de PCs auxiliares.

Relatório Final de Atividades, 2008

Os principais modos de observação para suporte nas aplicações em astronomia foram planejados para as seguintes tarefas:

- Síntese de imagens;
- Detecção de transitórios.
- Armazenamento em *buffer* por 1 segundo dos sinais de toda a faixa da antena e detecção limitada ao nível da estação.

2.2.4 Programas do Sistema

O LOFAR produz grandes fluxos de dados, especialmente em aplicações para astronomia. Um mês de observação pode resultar em até um petabyte de dados [17]. O armazenamento sistemático desses volumes de dados por longos períodos de tempo torna-se muito caro.

Conseqüentemente o LOFAR adotou um modelo de processamento no qual os dados finais para a rotina de observação são formados de maneira altamente automatizada com intervenções do usuário em momentos bem definidos. Somente os dados finais são transmitidos. Arquivar os dados, em princípio, é responsabilidade do usuário ou do centro de pesquisa.

2.3 Aspecto Científico Relacionado à Astronomia

Durante a última metade do século, nosso conhecimento tem sido revolucionado pela abertura de janelas de observação fora da região do espectro visível. Ondas de rádio, radiação infravermelha, ultravioleta, raios X e gama têm proporcionado novas informações sobre a natureza e a história do Universo. Uma das poucas janelas espectrais que ainda permanece inexplorada é a das baixas frequências. O LOFAR, *Low Frequency Array*, é um radiotelescópio de grandes proporções que irá abrir este novo território para uma larga escala de estudos astrofísicos.

A missão do LOFAR é estudar o Universo, pesquisando-o em frequências que vão de aproximadamente 10 a 240 MHz [14], [17], isto é, rádio emissões com os comprimentos de onda que vão de 1,2 a 30 m. A Radioastronomia nasceu nesses

Relatório Final de Atividades, 2008

comprimentos de onda em 1931, quando Karl Jansky investigava o ruído de fundo que dificultava as comunicações transatlânticas em ondas curtas. Daquela época, a radioastronomia em baixas frequências tem sido pouco praticada devido á baixa potência de resolução dos equipamentos disponíveis e ao efeito dos distúrbios ionosféricos nas observações.

Devido ao fato da resolução espacial de um telescópio ser proporcional á frequência de observação, radiotelescópios como o *Westerbork Radio Synthesis Telescope*, na Holanda e o Telescópio de Uma Milha de Cambridge, apresentam pobre resolução espacial devido serem operados em baixas frequências e pequenas linhas de base [14]. As imagens de rádio obtidas em baixas frequências são milhares de vezes mais borradas que as imagens óticas do céu.

A resolução de um radiotelescópio pode, no entanto, ser melhorada ampliando a sua abertura. Em baixas frequências, para que se consigam resoluções usuais comparáveis às imagens visíveis do céu, são necessárias linhas de base com muitas centenas de quilômetros. Até agora, uma das mais importantes limitações enfrentadas para se conseguir linhas de base grandes o suficiente em baixas frequências tem sido a complexa estrutura da ionosfera e as variações apresentadas ao longo do tempo. Assim como a atmosfera causa a cintilação das estrelas, as irregularidades da ionosfera provocam o tremido das imagens de rádio.

Os seguintes desenvolvimentos tecnológicos recentes estão viabilizando a idéia de se construir radiotelescópios operando em baixas frequências com boas resoluções:

- O poder de computação e os algoritmos de calibração têm melhorado muito nas últimas décadas, podendo agora criar e processar imagens a partir de extensos campos em uma escala de tempo suficientemente pequena para monitorar e corrigir os efeitos ionosféricos.
 - Progressos no projeto de antenas têm possibilitado construir antenas para baixa frequência com muitos feixes simultâneos que podem ser eletronicamente direcionados e usados para monitorar diferentes regiões do céu simultaneamente.
-

Relatório Final de Atividades, 2008

Na Radioastronomia o LOFAR será usado para a realização de estudos relacionados à:

- Época da Reionização;
- Rádio Galáxias Distantes;
- Emissões de Raios-Gama, Buracos Negros e Estrelas Neutrônicas;
- Raios Cósmicos de Alta Energia.

2.4 Aplicações na Geofísica

A infra-estrutura que o LOFAR irá desenvolver trará um grande potencial para pesquisadores de outras áreas além da Radioastronomia, permitindo um acelerado ritmo de evoluções das pesquisas cósmicas. No campo das Geociências, deve ser possível, por exemplo, ampliar os conhecimentos sobre as implicações ocasionadas por abalos sísmicos naturais e induzidos.

A rede de fibra ótica irá transportar dados de experimentos geocientíficos. A seguir são listadas algumas atividades de aplicações geofísicas envolvidos no LOFAR:

- Aplicações sísmicas: Arquivar dados de vibrações sísmicas naturais ou induzidas através da ligação de sensores de vibração usados na rede do LOFAR;
- Aplicações de infra-sons;
- Monitoramento da água do solo;
- Monitoramento da pressão e temperatura;
- Obtenção de imagens de fenômenos sísmicos por métodos passivos.

2.5 Agricultura

O novo Sistema radiotelescópio LOFAR (*Low Frequency Array*) é baseado em dezenas de milhares de antenas que são conectadas umas as outras através de uma ampla infra-estrutura de rede. O “LOFAR_Agro” irá empregar essa infra-estrutura de rede e a sua primeira aplicação escolhida foi a medida do micro-clima na plantação de



Relatório Final de Atividades, 2008

batatas. Essas informações serão usadas para melhorar as técnicas empregadas no combate a phytophthora, a qual prejudica as colheitas.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA PARA CONTROLE DO ANALISADOR DE ESPECTRO

Neste Capítulo é descrita a interface GPIB para controle do Analisador de Espectro, modelo Tektronix 2754p, do Laboratório de Radiofrequência e Comunicações – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, bem como as rotinas, compilador e ambiente integrado empregados para auxiliar na execução do controle do nível de rádio interferência no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, na faixa de 10 – 240 MHz.

3.1 O Barramento GPIB

O barramento IEEE-488 é mais comumente conhecido por GPIB – "*general-purpose interface bus*", tendo sido especialmente concebido para a transferência de dados entre instrumentos. Ele é uma generalização do barramento HP-IB desenvolvido pela companhia Hewlett-Packard.

As configurações típicas do barramento GPIB são apresentadas na Fig. 3.1. Várias configurações são possíveis: em estrela, linear, ou uma combinação de ambos os modos.

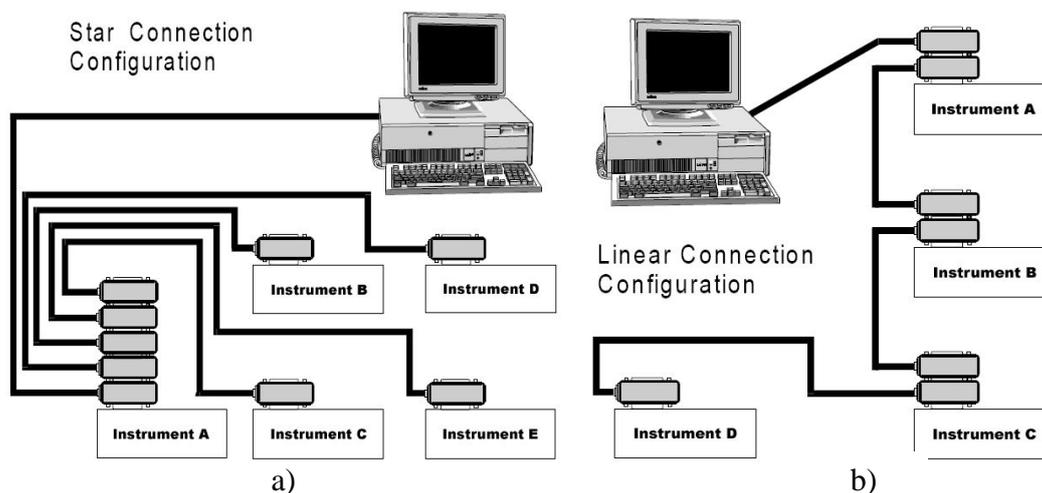


FIG. 3.1 – CONFIGURAÇÕES TÍPICAS DO BARRAMENTO GPIB: A) ESTRELA, B) LINEAR.

Fonte: Measurement Computing, 2002.

Relatório Final de Atividades, 2008

No barramento são transmitidos caracteres de 8 bits de comprimento em série. A taxa de transmissão máxima é 1 Mbps (250 kbps típico). São permitidos, no máximo 15 aparelhos no barramento, num comprimento total de 20 metros.

3.1.1 GPIB - Características Gerais

O padrão IEEE 488 definia inicialmente as características mecânicas, elétricas e funcionais de uma interface digital, de uso geral, para comunicação a curta distância entre instrumentos. Uma revisão do padrão, IEEE 488.2, define ainda características funcionais mínimas das interfaces, formatos dos dados, protocolo das mensagens, e comandos comuns. Uma apresentação do barramento GPIB é feita, focando principalmente as características inicialmente definidas pelo padrão IEEE 488.

As características gerais do barramento são apresentadas na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Especificações gerais do barramento GPIB

Taxa de transmissão de dados	250 Kbps (valor típico).
	1 Mbps (valor máximo).
Número de aparelhos no barramento	15 aparelhos no máximo (limite elétrico).
	8 aparelhos (tipicamente usado).
Comprimento do barramento	20 metros no máximo.
	2 metros para cada aparelho.
Estrutura do barramento	Barramento de 24 linhas: 8 para comandos; 8 para dados; e 8 de terra.
Hierarquia do barramento	Microcomputador/controlador.
	Locutor e Ouvintes.
	Não são permitidos mais de um controlador ou locutor ativos simultaneamente.
	O sistema pode ser constituído apenas por um locutor e os ouvintes.
Comunicações	Somente um locutor pode estar ativo.
	Múltiplos ouvintes são permitidos.

3.1.2 “Hardware” do Barramento GPIB

Um conector padrão para ligação de instrumentos ao barramento é apresentado na Fig. 3.2. Ambas as terminações, macho e fêmea, são normalmente incluídas na mesma extremidade do cabo, o que permite uma grande variedade de padrões de ligação, desde uma configuração linear, até uma configuração em estrela. Não há degradação no funcionamento do barramento desde que se obedecem às seguintes restrições: comprimento total máximo 20 metros, ou 2 metros por aparelho. A distância entre aparelhos não é crítica, desde que se tenha em consideração a restrição acima mencionada.

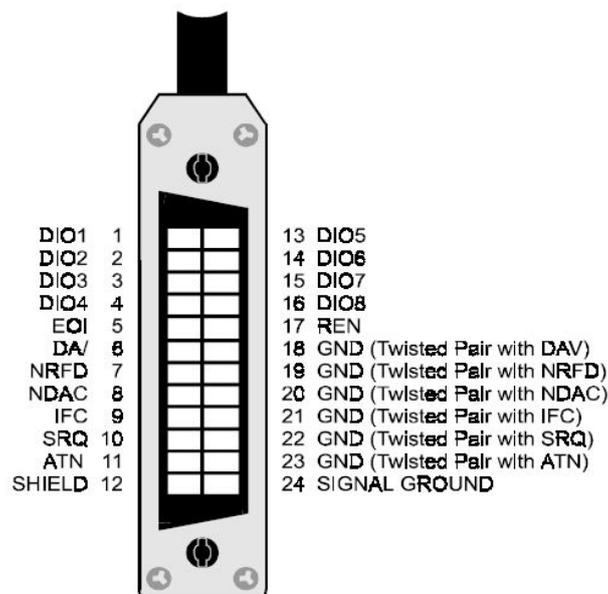


FIG. 3.2 – CONECTOR PADRÃO GPIB.

Fonte: Measurement Computing, 2002.

Cada conector e cabo de ligação têm um total de 24 linhas: oito de controle, oito de dados e oito linhas de terra. O padrão GPIB utiliza lógica invertida, onde 0 TTL (<0.8V) representa um valor lógico verdadeiro e 1 TTL (>2.0V) representa um valor lógico falso.

3.1.3 Endereçamento de Instrumentos

Cada instrumento ligado ao barramento possui um endereço distinto, de forma que a comunicação entre instrumentos possa ser feita sem haver colisões. Normalmente, no painel de trás do aparelho, ou noutro local de fácil acesso, existe um conjunto de cinco interruptores que permitem definir o endereço principal do instrumento (Ver ilustração da Fig. 3.3). Os interruptores definem um endereço codificado em binário, que pode tomar um valor entre 0 e 30 (decimal). Podem existir mais interruptores, e neste caso os restantes definem o modo de operação do aparelho, por exemplo, se é capacidade para receber ("*listen only*") ou enviar ("*talk only*") mensagens.

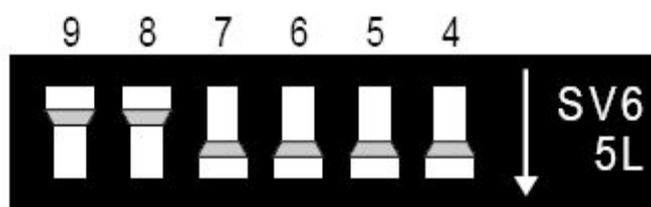


FIG. 3.3 – CONJUNTO DE CINCO INTERRUPTORES PARA DEFINIÇÃO DO ENDEREÇO PRINCIPAL DO INSTRUMENTO.

Fonte: Measurement Computing, 2002.

Existem instrumentos com capacidade de endereçamento suplementar ("*extended addressing*"), que reconhecem um endereço adicional de uma parte do instrumento. Existem ainda instrumentos com funções múltiplas, que podem ser consideradas independentes. Neste caso estão reservados ao instrumento mais do que um endereço (tantos quantas as funções independentes que executa).

Um computador necessita de uma placa de interface para comunicar-se com o barramento GPIB. Para instalar a placa de interface ISA-GPIB ilustrada na Fig. 3.4 é necessário fazer a configuração de endereço principal. A maioria dos computadores terá o endereço 300h (768 decimal) livre e a placa GPIB geralmente vem ajustada para 300h. Por outro lado, se houver uma placa no computador usando o endereço 300h, será necessário trocar o endereço previamente antes da instalação. Outros endereços que tipicamente estão livres são 310h e 330h.

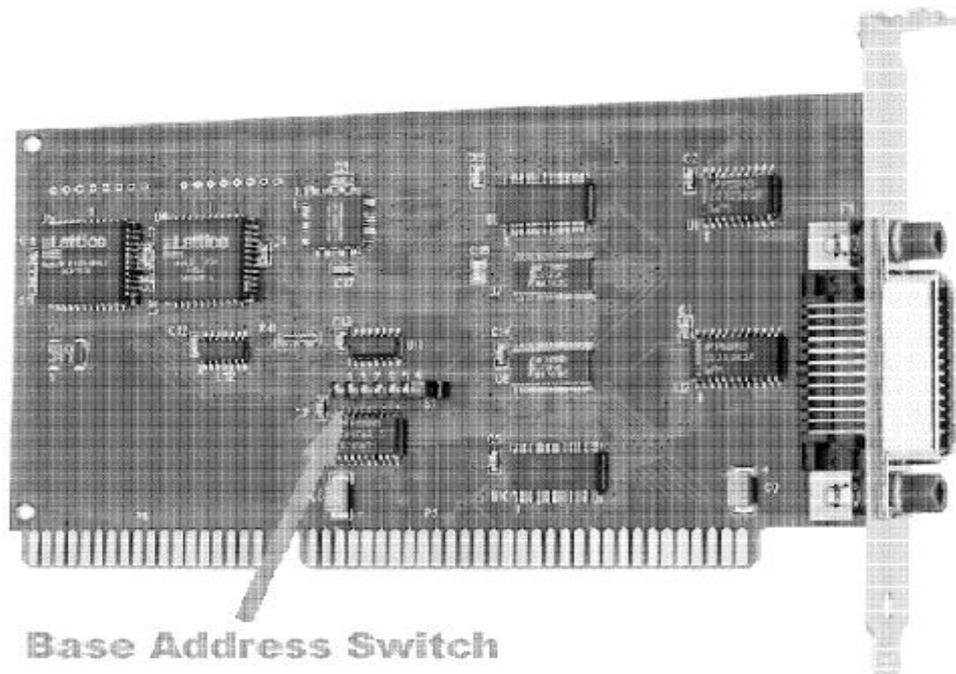


FIG. 3.4 – PLACA DE INTERFACE ISA-GPIB.

Fonte: Measurement Computing, 2002.

3.1.4 Controladores, Locutores e Ouvintes

De acordo com o padrão GPIB, um barramento pode conter três classes diferentes de aparelhos. Estes são os controladores, os locutores e os ouvintes. A seguir é feita uma definição destas funções.

- Controlador: Normalmente é um microcomputador responsável por gerenciar o estado do barramento e o fluxo de informações. Deve ser capaz de especificar o locutor e o(s) ouvinte(s). Só pode existir um controlador ativo a cada instante. Em configurações com mais de um controlador, apenas um é o controlador ativo do sistema.
- Locutor: O locutor é um aparelho capaz de enviar mensagens quando endereçado pelo controlador. O barramento GPIB permite a existência de um único locutor ativo de cada vez.
- Ouvinte: É um aparelho capaz de receber comandos ou dados quando endereçado pelo controlador. Podem existir até 14 ouvintes simultaneamente.

Relatório Final de Atividades, 2008

Além da sua função principal, os controladores têm a característica de poderem funcionar como locutores ou como ouvintes. Existem ainda muitos aparelhos que implementam as duas funções de locutor e ouvinte.

3.1.5 Funções Empregadas no Barramento GPIB.

Nem todos os aparelhos com interface GPIB possuem a capacidade de responder a todos os comandos enviados para o barramento. Além das funções básicas de controlador, locutor e ouvinte, os aparelhos podem ou não ter implementadas outras funções. Assim, um aparelho com uma interface GPIB pode responder apenas a um subconjunto de todos os comandos definidos no padrão GPIB. Por exemplo, um determinado aparelho pode ter as seguintes funções implementadas:

AH, SH, T5, TEO, L1, LEO, SR1, RL2, PP1, DC1, DT1, CI

Do ponto de vista do utilizador, não é fácil saber exatamente quais as funções estão implementadas nos instrumentos. O significado exato desta lista de funções pode ser encontrado na documentação do padrão IEEE-488. No entanto, é possível obter algumas conclusões através da Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Funções implementadas por uma interface GPIB

T	<i>Basic Talker</i>
TE	<i>Extended Talker</i>
L	<i>Listener</i>
LE	<i>Extended Listener</i>
SR	<i>Service Request</i>
RL	<i>Remote Local</i>
PP	<i>Parallel Poll</i>
DC	<i>Device Clear</i>
DT	<i>Device Trigger</i>
C	<i>Controller</i>

Relatório Final de Atividades, 2008

Na frente da letra (ou letras) que designam a função, encontra-se um algarismo indicador do grau de capacidade que o instrumento tem de executá-la. Zero significa que a função não está implementada nesse instrumento.

3.1.6 As Linhas do Barramento GPIB.

O barramento GPIB é composto por oito linhas de dados, oito linhas de controle e oito linhas de terra. Cinco linhas de controle permitem gerenciar o barramento, e as três linhas restantes são usadas para "*handshake*".

Os sinais nas linhas de controle empregam lógica TTL negativa. As linhas de controle são descritas a seguir.

- **ATN:** O estado dessa linha ("*attention*") é usado para definir se os sinais colocados nas linhas de dados devem ser interpretados como dados ou como comandos. Quando a linha de "atenção" é colocada a 0 volt, os sinais nas linhas de dados devem ser interpretados pelos aparelhos como comandos; caso contrário os sinais devem ser interpretados como dados. Quando as linhas de ATN e EOI estão simultaneamente a 0 volt, está a ser feito um questionário simultâneo ("*parallel poll*") a todos os aparelhos.
 - **EOI:** Esta linha ("*end or identify*") é colocada a 0 volt para indicar o fim de uma mensagem. A maior parte dos locutores serve-se desta linha para informar o(s) ouvinte(s) do fim da mensagem, mas é também usual enviar um caracter pré-definido no fim da mensagem.
 - **SRQ:** Qualquer instrumento que necessite a atenção do controlador irá colocar esta linha ("*service request*") a 0 volt. A resposta do controlador é um questionário simultâneo ("*parallel poll*") ou sequencial ("*serial poll*") para determinar qual o aparelho que fez o pedido de atenção. O controlador deve estar programado para atender ao pedido de atenção.
 - **IFC:** Esta linha ("*interface clear*") serve para inicializar as interfaces. Quando esta linha é colocada a 0 volt pelo controlador, devem ficar todas as interfaces no estado de inicialização e o barramento desocupado.
-

Relatório Final de Atividades, 2008

- **REN:** Esta linha ("*remote enable*"), em combinação com a linha de ATN, coloca os aparelhos em controle remoto.

As três linhas de "*handshake*" do barramento, DAV ("*data valid*"), NRFD ("*not ready for data*"), NDAC ("*not data accepted*"), coordenam a transferência de dados entre um locutor (um aparelho endereçado para enviar mensagens ou o controlador) e os ouvintes (aparelhos endereçados para receber mensagens), de forma a assegurar a integridade de transferência de dados. A transferência de dados é assíncrona e a taxa de transferência ajusta-se automaticamente à velocidade do instrumento endereçado mais lento.

A seqüência temporal do "*handshake*" é ilustrada na Fig. 3.5.

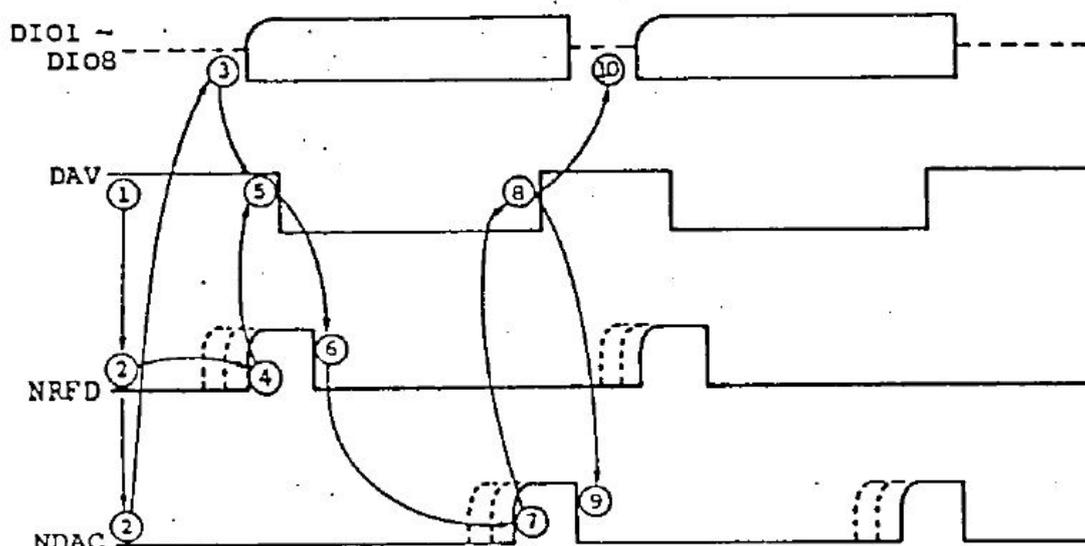


FIG. 3.5 – SEQÜÊNCIA TEMPORAL DE "*HANDSHAKE*".

Fonte: DEEI, 2006.

As linhas NRFD e NDAC estão ligadas. Um locutor só pode colocar dados nas linhas de dados quando a linha de NRFD está a 5V e a linha de NDAC está a 0V. Nessa altura coloca os dados e põe a linha de DAV a 0V.

A linha NDAC sobe para 5V apenas quando todos os ouvintes receberam o byte de dados. O locutor coloca agora a linha DAV a 5V e em resposta os ouvintes colocam a linha NDAC a 0V e a linha NRFD a 5V, podendo em seguida iniciar-se um novo ciclo.

Relatório Final de Atividades, 2008

O conhecimento dos comandos do barramento é importante para a compreensão do seu funcionamento. Caso não existam rotinas disponíveis (um "*device driver*") para a interface de controle do barramento, este pode ser controlado diretamente utilizando tais comandos.

Todos os comandos do barramento são listados na Tabela 3.3 [9]. Estes estão divididos em quatro grupos: grupo de comandos primários, grupo de endereços de ouvintes, grupo de endereços de locutores, e grupo de endereços secundários. Para enviar qualquer comando através do barramento é necessário ativar a linha de ATN (pondo-a a 0V) e colocar o código correspondente nas linhas de dados. O significado dos comandos primários é, na sua maioria, imediato.

Para a maior parte dos comandos primários é necessário o envio prévio de um ou mais comandos do grupo de endereços de ouvintes a fim de serem selecionados os instrumentos que devem responder. Em cada transmissão de dados, é possível enviar previamente apenas um único comando do grupo de endereços de locutores, ou haverá confusão no barramento.

Um conjunto de cinco interruptores define, em código binário natural, o endereço primário de cada aparelho que poderá estar compreendido entre 0 e 30 decimal. O código para o comando que permite endereçar um aparelho como ouvinte é calculado da seguinte forma:

“código do comando de endereço de ouvinte = 32 + endereço primário (decimal)”

De igual modo, para endereçar um aparelho como locutor deve-se enviar o seguinte código:

“código do comando de endereço de locutor = 64 + endereço primário (decimal)”

Nenhum aparelho deve ter o endereço primário 31, pois este endereço está reservado para desfazer o endereçamento de todos os aparelhos simultaneamente:

“código do comando *UNListen* = 32 + 31 = 63 (decimal)”

“código do comando *UNTalk* = 64 + 31 = 95 (decimal)”

Todos os aparelhos obedecem aos comandos *UNL* e *UNT*.

Tabela 3.3 – Tabela de comandos do barramento GPIB

Mensagem da interface	Descrição	Valor Decimal	
PCG	Grupo de Comandos Primários		
	GTL	<i>Go to Local</i>	1
	SDC	<i>Select Device Clear</i>	4
	PPC	<i>Parallel Poll Configure</i>	5
	GET	<i>Group Execute Trigger</i>	8
	TCT	<i>Take Control</i>	9
	LLO	<i>Local Lockout</i>	17
	DLC	<i>Device Clear</i>	20
	PPU	<i>Parallel Poll Unconfigure</i>	21
	SPE	<i>Serial Poll Enable</i>	24
SPD	<i>Serial Poll Disable</i>	25	
LAG	Grupo de endereços de Ouvintes		
	Endereços de Ouvintes de 0 até 30	32 – 62	
	Desabilitar Ouvintes	63	
TAG	Grupo de endereços de Locutores		
	Endereços de Locutores de 0 até 30	64 – 94	
	Desabilitar Locutores	95	
SCG	Grupo de endereços de comandos secundários		
	Comandos secundários de 0 até 30	96 – 126	

Apenas os aparelhos com capacidade para "*extended listening*" (LE1) respondem a comandos do grupo de endereços secundários. Ao endereçar um aparelho com esta capacidade, através do seu endereço primário, ele espera que seja colocado no barramento um endereço secundário. Deve ser consultada a documentação do aparelho para conhecer a sua resposta. Uma aplicação típica para este endereço secundário é selecionar num menu uma das respostas possíveis do aparelho ao fato de estar a ser endereçado.

3.1.7 As Sub-Rotinas de Controle do Barramento GPIB

Um conjunto de sub-rotinas típicas do programa normalmente distribuído quando da aquisição de uma interface GPIB são apresentadas na Tabela 3.4 [9], variando com o computador utilizado e com o fabricante da interface.

Tabela 3.4 – Tabela com sub-rotinas GPIB

ResetSys	<i>Initialize a GPIB system</i>
Send	<i>Send data to one device</i>
Receive	<i>Read data from a GPIB device</i>
PPoll	<i>Conduct a parallel poll</i>
ReadStatusByte	<i>Serial poll a single device</i>
AllSpoll	<i>Serial polls all devices</i>
TestSRQ	<i>Determine status of SRQ line</i>

Estas sub-rotinas não estão abrangidas pelo padrão IEEE-488. São chamadas a partir de um programa escrito numa linguagem de alto nível (exemplo, C). Podem existir situações em que um determinado aparelho não funciona corretamente com as sub-rotinas distribuídas; neste caso o programador tem que assumir o controle direto do barramento atuando nas linhas de controle e enviando comandos primários.

Para a interface ISA-GPIB 488.2 a sub-rotina Send é particularmente apropriada para enviar comandos primários. Aceita (entre outros) os seguintes argumentos [7]:

SPAN – MHz por divisão

REFLVL – Nível de Referência

RES – Resolução

FREQ – Frequência

curve? – Solicita dados

Exemplos:

Send(0, 15, "SPAN 1MHZ;REFLVL -50 DBM;RES 100kHz", 35, NLeNd);

Relatório Final de Atividades, 2008

Explicação:

O computador/controlador, endereço 0, está enviando 35 caracteres de informações para o Analisador de Espectro, endereço 15. O Analisador de Espectro tem suas configurações ajustadas para 1 MHz por divisão, com nível de referência -50 dBm e uma resolução de 100 kHz. *NLEnd* indica o fim da transmissão através do envio da mensagem EOI depois do ultimo byte de dados.

```
Send(0, 15, "FREQ 95MHZ; curve?" , 26, NLEnd);
```

```
Receive(0, 15, &buffer[0], 2000, STOPend);
```

Explicação:

O computador/controlador ajusta a frequência central para 95 MHz. E solicita que o Analisador de Espectro envie os dados correspondentes. Em seguida, o Analisador de Espectro assume a função de locutor e envia os dados ao computador. Os dados podem conter no máximo 2000 caracteres e serão gravados na variável *buffer* a partir da posição inicial. *STOPend* indica o fim da transmissão de dados através do envio do sinal de EOI.

3.2 Compilador

O compilador 5.5 da Borland é uma versão livre. Ele requer, durante a sua instalação, o ajuste de dois arquivos de configuração no diretório *\bin*. O primeiro deles é o *C:\Borland\BCC55\bin\bcc32.cfg*, que deverá conter as seguintes linhas de comando:

```
-I"c:\Borland\Bcc55\include"
```

```
-L"c:\Borland\Bcc55\lib;c:\Borland\Bcc55\lib\psdk"
```

O segundo é o arquivo *C:\Borland\BCC55\bin\ilink32.cfg* que deverá conter:

```
-L"c:\Borland\Bcc55\lib;c:\Borland\Bcc55\lib\psdk"
```

A inclusão desses dois arquivos tem a finalidade de permitir ao compilador encontrar os arquivos das bibliotecas e os arquivos padrões do sistema.

3.3 Ambiente Integrado de Desenvolvimento

IDE é a sigla em inglês que designa os programas de computador que auxiliam programadores a desenvolverem outros programas. *Integrated development environment* ou ambiente integrado de desenvolvimento. O VIDE é uma IDE livre, de fonte aberta e baseado na biblioteca V GUI. Sendo que ele trabalha tanto com ambiente Windows, quanto com sistemas baseados em Linux, podendo usar o compilador 5.5 da Borland.

3.4 Ajustando a Hora do Computador Automaticamente

Atomic Clock Sync é um programa livre que se conecta com servidores operados pelo *US National Institute of Standards and Technology* (NIST), e ajusta o horário e a data do computador de acordo com o relógio atômico operado pelo NIST.

O programa possui uma opção para rodar no modo automático. Quando esta opção é selecionada o programa irá conectar-se ao servidor uma vez por dia, não realizando uma outra tentativa pelas próximas 24 horas. Caso o sistema esteja sem acesso à internet o programa irá fazer tentativas de conexão em intervalos regulares de tempo até que obtenha êxito.

A precisão de ajuste do relógio do computador deverá ser de 1 ou 2 segundos.

O programa usa a porta 13 para conectar-se aos relógios atômicos de alta precisão do NIST. Portanto, se esta porta for bloqueada por “*firewalls*” o programa deixará de receber as informações necessárias ao seu adequado funcionamento.

3.5 Operando o Computador de Aquisição de Dados Remotamente

O VNC é um programa controlador remoto de computadores criado pelo *ATT Research Labs de Cambridge*. Ele permite ao usuário trabalhar em um computador localizado em um outro lugar, em tempo real, através da rede, como se estivesse na frente do mesmo. É possível realizar transferência de arquivos entre o computador local e computador remoto usando a conexão estabelecida pelo VNC.

CAPÍTULO IV

ANTENAS LOFAR PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS

A seguir serão descritos alguns modelos de antenas de banda larga encontradas em bibliografias e utilizadas para a aquisição de dados experimentais do LOFAR.

4.1 Antena “Fat Dipole”

A antena “Fat Dipole” é construída com tubos de cobre de diâmetro 15,85 mm e segue as medidas indicadas na Fig. 4.1. Foi otimizada para trabalhar na faixa de frequências de 10 – 100 MHz, sendo o casamento de impedância em 200Ω o mais indicado para manter a linearidade de funcionamento ao longo da faixa de interesse [3], [19].

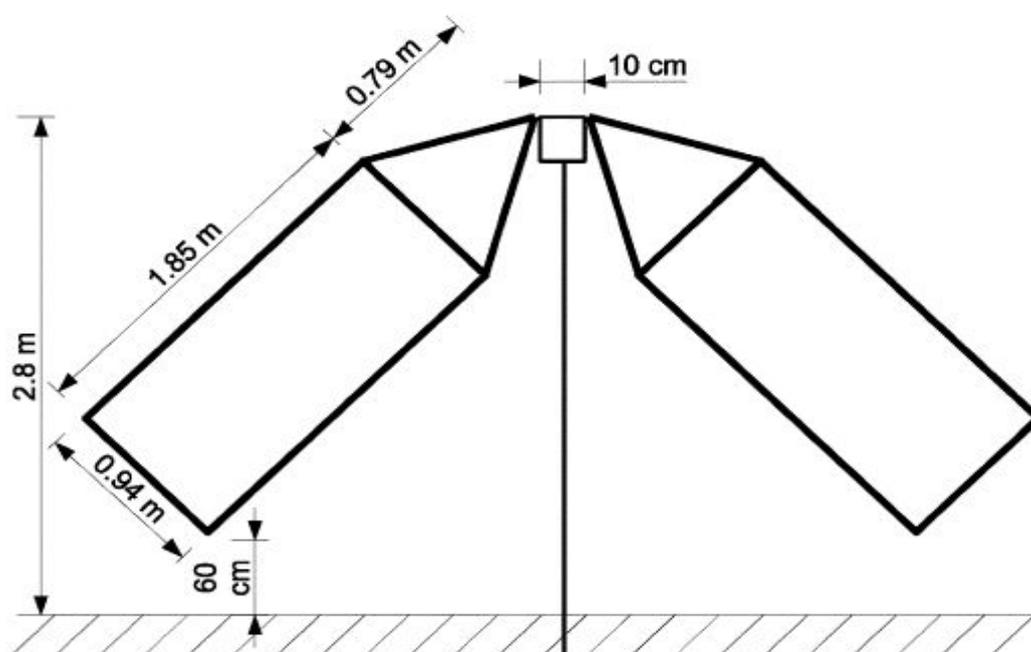


FIG. 4.1 – ANTENA “FAT DIPOLE”.

Fonte: Ellingson, 2005.

4.2 Protótipo de Antena do Lofar Desenvolvido pelo ASTRON

Um protótipo de uma antena de LOFAR de banda larga, a qual foi desenvolvida pelo ASTRON em colaboração com Rhode & Schwartz é mostrada na Fig. 4.2. No ASTRON duas dessas antenas foram testadas [2], [5], [20]. Uma das duas foi usada para propósitos de monitoramento.



FIG. 4.2 – PROTÓTIPO DE ANTENA DO LOFAR.

Fonte: Boonstra et al., 2000.

4.2.1 Varredura Espectral de 10 – 150 MHz

Usando o protótipo de antena do LOFAR da Fig. 4.2, os pesquisadores do ASTRON obtiveram um primeiro traçado das potências do espectro, ainda sem calibração, como ilustra a Fig. 4.3. Nele são visíveis os transmissores AM abaixo dos 15 MHz, os transmissores FM em torno dos 100 MHz e em torno dos 150 MHz a faixa de sinais de comunicação aeronáutica é visível [2].

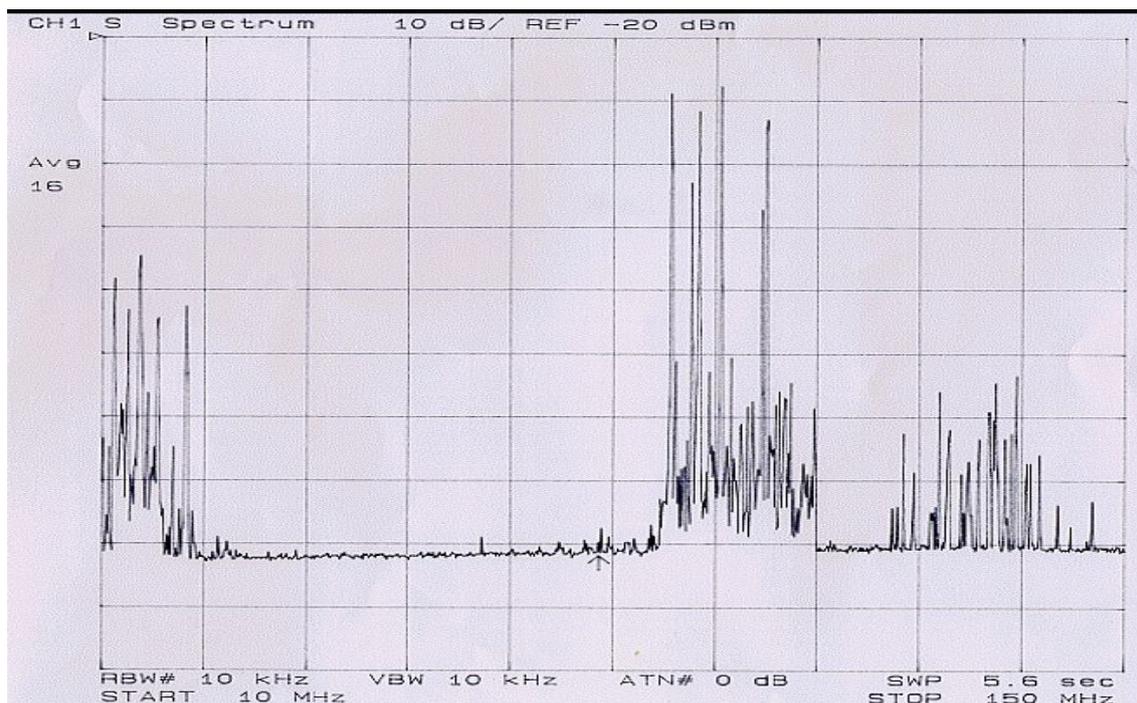
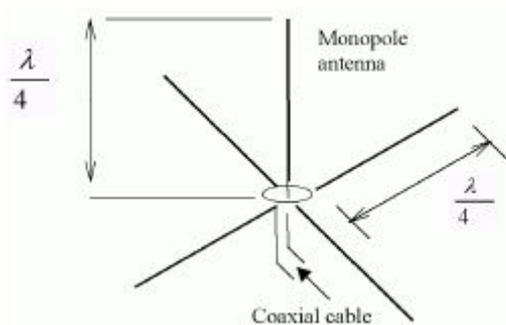
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 4.3 – VARREDURA ESPECTRAL DE 10 – 150 MHz.

Fonte: Boonstra et al., 2000.

4.3 Antena de Monitoramento de $\frac{1}{4} \lambda$

Uma antena de $\frac{1}{4} \lambda$ utilizada por pesquisadores do ASTRON para obter o monitoramento do espectro calibrado é mostrada na Fig. 4.4. Os dados obtidos com esta antena foram utilizados para comparação com os dados obtidos com a antena de LOFAR da Fig. 4.2. A antena de $\frac{1}{4} \lambda$ tinha largura de banda de 5 MHz. O ajuste foi feito variando-se o comprimento da antena e dos elementos radiais.

FIG. 4.4 – ANTENA DE MONITORAMENTO DE $\frac{1}{4} \lambda$.

Fonte: Boonstra et al., 2000.

4.3.1 Monitoramento por um longo período de tempo

O espectrograma na faixa de 80 – 200 MHz, conforme observado por pesquisadores do ASTRON com a estação de monitoramento WSRT, na Holanda, durante 4 dias de aquisição de dados experimentais é mostrado na Fig. 4.5. Os transmissores de FM em torno de 100 MHz e os transmissores de sinais de TV em torno de 185 MHz são claramente visíveis. Os sinais de TV foram atenuados durante a noite. Em torno de 130 MHz, os sinais das faixas aeronáuticas são visíveis [2].

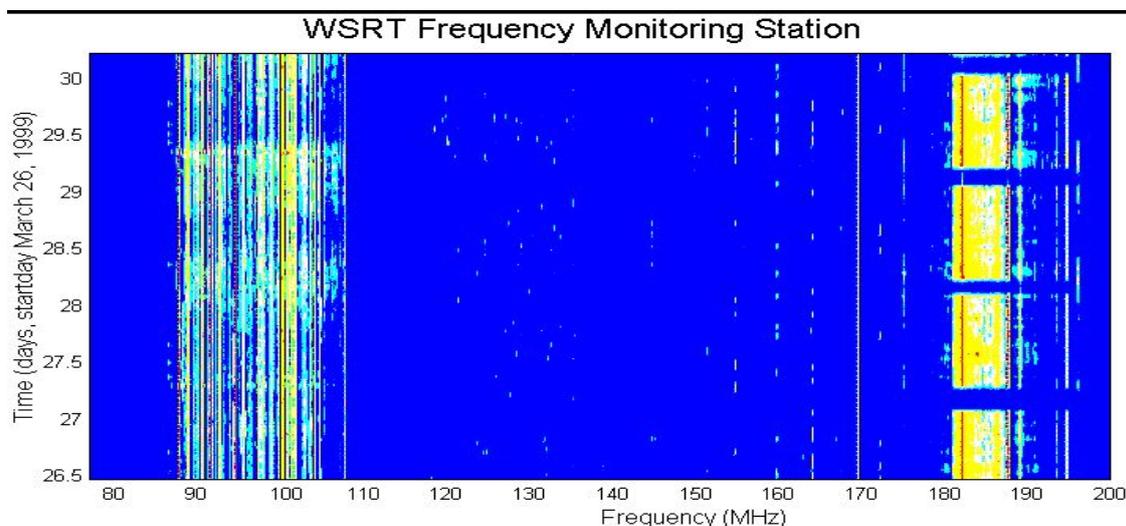


FIG. 4.5 – ESPECTROGRAMA NA FAIXA DE 80 – 200 MHz, OBSERVADO EM WSRT NA HOLANDA.

Fonte: Boonstra et al., 2000.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DE DADOS, DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E ATIVIDADES COMPLEMENTARES NO CRS/CIE/INPE – MCT.

No decorrer deste Capítulo são apresentados os métodos empregados para análise do monitoramento de rádio interferência realizado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS. Um protótipo de antena dipolo do LOFAR foi construído, sendo realizados testes de impedância e comparação do comportamento do espectro eletromagnético com o obtido usando a antena comercial monopolo.

5.1 Metodologia de Análise

A fase inicial do Projeto foi desenvolvida no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações – LRC do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS. Neste período o bolsista adquiriu os conhecimentos necessários para desenvolver os programas de aquisição e análise de dados do Analisador de Espectro discutido anteriormente. Uma revisão de literatura técnica de manuais de programação do equipamento Analisador de Espectro foi efetuada, a qual proporcionou uma compreensão sobre o funcionamento, lógica de programação, transferência de dados e monitoramento remoto do equipamento.

O programa de aquisição, desenvolvido utilizando-se a linguagem C, foi inicialmente testado em Santa Maria, no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT. Em concordância com os objetivos do Projeto, o sistema para aquisição de dados para estudo de rádio interferência foi posteriormente instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, de onde passou a ser operado remotamente. Durante esta fase pequenas correções e ajustes do programa de aquisição de dados foram realizados através da rede.

Relatório Final de Atividades, 2008

O equipamento Analisador de Espectro da Tektronix modelo 2754P que foi utilizado no Projeto é apresentado na Fig. 5.1. Com ele é possível delimitar uma faixa de frequência de observação e determinar para os sinais observados sua frequência e potência.

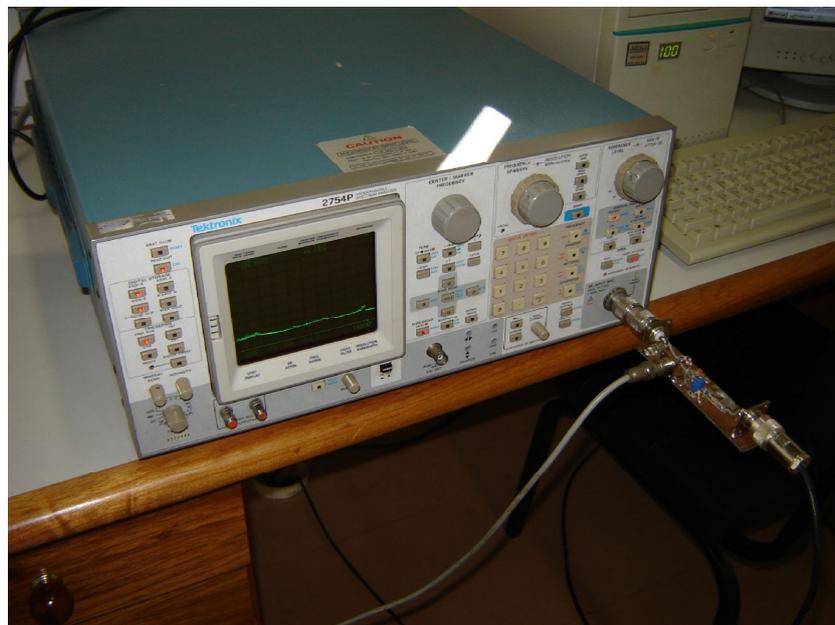


FIG. 5.1 - ANALISADOR DE ESPECTRO DA TEKTRONIX MODELO 2754P DO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES – LRC DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT.

A antena monopolo ilustrada pela Fig. 5.2 foi instalada na parte externa do Prédio 6 do OES/CRS/CIE/INPE – MCT, sendo os seus sinais conduzidos via cabo coaxial até um bloco amplificador desenvolvido por alunos de projetos anteriores. Após a etapa de amplificação os sinais são analisados e digitalizados pelo Analisador de Espectro. Através de um computador dedicado de aquisição e controle instalado no OES/CRS/CIE/INPE – MCT, os dados obtidos em São Martinho da Serra são transmitidos para Santa Maria pela rede, aos computadores do Laboratório de Radiofrequência e Comunicações LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS. Finalmente os dados são visualizados e analisados através de rotinas desenvolvidas em MATLAB no LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.2 - ANTENA MONOPOLO UTILIZADA NO PROJETO E INSTALADA AO LADO DO PRÉDIO 6 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS.

Após um longo período de aquisição de dados para estudo de Rádio interferência usando a antena comercial monopolo no OES/CRS/CIE/INPE – MCT passou-se a fase de montagem e testes de uma antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR. O primeiro protótipo montado é apresentado na Fig. 5.3. O equipamento Analisador de Espectro, por ser necessário aos testes, foi transferido de São Martinho da Serra para o prédio do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria. O Analisador de Rede, outro equipamento utilizado para testar o protótipo de antena dipolo, é apresentado na Fig. 5.4.

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.3 – PRIMEIRO PROTÓTIPO DE ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR, DESENVOLVIDA E MONTADA PARA TESTES NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.



FIG. 5.4 - ANALISADOR DE REDE DA HP, MODELO 8754A, DO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.

5.2 Resultados Obtidos e Discussão

Inicialmente são apresentados os resultados de monitoramentos de Rádio Interferência no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, obtidos em projetos anteriores com o objetivo de serem realizadas posteriores comparações. Na parte final, são apresentados resultados referentes ao desenvolvimento de um protótipo de antena dipolo similar ao do sistema LOFAR, construído e testado na cobertura do prédio sede do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

Os dados de Rádio Interferência, no Observatório Espacial do Sul, obtidos no início da década de 1990 são apresentados na forma de gráficos nas Fig. 5.5 e 5.6, durante o monitoramento em 30/04/1992 [10]. Pode-se observar sinais basicamente de rádio AM e FM locais, encontrados nas faixas de frequência de 20 – 200 MHz na Fig. 5.5 e 148 – 154 MHz, na Fig. 5.6.

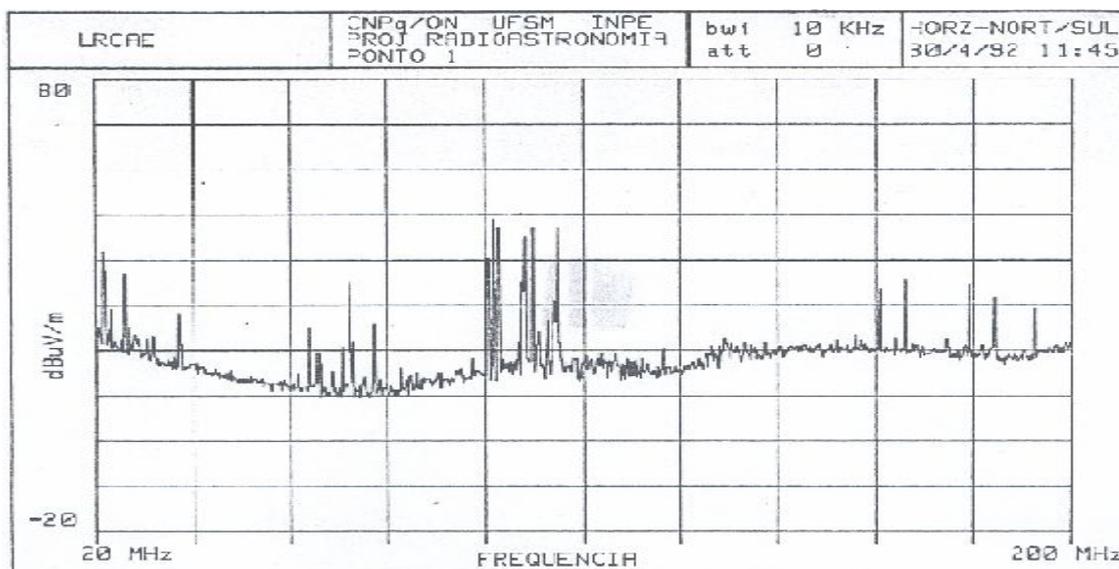


FIG. 5.5 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 200 MHz, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 1992.

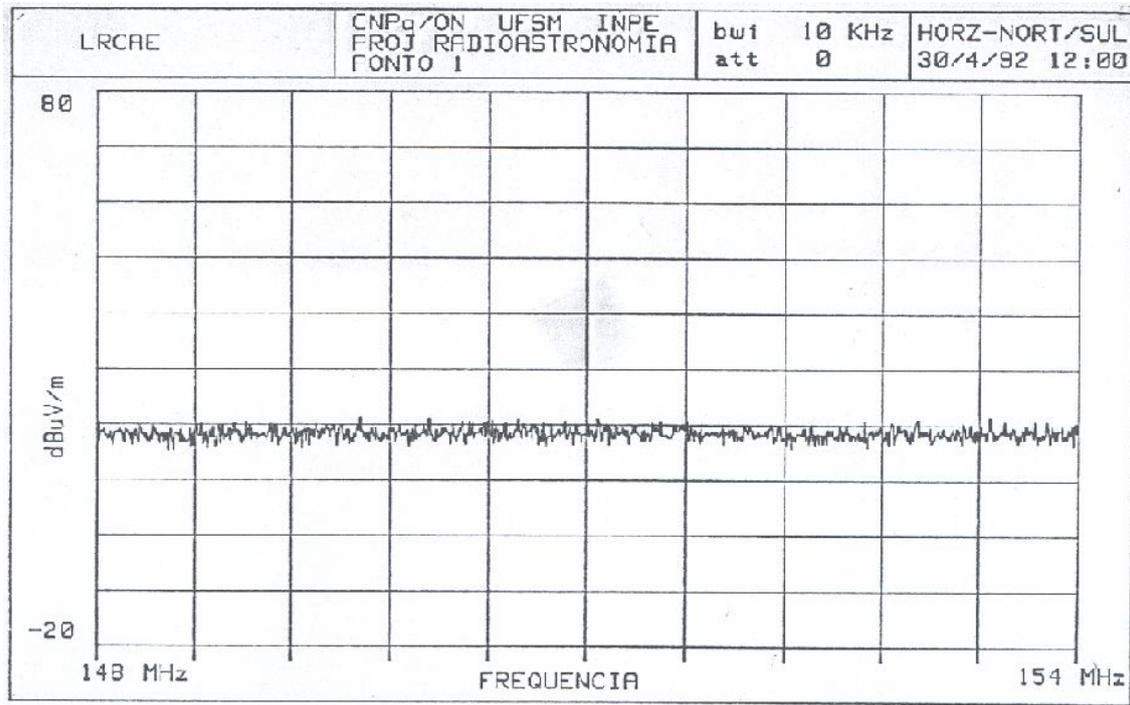
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.6 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 148 – 154 MHz, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 1992.

Gráficos dos dados de Rádio monitoramento no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, obtidos durante um monitoramento em 2003, são apresentados nas Fig. 5.7 e 5.8 [10], onde pode-se observar os sinais encontrados na faixa de frequência de 100 – 110 MHz e de 110 – 180 MHz, respectivamente. Os sinais observados na Fig. 5.7 foram identificados como emissoras de rádio da região e a Fig. 5.8 nos mostra que na faixa de frequência de 115 – 180 MHz, não existe nenhum sinal de valor significativo nesta banda de frequências do Espectro Magnético.

Relatório Final de Atividades, 2008

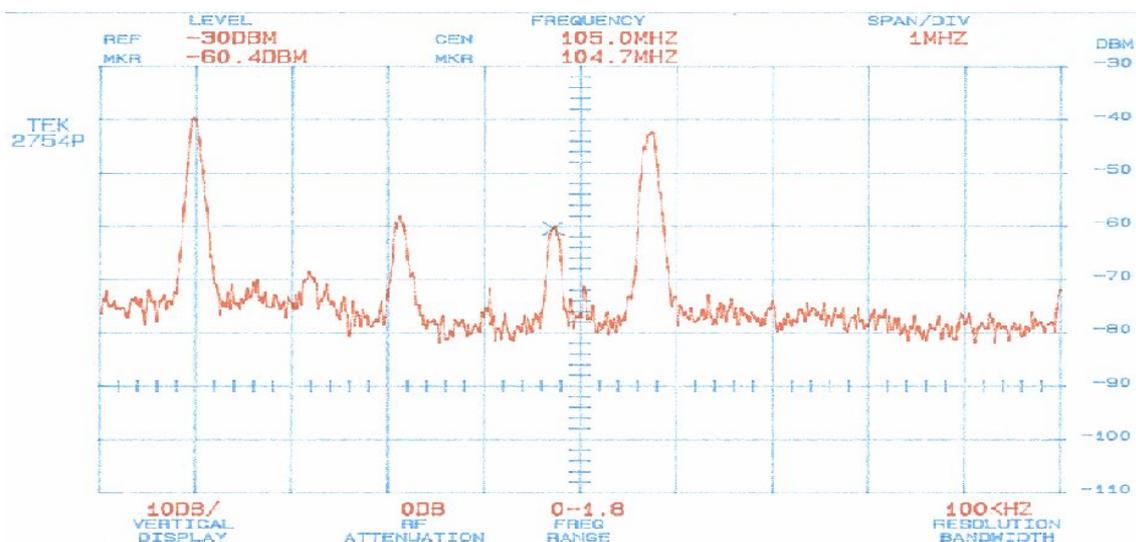


FIG. 5.7 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 100 – 110 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2003.

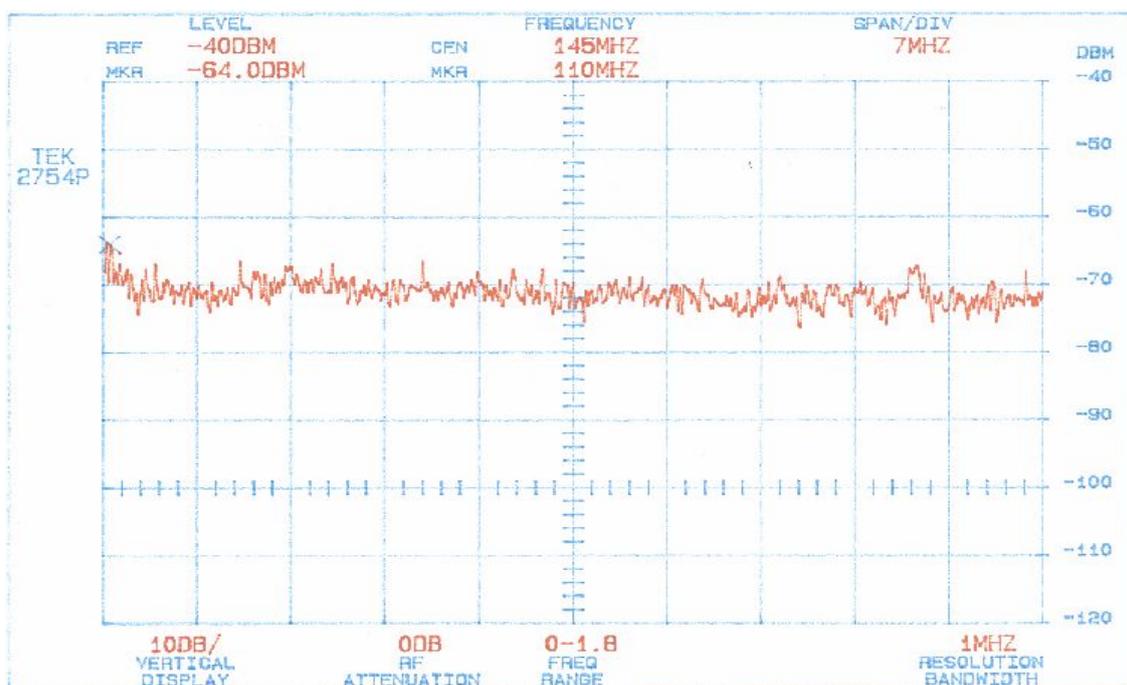


FIG. 5.8 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 110 – 180 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2003.

Gráficos da Varredura Espectral realizada no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra, RS, em 2006, são apresentados nas Fig. 5.9, 5.10 e 5.11. O gráfico da Fig. 5.9 foi gerado por uma rotina desenvolvida em MATLAB que combina

Relatório Final de Atividades, 2008

os dados de 21 faixas de espectro de 10 MHz cada. Como o Analisador de Espectro adquire individualmente cada uma dessas faixas o número de pontos do gráfico final é maior, proporcionando uma resolução mais elevada. Para uma melhor visualização dos sinais foram efetuadas médias simples a cada 10, Fig. 5.10, e a cada 100, Fig. 5.11, curvas espectrais consecutivas adquiridas.

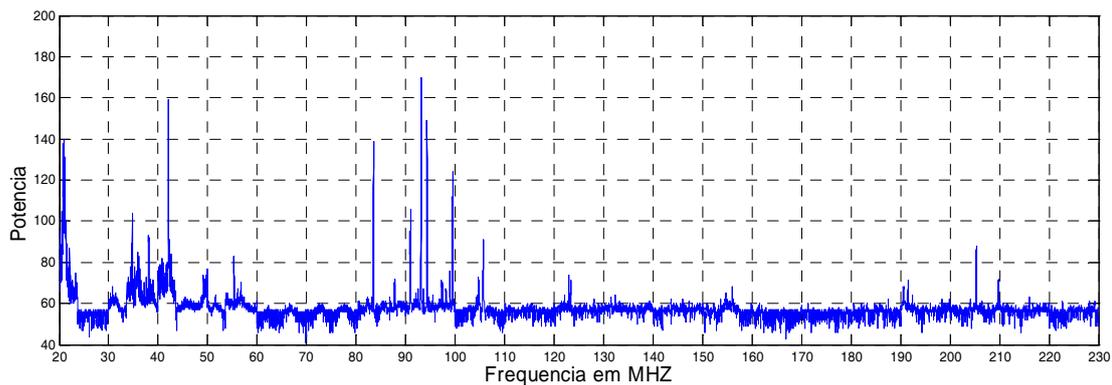


FIG. 5.9 - GRÁFICO DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230 MHz, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

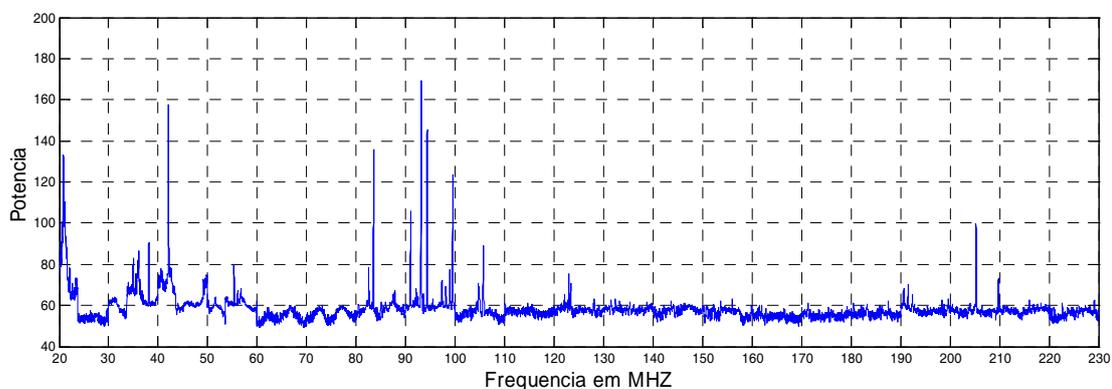


FIG. 5.10 - GRÁFICO DA MÉDIA SIMPLES DE 10 CURVAS ESPECTRAIS DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230MHz, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

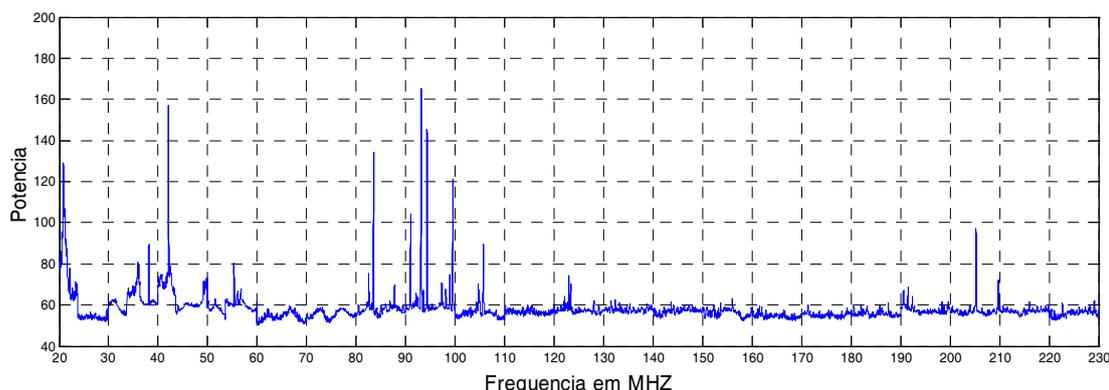
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.11 - GRÁFICO DA MÉDIA SIMPLES DE 100 CURVAS ESPECTRAIS DOS SINAIS NA LARGURA DE BANDA DE 20 – 230 MHz, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

Alguns gráficos da Varredura Espectral realizada no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra, RS, em 2006, são apresentados nas Fig. 5.12 e 5.13, que são obtidas através de outra rotina desenvolvida em MATLAB que combina, respectivamente, todas as médias simples de 10 (Fig. 5.10) e 100 (Fig. 5.11) curvas espectrais obtidas durante um dia completo (24 horas) de observação/aquisição. Os resultados são apresentados na forma de gráfico em três dimensões que representam a potência do sinal detectado em função do tempo e da frequência.

O gráfico da Fig. 5.12 representa os sinais de potência observados nos rastreios de frequências, na largura de banda de 20 –230 MHz, sendo composto pelo agrupamento no tempo, das curvas espectrais apresentadas na Fig. 5.10. O diagrama é composto em média de 618 faixas de observações. Sendo que na frequência o diagrama apresenta 21000 pontos de medidas.

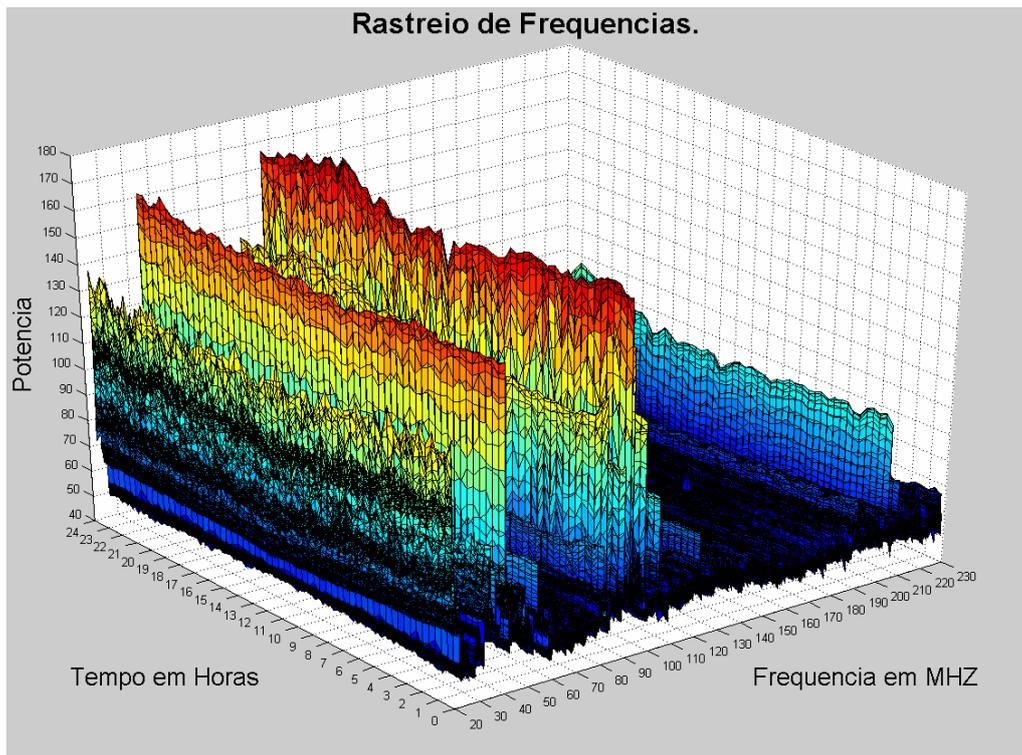
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.12 - GRÁFICO 3 D NA BANDA DE 20 – 230 MHz, COMPOSTO PELO AGRUPAMENTO NO TEMPO, DAS CURVAS ESPECTRAIS APRESENTADAS NA FIG. 5.10, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

O gráfico da Fig. 5.13 representa os sinais de potência observados nos rastreios de freqüências, na largura de banda de 20 –230 MHz, composto pelo agrupamento no tempo, das curvas espectrais apresentadas na Fig. 5.11. O diagrama é composto de 6 faixas de observações/aquisições constituídas das médias de 100 medidas. Sendo que na freqüência o diagrama apresenta 21000 pontos de medidas.

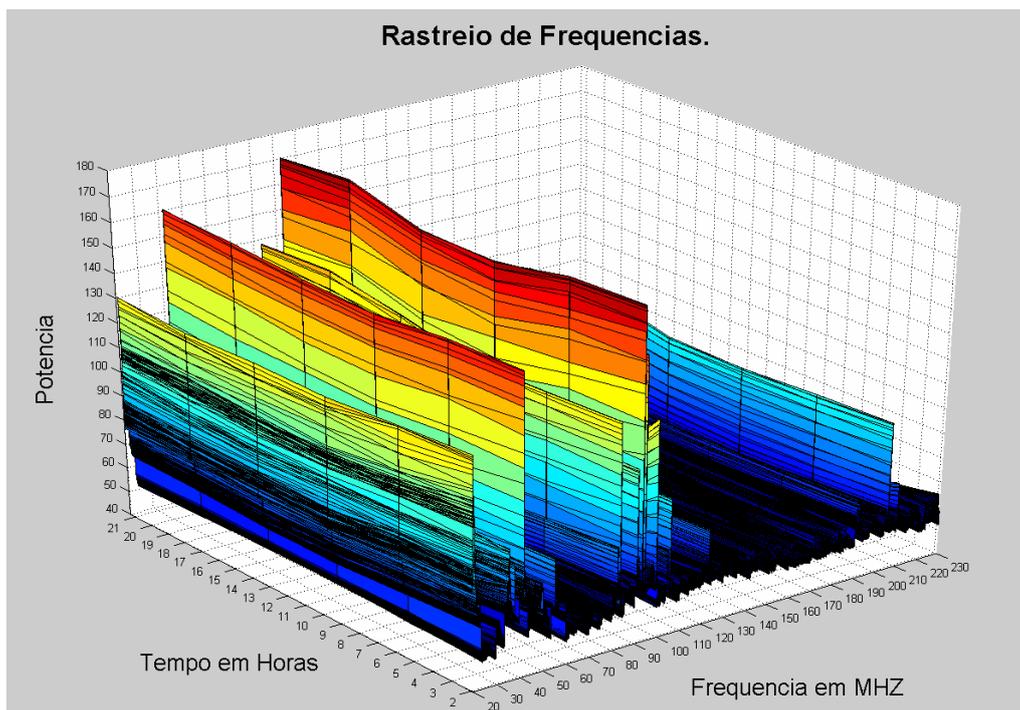


FIG. 5.13 – GRÁFICO 3 D NA BANDA DE 20 – 230 MHz, COMPOSTO PELO AGRUPAMENTO NO TEMPO, DAS CURVAS ESPECTRAIS APRESENTADAS NA FIG. 5.11, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

Com o intuito de fornecer uma alternativa para a visualização dos dados adquiridos, as Fig. 5.14 e 5.15 foram geradas a partir dos dados das Fig. 5.12 e 5.13, respectivamente, pela representação da potência do sinal através de uma escala de cores.

O gráfico da Fig. 5.14 representa os sinais de potência observados nos rastreios de frequências, na largura de banda de 20 –230 MHz, obtido a partir do gráfico da Fig. 5.12, onde a potência do sinal foi convertida em uma escala de cores. O diagrama possibilita a análise dos sinais de rádio interferência através de uma escala de cores e é composto de 618 faixas de observações/aquisições constituídas das médias de 100 medidas similar ao gráfico da Fig. 5.12. Sendo que na frequência o diagrama apresenta 21000 pontos de medidas por faixa.

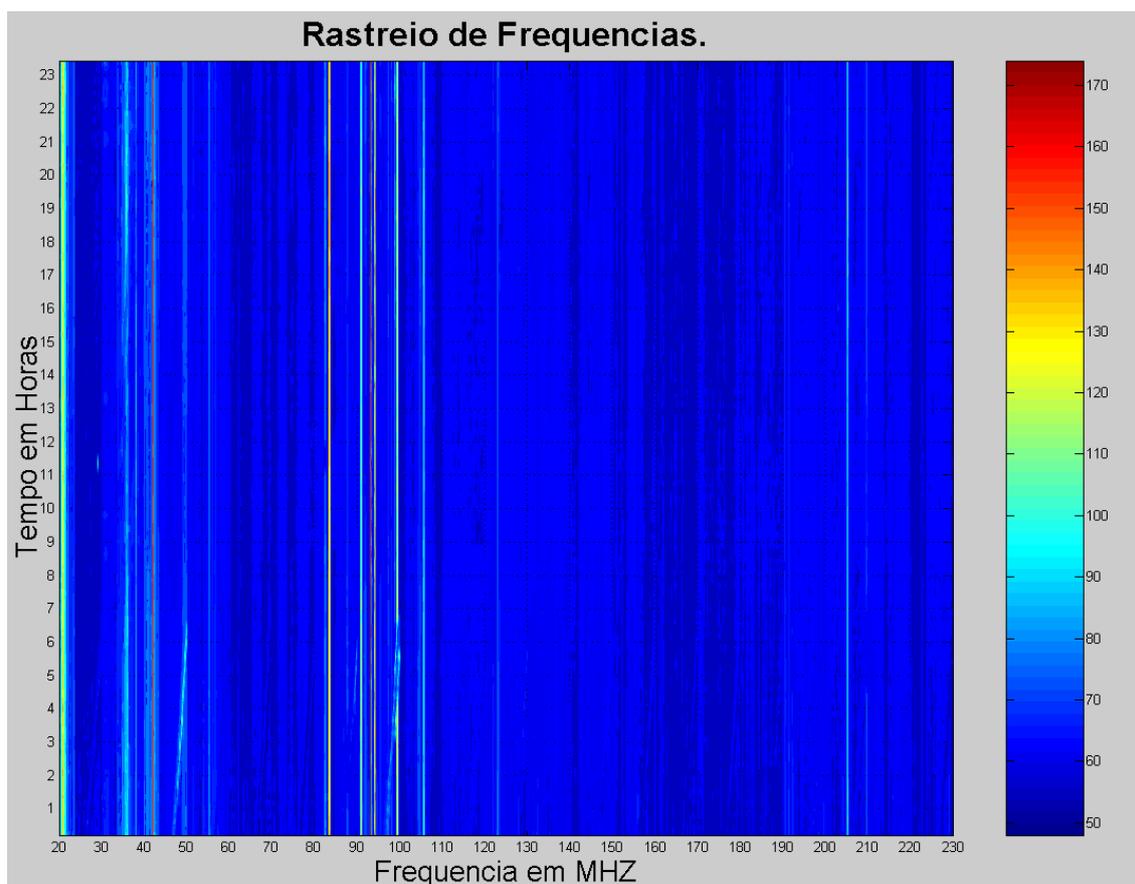


FIG. 5.14 – GRÁFICO NA BANDA DE 20 – 230 MHZ, OBTIDO A PARTIR DO GRÁFICO DA FIG. 5.12, ONDE A POTÊNCIA DO SINAL FOI CONVERTIDA EM UMA ESCALA DE CORES, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

O gráfico da Fig. 5.15 representa os sinais de potência observados nos rastreios de freqüências, na largura de banda de 20 –230 MHz, obtido a partir do gráfico da Fig. 5.13, onde a potência do sinal foi convertida em uma escala de cores. O diagrama possibilita a análise dos sinais de rádio interferência através de uma escala de cores e é composto de 6 faixas de observações/aquisições constituídas das médias de 100 medidas similar ao gráfico da Fig. 5.13. Sendo que na freqüência o diagrama apresenta 21000 pontos de medidas por faixa.

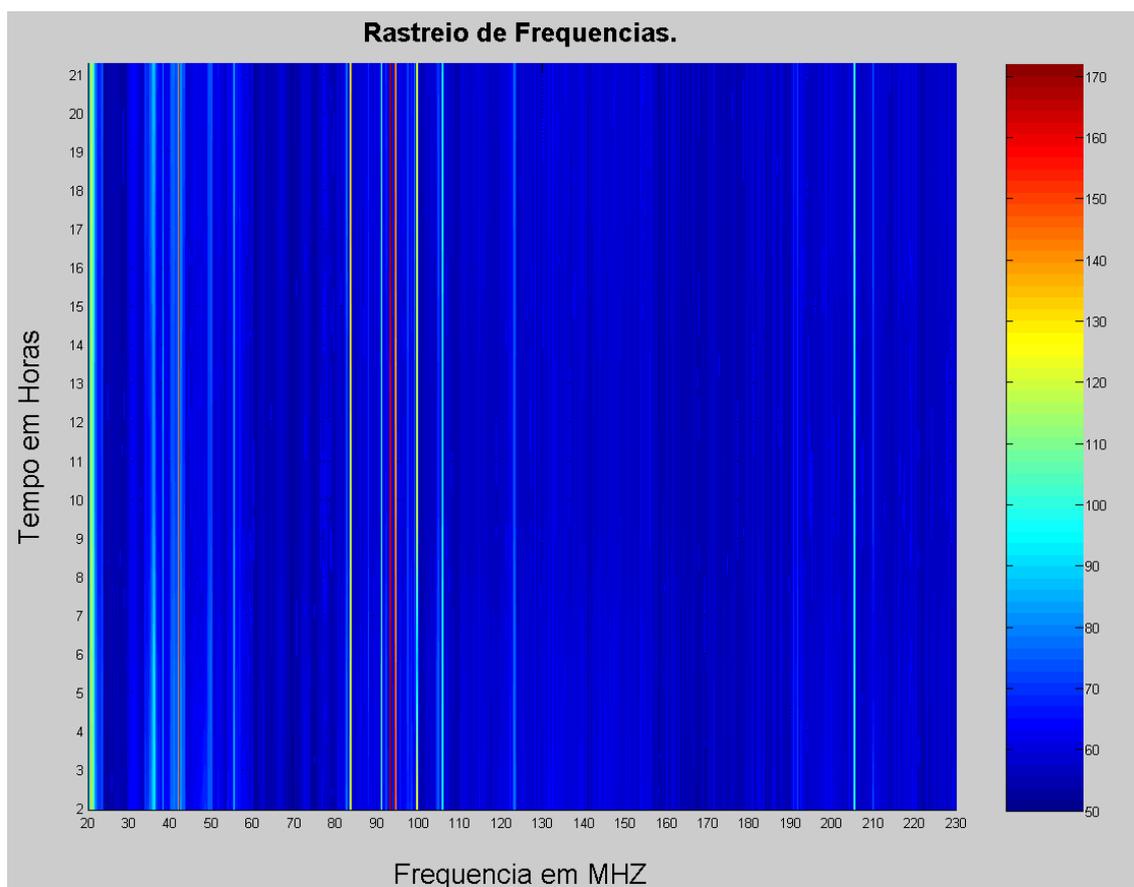
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.15 – GRÁFICO NA BANDA DE 20 – 230 MHz, OBTIDO A PARTIR DO GRÁFICO DA FIG. 5.13, ONDE A POTÊNCIA DO SINAL FOI CONVERTIDA EM UMA ESCALA DE CORES, DAS OBSERVAÇÕES/AQUISIÇÕES EFETUADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

A presença de sinais de emissoras de rádio FM nas faixas de 87 – 108 MHz, de sinais de TV entre 200 – 210 MHz, comunicação por radioamador próximo aos 50 MHz e radiodifusão em ondas curtas 21,6 MHz, pode ser observada facilmente analisando-se os dados apresentados nos diagramas das Fig. 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14 e 5.15. A partir da designação da atividade envolvida com uma determinada frequência de interesse é possível estudar a variação da potência do sinal recebido em função do tempo. A Fig. 5.16 mostra o gráfico da variação temporal dos sinais de rádio FM na frequência de 93.5 MHz.

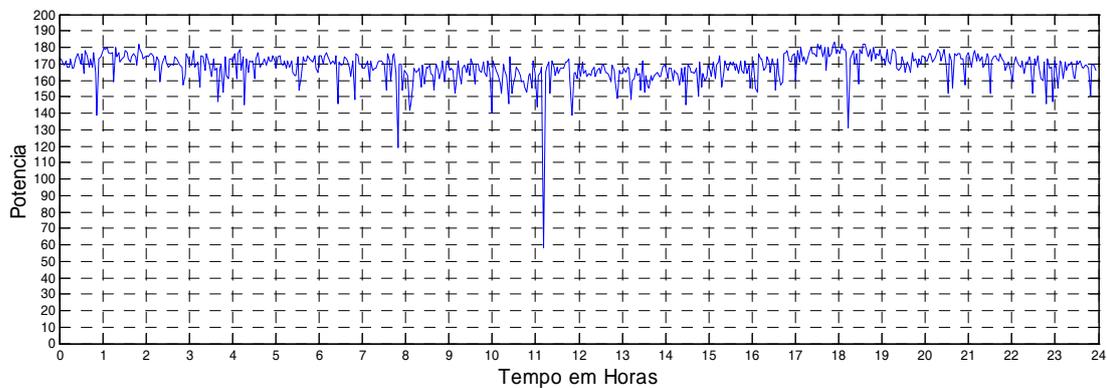
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.16 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS DA VARIAÇÃO TEMPORAL DOS SINAIS NA FREQUÊNCIA DE 93.5 MHZ, NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, EM 2006.

Comparando-se os dados obtidos nos períodos de abril de 1992, maio de 2003 e março de 2006 verifica-se que não ocorreram mudanças relevantes em termos de rádio interferências na faixa de frequência de 10 – 240 MHz.

Relatório Final de Atividades, 2008

Segundo a ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, a utilização do espectro de frequências se dá conforme as Fig. 5.17, 5.18, e 5.19, sendo a destinação das bandas de frequências de 10 – 240 MHz, segundo o código de cores apresentados a seguir:

	Não atribuída		Fixo
	Móvel		Fixo aeronáutico
	Móvel Marítimo		Radionavegação
	Móvel Aeronáutico		Radionavegação Marítima
	Móvel Terrestre		Radionavegação Aeronáutica
	Rádiodifusão		Radiolocalização
	Radioamador		Auxílio a meteorologia
	Radioastronomia		Radiodeterminação - Satélite
	Operação Espacial		Entre Satélites
	Pesquisa Espacial		Exploração da Terra
	Sinais Horários		

Relatório Final de Atividades, 2008

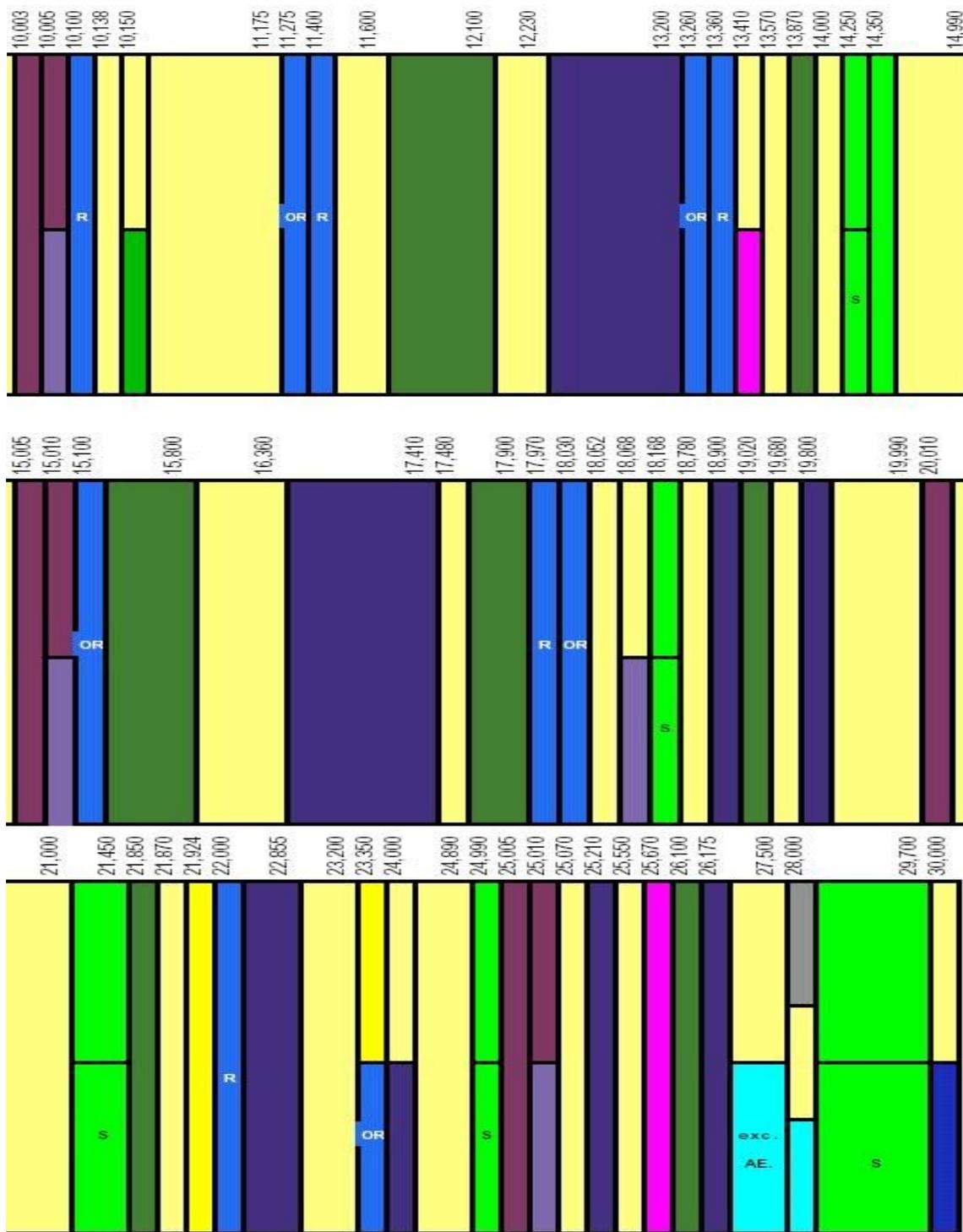


FIG. 5.17 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 10,0 – 30,0 MHZ.

Fonte: Anatel, 2006.

Relatório Final de Atividades, 2008

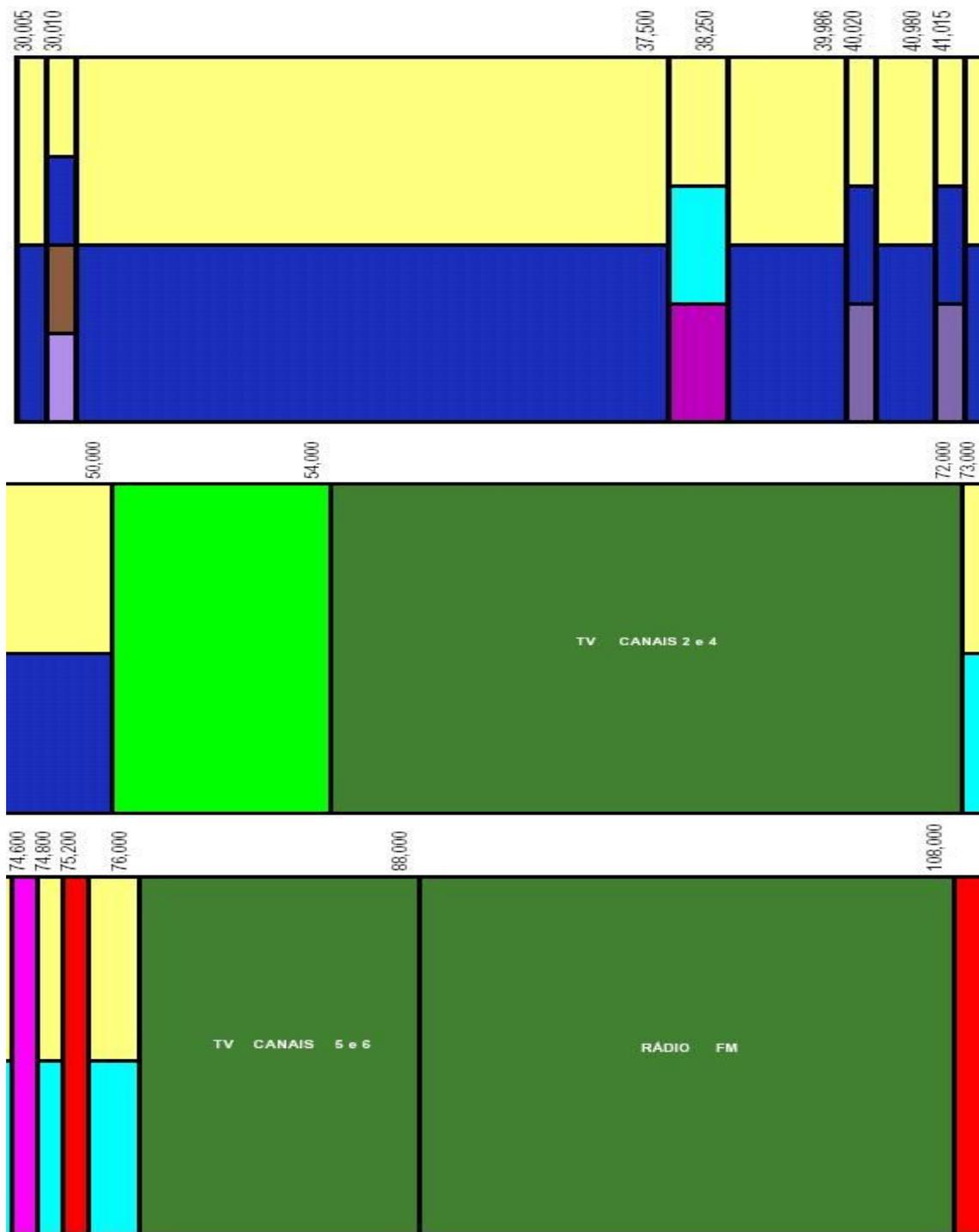


FIG. 5.18 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 30,0 – 108,0 MHZ.

Fonte: Anatel, 2006.

Relatório Final de Atividades, 2008

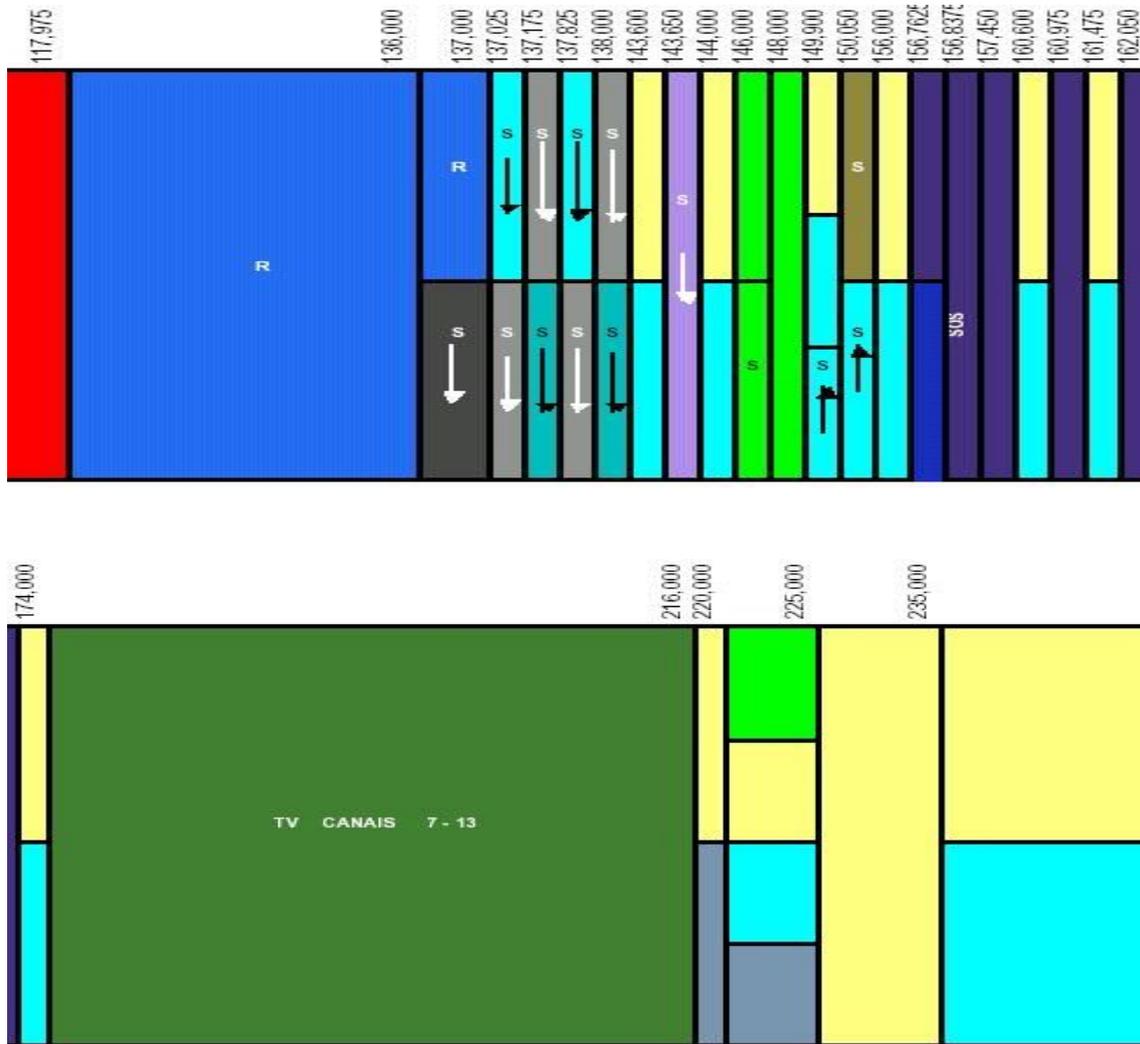


FIG. 5.19 - DESTINAÇÃO DAS BANDAS DE FREQUÊNCIAS DE 108,0 – 235,0 MHZ.

Fonte: Anatel, 2006.

Relatório Final de Atividades, 2008

A classificação dos sinais de acordo com as suas destinações apresentadas nas Fig. 5.17, 5.18, e 5.19 são distribuídas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Destinações e atribuições dos sinais.

Frequência (MHz)	Atribuições	Destinações
11,8	Radiodifusão	Não regulamentada
15,4	Radiodifusão	Radiodifusão - Ondas Curtas (19 metros)
21,6	Radiodifusão	Radiodifusão - Ondas Curtas (13 metros)
52,1	Radioamador	Radioamador
93,5	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
94,3	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
98,9	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
99,5	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
100,9	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
103,1	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
105,7	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora em FM
128,5	Móvel Aeronáutico	Não Regulamentada
132,1	Móvel aeronáutico	Não Regulamentada
145,4	fixo	Limitado Privado (Slp)
181,4	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
185,8	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
193,3	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
205,4	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
208,9	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
209,8	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
216	Radiodifusão	Radiodifusão de Sons e Imagens e Retransmissão de Televisão
233,7	Fixo	Limitado Privado (Slp)

Relatório Final de Atividades, 2008

As potências adquiridas para estudo neste Projeto são relativas, sendo proporcionais ao ganho da antena, a atenuação do cabo, ao ganho do bloco amplificador e ao ganho interno do equipamento Analisador de Espectro.

Após o estudo de Rádio Interferência realizado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, iniciou-se com um subprojeto de desenvolvimento, montagem e testes de um protótipo de uma antena dipolo similar ao usado no sistema LOFAR. O equipamento Analisador de Espectro foi utilizado para verificar o comportamento espectral da antena dipolo fazendo-se comparações com os sinais obtidos a partir da antena monopolo comercial e com um nível de ruído de referência. Esse nível de ruído foi estabelecido como sendo o obtido a partir de uma carga puramente resistiva de 50 Ohms diretamente conectada a entrada do Analisador de Espectro.

O comportamento espectral obtido com o protótipo de antena similar ao usado no sistema LOFAR é apresentado na Fig. 5.20. O espectro de RF adquirido com a antena comercial monopolo para ser usado na comparação é apresentado na Fig. 5.21. O nível de ruído obtido a partir da carga puramente resistiva de 50 Ohms diretamente conectada a entrada do Analisador de Espectro é apresentado na Fig. 5.22.

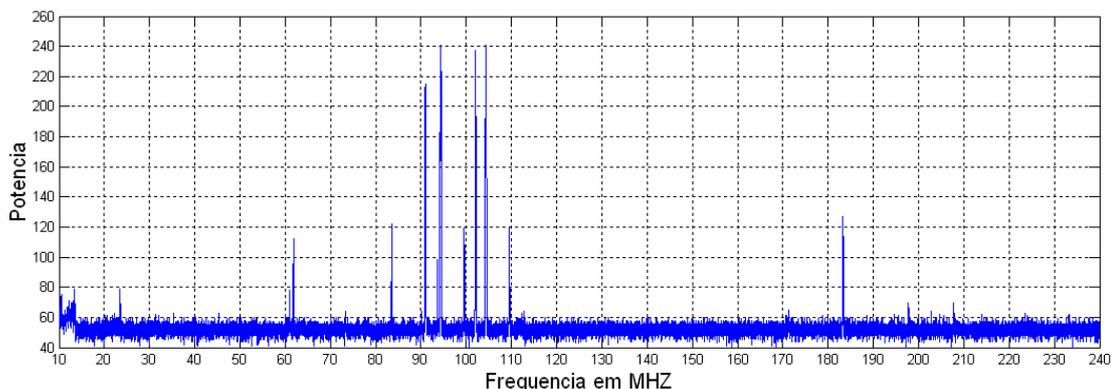


FIG. 5.20 – ESPECTRO DE RF OBTIDO PARA TESTES DO PRIMEIRO PROTÓTIPO, DESENVOLVIDO NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, DE UMA ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR, MONTADA NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS.

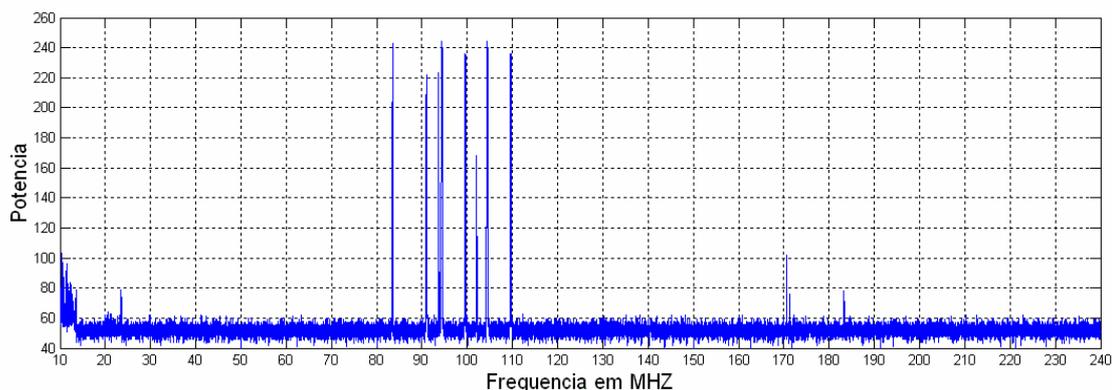
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.21 – ESPECTRO DE RF OBTIDO COM A ANTENA COMERCIAL MONOPOLO NA COBERTURA DO PRÉDIO SEDE DO CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS, PARA EFEITO DE COMPARAÇÃO COM OS SINAIS OBTIDOS A PARTIR DA ANTENA DIPOLO SIMILAR A USADA NO SISTEMA LOFAR.

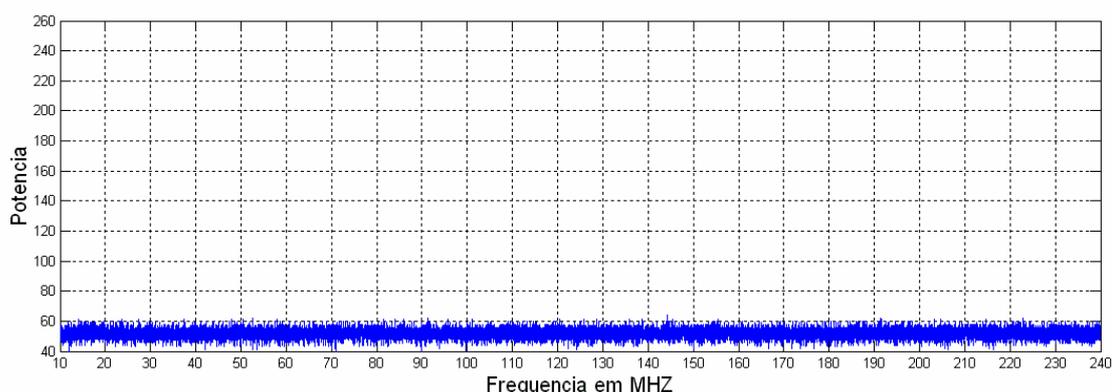


FIG. 5.22 – NÍVEL DE RUÍDO OBTIDO A PARTIR DE UMA CARGA PURAMENTE RESISTIVA DE 50 OHMS DIRETAMENTE CONECTADA A ENTRADA DO ANALISADOR DE ESPECTRO.

Nessa primeira aquisição de sinais de RF para testes da antena dipolo e comparação com a antena comercial monopolo não foram usados amplificadores para evitar uma possível distorção do comportamento do espectro eletromagnético. Em Santa Maria o nível de potência atribuído às emisoras de FM é suficientemente elevado para que possam ser observadas sem a presença de amplificadores. Em São Matinho da Serra isso não seria possível, pois lá os níveis de potência são muito baixos. Podemos verificar a partir da comparação das Fig. 5.20, 5.21 e 5.22 que o comportamento das

Relatório Final de Atividades, 2008

antenas é similar, apresentando picos de potência nas faixas de FM. Porém, o ganho da antena dipolo é inferior ao da antena comercial monopolo para algumas frequências. Isso pode estar relacionado ao fato de não ter sido feito um casamento de impedância na antena dipolo, a qual deixa de transmitir ao Analisador de Espectro parte da potência disponível.

O casamento de impedância da antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR não pode ser realizado a partir de técnicas convencionais tais como *stub* ou transformador de um quarto de comprimento de onda. Essas técnicas servem para casar impedâncias em uma frequência fixa. A antena dipolo precisa trabalhar em uma faixa de frequências. Filtros passivos construídos a partir de indutores e capacitores, se convenientemente projetados, podem ser usados para fazer o casamento de impedâncias numa faixa de frequências. Porém, é necessário que a impedância do circuito ou antena conectada na entrada do filtro seja constante com a frequência.

A antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR foi simulada usando-se o software de simulação de antenas MMANA203 para a obtenção de parâmetros. A Fig. 5.23 ilustra o modelo da antena utilizado para simulação.

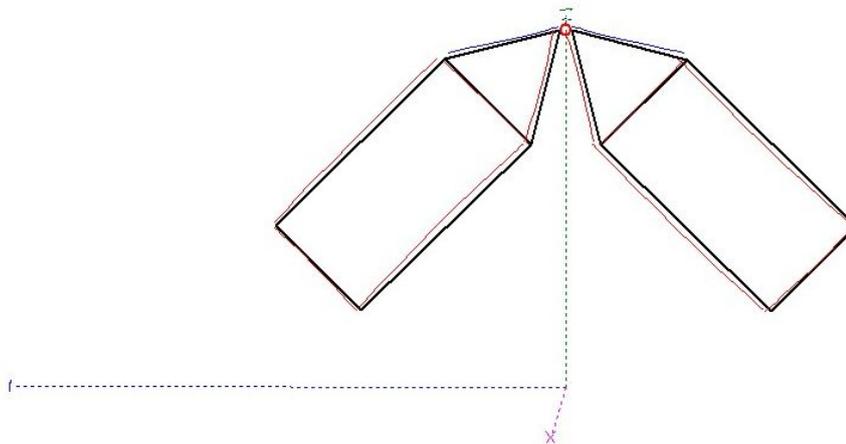


FIG. 5.23 – MODELO DE ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR DESENVOLVIDA NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT PARA SER USADA PARA SIMULAÇÃO COM O SOFTWARE MMANA203 PARA A OBTENÇÃO DE PARÂMETROS.

Os resultados da simulação ilustrados na Fig. 5.24 mostram que a impedância da antena dipolo similar à do sistema LOFAR não é constante com a frequência, apresentando variações ao longo a faixa de interesse. Medidas práticas realizadas com

Relatório Final de Atividades, 2008

o equipamento Analisador de Rede comprovaram a variação da impedância da antena dipolo ao longo da faixa de interesse.

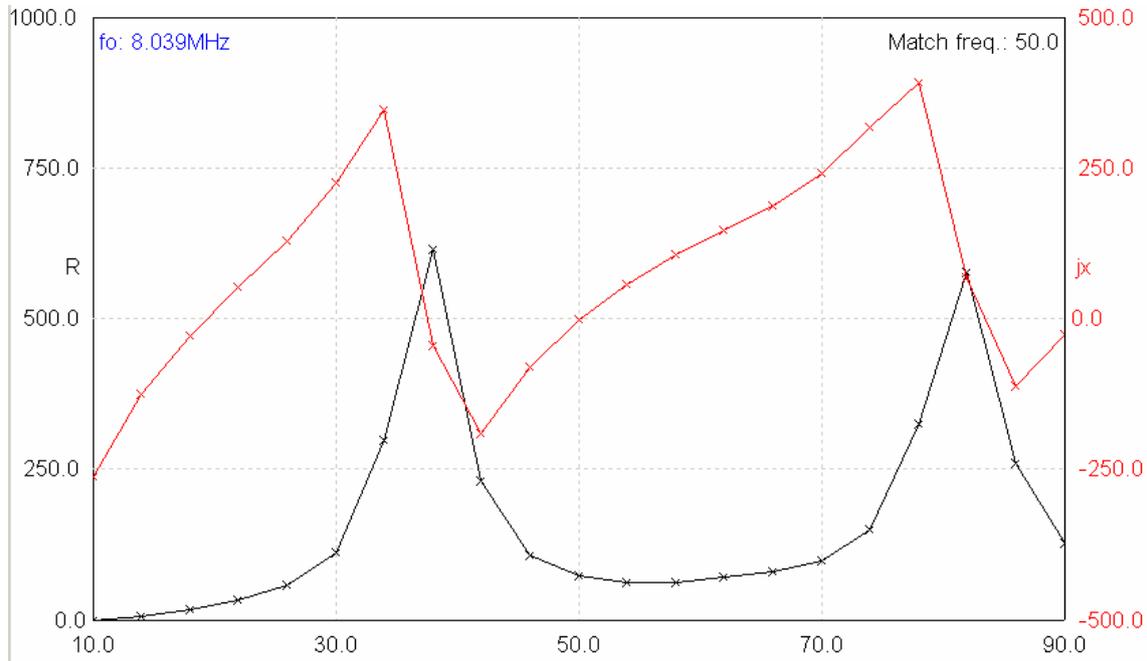


FIG. 5.24 – COMPORTAMENTO DA IMPEDÂNCIA DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À USADA NO SISTEMA LOFAR AO LONGO DA FAIXA DE 10-90 MHz. A VARIAÇÃO DA PARTE REAL DA IMPEDÂNCIA É REPRESENTADA PELA LINHA PRETA E A VARIAÇÃO DA PARTE IMAGINÁRIA É REPRESENTADA PELA LINHA VERMELHA.

Seria difícil projetar um filtro passivo capaz de realizar o casamento de impedâncias da antena dipolo similar à usada no sistema LOFAR. Dessa forma, torna-se necessário fazer uso de uma outra técnica capaz de atingir tal objetivo. Uma possibilidade seria a utilização de um circuito ativo com impedância de entrada elevada para evitar drenar corrente da antena e que fosse capaz de fornecer na saída a corrente necessária para alimentar uma carga de impedância constante ao longo da faixa de frequências de interesse. Este circuito ativo deveria ser capaz de reproduzir na saída, com pequeno ganho, a forma de onda de tensão presente na entrada.

O circuito descrito pelos autores Stewart et al., 2004, e utilizado para testes com uma antena dipolo similar a do sistema LOFAR na estação de testes NLTA, nos Estados Unidos [11] é ilustrado na Fig. 5.25. Um circuito com alto desempenho como o de

Relatório Final de Atividades, 2008

NLTA precisa ser montado no interior de uma caixa metálica capaz de fornecer blindagem eletromagnética conforme pode ser observado na Fig. 5.26. O circuito da Fig. 5.26 possui entrada individual para cada um dos braços da antena e saída para cabo coaxial em 50 Ohms [4].

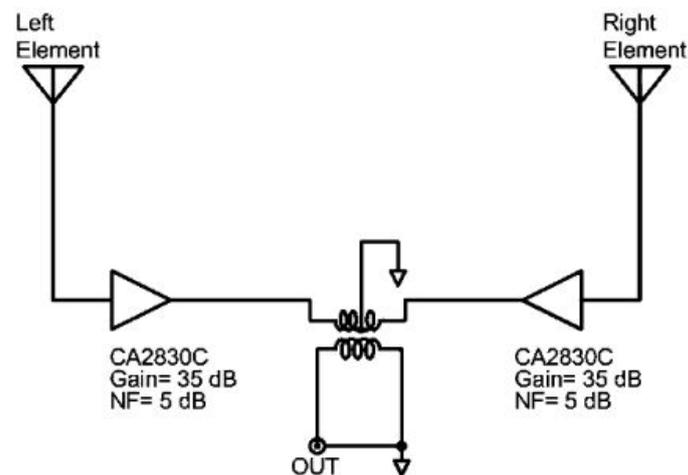


FIG. 5.25 – BALUN ATIVO.

Fonte: Stewart et al., 2004.

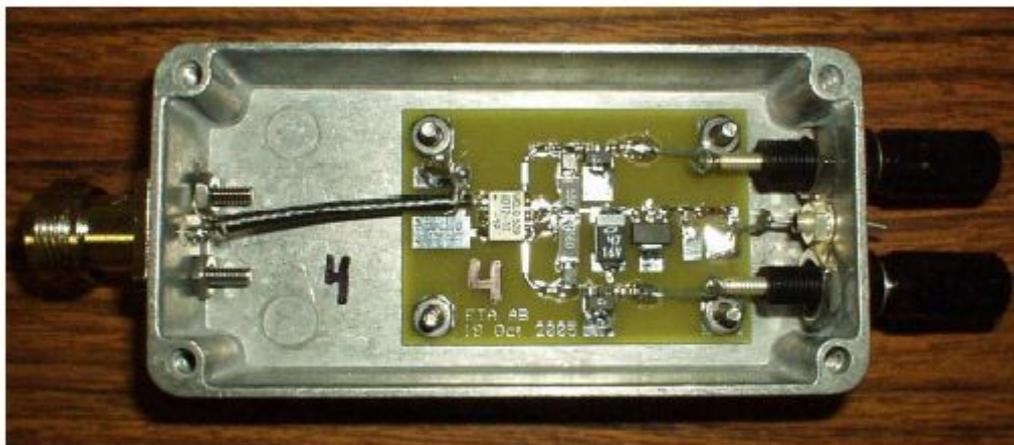


FIG. 5.26 – PRÉ-AMPLIFICADOR MOSTRANDO AS CONECÇÕES DA ANTENA DIPOLO À DIREITA E DO CABO COAXIAL 50 OHMS À ESQUERDA.

Fonte: Ellingson et al., 2007.

Relatório Final de Atividades, 2008

Conforme dados do autor do trabalho *LOFAR antenna development and initial observations of solar bursts* [11], o circuito da Fig. 5.25 apresenta um alto custo e um elevado consumo de energia. Para a utilização em sistemas similares ao LOFAR, o qual possui aproximadamente vinte e cinco mil antenas dipolo, é interessante encontrar uma solução mais barata e com um menor consumo de energia.

Um possível circuito de baixo custo e consumo reduzido de energia que poderia ser usado para realizar o casamento de impedâncias de antenas dipolos similares à usada no sistema LOFAR é apresentado na Fig. 5.27. Cada braço da antena seria conectado à entrada de um circuito como o ilustrado na Fig. 5.27. A saída dos dois circuitos deixaria de possuir o resistor de 400 Ohms e seria conectada a um transformador de RF de banda larga com razão de 16:1. O transformador serviria para realizar a transferência entre circuito balanceado e circuito não balanceado, além de adequar a impedância aos 50 Ohms do cabo coaxial de saída.

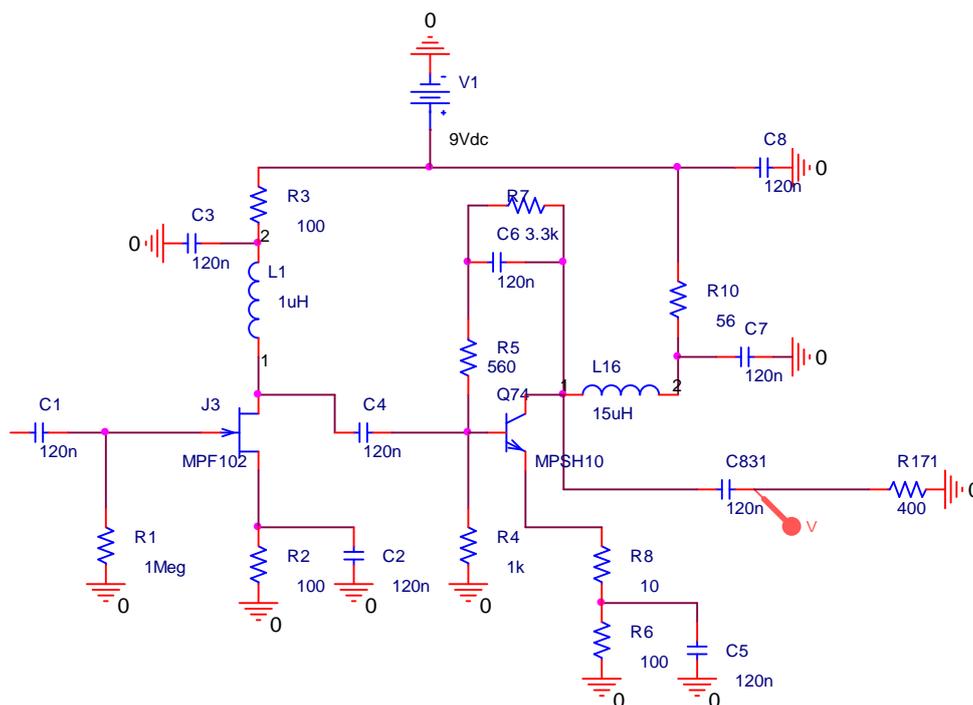


FIG. 5.27 – SUGESTÃO DE PRÉ-AMPLIFICADOR DESENVOLVIDO NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT, PELO ALUNO BOLSISTA, PARA SER CONECTADO DIRETAMENTE À CADA ELEMENTO DA ANTENA DIPOLO, COM A FINALIDADE DE COMPENSAR A VARIAÇÃO DE IMPEDÂNCIAS.

Relatório Final de Atividades, 2008

Resultados de simulações do circuito da Fig. 5.27 usando o software Orcad são apresentados nas Fig. 5.28 e 5.29. A Fig. 5.28 mostra que o circuito da Fig. 5.27, a princípio, seria capaz de reproduzir na saída, com pequeno ganho, a tensão disponível na entrada para a faixa de 10-90 MHz. A corrente drenada da entrada seria pequena quando comparada a corrente fornecida na saída para a faixa de frequência de interesse, conforme pode ser observado na Fig. 5.29. Para comprovar os resultados obtidos na simulação é preciso montar e testar este circuito.

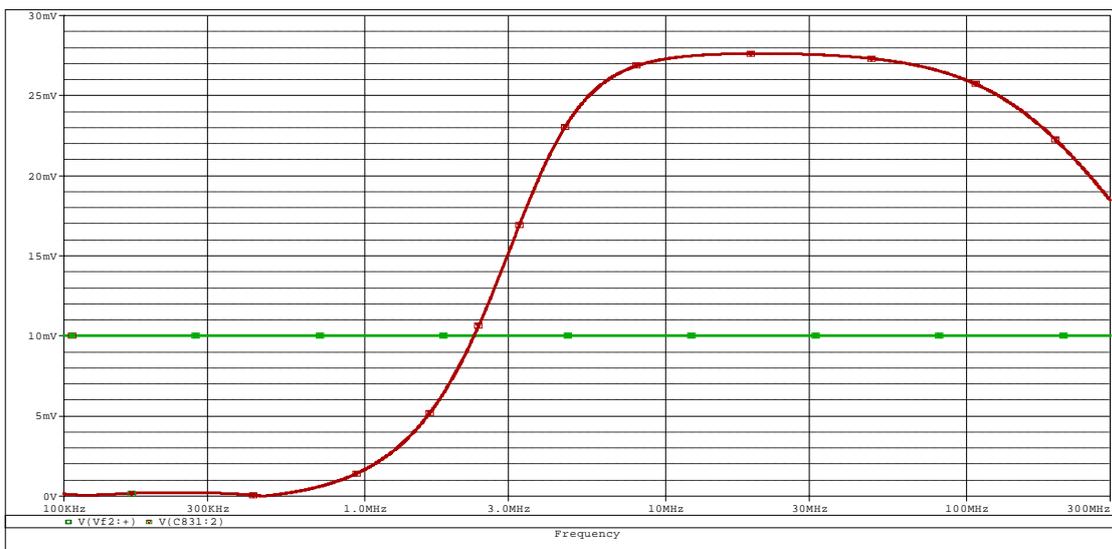


FIG. 5.28 – TENSÕES DE ENTRADA/SAÍDA DO CIRCUITO DA FIG. 5.27 PARA CASAMENTO DE IMPEDÂNCIA PARA ANTENA PROTÓTIPO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR.

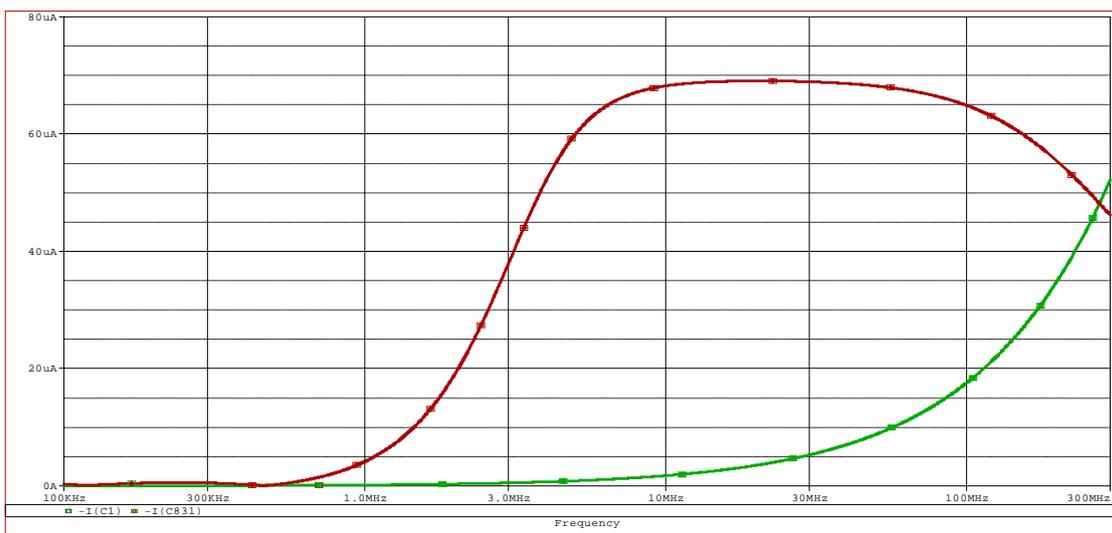


FIG. 5.29 – CORRENTES DE ENTRADA/SAÍDA DO CIRCUITO DA FIG. 5.27 PARA CASAMENTO DE IMPEDÂNCIA PARA ANTENA PROTÓTIPO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR.

Relatório Final de Atividades, 2008

Seria possível projetar outros tipos de antenas para trabalhar em uma faixa de frequências, tais como antenas log periódicas, que possuíssem uma impedância de saída constante ao longo da faixa, facilitando o casamento de impedância. Porém, antenas dipolo eletricamente curtas, apresentam um diagrama de irradiação mais uniforme e abrangente ao longo da faixa de frequências. Essa característica é importante para sistemas similares ao LOFAR, facilitando o processamento dos dados.

O formato do diagrama de irradiação para o campo elétrico desejado para sistemas similares ao LOFAR é apresentado na Fig. 5.30.

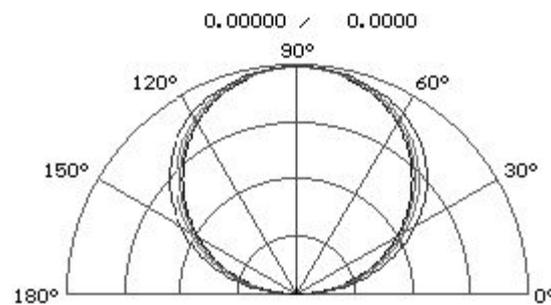


FIG. 5.30 – PLANO E, ESCALA LINEAR.

Fonte: Tan et al., 2000.

Simulações da antena dipolo da Fig. 5.23 são apresentadas nas Fig. 5.31, 5.32 e 5.33, respectivamente, para as frequências de 10 MHz, 45 MHz e 90 MHz. É possível observar na Fig. 5.31, que para a frequência de 10 MHz, o diagrama de irradiação da antena dipolo da Fig. 5.23 apresenta um comportamento de acordo com o desejado (Fig. 5.30). As Fig. 5.32 e 5.33 mostram que a medida que a frequência aumenta a qualidade do diagrama irradiação da antena dipolo diminui.

Relatório Final de Atividades, 2008

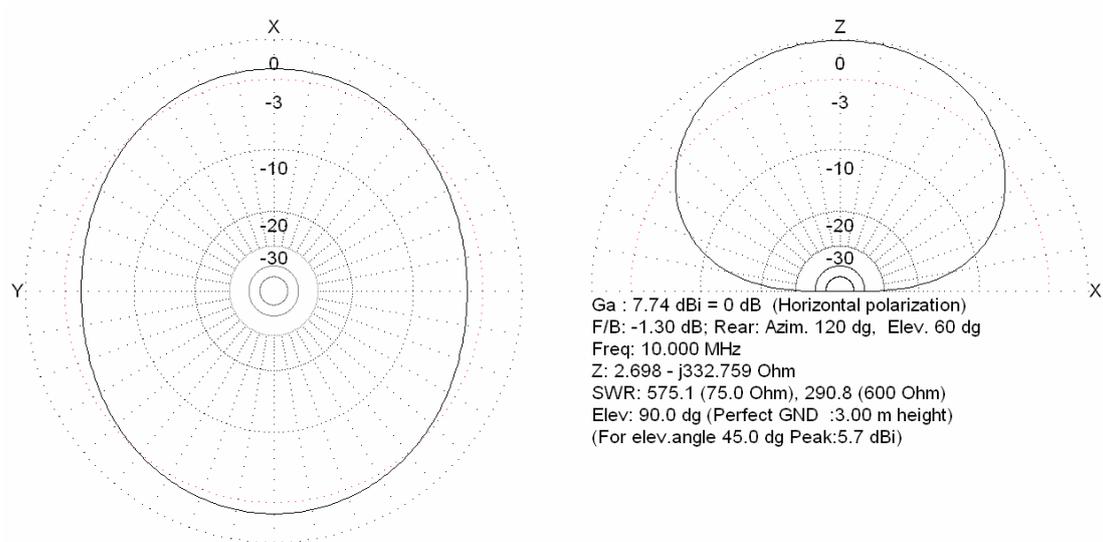


FIG. 5.31 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 10 MHZ.

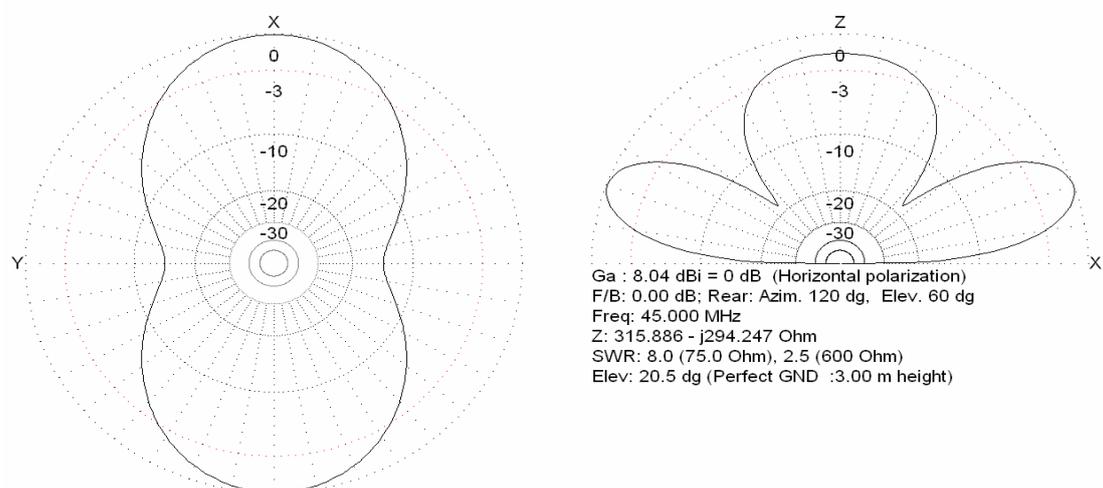


FIG. 5.32 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 45 MHZ.

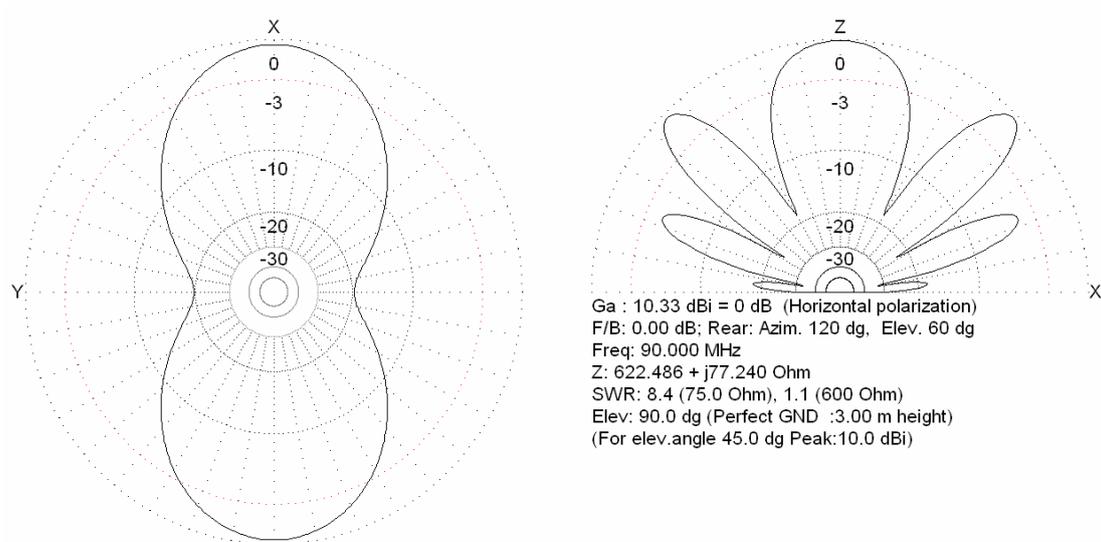
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 5.33 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO BIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 90 MHZ.

As Fig. 5.34, 5.35 e 5.36 apresentam uma visualização em três dimensões dos diagramas de irradiação apresentados, respectivamente, nas Fig. 5.31, 5.32 e 5.33. Pode-se observar que para a frequência de 10 MHz (Fig. 5.34) o comportamento do feixe da antena dipolo é mais uniforme para todas as direções. A medida que a frequência aumenta nas Fig. 5.35 e 5.36, o feixe da antena dipolo começa a perder uniformidade.

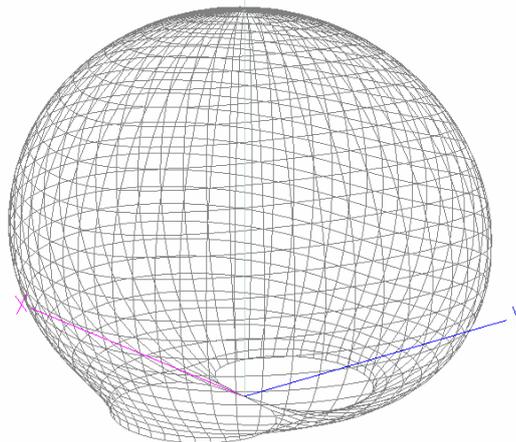


FIG. 5.34 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 10 MHZ.

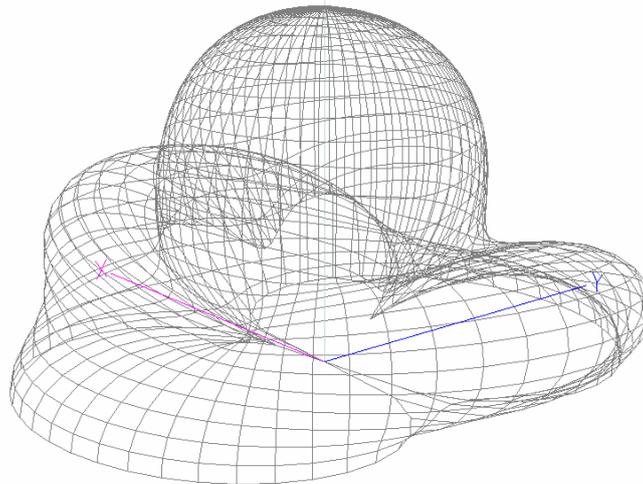


FIG. 5.35 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 45 MHZ.

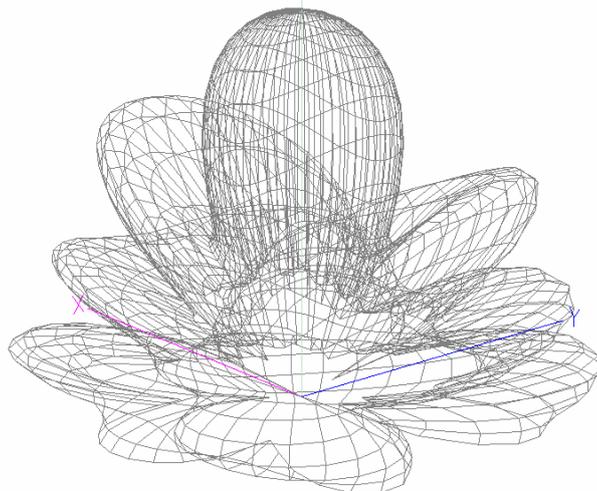


FIG. 5.36 – DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ANTENA DIPOLO SIMILAR À DO SISTEMA LOFAR PARA A FREQUÊNCIA DE 90 MHZ.



PARTE II

ATIVIDADES TÉCNICAS CIENTÍFICAS DESENVOLVIDAS NO PROJETO PELO BOLSISTA SUBSTITUTO

GUILHERME SIMON DA ROSA

INTRODUÇÃO

Esta parte do trabalho contempla as atividades desenvolvidas pelo bolsista Guilherme Simon da Rosa. No Capítulo 1 iniciamos com uma revisão bibliográfica e a discussão teórica básica sobre radiotelescópios, em especial os digitais como o LOFAR. É abordada a metodologia de funcionamento destes dispositivos e suas grandes vantagens em relação aos telescópios convencionais. São feitas alusões à localização geográfica das Estações LOFAR, os subsistemas e as principais aplicações deste novo conceito de radiotelescópio, bem como seu estágio atual de desenvolvimento e suas extensões internacionais. No Capítulo 2 a ênfase é na metodologia para aquisição de dados espectrais, descrevendo os procedimentos para a aquisição de radio sinais através de um *Spectrum Analyzer*, e as noções fundamentais sobre o funcionamento deste equipamento. Os aprimoramentos implementados nos programas de controle computacional, desenvolvido inicialmente pelo ex-bolsista Cleomar Pereira da Silva, são contemplados. Especificações para ampliar a banda de monitoramento do nível de rádio interferência, então entre 20 – 240 MHz, são propostas ao longo do capítulo. No terceiro Capítulo são propostas as diretrizes e especificações para ampliar a banda de monitoramento do nível de rádio interferência na faixa de frequências de 0,1 – 10 MHz. No Capítulo 4 são apresentadas as atividades desenvolvidas pelo bolsista durante o período de Agosto de 2007 a Julho de 2008. E finalmente no Capítulo 5 apresentamos as conclusões obtidas a partir das atividades realizadas.

CAPÍTULO 1

SISTEMA LOFAR - *LOW FREQUENCY ARRAY*

1.1 Introdução

Neste Capítulo são abordadas as atividades realizadas pelo bolsista Guilherme Simon da Rosa, no período que assumiu o Projeto. É feita uma breve revisão, baseada nos estudos realizada pelo bolsista nos princípios de funcionamento dos radiotelescópios, que observam fenômenos cósmicos, em especial ao Sistema LOFAR - *Low Frequency Array*, um radiotelescópio digital composto de milhares de antenas dipolos que simulam um telescópio físico de até 350 km de diâmetro. A qualidade do sítio do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, é estudada, isto é, o nível de ruído de rádio sinais presentes no Espectro Eletromagnético ao longo da faixa analisada, mostrando o potencial do OES para instalação de estações de radiotelescópios digitais similares as do LOFAR.

1.2 Os Radiotelescópios

Um radiotelescópio é um equipamento capaz de monitorar as ondas de rádio emitidas por fontes provenientes do espaço, normalmente através de uma ou conjunto de antenas parabólicas de grandes dimensões, em contraste aos telescópios comuns, que produzem imagens através da luz visível.

Muitos dos corpos celestes, entre eles os pulsars, galáxias ativas e quasars, produzem radiação em radiofrequência e são, portanto, observáveis na região do Espectro Eletromagnético. A pesquisa e os esforços para detectar estes sinais, com comprimentos de onda que vai de 10 centímetros até vários quilômetros, vêm aumentando.

O radiotelescópio consiste basicamente em uma antena, ou mesmo um grupo delas, podendo ser em forma de disco parabólico, que reflete as ondas de rádio captadas

Relatório Final de Atividades, 2008

para um receptor no centro do disco. O mais famoso radiotelescópio, bem como o maior já construído, é o do Observatório de Arecibo, em Porto Rico.

O radiotelescópio de Arecibo, mostrado na Fig. 1.1, é uma antena parabólica com 305 metros de diâmetro. O tamanho gigantesco torna as buscas mais sensíveis e permite que os astrônomos descubram radio fontes cósmicas ainda não detectadas, com intensidade muito tênue para serem avistados com telescópios menores. Entretanto, também tem suas desvantagens: a antena é muito grande para ser orientada em diversas posições e deve permanecer fixa sobre o solo. É neste ponto, sobretudo, que os radiotelescópios digitais, como o LOFAR, mostram-se mais notáveis, pois usando um conjunto, *array*, simples de antenas omnidirecionais, em vez de processos mecânicos dirigidos as antenas incomensuravelmente grandes, torna-se mais barato e permite simular grandes telescópios cada vez maiores, aumentando consideravelmente a sensibilidade das observações astronômicas em radiofrequência.



FIG. 1.1 – RADIOTELESCÓPIO DE ARECIBO, EM PORTO RICO

Fonte: <http://www.geocities.com/ebrdl/arecibo.jpg>

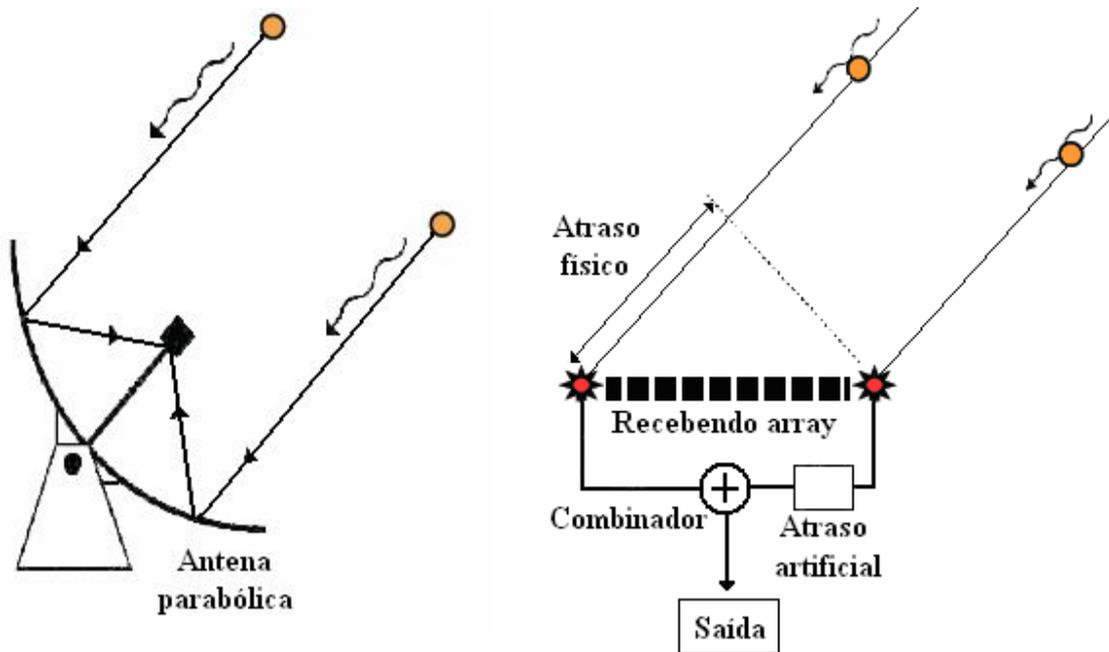


FIG. 1.2 – RADIOTELESCÓPIO CONVENCIONAL (E) E SISTEMA DE DEFASAGEM USADO NO LOFAR (D)

Fonte: Adaptado de <http://www.lesia.obspm.fr/plasma/LOFAR2006/Falcke.pdf>

1.3 Sistema LOFAR

O LOFAR, acrônimo para *LOW Frequency ARray*, é um inovador e ambicioso projeto que aumenta a sensibilidade para observações astronômicas em radiofrequências abaixo 250 MHz. LOFAR é um telescópio digital, que usa um conjunto de antenas omnidirecionais, ver Fig. 1.3.1, cujos sinais, depois de digitalizados, são transportados para um processador central, e combinados em software para emular uma antena convencional. A missão do LOFAR é realizar levantamentos sobre o Universo a partir de frequências de 10 – 240 MHz (o que corresponde a comprimentos de onda de 1,5 - 30 m).



FIG. 1.3.1 – REPRESENTAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO LOFAR

Fonte: <http://www.astron.nl/p/lofarframe.htm>

Apesar de bastante simples, as antenas do *Low Frequency Array* são muitas: 25000 no projeto pleno do LOFAR. As antenas ficarão dispostas ao longo de estações espalhadas numa área de 350 km de diâmetro. Visto que o custo deste sistema tende a se tornar mais barato com o tempo, permitirá que grandes telescópios cada vez mais sejam construídos, aumentando, dessa forma, a captação de radio imagens do céu com suficiente nitidez para pesquisas astronômicas.

O sistema LOFAR será uma vasta rede de sensores com ampla aplicação em estudos de astronomia, geofísica e agricultura de precisão. A infra-estrutura do LOFAR íntegro irá consistir de uma coleção de setenta e sete campos sensor (também designado por "estações"). Trinta e dois sensores campos serão concentrados em uma área central, os outros serão distribuídos por uma área maior, como mostra a Fig.1.3.1. A estação central do LOFAR fica em Exloo, contudo, o processamento de todos os dados adquiridos pelas estações é feito na Universidade de Groningen, também nos Países Baixos.



FIG. 1.3.1 – DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES LOFAR

Fonte: <http://www.lesia.obspm.fr/plasma/LOFAR2006/LOFAR-Falcke.pdf>

1.3.1 Metodologia do LOFAR

O Low Frequency ARray, foi idealizado pelo ASTRON, instituto holandês de Organização de Investigação Científica, que teve a primeira estação LOFAR, em funcionamento no Exloo, no nordeste da Holanda desde 2006. Novas parcerias com muitos países europeus vêm tornando o LOFAR um projeto internacional. Uma evidência disto foi a conclusão da estação LOFAR de Effelsberg, na Alemanha, em novembro de 2007, marcando o início oficial das observações sistemáticas. O projeto também prevê pelo menos uma estação na Grã-Bretanha e na França, e possivelmente em outros países europeus como a Polónia, a Suécia e a Ucrânia, nos próximos anos.

Relatório Final de Atividades, 2008

Os procedimentos para aquisição de ondas de rádio cósmicas são diferenciados para cada faixa de frequências. Para baixas frequências entre 20 MHz e 80 MHz (comprimentos de onda de vários metros), a visualização da direção e do campo de visão da estação LOFAR é eletronicamente direcionada quando se combina sinais das 96 antenas de uma única estação com as demais.

LOFAR tem antenas operando em frequências entre 120 MHz e 240 MHz. O tratamento dos dados é feito por um supercomputador Blue Gene / L, situado na Universidade de Groningen, nos Países Baixos. Esta central de processamento recebe todos os sinais digitais em conjunto, permitindo observar simultaneamente várias direções no céu, ao realizando diversas análises ao mesmo tempo; aumentando a produtividade dos instrumentos.

A direção de observação é controlada eletronicamente via atrasos de fases entre as antenas. O LOFAR pode observar em várias direções simultaneamente, o que permite uma operação multiusuário. Essa técnica é a chamada Matriz Faseada (*Phased Array*), e esta adaptação para a radioastronomia rendeu prêmios Nobel de Física para Martin Ryle e Antony Hewish. Neste método, um grupo de antenas operando sob diferentes fases capta os sinais observados de tal forma que seus ruídos variam e o diagrama de radiação padrão do conjunto é reforçado na direção desejada, minimizando os sinais nas direções dos lóbulos secundários indesejáveis.

Os subsistemas principais que constituem o LOFAR são:

- Campos de Sensores: compostos pelo campo central chamado de compacto e por campos menores que se encontram distribuídos e são chamados de estações remotas.
- Ampla estrutura de rede, para transmissão de dados e controle.
- Sistema de processamento central.
- Programas do sistema, incluindo controle e a interface com o usuário.

1.3.1.1 Campos de Sensores

Os campos de sensores nas Estações Remotas e no Núcleo Compacto, da fase inicial do LOFAR, serão equipados com 100 antenas de banda baixa, 100 antenas de

Relatório Final de Atividades, 2008

banda alta, 13 geofones, 3 microbarômetros e outros sistemas auxiliares para monitoramento meteorológico e posicionamento por GPS.

Basicamente os sensores do LOFAR são antenas de Banda Baixa, otimizadas para o intervalo de 30-80 MHz, e Antenas de Banda Alta, operando entre 120 - 240 MHz, além de sensores geofísicos.

A antena de banda baixa, Fig. 1.3.1.1.1, terá um forte corte de filtro acima 80MHz. A supressão abaixo dos 30MHz corresponde ao ambiente. A antena apenas suprimirá as frequências necessárias para manter a linearidade ao longo de toda a faixa utilizada. O receptor terá um filtro separado para frequências abaixo de 30 MHz, o qual permitirá observações em 80% do período noturno.



FIG. 1.3.1.1.1 – ANTENAS DE BANDA BAIXA OPERANDO EM UMA ESTAÇÃO LOFAR

Fonte: <http://www.lofar.org/ph/gallery/LBA5.jpg>

A antena de banda alta, Fig. 2.3.1.1.2, suprimirá as faixas FM nos amplificadores de ambas as antenas para minimizar os produtos de intermodulação dos transmissores FM.

Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 1.3.1.1.2 – ANTENAS DE BANDA ALTA USADAS LOFAR

Fonte: http://www.lofar.org/ph/gallery/HBA%20%20stuks_1.jpg

Dois tipos de sensores geofísicos são utilizados: o geofone e o micro barômetro. Os geofones, Fig. 1.3.1.1.3, serão colocados 10 metros abaixo da superfície para obter informações sobre o nível de água do solo.



FIG. 1.3.1.1.3 – GEOFONE USADO NO LOFAR

Fonte: <http://www.lofar.org/ph/gallery/geofoon1.jpg>

Os microbarômetros do KNMI (*Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut*), Fig. 1.3.1.1.4, são utilizados. Estes são alojados em tubos de 0,5 m de diâmetro e colocados logo abaixo da superfície, com seis tubos conectados a reprimir local ruído.



FIG. 1.3.1.1.4 – MICROBAROMETRO KNMI

Fonte: <http://www.lofar.org/ph/gallery/Geosensor2.jpg>

1.3.1.2 Estrutura de rede

O amplo sistema de transporte de dados nos sistemas do LOFAR será fundamentado na comunicação digital via fibra óptica. O método através do qual os dados serão codificados e transmitidos é uma função da taxa de dados a ser apoiada, a distância ao longo do qual os dados estão a ser transportados, bem como a natureza da infra-estrutura de fibras.

A estrutura da rede esta sendo implementada por meio da tecnologia 10 Gigabit Ethernet (10GbE), uma ótima alternativa para transmissões em distâncias de até 40 km.

1.3.1.2 Sistema de Processamento Central

O processador central do LOFAR combina e processa os sinais oriundos dos campos de sensores. O Sistema é um supercomputador especialmente projetado para suportar uma alta taxa de processamento de dados de forma robusta e eficiente.

Relatório Final de Atividades, 2008

Fisicamente, a estrutura de análise dos radio sinais fica situada na Universidade de Groningen. Esta central de processamento recebe todos os sinais digitais através do sistema de rede do LOFAR, que se comunicam com cada antena do Campo de Sensores.

A seção de entrada do processador central é dimensionada para 32 estações do núcleo central (CS-01) e 50 estações remotas operando simultaneamente. No núcleo do processador central tem-se o último supercomputador da IBM, o sistema Blue Gene/L “Stella”, ou BG/L.

O BG/L, é o coração do LOFAR, porem, também trabalha cercado por um conjunto de PCs auxiliares. O seu poder computacional é de 27 teraflops, ou seja, 27 trilhão de operações de ponto flutuante por segundo, e sua memória de 1 petabyte, quantidades necessárias para “digerir” a enorme taxa de transferência de dados, cerca de 500 Gbits / segundo, providas de centenas de estações distribuídas.

Para as aplicações na astronomia foram privilegiadas as execuções das seguintes tarefas:

- Síntese de imagens;
- Detecção de transitórios.
- Armazenamento em *buffer* por 1 segundo dos sinais de toda a faixa da antena e detecção limitada ao nível da estação.

1.3.2 Método de processamento de dados do LOFAR

O modelo de processamento do LOFAR produz grandes fluxos de dados, especialmente na aplicação a astronômica. Por exemplo, em apenas um mês de observações gera-se cerca de um PetaByte de dados. Qualquer sistemática para armazenar todos estes imensos volumes de dados, em longo prazo, torna-se extremamente cara. Portanto, no LOFAR adotou-se um modelo de transformação para os dados brutos das observações. Desta forma, apenas os dados finais produzidos são armazenados.

O arquivamento é, em princípio, da responsabilidade Centro de Pesquisas que monitora um conjunto de estações. O tratamento dos dados colhidos pode ter lugar tanto no processador central ou local com os utilizadores (em particular em Centros de Pesquisas), visto que estas aplicações ainda não foram completamente definidas.

Relatório Final de Atividades, 2008

Nos primeiros anos de operação todos os dados e análises serão altamente interativos entre si, exigindo uma intensiva análise sobre os dados produzidos.

O planejamento global de hardware é tal que os algoritmos e os softwares são prototipados e testados o mais cedo possível, em Estações de Testes, usando dados representativos. Esse procedimento traz muita agilidade, bem como confiança na plena administração segura dos dados e sua transmissão e armazenamento.

1.3.3 Aplicação na Radioastronomia

Um dos mais estimulantes aplicações de LOFAR será a busca do desvio para o vermelho (do inglês *redshifted*) 21 centímetros a partir da linha de emissão da Época da Reionização (ER).

Será visada a investigação de Rádio galáxias distantes, pois detectar objetos antes da ER seria particularmente importante. Importantes restrições sobre como e quando enormes buracos negros são formados, mas este também permitirá o estudo detalhado dos redshifts.

O estudo destas galáxias distantes irá fornecer informações sobre a formação de galáxias maciças e as relações entre atividade nuclear e de formação estelar.

1.3.4 Aplicação na Geofísica

No campo da Geofísica, deverá ser possível, por exemplo, ampliar a compreensão da sismicidade natural e induzida, e a gestão dos recursos hídricos. A avançada estrutura de redes de fibras ópticas irá transmitir os dados das medições geológicas de forma a permitir uma análise instantânea.

As aplicações sísmicas baseiam-se no arquivamento de dados de vibrações sísmicas naturais ou induzidas, associadas a sensores de vibração da rede LOFAR.

Isso irá significar a utilização de grupos de multi-componente de sensores que irá acompanhar permanentemente a atividade sísmica em vários locais, com interesse especial nas áreas sujeitas a recente atividade sísmica.

Relatório Final de Atividades, 2008

Paralelo à instalação de antenas nos campos LOFAR, sensores sísmicos serão colocados sobre esses domínios. Estes sensores serão principalmente utilizados para a gravação da sismicidade natural e de acompanhamento das funções da resposta sísmica dos receptores.

O acompanhamento geofísico exige uma densa amostragem espacial nos campos do LOFAR. Portanto 2 conjuntos com cerca de 4 quilômetros de comprimento são idealizados com sensores sísmicos colocados a cada 25 metros, ao longo de uma área de observação.

A gestão de dados é focada no armazenamento contínuo de todos os dados (com baixas perdas de compactação das informações).

Além disso, usando conjuntos de infra-som é possível detectar todos os tipos de processos que geram essas ondas, como explosões nucleares, erupções vulcão, etcétera.

Ao vincular um sistema de GPS nas estações do LOFAR, a combinação de observações GPS resulta num grande detalhamento da subsidência, movimento da superfície da Terra para baixo, regional e local, como é vista na Fig. 1.3.4.1.

Quando ocorre subsidência nas proximidades de campos de gás, pode ser possível, a partir dos sensores integrados ao Low Frequency Array, avaliar a relação com sismicidade induzida.

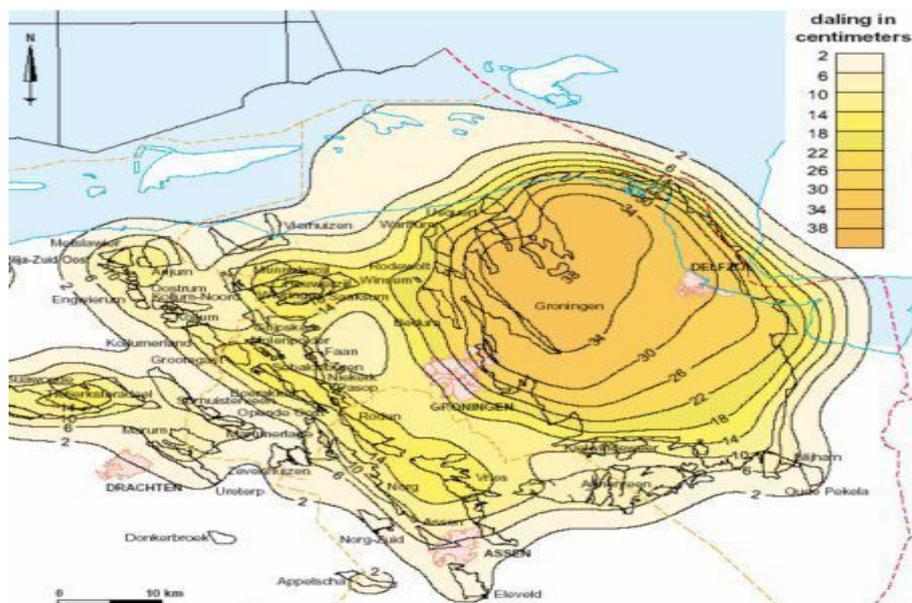


FIG. 1.3.4.1 – SUBSIDÊNCIA NO NORTE DA HOLANDA

Fonte: <http://www.lofar.org/img/Website-FigSubsidenceFull.jpg>

Relatório Final de Atividades, 2008

Os links de sensores do LOFAR permitem monitorar o nível das águas subterrânea, em tempo real, bem como a temperatura e pressão.

1.3.5 Aplicação na Agricultura

O LOFAR_Agro irá fazer uso da vasta infra-estrutura do LOFAR, para, inicialmente, monitoramentos micro-climáticas nas culturas de batata.. Esta informação será usada para melhorar o aconselhamento sobre a forma de combater phytophthora, doença fúngica dos tubérculos, que pode entrar num campo através de uma variedade de fontes, dentro de uma cultura.

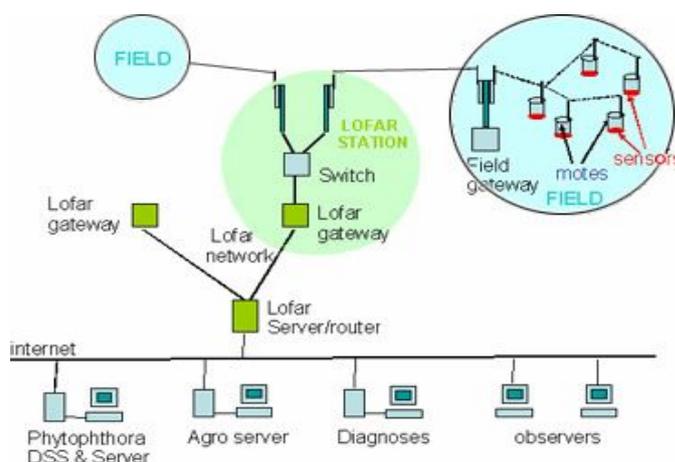


FIG. 1.3.5.1 – FUNGO DA PHYTOPHTORA, QUE PODERÁ SER SENSORIADO FEITO PELO LOFAR_AGRO

Fonte: Adaptado de <http://www.lesia.obspm.fr/plasma/LOFAR2006/Falcke.pdf>

Cerca de uma centena de irá formar uma rede dentro de um campo. Esses sensores intercambiam informações uns aos outros, o que acabará por ser reunidos em uma cobrança de um ponto conhecido como Campo-Portal da extremidade de um campo. As informações a partir de uma estação meteorológica local serão adicionadas ao fluxo de dados.

Os sensores sem fio são capazes de determinar as suas posições relativas dentro do campo, de modo a que seja conhecida automaticamente para a qual parte da área em estudo o micro-clima é aplicável.

Relatório Final de Atividades, 2008FIG. 1.3.5.2 – METODOLOGIA DO SENSORIAMENTO FEITO PELO *LOFAR_AGRO*Fonte: <http://www.lofar.org/img/agriculture2.jpg>

1.3.6 Estágio Atual de Desenvolvimento do LOFAR

Os financiamentos concedidos pelo governo holandês à realização do LOFAR, como uma ampla Rede Sensor de astronomia, geofísica e agricultura de precisão, é limitado. Desta forma, o *Low Frequency Array* será realizado em várias fases.

A Fase 1 é suficiente em termos de performance para demonstrar as ambições do Low frequency array como rádio telescópio. Esta etapa consiste geograficamente de um Núcleo Compacto e 45 Estações Remotas. Cada Estação Remota será equipada com 100 antenas de banda alta, 100 antenas de banda baixa, 13 geofones, um a três microbarômetros (para infradeteção) e vários sistemas auxiliares.

Na estação central, com 2 km de diâmetro, haverá 32 subestações, mostradas na Fig. 3.3.6.

A distância máxima entre estações da Fase 1 é de aproximadamente 100 quilômetros. As estações são orientadas de forma a que futuras extensões para Bremen e Limburgo adicionem expressivamente a qualidade da amostragem espacial para aplicações na astronomia.

Ainda na astronomia, as antenas de baixa serão otimizadas para frequências na faixa de 30-80 MHz. As antenas de Banda Alta visarão os intervalos de 120-240 MHz.

Relatório Final de Atividades, 2008

A banda FM é suprimida na antena LNAs e no receptor para ambas as antenas, minimizando a intermodulação provenientes de transmissores FM.

As Estações Remotas serão conectados através da tecnologia 10 GbE com a Central de Processamento.

Para a aplicação astronômica, no entanto, o desempenho do LOFAR não será pleno, especialmente por faltar resolução global e sensibilidade nas observações. Para a aplicação astronomia, haverá um total de 3200 antenas de banda alta e 3200 antenas de banda baixa, no projeto integro de todas as fases do LOFAR.

O projeto desta fase, que já esta operando desde setembro de 2006 (CS-01 ou Core Station 1) visou uma significativa redução dos custos tanto na aquisição e desenvolvimento.

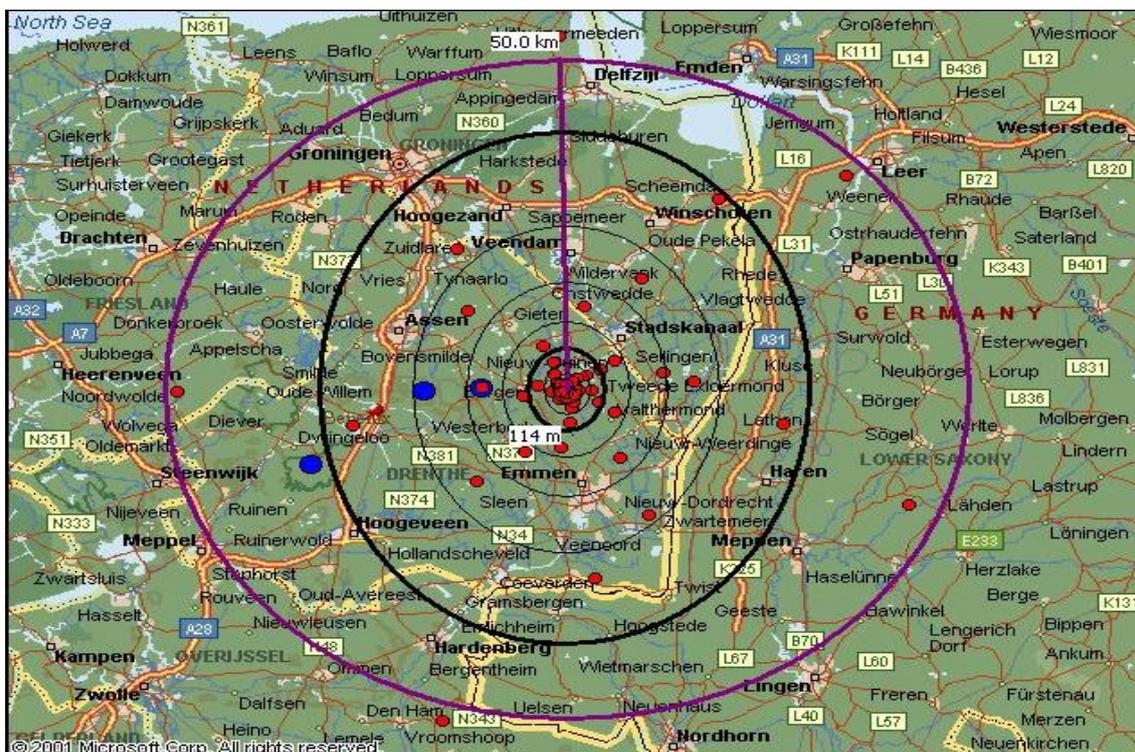


FIG. 1.3.6.1 – EM VERMELHO, NO MAPA, A DISPOSIÇÃO DAS PRIMEIRAS 32 ESTAÇÕES DA FASE 1 DO LOFAR

Fonte: <http://www.lofar.org/PDF/LOFAR-P1-Baseline2.0.pdf>

Futuras extensões serão virão principalmente com a adição de Estações Remotas, aumentando significativamente a atual resolução do LOFAR.

Relatório Final de Atividades, 2008

Para a aplicação da geofísica a configuração da Fase 1 oferece uma cobertura suficiente das províncias do Norte da Holanda. No futuro, a adição de Estações Remotas na área de Limburg Noord-Brabant seria muito interessante, visto que a região está inteiramente em consonância com a base necessária para a aplicação astronômica.

Para a agricultura aplicação da cobertura em Drenthe oferece oportunidades suficientes para a investigação.

1.3.6.1 German LOFAR

A primeira estação internacional LOFAR foi concluída na área do radio observatório de Effelsberg, em novembro de 2007, próximo ao imenso radiotelescópio parabólico do Instituto Max Planck, em Bonn, na Alemanha.

A estação LOFAR IS-DE1, integrou-se à Estação Holandesa CS-01 com a instalação de cabos de fibras ópticas entre o observatório em Effelsberg e o Instituto, em Bonn, e pela ligação à rede alemã de alta velocidade para transferir os dados para o supercomputador LOFAR (IBM BlueGene / L), na Universidade de Groningen.

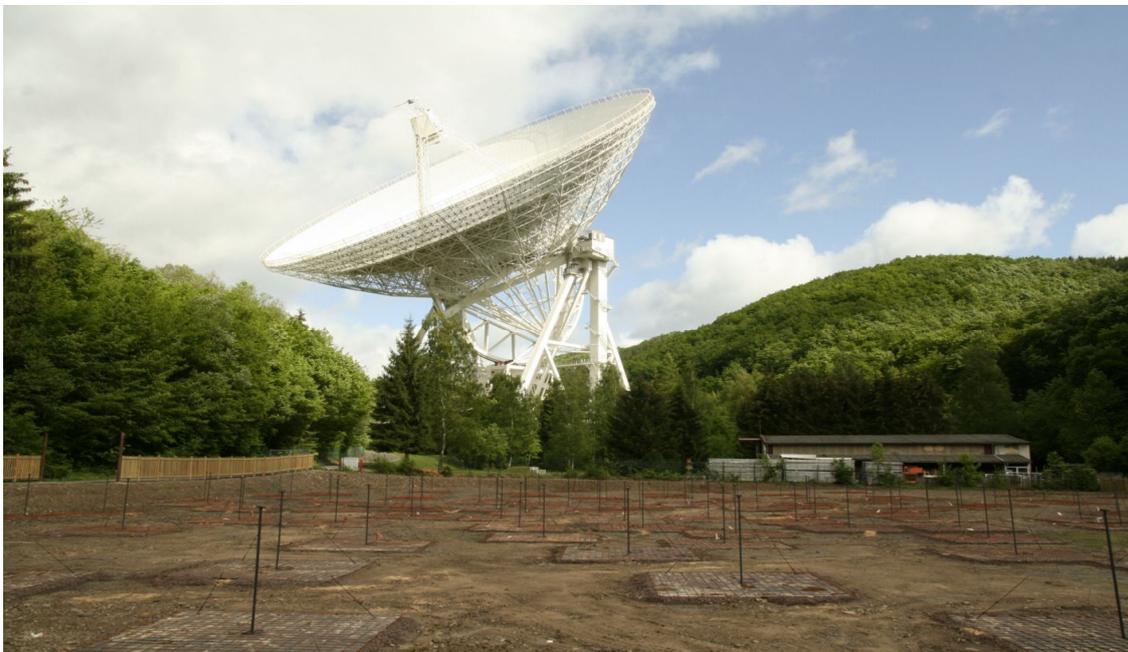


FIG. 1.3.6.1.1 – ESTAÇÃO *LOFAR (IS-DE1)* EM EFFELSBERG, NA ALEMANHA, É VISTA NO PRIMEIRO PLANO. AO FUNDO O GIGANTESCO RADIOTELESCÓPIO *EFFELSBERG100-M*

Fonte: <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/public/pr/eff+lofar.120507.jpg>

Relatório Final de Atividades, 2008

Discussões para criação de mais estações LOFAR na Alemanha são planejadas com várias agências de financiamento do país. Um plano para um total de doze LOFAR estações em Observatórios na Alemanha já eram cogitadas em setembro de 2005.



FIG. 1.3.6.1.2 – LOCALIZAÇÕES DAS OITO ESTAÇÕES LOFAR PREVISTAS NA ALEMANHA (DESTAQUE ALARANJADO) E DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DO NÚCLEO DO LOFAR (CS-01), NA HOLANDA (DESTAQUE AZUL).

Fonte: <http://www.lofar.org/ph/news/stations.d.verynew.jpg>

Combinar estas estações em grandes distâncias com aqueles nos Países Baixos irá aumentar a resolução espacial de LOFAR imagens por um fator de 10. Isto é especialmente importante no caso de estudos detalhados de galáxias, e outros relacionados à astronomia.

1.3.6.2 LOIS

LOIS, acrônimo recursivo *para LOFAR Outrigger in Scandinavia*, é uma extensão escandinávia do LOFAR, atualmente em construção no noroeste da Europa.

O projeto nasceu, em 2000, quando físicos espaciais suecos, com experiência em projetos semelhantes, criaram o LOFAR Outrigger in Scandinavia.

Na seqüência de um ano do uso do sistema em campos de ensaio e calibração uma unidade do LOIS foi instalada, na estação de testes em Växjö, Suécia, em outono de 2004. A estação opera continuamente desde então.

Felizmente, o sistema "sobreviveu" ao devastador furacão que atingiu a região em 8 de janeiro de 2005. Os dados científicos da estação de testes foram coletados desde dezembro de 2004 e atualmente estão sendo analisados.



FIG. 1.3.6.2.1 – INFRAESTRUTURA DO LOFAR, LOCALIZADA NA HOLANDA E NOROESTE DA ALEMANHA, E A REPRESENTAÇÃO DAS 32 ESTAÇÕES DO LOIS, SITUADAS NO SUL DA SUÉCIA, CENTRADAS NA UNIVERSIDADE DE VÄXJÖ

Fonte: <http://www.lois-space.net/Publications/brochure.pdf> CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DE AQUISIÇÃO DE DADOS ESPECTRAIS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL

2.1 Introdução

Neste Capítulo são descritos os procedimentos para a aquisição de radio sinais através de um *Spectrum Analyzer*, com noções fundamentais sobre o funcionamento da interface de controle GPIB, além de descrições sobre os aprimoramentos implementados no software de controle computacional do rastreamento espectral no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

2.2 Equipamentos empregados

Para efetuar as aquisições do radio ruído no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, a fim de verificar a qualidade do Sítio, foram seguidos os procedimentos pré-existentes deste projeto, com algumas alterações. Dentre os equipamentos empregados nesta etapa do Projeto, destacam-se os seguintes:

- 2.2.1. **Analizador de Espectro;**
- 2.2.2. **Antena nonopolo;**
- 2.2.3. **Microcomputador PC;**
- 2.2.4. **Barramento GPIB.**

Para realizar a implementação dos programas de aquisição de dados e o controle computacional, os aplicativos que seguem foram utilizados:

- 2.2.5. **SciTE;**
 - 2.2.6. **GNU Compiler Collection;**
 - 2.2.7. **Mozilla Firefox;**
 - 2.2.8. **UltraVNC;**
 - 2.2.9. **MATLAB ®.**
-

2.2.1 Analisador de Espectro

Para captar a radio interferência na faixa de 10 – 240 MHz foi empregado um Analisador de Espectro, modelo *Tektronix 2754p*, do Laboratório de Radiofrequência e Comunicações do CRS/CIE/INPE – MCT.

Este equipamento foi controlado computacionalmente via barramento GPIB. Nele é ligada uma antena monopolo, otimizada para a faixa de frequências de operação.



FIG. 2.2.1 – SPECTRUM ANALYZER TEKTRONIX 2754P

Fonte: Adaptado de <http://techrecovery.com/objects/catalog/product/image/img3982.jpg>

2.2.2 Antena monopolo

Uma antena vertical (ou monopolo), modelo *Diamond Antenna D-130*, do LRC/CRS/CIE/INPE – MCT foi empregada para captar os sinais da radiação omnidirecional para o Analisador de Espectro. A faixa de operação desta antena é de 25 – 1300 MHz.



FIG. 2.2.1 – ANTENA OMNIDIRECIONAL D-130

Fonte: Adaptado de http://www.scanact.net/images/discone_full.jpg

2.2.3 Microcomputador PC

Um microcomputador PC, *Intel Pentium II*, foi responsável pela execução e pela plataforma de desenvolvimento da interfase lógica que controla a aquisição de dados espectrais.

2.2.4 Barramento GPIB

A interfase entre o *Spectrum Analyzer* e o controle computacional foi feita usando barramento GPIB, padrão IEEE-488.2. Através deste elo são feitas as transmissões dos dados digitais tratados pelo Analisador de Espectro para o computador.

O IEEE 488, conhecido por *General Purpose Interface Bus* (GPIB), descreve um padrão de interface de comunicação entre instrumentos e controladores de diferentes fabricantes. O mesmo contém informação acerca de especificações elétricas, mecânicas e de funcionamento da interface. O barramento GPIB é uma interface de comunicação digital paralelo de 8 bits, com taxas de transferência de 1 Mbyte/s ou superior e utiliza um *handshake* de 3 linhas. O bus suporta um controlador de sistema, geralmente o computador, e até 14 dispositivos adicionais. O padrão AINSI/IEEE 488.2-1992 é uma extensão do IEEE 488.1, através da implementação de um protocolo de comunicação com o bus, um conjunto comum de codificação de dados e formatos, bem como um

Relatório Final de Atividades, 2008

conjunto genérico de comandos comuns para os dispositivos (*common device commands*).

Na metodologia aplicada, uma placa controladora de GPIB (fig. 2.2.4 E) foi ligada no barramento ISA do PC. Para fazer o link entre o microcomputador e o *Spectrum Analyzer* é usado um barramento paralelo, o cabo GPIB da fig. 2.2.4 D.

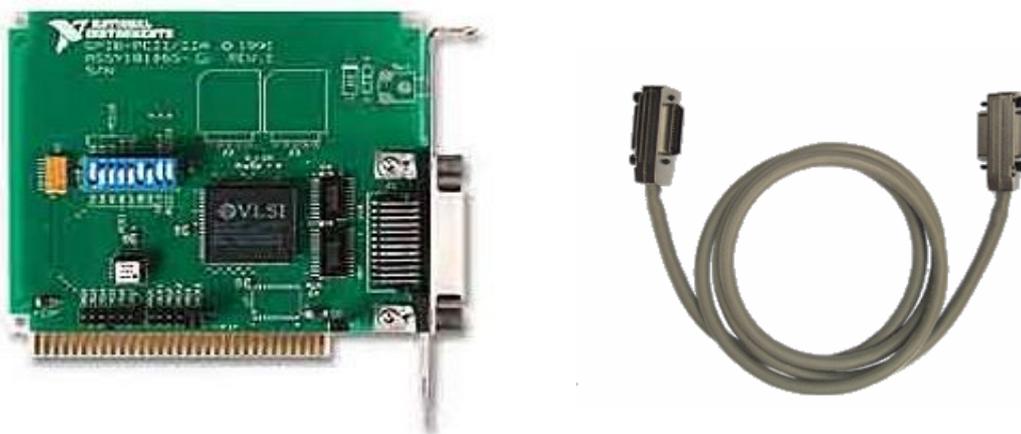


FIG. 2.2.4 – PLACA DE GPIB 488.2 SOQUETE ISA (E) E CABO DE GPIB (D)

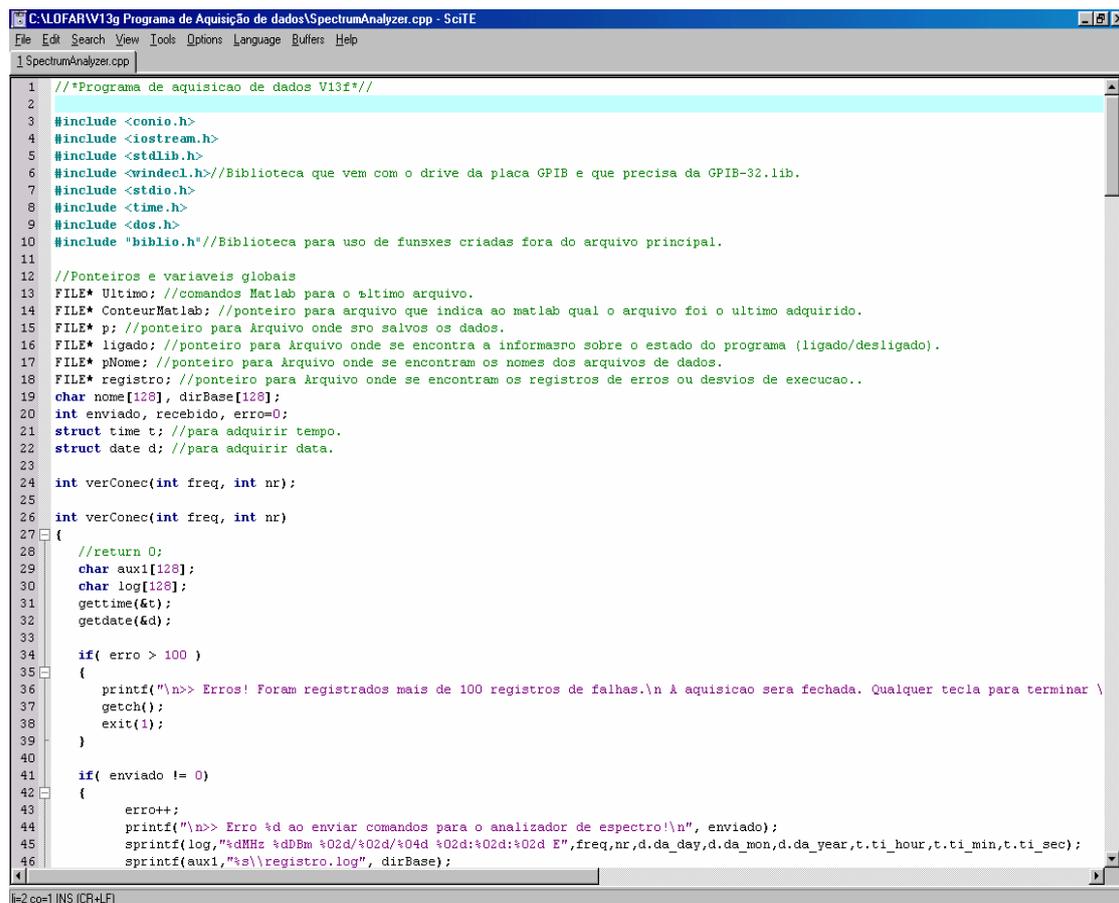
Fonte: http://www.juwoojin.net/01_product/upload/1gpib771a11_1.jpg (E) e

[http://www.quancom.de/qprod01/deu/files/Foto.gpib_k2.gif/\\$FILE/gpib_k2.gif](http://www.quancom.de/qprod01/deu/files/Foto.gpib_k2.gif/$FILE/gpib_k2.gif) (D)

2.2.5 SciTE

O *SCIntilla based Text Editor (SciTE)* foi o principal ambiente de desenvolvimento empregado durante a elaboração dos software e rotinas computacionais. Este simples editor, além de ser software livre, apresenta diversas facilidades, como marcação de sintaxe e a integração com compiladores, neste caso, com o *GCC*.

A versão 1.73 do editor foi mais empregada durante os desenvolvimentos.

Relatório Final de Atividades, 2008

```
1  /**Programa de aquisicao de dados V13f**/
2
3  #include <conio.h>
4  #include <iostream.h>
5  #include <stdlib.h>
6  #include <windef.h>//Biblioteca que vem com o drive da placa GPIB e que precisa da GPIB-32.lib.
7  #include <stdio.h>
8  #include <time.h>
9  #include <dos.h>
10 #include "biblio.h"//Biblioteca para uso de funcoes criadas fora do arquivo principal.
11
12 //Ponteiros e variaveis globais
13 FILE* Ultimo; //comandos Matlab para o ultimo arquivo.
14 FILE* ConteurMatlab; //ponteiro para arquivo que indica ao matlab qual o arquivo foi o ultimo adquirido.
15 FILE* p; //ponteiro para Arquivo onde sro salvos os dados.
16 FILE* ligado; //ponteiro para Arquivo onde se encontra a informasno sobre o estado do programa (ligado/desligado).
17 FILE* pNome; //ponteiro para Arquivo onde se encontram os nomes dos arquivos de dados.
18 FILE* registro; //ponteiro para Arquivo onde se encontram os registros de erros ou desvios de execucao..
19 char nome[128], dirBase[128];
20 int enviado, recebido, erro=0;
21 struct time t; //para adquirir tempo.
22 struct date d; //para adquirir data.
23
24 int verConec(int freq, int nr);
25
26 int verConec(int freq, int nr)
27 {
28     //return 0;
29     char aux1[128];
30     char log[128];
31     gettime(&t);
32     getdate(&d);
33
34     if( erro > 100 )
35     {
36         printf("\n>> Erros! Foram registrados mais de 100 registros de falhas.\n A aquisicao sera fechada. Qualquer tecla para terminar \
37         getch();
38         exit(1);
39     }
40
41     if( enviado != 0)
42     {
43         erro++;
44         printf("\n>> Erro %d ao enviar comandos para o analisador de espectro!\n", enviado);
45         sprintf(log,"%dMHz %dBm %02d/%02d/%04d %02d:%02d:%02d E",freq,nr,d.da_day,d.da_mon,d.da_year,t.ti_hour,t.ti_min,t.ti_sec);
46         sprintf(aux1,"%s\\registro.log", dirBase);
```

FIG. 2.2.5 – EDITOR SCITE 1.73, EDITANDO O CÓDIGO FONTE DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DO *SPECTRUM ANALYZER*

2.2.6 GNU Compiler Collection

A *GNU Compiler Collection* (chamado usualmente por GCC) é um conjunto de compiladores de linguagens de programação produzido pelo projeto GNU. É software livre distribuído pela *Free Software Foundation* (FSF) sob os termos da GNU GPL.

A versão 3.4.2 do compilador foi dirigida para a criação dos executáveis programados no *SciTE*, usado a linguagem C.

2.2.7 Mozilla Firefox

O *Mozilla Firefox* é um navegador livre e multi-plataforma desenvolvido pela *Mozilla Foundation*. O *Firefox* tem o motor de renderização de *layout* Gecko, que também é “*software open source*”.

No Projeto, o *Mozilla Firefox 3 BETA 5* foi essencial para renderizar imagens vetoriais baseadas em XML (ver Fig. 2.2.7.1), como o padrão SVG empregado em um modelo de banco de dados espectrais desenvolvido.

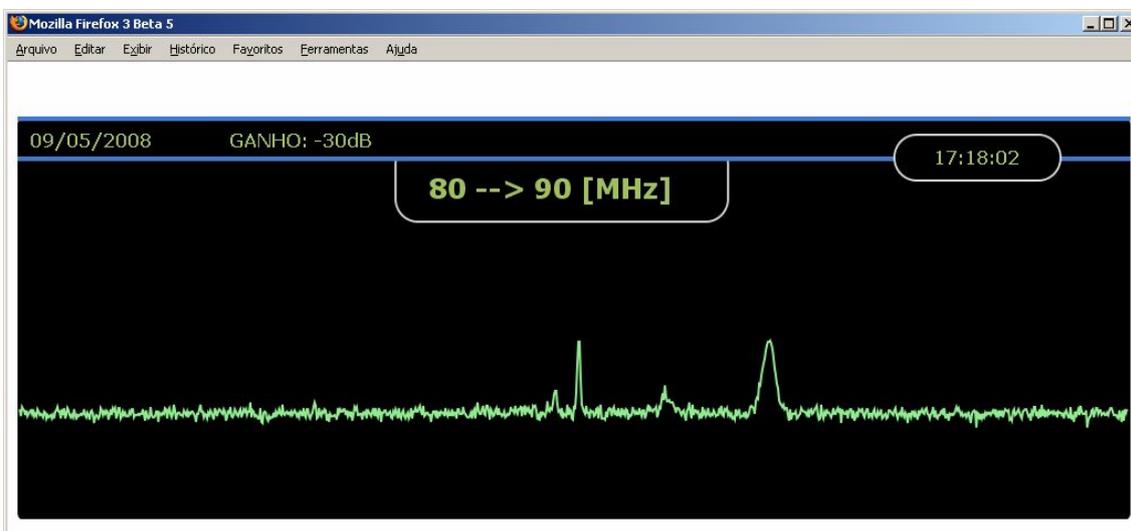


Fig. 2.2.7.1 – *Mozilla Firefox 3 BETA* desenhando uma imagem SVG da frequência de 80 – 90 MHz

2.2.8 UltraVNC

Para efetuar uma conexão remota com um computador no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, foi utilizado o software UltraVNC (por vezes escrito Ultr@VNC). O UltraVNC é um programa de fonte aberta, isto é, *open source*, e está inteiramente coberto pelo GNU GPL. A versão do programa empregada foi a 1.0.1.

O Ultr@VNC utiliza o protocolo VNC para controlar remotamente outro computador, utilizando *plugins* de criptografia para garantir que a conexão

Relatório Final de Atividades, 2008

cliente-servidor seja segura. Também suporta transferência de arquivos, e diversas funcionalidades e métodos de autenticação.

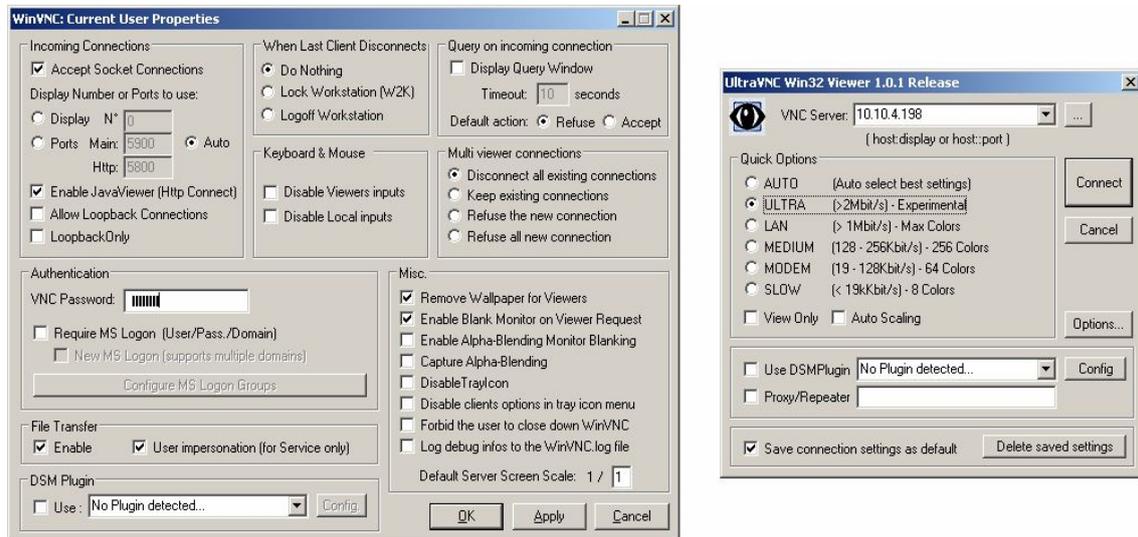


FIG. 2.2.8.1 – ULTRAVNC SERVER (E) E ULTRAVNC VIEWER (D), USADOS, RESPECTIVAMENTE, NO COMPUTADOR DE AQUISIÇÃO NO OES, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, E NO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES, NO CRS/CIE/INPE – MCT, EM SANTA MARIA, RS

2.2.9 MATLAB

O *MATLAB* (*MATrix LABoratory*) é um programa interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. Por integrar análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente de fácil operação, o *MATLAB 6.1* foi empregado na parte de análise deste Projeto, onde os radio sinais captados são examinados na sua representação gráfica.

O *MATLAB* é programas proprietário, e seu registro pertence à empresa *MathWorks*.

2.2.10 Atomic Clock Sync

O *Atomic Clock Sync* é um programa que permite sincronizar o relógio de um computador, via internet, com um relógio atômico operacional no *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, nos Estados Unidos.

Esse programa é propriedade da empresa, *Chaos Software Group, Inc.*

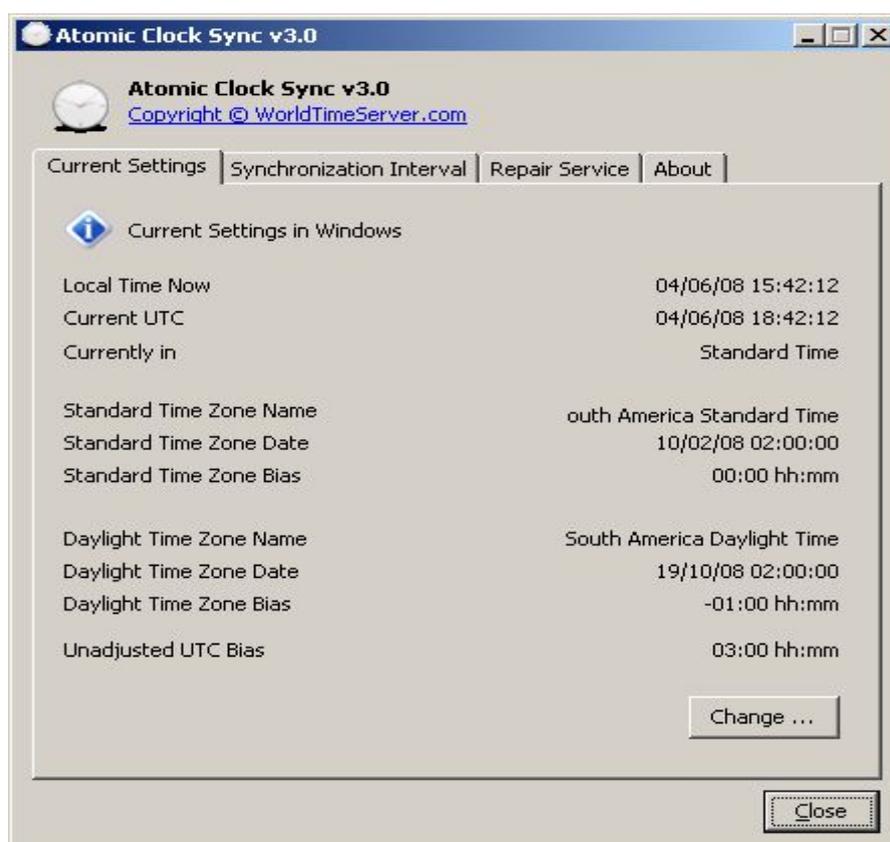


FIG. 2.2.10.1 – *ATOMIC CLOCK SYNC* FAZENDO O SINCRONISMO NO COMPUTADOR DE AQUISIÇÃO

2.3 Metodologia para obtenção de dados espectrais

Seguindo as premissas do modelo pré-existente para este projeto, o sistema de aquisição de dados, bem como a análise dos rádio sinais captados, sofreu algumas alterações. Contudo, muitas partes foram apenas mantidas ou atualizadas para os novos moldes implementados.

Relatório Final de Atividades, 2008

As rotinas implementadas contemplam as seguintes diretrizes:

- 2.3.1 Sistema de aquisição;**
- 2.3.2 Sistema de validação;**
- 2.3.3 Sistema de estocagem;**
 - 2.3.3.1 Estocagem plana;**
 - 2.3.3.2 Estocagem vetorial;**
 - 2.3.3.3 Compressão de dados.**
- 2.3.4 Sistema de comparação instantânea;**
- 2.3.5 Sistema de sincronismo;**
- 2.3.6 Sistema de aquisição remota.**

2.3.1 Sistema de aquisição

O programa para a aquisição dos dados provenientes do Analisador de Espectro foi implementado na linguagem de programação estruturada C, através do ambiente de desenvolvimento do *SciTE* e compilada com o *GCC*.

A metodologia de aquisição é baseada na comunicação de dados entre o Analisador de Espectro e um computador. Este link foi feito, fisicamente, através de um barramento GPIB, que interliga o microcomputador ao Analisador de Espectro.

As rotinas implementadas controlam diretamente os comandos GPIB enviados para o Analisador de Espectro. Dentre as rotinas que o Analisador de Espectro suporta, foram empregados, essencialmente, os descritos na Tabela 2.3.1.

Tabela 2.3.1 - Sub-rotinas GPIB

Sub-rotina	Função
AllSpoll	Busca todos os dispositivos paralelos
PPoll	Busca paralela
ReadStatusByte	Busca um único dispositivo
Receive	Lê dados de dispositivo GPIB
ResetSys	Ativa o dispositivo GPIB

Relatório Final de Atividades, 2008

Send	Envia dados para um dispositivo
TestSRQ	Determina status da linha SRQ

Estas sub-rotinas não estão abrangidas pelo padrão IEEE-488. Contudo, elas podem ser chamadas a partir de um programa escrito numa linguagem de alto nível, neste caso, C. A sub-rotina *Send* foi usada para enviar comandos primários para o Analisador de Espectro. Entre eles, destacam-se:

- SPAN – MHz por divisão
- REFLVL – Nível de Referência
- RES – Resolução
- FREQ – Define a frequência central
- curve? – Solicita dados

Por exemplo, o comando de linguagem C:

```
Send(0, 15, "SPAN 1MHZ;REFLVL -60 DBM;RES 100kHz", 35, NLen);
```

Este comando faz o computador, utilizando a interfase GPIB 0, enviar os 35 caracteres de informação, entre aspas, para o Analisador de Espectro, que está no endereço 15. Dessa forma, o Analisador de Espectro tem suas configurações ajustadas para 1 MHz por divisão, com nível de referência -60 dBm e uma resolução de 100 kHz.

O argumento *ONLen* indica o fim da transmissão através do envio da mensagem EOI depois do ultimo byte de dados.

Já, o seguinte comando:

```
Send(0, 15, "FREQ 85MHZ; curve?" , 18, NLen);
```

Este comando faz o computador, novamente utilizando a interfase GPIB 0, enviar os 18 caracteres para o Analisador de Espectro. O comando definido entre aspas permite ajustar a frequência central para 85 MHz. O comando posterior, separado

Relatório Final de Atividades, 2008

por ponto-e-vírgula, *curve?*, solicita que o Analisador de Espectro envie os dados correspondentes a banda de frequência atual.

Feita a requerimento dos valores é necessário que o Analisador de Espectro assuma a função de locutor, e envie os dados ao computador. A seguinte função em linguagem C realiza este procedimento:

Receive(0, 15, &buffer[0], 2000, STOPend);

Neste caso, os dados podem conter no máximo 2000 caracteres. Recebidos, serão gravados na variável *array buffer*, a partir da posição inicial [0]. O argumento *STOPend* indica o fim da transmissão de dados com o envio do sinal de EOI.

Desta forma, através das três funções descritas acima, é possível enviar especificações de atenuação e resolução, definir uma frequência central, e receber os sinais digitais referentes a potencia do Espectro Eletromagnético nesta faixa. No exemplo, o *array buffer* conteria a amplitude dos radio sinais entre as frequências de 80 MHz e 90 MHz. Em posse destes dados, sua estocagem fica bastante simples. Portanto, depois de captados os dados provenientes do Analisador de Espectro vão compor um banco de dados de radio interferências.

Ainda no programa de aquisição, antes de serem enviados as funções para requerimento de dados, ou qualquer configuração ser repassada ao Analisador de Espectro, as seguintes funções são chamadas para inicializar a placa GPIB:

EnableRemote(0, addresslist);

ResetSys(0, addresslist);

A função *EnableRemote* habilita a programação remota da interfase GPIB 0 e *ResetSys* inicializa a porta GPIB. Em ambos os casos, *addresslist* é uma variável *array* que contém informações sobre o endereço da GPIB do Analisador de Espectro.

Após inicializar e receber respostas de verificação, algumas rotinas de validação ainda são executadas, como descrito na seção 2.3.2.

Relatório Final de Atividades, 2008

A partir de um laço de repetições é possível operar ciclicamente, enviando e recebendo informações para o Analisador de Espectro, bem como estocando estes dados, de tal sorte a varrer todo o espectro de frequências pretendido. O sistema de aquisição opera segundo as limitações do Analisador de Espectro e potência da antena, mas convencionou-se monitorar frequências de 10 MHz até 240 MHz, a faixa abrangida do Sistema LOFAR. Contudo, seguindo as premissas propostas anteriormente, é possível operar em frequências de até 1,3 GHz, não sendo necessárias alterações significativas nos softwares de aquisição.

A partir dos procedimentos empregados, o sistema de aquisição recebe 1000 valores de potencia para cada faixa de 10 MHz.

2.3.2 Sistema de validação

Uma das rotinas do *programa* de aquisição de dados contempla a validação das informações adquiridas. Este procedimento é feito de tal forma a verificar a conectividade entre o computador e o Analisador de Espectro, isto é, se houveram problemas no envio ou recebimento de informações.

A principal causa dos problemas - corrompimento de pacotes - é de natureza física, ou seja, são causados por falhas de equipamento. Desta forma, para evitar a perda de informação, foi empregada uma compensação lógica, feita sob a forma de software, para corrigir eventuais anomalias na transmissão.

Caso seja detectada a ausência do link, o software tenta repetir as transferências com falhas, gravando em um registro o instante e as circunstâncias (frequência, atenuação, entrada ou saída) da ocorrência da falha. Permitindo, dessa forma, uma investigação posterior sobre as causas das falhas, e buscando formas de contornar futuras anomalias inerentes de previsão, como por exemplo, o mau contato entre o barramento e a placa GBIB.

2.3.3 Sistema de estocagem

Relatório Final de Atividades, 2008

Após serem adquiridas e receberem tratamentos de validação, as informações sobre a potência dos raios sinais de uma determinada faixa de frequências são gravadas na memória física. A mídia de estocagem foi o HD (Hard Disk) do computador utilizado. O disco possui 7,84 GB de capacidade, e usa o sistema de arquivos FAT32 (*File Allocation Table 32*).

Ao utilizar FAT32, sacrifica-se a segurança de arquivos grandes, que facilmente se fragmentam em movimentações. Porém, o desempenho fica privilegiado.

Portanto, como o FAT32 para aproximadamente 8 GB (tamanho do disco de armazenamento utilizado) usa cluster de 4 KB (ver Tabela 2.3.3), é conveniente gravar arquivos com tamanho em mídia múltiplo deste valor, visando o melhor aproveitamento do espaço. A partir disso, foram implementados dois tipos de estocagem dos arquivos:

2.3.3.1 Estocagem plana;**2.3.3.2 Estocagem vetorial.****Tabela 2.3.3 - Tamanhos de clusters para FAT-32**

Tamanho do Cluster	Capacidade Máxima de Armazenamento
512 bytes	512 bytes
4 KB	8 GB
8 KB	16 GB
16 KB	32 GB
32 KB	2 TB

2.3.3.1 Estocagem plana

Neste tipo de arquivamento os dados colhidos são estocados de forma plana, isto é, em um arquivo de texto puro, sem formatação de conteúdo. Por ser um formato simples, acaba sendo bastante compacto, demandado pouco espaço em disco.

Como um cluster do HD pode comportar no máximo um arquivo, isto é, mesmo que o tamanho real de um arquivo seja inferior aos 4 KB do cluster, todo o cluster será ocupado. Caso um o tamanho de um arquivo estoure o limite dos 4 KB, o sistema de

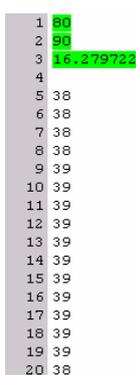
Relatório Final de Atividades, 2008

arquivos grava o excedente nos clusters posteriores, sendo que o tamanho físico de qualquer arquivo sempre será múltiplo de 4 KB, o tamanho do cluster.

A fim de customizar o tamanho dos arquivos, os dados espectrais, a partir do software de aquisição, foram gravados de forma binária. Na média, o tamanho real dos arquivos foi de 4024 bytes, aproximadamente 3,9 KB, não extrapolando, portanto, um cluster no armazenamento físico.

Apesar dos arquivos serem relativamente pequenos, eles são muitos. E a preocupação com o tamanho real e tamanho físico dos arquivos é necessária, pois se evita subutilizar grande parte da mídia de estocagem, devido a forma de organização lógica das informações feita pelo sistema de arquivos. Por exemplo, se o tamanho de um arquivo for 4097 bytes (4 KB + 1 byte), por exemplo, nos moldes implementados, ele ocuparia dois clusters da mídia física, um desperdício de praticamente 50% do tamanho demandado. E como um o número elevado de arquivos, o desperdício é mais evidente.

A forma de organização dos arquivos na estocagem plana é tal qual a mostrada na Fig. 2.3.3.1.1. As primeiras três linhas compõem o cabeçalho de cada arquivo, composto respectivamente pela frequência inicial, frequência final e o instante, em horas, da aquisição, em destaque na figura abaixo. Os valores seguintes, a partir da linha 5 na figura, são os valores de potencia para a frequência analisada.



1	80
2	90
3	16.279722
4	
5	38
6	38
7	38
8	38
9	39
10	39
11	39
12	39
13	39
14	39
15	39
16	39
17	39
18	39
19	39
20	38

FIG. 2.3.3.1.1 – ORGANIZAÇÃO DE UM ARQUIVO A PARTIR DA ESTOCAGEM PLANA PARA O INTERVALO DE FREQUÊNCIAS DE 80 – 90 MHZ

O nome dos arquivos segue a seguinte lógica de composição:



FIG. 2.3.3.1.2 – COMPOSIÇÃO DO NOME DE UM ARQUIVO DE DADOS

Por exemplo: **90_100_16042008161711.sad**. Neste arquivo foi salvo a potência do Espectro Eletromagnético na faixa de 90MHz a 100MHz, no dia 16 de abril (04) de 2008, as 16:17:11 horas.

Como pôde ser visto nas figuras 2.3.3.1.1 e 2.3.3.1.2, o intervalo de frequências abobado em cada arquivo é de 10MHz. Este valor foi definido no sistema de aquisição.

2.3.3.2 Estocagem vetorial

Uma outra forma de armazenar os dados dos radio ruídos coletados foi implementada empregando a linguagem de marcação XML (*eXtensible Markup Language*) na criação de um banco de dados.

O XML é considerado um bom formato para a criação de documentos com informações organizadas de forma hierárquica, como se vê frequentemente em documentos de texto formatados, imagens vetoriais ou bancos de dados. Além disso, XML é um formato aberto, mantido e padronizado pelo *World Wide Web Consortium* (W3C), grupo de empresas que desenvolve padrões da Internet.

Pela sua portabilidade, um banco de dados pode através de uma aplicação escrever em um arquivo XML, e um outro banco distinto pode, em paralelo, ler estes mesmos dados.

Tendo em mente que as informações colhidas são dados pontuais, isto é, a potência do Espectro Eletromagnético é função de uma dada frequência, a análise dessas informações é feita de forma inteiramente gráfica. Assim, usando as definições do padrão XML, foi empregado uma estocagem vetorial dos dados utilizando as definições do formato SVG.

Relatório Final de Atividades, 2008

O SVG (*Scalable Vectorial Graphics*) trata-se de uma linguagem XML para descrever de forma vetorial desenhos e gráficos bidimensionais. Uma das principais características dos gráficos vetoriais, é que não perdem qualidade ao serem ampliados.

Assim como o XML, o SVG é, também, um formato aberto, não havendo direitos de propriedade para nenhuma empresa.

A grande vantagem de usar SVG, é que além dele permitir que os dados sejam organizados em grupos, ele ainda é um gráfico (ver Fig. 2.3.3.2.1), dispensando, assim, tratamentos posteriores para compor uma imagem a partir de coordenadas pontuais.

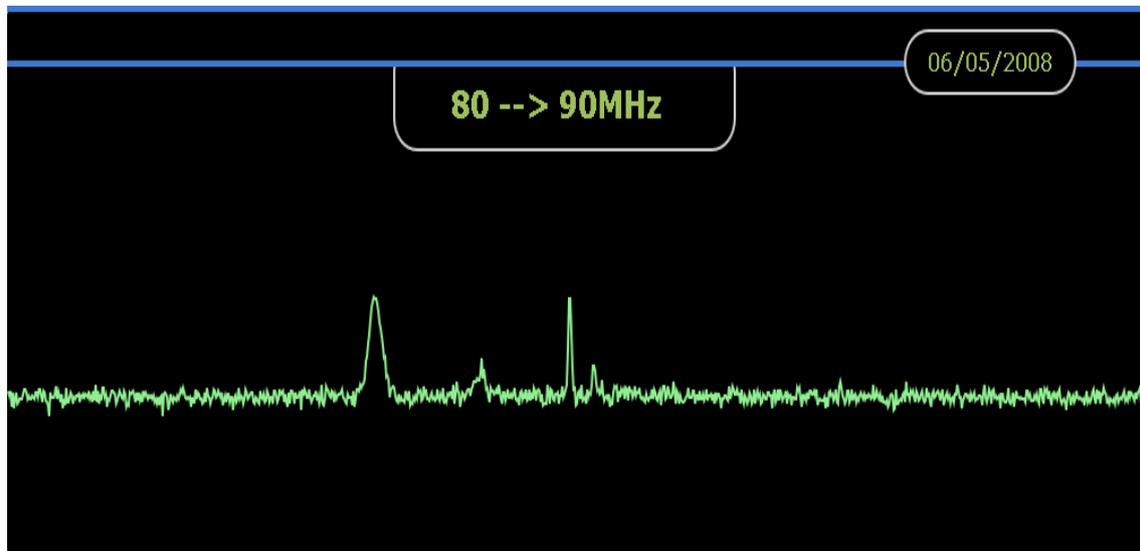


FIG. 2.3.3.2.1 – EXEMPLO DE IMAGEM SVG REPRESENTANDO A RÁDIO INTERFERÊNCIA NA FAIXA DE 80 – 90 MHZ

As principais partes da organização de cada arquivo são mostradas a Fig. 2.3.3.2.2.

Relatório Final de Atividades, 2008

```
1 <?xml version="1.0" standalone="no"?>
2 <!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 1.1//EN" "http://www.w3.org/Graphics/SVG/1.1/DTD/svg11.dtd">
3
4 <svg width="1013" height="400" version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
5   <rect x="10" y="50" width="1002" height="350" fill="rgb(0,0,0)" stroke="black" stroke-width="2" rx="5" />
6   <line x1="9" x2="1013" y1="50" y2="50" fill="rgb(0,0,0)" stroke="rgb(63,120,208)" stroke-width="4" />
7   <rect x="350" y="70" width="300" height="70" fill="rgb(0,0,0)" stroke="rgb(207,207,207)" stroke-width="2" rx="20" />
8   <line x1="9" x2="1013" y1="85" y2="85" fill="rgb(0,0,0)" stroke="rgb(63,120,208)" stroke-width="4" />
9   <rect x="800" y="64" width="150" height="40" fill="rgb(0,0,0)" stroke="rgb(207,207,207)" stroke-width="2" rx="20" />
10  <rect x="10" y="54" width="750" height="28" fill="rgb(0,0,0)" stroke="black" stroke-width="2" />
11  <text id="data" x="20" y="75" font-size="16" font-weight="bold" fill="rgb(159,191,96)" font-family="Verdana">
12    09/05/2008
13  </text>
14  <text id="ganho" x="200" y="75" font-size="16" font-weight="bold" fill="rgb(159,191,96)" font-family="Verdana">GANHO:
15    -30dB
16  </text>
17  <text id="freq" x="380" y="120" font-size="24" font-weight="bold" fill="rgb(159,191,96)" font-family="Verdana">
18    80 --> 90
19  [MHz]</text>
20  <text id="hora" x="835" y="90" font-size="16" font-weight="bold" fill="rgb(159,191,96)" font-family="Verdana">
21    17:18:02
22  </text>
23
24  <g transform="translate(10,360) scale(1, -1)">
25    <polyline id="pontos" points="
26      1 56
27      2 46
28      3 58
29      4 56
30      5 58
31    " style="fill:none;stroke:lightgreen;stroke-width:2"/>
32  </g>
33 </svg>
```

FIG. 2.3.3.2.2 – METODOLOGIA DE ORGANIZAÇÃO DE UM ARQUIVO SVG, USADO NA ESTOCAGEM VETORIAL DOS DADOS ESPECTRAIS COLHIDOS PELO SISTEMA DE AQUISIÇÃO

A marcação das definições SVG, a versão do padrão usado e as formatações da figura estão entre as linhas 1 e 10. Entre as linhas 11 e 13, está a *tag* (marcador da linguagem XML) identificada como *data* (*id='data'*), cujo conteúdo está na linha 12, em destaque. A *tag* das linhas 14 e 16 recebem o valor do ganho relativo (*id='ganho'*) dos sinais captados, cujo valor está na linha 15, destacado. Entre as linhas 17 e 19, identificada como *id='freq'*, está a marcação que recebe as frequências inicial e final, também em destaque, na linha 18. O instante da aquisição é gravado na linha 21, na *tag* com identificador *hora*. E finalmente, os valores da potência do Espectro Eletromagnético ficam no atributo *points*, da *tag* identificada como *pontos*.

Relatório Final de Atividades, 2008

O atributo *point* recebe um par de coordenadas, isto é, uma matriz gerada pelo sistema de aquisição.

Uma desvantagem imediata da estocagem vetorial em relação à plana é o fato dos arquivos de dados que são gerados pelo método vetorial serem maiores, ocuparem maior espaço em disco de armazenamento: cerca de 9,8 KB, em média. Contudo, existem situações onde este método pode ser vantajoso, como na análise instantânea e gráfica.

Como todos os arquivos criados pela estocagem vetorial possuem um cabeçalho de definições sobre o padrão empregado e estilos de renderização da figura, a compactação de um grupo destes arquivos apresenta um alto grau de compressão, visto existirem várias informações repetidas nestes arquivos.

2.3.3.3 Compressão de dados

Uma forma prática de guardar conjuntos de arquivos de dados é compactá-los. Na metodologia empregada, depois de estocados e analisados, os arquivos foram, muitas vezes, compactados, a fim de economizar espaço em mídia de armazenamento. Tantos os arquivos de texto puro, como as imagens vetoriais apresentam grande redução de tamanho físico após sofrerem compressão.

O programa *WinRAR* é usado para comprimir os dados de rádio sinais captados durante um dia completo. Por ser vastamente difundido e portátil, o algoritmo de compressão RAR foi empregado na etapa de compressão de dados.

2.3.4 Sistema de comparação instantânea

Foi implementado um item no sistema de aquisição que permite a comparação gráfica instantânea dos sinais de rádio recebidos com outros já estocados no HD.

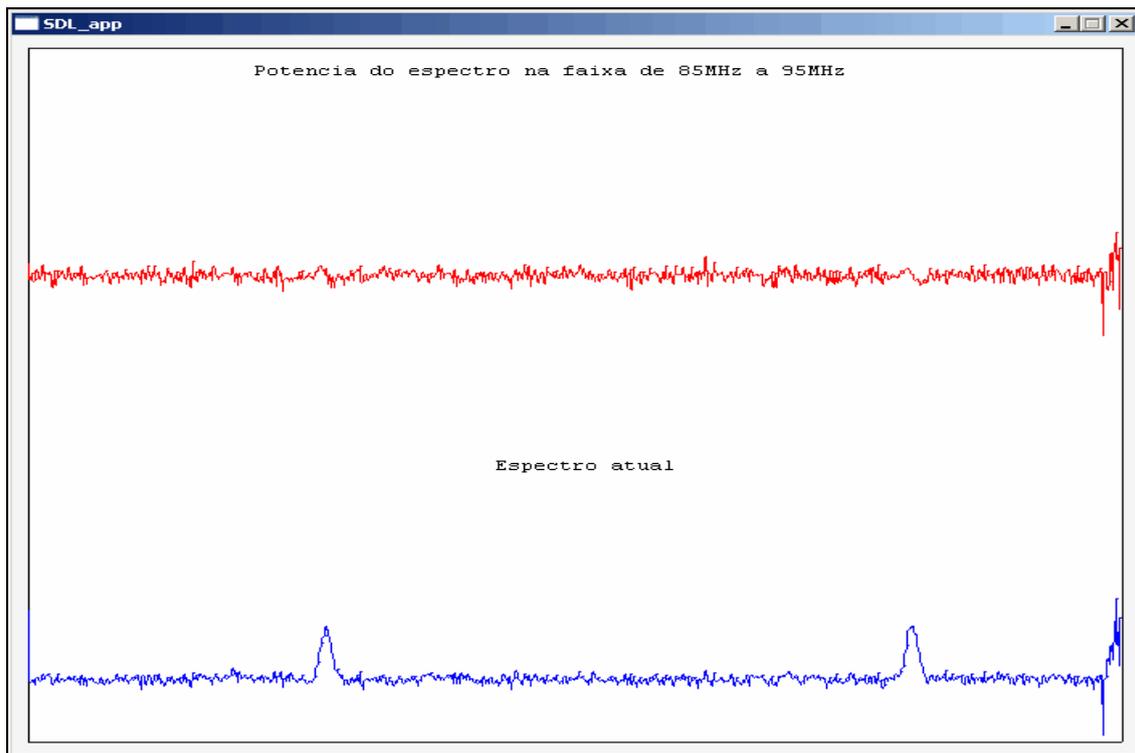
Relatório Final de Atividades, 2008

FIG. 2.3.4.1 – GRÁFICOS DO ESPECTRO RECEBIDO (AZUL) E A DIFERENÇA ENTRE A POTÊNCIA ATUAL E A POTÊNCIA COMPARADA (VERMELHO) PARA A FAIXA DE 85 MHZ A 95 MHZ

Como mostra a Fig. 2.3.4.1, com o sistema de comparação instantânea ativado, durante a coleta de dados espectrais é feita a diagramação imediata das informações coletadas (base da figura). É feita a comparação entre o espectro de potência atual e a potência prevista (topo da diagramação), ou seja, dos dados anteriores para a mesma faixa de frequência.

A diferença entre as potências comparadas, em tese, deveria ser nula para situações análogas, sem a ação de interferências ou anomalias. Porém, como se vê na figura anterior, sempre existe um ruído inerente da observação.

2.3.5 Sistema de sincronismo

Para realizar o sincronismo do horário do computador empregado na aquisição de dados espectrais, a fim de gravar, além das informações da potencia espectral, a hora exata em que foram colhidos os radio ruídos, é usado o software *Atomic Clock Sync*.

Relatório Final de Atividades, 2008

Este programa atualiza o tempo da máquina, através da internet, com o relógio atômico operacional no *NIST*.

2.3.6 Sistema de aquisição remota

Para fazer a aquisição remota de dados espectrais no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, foi empregado o protocolo de comunicação VNC (Virtual Network Computing). O programa *UltraVNC* faz o elo de conexão entre o Laboratório de Radiofrequência e Comunicações e o OES, como visto na Fig. 2.3.6.1.

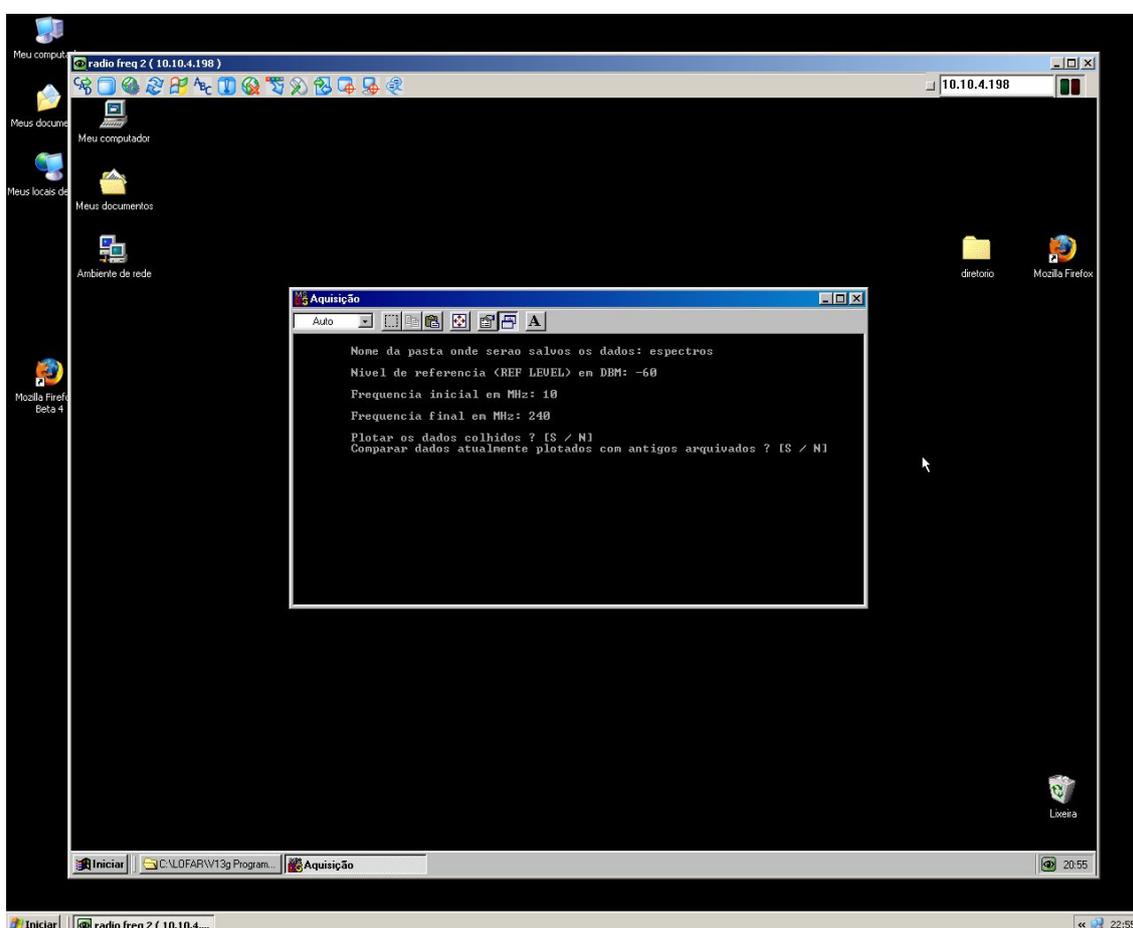


FIG. 2.3.6.1 – SISTEMA DE AQUISIÇÃO REALIZADO ATRAVÉS DE UM COMPUTADOR NO LABORATÓRIO DE RADIOFREQUÊNCIA E COMUNICAÇÕES DO CRS/CIE/IMPE – MCT, USANDO O SOFTWARE ULTRAVNC PARA CONTROLAR UM SEGUNDO COMPUTADOR NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS

CAPÍTULO 3

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA AMPLIAR AS FAIXAS DE MONITORAMENTO DE ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL

3.1 Introdução

As diretrizes e especificações para ampliar a banda de monitoramento do nível de rádio interferência são propostas neste capítulo. A ênfase será o rastreamento de faixa de frequências de 0,1 – 10 MHz

Dessa forma, o Projeto visa combinar o monitoramento da faixa de frequências de 0,1 – 240 MHz, contemplando as baixas frequências até então não monitoradas.

Estes procedimentos têm por objetivo realizar o monitoramento sistemático da potência do Espectro Eletromagnético presente no sítio do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, de forma contínua, na faixa de 0,1 – 240 MHz.

3.2 Metodologia para ampliar e integrar o monitoramento de radio sinais

Para ampliar a faixa de frequências monitorada, será usado um dos radio receptores para baixas frequências disponíveis no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações do CRS/CIE/INPE – MCT. Os equipamentos disponíveis os receptores JRC NRD-535 e JRC NRD-545, cuja operação é customizada para frequências abaixo de 30 MHz.

Ambos os rádios receptores, apresentam uma porta de comunicação computacional, permitindo, dessa forma, que o programa de aquisição de dados que controla o Analisador de Espectro, utilizado da atual configuração de monitoramento de frequências, possa ser expandido, comportando, o controle simultâneo de um radio receptor; paralelamente ao Analisador de Espectro.

Relatório Final de Atividades, 2008

Analogamente aos procedimentos de validação, estocagem, compressão de dados, entre outros, existentes podem ser aplicados para o novo dispositivo de entrada de dados, integrando-se perfeitamente nos moldes atuais.

3.2.1 Novos equipamentos

Um dos radio receptores de baixa frequência disponíveis no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações – CRS/CIE/INPE – MCT é o *Japan Radio NRD-545*, mostrado na Fig. 3.2.1.1, que segue.



FIG. 3.2.1.1 – RADIO RECEPTOR JAPAN RADIO NRD-545,
DISPONÍVEL NO LRC/CRS/CIE/INPE – MCT

Fonte: http://www.hamradio.co.uk/acatalog/JRC-NRD-545_lrg.gif

O *Japão Radio Company NRD-545* oferece a cobertura geral recepção de 100 a 30000 kHz nos modos AM, USB, LSB, CW, RTTY, FAX e FM. Também apresenta um sofisticado sistema de 200 canais de memória não-volátil, varredura de faixas de frequências, entre outras funções. Possui controles gerais para digitalizar, amplificar e eliminar interferências dos radio sinais colhidos. A maioria das funções deste equipamento podem ser controladas computacionalmente via um barramento serial. O NRD-545 usa a interface de comunicação RS-232, mais conhecido como DB-9, cujo barramento e interfase de controle computacional são vistos na Fig. 3.2.1.2.



FIG. 3.2.1.2 – PLACA DE PORTA SERIAL DB-9 (E) E CABO DB-9 (D)

Fonte: Adaptado de <http://www.atlanticonorte.com/fotos/produtos/176781.jpg> (E) e http://www.hw-group.com/images/products/DB9_ProLong_600064.jpg (D)

3.3 Monitoramento contínuo da Rádio Interferência no OES

O objetivo principal dessa próxima etapa do projeto é aplicar o sistema de monitoramento até então desenvolvido, a fim de realizar o rastreamento pleno e dedicado do Espectro Eletromagnético do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS.

A coleta contínua de dados espectrais permitirá averiguar a qualidade do sítio do Observatório para a realização de estudos radioastronômicos e receber estações tais como as do LOFAR.

CAPÍTULO 4

ATIVIDADES COMPLEMENTARES DESENVOLVIDAS DURANTE A VIGÊNCIA DA BOLSA

A vigência da bolsa de Iniciação Científica PIBIC/CNPq – INPE iniciou em Agosto/07. O trabalho do bolsista começou com a revisão bibliográfica sobre o Sistema LOFAR, controle e programação de um Analisador de Espectro, linguagem de programação estruturada C, bem como assuntos relacionados. Estes foram estudados através de livros e manuais, como: *Programmers Manual - TEKTRONIX 2754P Spectrum analyzer* e *Operartors Manual - TEKTRONIX 2754/2754P Spectrum analyzer*. E principalmente através de artigos e publicações técnicas especializadas encontradas na Internet, como no site do projeto LOFAR: <http://www.lofar.org>.

Uma das dificuldades do bolsista é com relação ao idioma Inglês que ainda não é totalmente dominado idioma da maior parte da bibliografia.

Durante o período de regência da bolsa o acadêmico participou dos seguintes trabalhos científicos publicados, sendo eles:

- **Guilherme Simon da Rosa**; Cleomar Pereira da Silva; Nelson Jorge Schuch; Natanael Rodrigues Gomes ; Jean Carlos Daroit, **SISTEMA LOFAR – Nível de rádio interferência no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra na faixa de 10 – 240 MHz - SICINPE - 2007**, In: 22º Jornada Acadêmica Integrada (JAI), Santa Maria, Brasil, 22-25 de Outubro 2007.
- **Guilherme Simon da Rosa**; Nelson Jorge Schuch; Cassio Espindola Antunes; Natanael Rodrigues Gomes, **Radio quite site qualification for the Brazilian Southern Space Observatory by monitoring the low frequency 10–240 MHz Eletromagnetic Spectrum**, In: 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada , 13-20 de Julho 2008.

Atualmente o Bolsista vem desenvolvendo uma expansão para a frequência monitorada, expandindo para a faixa de monitoramento para 0,1 – 240 MHz.

Relatório Final de Atividades, 2008

A partir dos dados coletados anteriormente no OES, o bolsista fez análises a fim de aprimorar os processos de aquisição de dados espectrais e a forma de estocagem destas informações. Testes preliminares dos novos softwares desenvolvidos puderam ser realizados em novembro/07 durante o rastreamento de cola eletrônica do Concurso EsPCEx-2007, realizado em Santa Maria. Estes estudos e análises foram propostos pelo bolsista em dois resumos para congressos científicos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

As revisões de literatura sobre radiotelescópios, o Sistema LOFAR e técnicas de controle e programação do equipamento Analisador de Espectro proporcionaram a realização dos aprimoramentos nos softwares de controle computacional, desenvolvido inicialmente pelo ex-bolsista Cleomar Pereira da Silva. Da mesma forma, a elaboração de diretrizes para ampliar a banda de monitoramento do nível de rádio interferência, então entre 20 - 240 MHz, para 0,1 - 240 MHz permitirá rastrear o Espectro Eletromagnético do Observatório Espacial do Sul, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, de forma remota, com o controle realizado no Sistema no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações do CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

Os resultados anteriores mostraram não existir nenhum sinal de anormalidade presente Espectro Eletromagnético do Observatório capaz de causar interferências em atividades de observações efetuadas na faixa de frequências de 10 – 240 MHz. O monitoramento contínuo permitirá confirmar a qualidade do sítio para as bandas de frequências anteriormente monitoradas, bem como rastrear e analisar faixas de frequências abaixo de 10 MHz, de maneira que esses resultados possam servir para tomada de decisão sobre a implementação de equipamentos LOFAR no Observatório Espacial do Sul.

Os estudos desenvolvidos foram fundamentais para o crescimento profissional e pessoal do bolsista, principalmente no aprimoramento de suas habilidades de autodidatismo e liderança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Durante o período do desenvolvimento do Projeto de Iniciação Científica, desenvolvido no Laboratório de Radiofrequência e comunicações no CRS/CIE/INPE – MCT, foi feita uma revisão de literatura sobre Sistema LOFAR, bem como estudo do funcionamento e controle computacional de equipamentos como o Analisador de Espectro, antenas verticais e programação computacional aplicada. Este estudo teve como referência bibliográfica os seguintes textos:

- [1] Attridge, J. M. **LOFAR: The Low Frequency Array**, ASTRON, 2002;
 - [2] Boonstra, A. J.; Bregman, J. D.; Mohamoud, A. A. **A LOFAR spectrum monitoring: dynamic range and spectral occupancy issues**, ASTRON, 2000;
 - [3] Ellingson, S. W. **Antennas for the Next Generation of Low-Frequency Radio Telescopes**, IEEE Transactions On Antennas And Propagation, VOL. 53, N°. 8, 2005;
 - [4] Ellingson, S. W.; Simonetti, J. H.; Patterson, C. D. **Design and Evaluation of an Active Antenna for a 29–47 MHz Radio Telescope Array**, IEEE Transactions On Antennas And Propagation, VOL. 55, N°. 3, Março de 2007;
 - [5] Kant, G. W.; Arts, M. J.; Bregman, J. D. **Antenna Development for LOFAR Short Dipole Radiation Pattern Analysis**, ASTRON, 2001;
 - [6] Malvino, A. P. **Eletrônica**, Ed. McGraw-Hill, Vol. 2, 1995;
 - [7] Manuais do equipamento Analisador de Espectro;
 - [8] Measurement Computing Corporation. **GPIB HARDWARE MANUAL**, 2002;
-

Relatório Final de Atividades, 2008

- [9] Measurement Computing Corporation. **GPIB Library Software**, 2005;
- [10] Relatórios anteriores do Projeto;
- [11] Stewart, K. P.; Hicks, B. C.; Ray, P. S.; Crane, P. C.; Kassim, N. E.; Bradley, R. F. **LOFAR antenna development and initial observations of solar bursts**, Planetary and Space Science, VOL. 52, pag. 1351–1355, 2004;
- [12] Tan, G. H.; Rohner, C. **The Low Frequency Array active antenna system**, SPIE, 2000;
- Páginas na rede internet:
- [13] **ANATEL**. Disponível em: <www.anatel.gov.br>. Acesso em: Abril de 2006.
- [14] **ASTRON**. Disponível em: <www.astron.nl>. Acesso em: Junho de 2008.
- [15] **BIRS**. Disponível em: <<http://fourier.phys.utas.edu.au/birs>>. Acesso em: Dezembro de 2005.
- [16] **DEEI**. Disponível em: <www.deei.fct.ualg.pt>. Acesso em: Janeiro de 2006.
- [17] **LOFAR**. Disponível em: <www.lofar.org>. Acesso em: Agosto de 2005.
- [18] **NVIS**. Disponível em: <www.qsl.net/wb5ude/nvis>. Acesso em: Outubro de 2005.
-

Relatório Final de Atividades, 2008

- [19] **The JOVE Bulletin.** Disponível em:
<<http://radiojove.gsfc.nasa.gov/library/newsletters/2003Oct/>>. Acesso em: Janeiro de 2006.
- [20] **VERON.** Disponível em:
<www.veron.nl/tech/antenne/lofar/antenna.htm>. Acesso em: Fevereiro de 2006;
- [21] **LOIS LOFAR Outrigger In Scandinavia.** Disponível em:
<<http://www.lois-space.net>>. Acesso em: Maio de 2008;
- [22] **Técnicas de Operação do Analisador de Espectro.** Disponível em:
<<http://www.warchalking.com.br/tutoriais/espectro.pdf>>. Acesso em: Maio de 2008.
-