

CAPÍTULO 4 - MEDIDAS REALIZADAS NO CAMPO DE SANTANA (RIO DE JANEIRO)

Neste capítulo, o meio ambiente (Campo de Santana) será caracterizado de modo a se ter uma noção exata do local onde foram realizados os testes de propagação. Em seguida, será descrita a rotina de testes utilizada para realização das medidas no Campo de Santana. Após isso, serão relatados os cuidados adotados para a depuração das medidas, antes do seu efetivo uso para fins de processamento.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

O conhecimento perfeito do meio-ambiente é de fundamental importância para se dotar o Sistema Celular da cobertura e capacidade desejadas e, neste sentido, o objetivo deste trabalho é concentrar esforços na caracterização da propagação da onda eletromagnética em ambientes urbanos cobertos por vegetação, definidos como casos 3 e 4 no capítulo 1. O caso 3 enquadra as situações em que a vegetação ocupa uma área bem definida no ambiente urbano, como ocorre nos parques. O caso 4 considera as situações em que a vegetação cobre quase totalmente a área edificada, como ocorre nas zonas residenciais afastadas dos centros metropolitanos. Uma forma de se estudar estas duas situações específicas é através do desenvolvimento de estudos pertinentes ao caso 3 para, em seguida, se possível, extrapolá-los para o caso 4. Isto equivale a dizer que o caso 4 pode ser considerado uma situação particular do caso 3, com a vegetação cobrindo as edificações.

Assim sendo, de modo a se criar um banco de dados adequado para a realização de estudos científicos numa situação típica enquadrada como caso 3, foram realizadas medições numa área coberta por vegetação denominada Campo de Santana, localizada no centro metropolitano da cidade do Rio de Janeiro, de novembro de 1995 a julho de 1996.

A vegetação do Campo de Santana consiste de 56 tipos diferentes de árvores, com altura média de 15 metros, diâmetro médio das copas de 10 metros e diâmetro médio dos troncos de 80 centímetros. As principais árvores existentes no Campo de Santana estão apresentadas na tabela 4.1. A maior parte das árvores é perene e, portanto, mantêm as folhas durante o inverno. As dimensões típicas das folhas são de 12 x 2,5 cm e a sua densidade média é estimada em 300 folhas/m³. Um esboço do Campo de Santana está apresentado na figura 4.1.

- | | |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 01. <i>Araucaria bidwilli</i> - Araucária-da-Austrália | 29. <i>Tamarindus indica</i> - Tamarindeiro |
| 02. <i>Ceratozamia</i> sp - Sagueiro-da-Terra | 30. <i>Myrtus communis</i> - Murta-Verdadeira |
| 03. <i>Cycas revoluta</i> - Sagu-do-Japão | 31. <i>Eugenia jambolana</i> - Jamelão |
| 04. <i>Ravenala madagascariensis</i> - Arv. do Viajante | 32. <i>Eryobotrya japonica</i> - Nespereira |
| 05. <i>Casuarina equisetifolia</i> - Casuarina | 33. <i>Guarea trichilioides</i> - Carrapeta-Verdadeira |
| 06. <i>Allamanda cathartica</i> - Alamanda | 34. <i>Sapindus saponaria</i> - Saboneteira |
| 07. <i>Chaeromops humilis</i> - Palmeira das Vassouras | 35. <i>Spathodea campanulata</i> - Tulipeiro-daÁfrica |
| 08. <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> - Areca-Bambu | 36. <i>Artocarpus integrifolia</i> - Jaqueira |
| 09. <i>Cocos nucifera</i> - Coqueiro-da-Bahia | 37. <i>Ficus benghalensis</i> - Figueira de Bengala |
| 10. <i>Livistona chinensis</i> - Palmeira-de-Leque | 38. <i>Ficus benjamina</i> - Figueira Benjamin |
| 11. <i>Raphis flabelliformis</i> - Lady-Palm | 39. <i>Ficus cannoni</i> - Figueira Bronzina |
| 12. <i>Roystonea oleoracea</i> - Palmeira-Imperial | 40. <i>Ficus religiosa</i> - Figueira dos Pagodes |
| 13. <i>Syagrus romanzoffianum</i> - Jerivá | 41. <i>Ficus enormis</i> - Figueira de Pedra |
| 14. <i>Caryota mitis</i> - Cariota | 42. <i>Ficus microcarpa</i> - Figueira de Índia |
| 15. <i>Latania commersonii</i> - Latânia | 43. <i>Ficus parcelli</i> - Figueira da Polinésia |
| 16. <i>Orbignya martiana</i> - Babaça | 44. <i>Ficus pertusa</i> - Coaxinguba |
| 17. <i>Nolina recurvata</i> - Nolina | 45. <i>Cecropia</i> sp - Embaúba |
| 18. <i>Pandanus utilis</i> - Vacuá | 46. <i>Hura crepitans</i> - Assacu |
| 19. <i>Adansonia digitata</i> - Baobá | 47. <i>Grevillea robusta</i> - Grevílea |
| 20. <i>Ceiba petandra</i> - Sumaúma | 48. <i>Moquilea tomentosa</i> - Oiti |
| 21. <i>Chorisia speciosa</i> - Paineira | 49. <i>Guazuma ulmifolia</i> - Mutamba |
| 22. <i>Pachira aquatica</i> - Munguba | 50. <i>Sterculia chicha</i> - Chichá |
| 23. <i>Cassia fistula</i> - Chuva de Ouro | 51. <i>Sterculia foetida</i> - Esterculia |
| 24. <i>Cassia siamea</i> - Cássia-Siamesa | 52. <i>Gustavia augusta</i> - Jeniparana |
| 25. <i>Delonix regia</i> - Flamboyant | 53. <i>Aglaiia odorata</i> - Aglaia |
| 26. <i>Tipuana tipu</i> - Tipuana | 54. <i>Ixora alba</i> - Ixora |
| 27. <i>Caesalpinia leijostachya</i> - Pau-Ferro | 55. <i>Bambusa</i> sp - Bambú |
| 28. <i>Caesalpinia echinata</i> - Pau-Brasil | 56. <i>Eucalyptus</i> sp - Eucalipto |

Tabela 4.1 – Tipos de árvores presentes no Campo de Santana

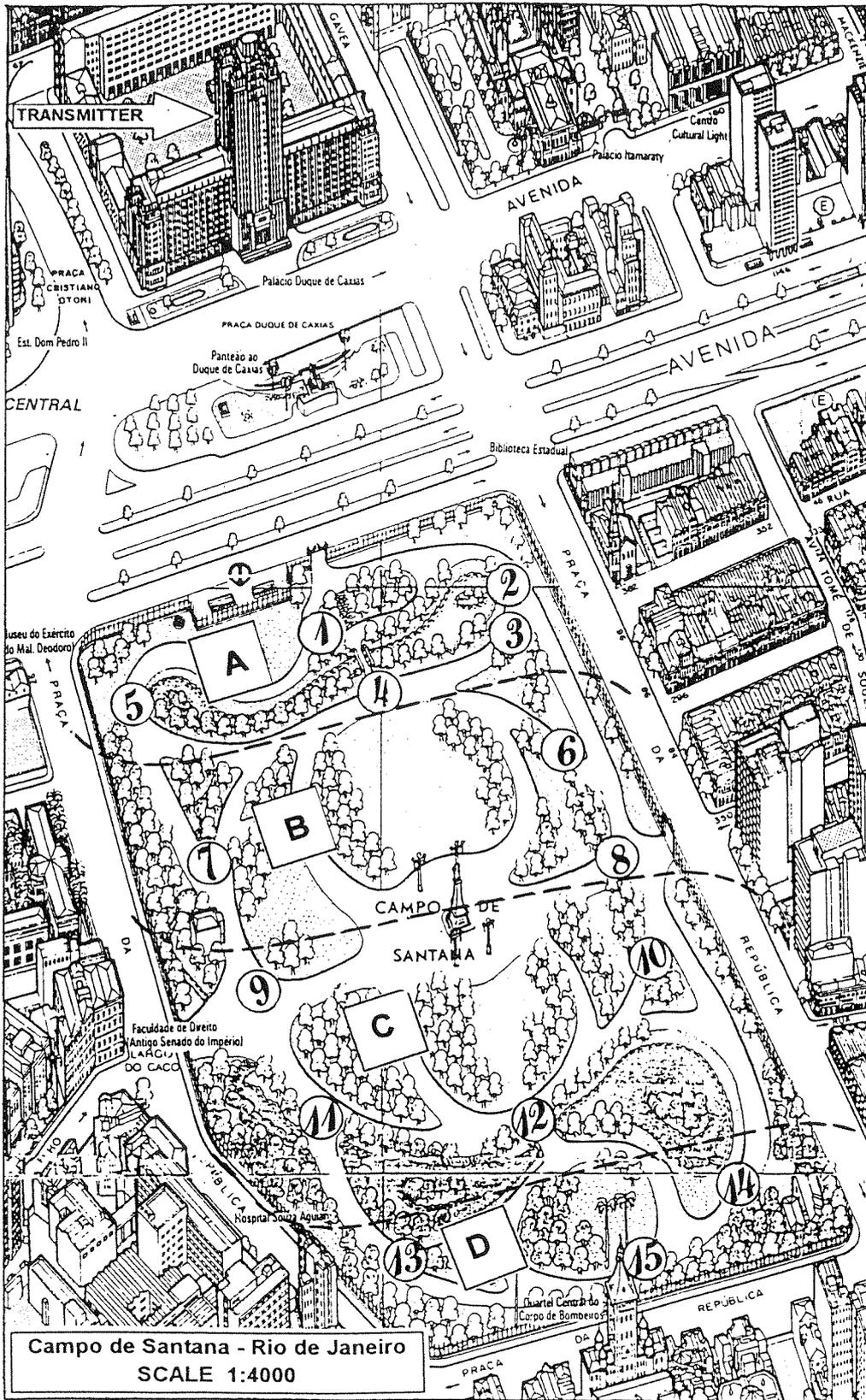


Fig. 4.1 – Esboço do Campo de Santana – Rio de Janeiro

Conforme pode ser visto na figura 4.1, a área do Campo de Santana (320m de frente por 520 m de lado) é aproximadamente retangular e 75% dela é coberta por vegetação, possuindo uma área aberta (“ bare area ”) no seu centro de aproximadamente 80m de diâmetro. Outras pequenas áreas abertas existem, estando geralmente localizadas ao longo dos caminhamentos existentes no Campo de Santana.

O Campo de Santana é circundado por uma grande avenida na sua frente (Presidente Vargas) , com 60 metros de largura, e três outras vias menores, com 20 metros de largura cada. Há um intenso tráfego de veículos durante o dia nestas vias, horário em que as medidas foram realizadas. Mais de 60% dos edifícios existentes na área que circunda o Campo de Santana possuem acima de 30 metros de altura. Os pontos onde foram realizadas as medições estão mostrados na figura 4.1 e foram numerados em ordem crescente de distância do transmissor, que foi instalado no Palácio Duque de Caxias, edifício localizado em frente ao Campo de Santana. Adicionalmente, os pontos foram grupados em quatro setores (A, B, C, D), cada setor contendo pontos distantes de aproximadamente 50 metros do ponto mais central do setor, para se verificar o comportamento médio do campo e dos parâmetros das distribuições estatísticas, bem como sua dispersão, numa área de pequenas dimensões.

4.2. ROTINA DE TESTES

As medidas, no Campo de Santana, foram realizadas usando transmissão CW em quatro frequências diferentes: 0,9; 1,2; 1,5 e 1,8 GHz

(por ser esta a faixa de frequências típica dos sistemas celulares e de comunicações pessoais), com polarização vertical e em 0,9 GHz, com polarização horizontal. As frequências de 1,2 e 1,5 GHz foram escolhidas de modo a se observar, de forma mais contínua, o comportamento dos parâmetros do sinal e das distribuições estatísticas.

Uma especial atenção é dada, neste trabalho, à polarização vertical, devido à sua larga aplicação nos Sistemas de Comunicações Móveis Celulares. As medições foram realizadas transmitindo-se e recebendo-se com a mesma polarização. A antena transmissora foi instalada no Palácio Duque de Caxias, que possui 21 andares e fica afastado 240 metros do Campo de Santana, conforme mostra a figura 4. 1, em 8 diferentes alturas: 12, 16, 24, 48, 60, 72 e 84 metros, acima do solo. Uma antena dipolo com 2.2 dBi de ganho foi utilizada para transmissão em 900 MHz e uma antena log-periódica com 8 dBi de ganho foi especialmente construída para as demais frequências (Apêndice A). Em cada andar utilizado para transmissão, a antena foi instalada no interior de uma sala, de frente para o Campo de Santana, e posicionada próximo a janelas de aproximadamente 2,5m x 2,5m. O amplificador utilizado na transmissão foi previamente ajustado em laboratório para fornecer, aos terminais da antena, 1 Watt (30 dBm) de potência. Esta potência foi escolhida (valor mínimo necessário) para permitir a realização de testes de propagação em pequenas áreas, evitando, desta forma, a contaminação do espectro eletromagnético. A direção de máxima irradiação da antena era previamente alinhada para o Centro geométrico do Campo de Santana, de modo que a direção de propagação das ondas é aproximadamente perpendicular à linha frontal do parque.

O laboratório móvel utilizado para a realização das medidas possui um amplificador de baixo ruído de 30 dB de ganho e 3 dB de figura de ruído, um analisador de espectro e um gravador analógico para armazenar os dados. Uma antena dipolo foi utilizada para recepção em 900 MHz e uma antena monopolo vertical foi especialmente construída para recepção nas demais frequências (Apêndice A). A antena de recepção foi montada no topo do laboratório móvel, ficando a 2,4 metros acima do solo. A potência de recepção em dBm foi medida, então, nos 15 pontos localizados no interior da vegetação mostrados na figura 4.1, para cada frequência e cada altura de antena de transmissão. A potência recebida foi gravada por aproximadamente 30 segundos. O laboratório móvel foi mantido parado durante todo o processo de gravação do valor do campo recebido.

Para cada localização da antena de transmissão a frequência era ajustada para um dos quatro valores (0,9; 1,2; 1,5 e 1,8 MHz) e o laboratório móvel, então, realizava medições do sinal recebido nos 15 pontos. A frequência de transmissão era ajustada, em seguida, para novo valor e o procedimento para realização das medidas era repetido. Durante as medições com polarização horizontal o dipolo era sempre redirecionado, em cada ponto de medição, para se ter sua direção de máxima irradiação alinhada com o transmissor.

Foram realizadas, também, medidas com o laboratório em movimento, em baixa velocidade (aproximadamente 10 km/h) e, neste caso, o veículo seguia o mesmo percurso utilizado para atingir os pontos onde foram realizadas as medidas com o veículo parado. Estas medidas, entretanto, não foram utilizadas neste trabalho.

4.3 PRÉ – PROCESSAMENTO DAS MEDIDAS

Após ser realizada toda a seqüência de testes descrita no item 4.2 acima, obteve-se como resultado mais de 500(quinientos) arquivos gravados em fita de vídeo. Cada arquivo é constituído de uma matriz $N \times 2$, sendo N o número de amostras. A primeira coluna armazena o tempo, em segundos, e a segunda as medidas de potência recebida, em dBm. Como o tempo de gravação em cada um dos quinze pontos mostrados na figura 4.1 é de aproximadamente 30 segundos, para a freqüência de 900 MHz cada arquivo possui, em média, 6000 amostras uma vez que este sinal foi digitalizado a uma taxa de 200 amostras por segundo e, para as demais freqüências, 15000 amostras (com taxa de 500 amostras por segundo). Os valores das taxas de amostragem acima descritos foram escolhidas por serem adequadas para os estudos realizados neste trabalho.

O pré-processamento das medidas foi realizado em 8 (oito) fases distintas, que serão a seguir descritas:

1ª FASE: CONVERSÃO ANALÓGICO → DIGITAL

Nesta fase todos os arquivos gravados nas fitas de vídeo (analógicas) foram processados e adquiridos digitalmente, utilizando-se software especialmente criado para tal fim. Assim sendo, terminada esta fase dispôs-se de todos os arquivos gravados em disquetes de 3 ½”.

2ª FASE: ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados processados e agora armazenados em disquetes de 3 ½” foram organizados em DIRETÓRIOS para serem utilizados pelo software STADIS, conforme mostra a figura 4.2 . São os seguintes os principais diretórios:

DATABANK: Armazena as matrizes MTXF e MPCF;

DATAACK: Controla a existência (ou não) das matrizes MTXF e MPCF;

PARAMTRS: Armazena as matrizes com os parâmetros das distribuições;

WORKSPC: Armazena as mais de 100 subrotinas utilizadas pelo software STADIS.

Nesta fase, os arquivos correspondentes a cada ponto de medição são armazenados nos diretórios correspondentes às suas alturas de transmissão, da seguinte forma (arquivos lidos no WORD e salvos como .txt):

C1.txt - C2.txt - C4.txt - C5.txt

L1.txt - L2.txt - L3.txt - L4.txt - L5.txt - L6.txt

R1.txt - R2.txt - R3.txt - R4.txt - R5.txt

Os códigos utilizados para a frequência, polarização, altura de transmissão e distância dos pontos de medição ao transmissor estão apresentados na tabela 4.2 abaixo.

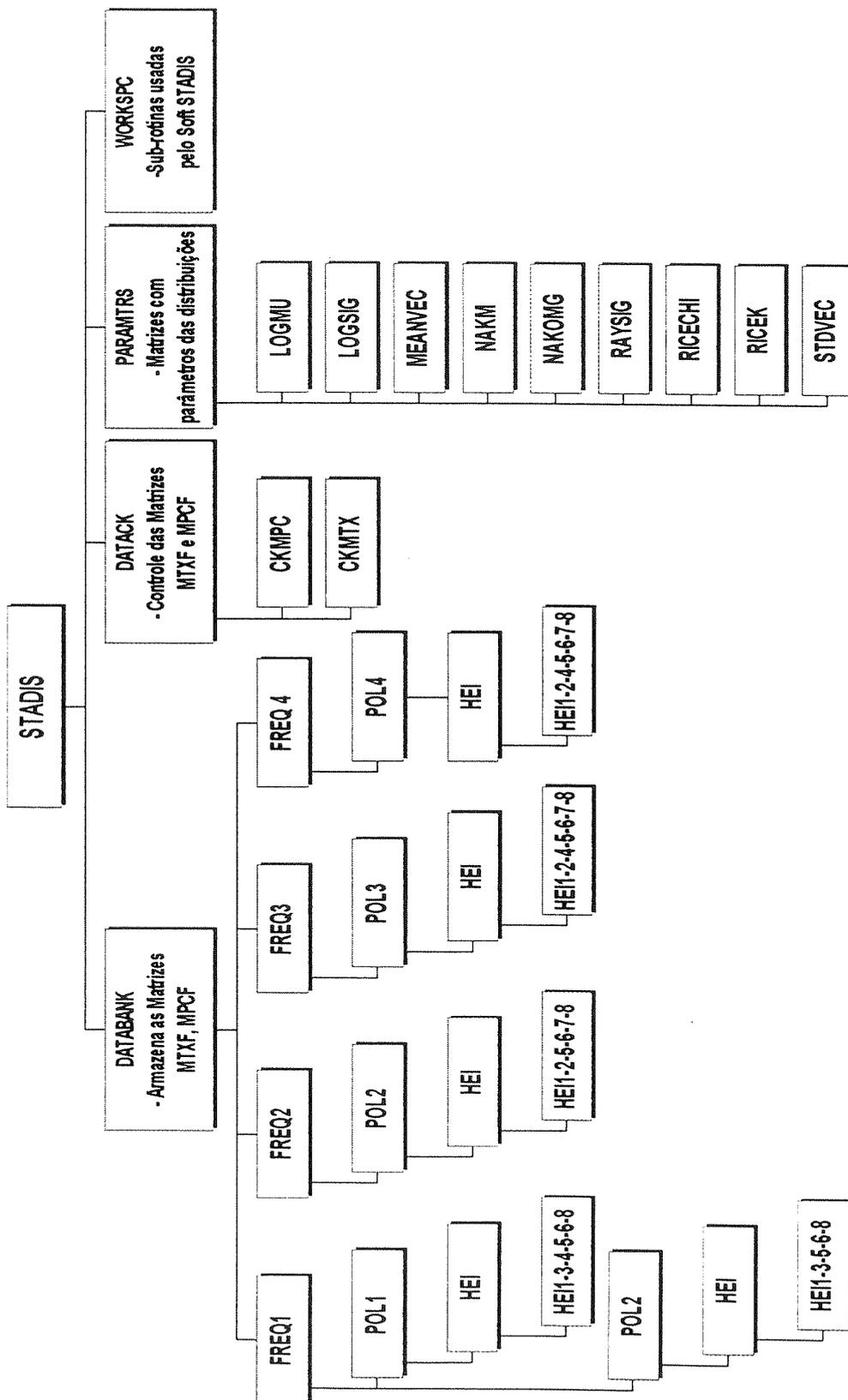


Fig. 4.2- Organização dos dados para serem utilizados pelo software STADIS

CÓDIGOS UTILIZADOS

FREQ (GHz)	
1	0.9
2	1.2
3	1.5
4	1.8

POL	
1	H
2	V

ALTURA		
	Andar	Metros
1	3 ^o	12
2	4 ^o	16
3	6 ^o	24
4	8 ^o	32
5	12 ^o	48
6	15 ^o	60
7	18 ^o	72
8	21 ^o	84

DISTÂNCIAS			
	Setor	Metros	Ponto
1	A	260	C1
2		270	L1
3		290	L2
4		300	C2
5		320	R1
6	B	380	L3
7		400	R2
8		460	L4
9	C	480	R3
10		530	L5
11		570	R4
12	D	600	C4
13		660	R5
14		670	L6
15		700	C5

Tabela 4.2 – Códigos utilizados na organização dos dados

3ª FASE: REDUÇÃO DA TAXA DE AMOSTRAGEM

Os arquivos contendo resultados de medições na frequência de 900 MHz foram gravados com a taxa de amostragem de 200 Hz e, nas demais frequências, foi utilizada a taxa de amostragem de 500 Hz.

A utilização de duas taxas de amostragem diferentes dificulta a implementação dos gráficos e a consequente análise comparativa dos resultados. A forma adotada de se resolver tal problema foi a redução da taxa de amostragem, relativa às frequências de 1,2 ; 1,5 e 1,8 MHz, de 500 Hz para 500/3 Hz, utilizando-se uma sub-rotina do software STADIS especialmente criada para tal fim (REDUCMAT), que faz uso do processo de decimação por 3.

4ª FASE: CRIAÇÃO DA MATRIZ MTX

De modo a dar versatilidade e velocidade à análise determinística dos dados optou-se pela criação de matrizes de dados que foram chamadas de matrizes MTX e possuem M linhas e 15 colunas. As matrizes MTX foram criadas utilizando-se o software STADIS e cada uma de suas 15 colunas está associada a um dos 15 pontos de medição mostrados na figura 4.1.

Objetivando a identificação dos dados a serem utilizados nos cálculos e no traçado dos gráficos, cada coluna da matriz MTX recebeu uma “cabeça” que é lida pelo software STADIS em todas as operações

internas do mesmo. Adicionalmente, de modo a possibilitar a criação da matriz MTX, cada coluna (exceto a de maior tamanho) recebeu uma “cauda falsa” de zeros que é removida automaticamente no início das operações de cálculo e processamento. Uma visualização da matriz MTX está apresentada na figura 4.3.

MATRIZ MTX

	1	2	3	4		15
1	1	2	3	4		15
2	Dist	Dist	Dist	Dist		Dist
3	Freq	Freq	Freq	Freq		Freq
4	Pol	Pol	Pol	Pol		Pol
5	Hei	Hei	Hei	Hei	.	Hei
6	Len	Len	Len	Len	.	Len
	D	D	D	D	.	D
	A	A	A	A	.	A
	D	D	D	D	.	D
	O	O	O	O	.	O
	S	S	S	S	.	S
	(dBm)	(dBm)	(dBm)	(dBm)	.	(dBm)
		0		0		0
		0		0		0
		0	0	0		0
		0	0	0	.	0
	0	0	0	0	.	0
	0	0	0	0	.	0
	0	0	0	0	.	0
	0	0	0	0	.	0

Fig. 4.3 - A matriz MTX: cada coluna corresponde a um ponto de medição

5ª FASE: ELIMINAÇÃO DE ARQUIVOS INCONSISTENTES

Como a massa de dados disponível foi obtida de resultados de experimentos realizados no campo, todos os arquivos foram previamente examinados utilizando-se o software STADIS e, após este trabalho, obteve-se os 428 arquivos consistentes que compõem o banco de dados utilizado neste trabalho, conforme está apresentado na tabela 4.3.

MATRIZES MTX

		ALTURA (m)								TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	ARQUIVOS
FREQ	POL	*	X	4,13	3,4	1,4,13	2	X	3,9,10	79
1	2	1	X	3	X	12	*	X	1,2,3,8	68
2	2	*	*	X	X	*	12	*	11,14	87
3	2	*	*	X	*	*	*	*	X	90
4	2	*	*	X	*	*	*	14	*	104
										428

OBS: - O números nas quadriculas mostram as colunas de MTX para as quais não existem medições;

- X significa a não-existência da matriz MTX.

Tabela 4.3 – Banco de dados (Matrizes MTX)

As tabelas 4.4-a a 4.4-c apresentam um relatório sintético da eliminação dos arquivos da massa inicial de dados.

FREQ: 0,9 GHz

POL: H

79 ARQUIVOS

ALTURA DISTÂNCIA	12		16		24		32		48		60		72		84	
	1	2	3	4	5	6	7	8								
P12 R1 (5)		X												X		
P14 R2 (7)		X												X		
P15 R3 (9)		X												X		W
P16 R4 (11)		X												X		
P18 R5 (13)		X					R							X		

P22 C1 (1)		X							R					X		
P23 C2 (4)		X			R		X		R					X		
P25 C3 (-)		X		X	X		X		X					X		X
P27 C4 (12)		X												X		
P29 C5 (15)		X												X		

P32 L1 (2)		X											W	X		
P33 L2 (3)		X						W						X		W
P34 L3 (6)		X												X		
P35 L4 (8)		X												X		
P36 L5 (10)		X												X		X
P39 L6 (14)		X												X		

LEGENDA: x-Arquivo não existe W- Medida errada

R- Arquivo removido (desvio padrão excessivo)

FREQ: 0,9 GHz

POL: H

68 ARQUIVOS

ALTURA DISTÂNCIA	12		16		24		32		48		60		72		84	
	1	2	3	4	5	6	7	8								
P12 R1 (5)		X					W							X		
P14 R2 (7)		X						W						X		
P15 R3 (9)		X						W						X		
P16 R4 (11)		X						W						X		
P18 R5 (13)		X						W						X		

P22 C1 (1)		R						W						X		X
P23 C2 (4)		X						W						X		
P25 C3 (-)		X		X		X		X		X				X		X
P27 C4 (12)		X						W		W				X		
P29 C5 (15)		X						W						X		

P32 L1 (2)		X						W						X		X
P33 L2 (3)		X						W		W				X		W
P34 L3 (6)		X						W						X		
P35 L4 (8)		X						W						X		R
P36 L5 (10)		X						W						X		
P39 L6 (14)		X						W						X		

Tabela 4.4-a Relatório Sintético da eliminação de arquivos

FREQ: 1.2 GHz POL: V

87 ARQUIVOS

ALTIMETRIA / DISTÂNCIA	12	16	24	32	48	60	72	84
	1	2	3	4	5	6	7	8
P12 R1 (5)			X	X				
P14 R2 (7)			X	X				
P15 R3 (9)			X	X				
P16 R4 (11)			X	X				X
P18 R5 (13)			X	X				

P22 C1 (1)			X	X				
P23 C2 (4)			X	X				
P25 C3 (-)	X	X	X	X	X	X	X	X
P27 C4 (12)			X	X		X		
P29 C5 (15)			X	X				

P32 L1 (2)			X	X				
P33 L2 (3)			X	X				
P34 L3 (6)			X	X				
P35 L4 (8)			X	X				
P36 L5 (10)			X	X				
P39 L6 (14)			X	X				X

LEGENDA: x-Não existe arquivo

FREQ: 1.5 GHz POL: V

90 ARQUIVOS

ALTIMETRIA / DISTÂNCIA	12	16	24	32	48	60	72	84
	1	2	3	4	5	6	7	8
P12 R1 (5)			X					X
P14 R2 (7)			X					X
P15 R3 (9)			X					X
P16 R4 (11)			X					X
P18 R5 (13)			X					X

P22 C1 (1)			X					X
P23 C2 (4)			X					X
P25 C3 (-)	X	X	X	X	X	X	X	X
P27 C4 (12)			X					X
P29 C5 (15)			X					X

P32 L1 (2)			X					X
P33 L2 (3)			X					X
P34 L3 (6)			X					X
P35 L4 (8)			X					X
P36 L5 (10)			X					X
P39 L6 (14)			X					X

Tabela 4.4-b Relatório Sintético da eliminação de arquivos

FREQ: 1.8 GHz POL: V

104 ARQUIVOS

ALTURA DISTÂNCIA		12	16	24	32	48	60	72	84
		1	2	3	4	5	6	7	8
P12	R1 (5)			X					
P14	R2 (7)			X					
P15	R3 (9)			X					
P16	R4 (11)			X					
P18	R5 (13)			X					

P22	C1 (1)			X					
P23	C2 (4)			X					
P25	C3 (-)	X	X	X	X	X	X	X	X
P27	C4 (12)			X					
P29	C5 (15)			X					

P32	L1 (2)			X					
P33	L2 (3)			X					
P34	L3 (6)			X					
P35	L4 (8)			X					
P36	L5 (10)			X					
P39	L6 (14)			X				X	

x-Não existe arquivo

Tabela 4.4-c Relatório Sintético da eliminação de arquivos

6ª FASE: ELIMINAÇÃO DE “OUTLIERS”

Nesta fase, os 428 arquivos remanescentes que compõem o banco de dados em estudo foram cuidadosamente examinados utilizando-se o software STADIS e os “outliers” detectados nos arquivos foram removidos deletando-se o intervalo de tempo correspondente à sua ocorrência.

Os “outliers”, que aparecem em intervalos de tempo aleatórios, podem ser entendidos como medidas (de potência em dBm, no caso) com valores díspares dos demais e são facilmente reconhecidos através de inspeção visual do sinal, no domínio do tempo. Na figura 4.4 observa-se a ocorrência de “outliers”, que foram posteriormente removidos.

Os “outliers” que aparecem no início e no fim dos arquivos devem-se, via de regra, às operações de liga/desliga dos equipamentos durante o processo de gravação das medidas. Algumas vezes os outliers aparecem no meio dos arquivos sendo a sua origem, neste caso, de difícil definição.

CAMPO DE SANTANA

Freq: 900 MHz - pol: H - ht: 12m - hr: 2.4m

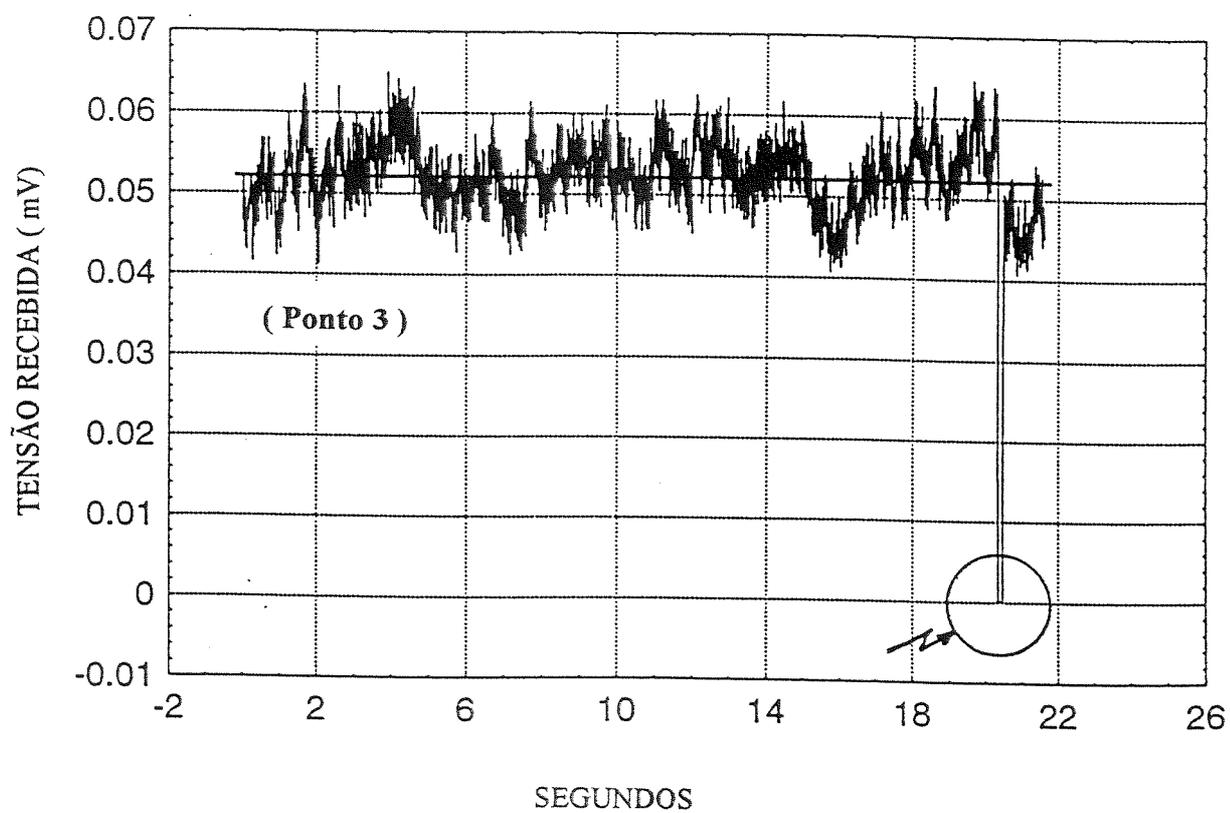


Figura 4.4 – A ocorrência de “ outliers ” nas medidas realizadas

**7^a FASE: FILTRAGEM DA MATRIZ MTX: CRIAÇÃO DA
MATRIZ MTXF PARA ANÁLISES
DETERMINÍSTICAS**

Observando-se o espectro de frequências de alguns arquivos constatou-se que em alguns deles apareceram interferências, com elevados valores de módulo, nas frequências de 15, 30, 45, 60 e 75 Hz, de origem desconhecida, conforme está mostrado na figura 4.5. O sinal “contaminado”, no domínio do tempo, está mostrado na figura 4.6. Em experimentos desta natureza não é raro acontecerem interferências na frequência de 60Hz, causadas pela rede de energia elétrica.

Considerando-se que as frequências dos movimentos do ambiente (das árvores, por exemplo, provocados pelo vento) são muito baixas e de modo a se garantir a integridade das medições, optou-se por filtrar todos os resultados utilizando-se um filtro quadrado (ideal) em 10Hz, procedendo-se da seguinte forma, para cada coluna da matriz MTX:

1. Faz-se a transformada de Fourier da primeira coluna de MTX;
2. Conta-se o número de frequências espectrais (N_{10}) com valores até 10 Hz;
3. Multiplica-se por 1 as N_{10} primeiras e as N_{10} últimas amostras da coluna de MTX obtida após a realização da transformada de Fourier (partes real e imaginária). Multiplica-se por 0(zero) todas as demais amostras;
4. Faz-se a transformada de Fourier inversa e obtêm-se a nova coluna da matriz MTX;

5. Repete-se o processo para todas as colunas de MTX e obtêm-se, finalmente, a matriz MTX filtrada, que é a matriz MTXF.

Os procedimentos acima descritos foram realizados utilizando-se a sub-rotina “FILTRO” do software STADIS, que foi especialmente desenvolvida para tal fim. O resultado obtido após a filtragem do sinal está mostrado na figura 4.7. O novo sinal, no domínio do tempo, após a filtragem, está apresentada na figura 4.8.

Alternativamente, realizou-se uma filtragem apenas dos “picos” de contaminação conforme pode ser verificado na figura 4.9.

CAMPO DE SANTANA - Rio de Janeiro
Ponto:1 (C1) Freq:1.8 GHz - Pol:V - Altura Tx: 12 m

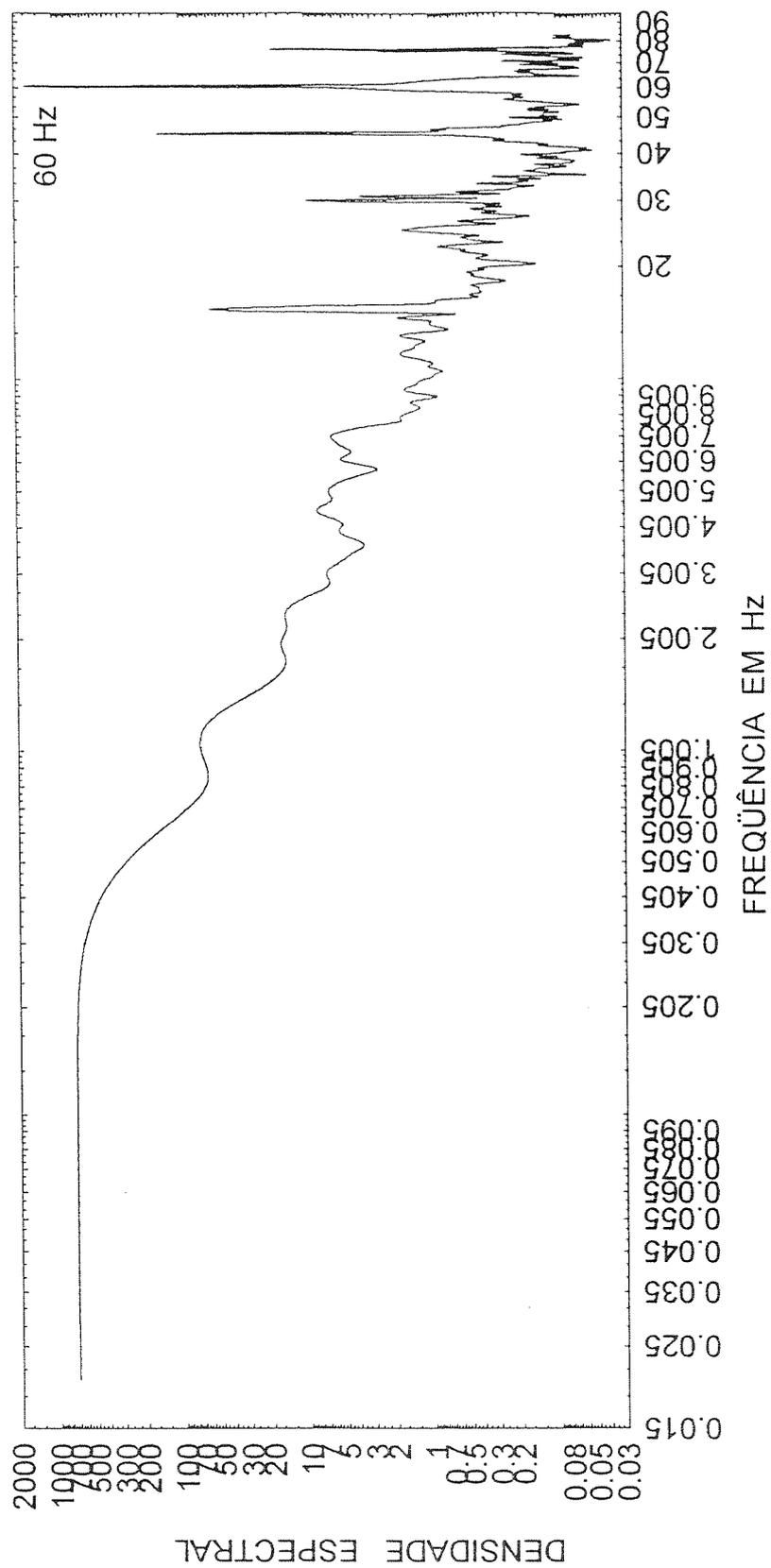


Fig. 4.5 – Espectro do sinal “contaminado” por interferências

CAMPO DE SANTANA - Rio de Janeiro
Ponto:1 (C1) Freq:1.8 GHz - Pol:V - Altura Tx: 12 m

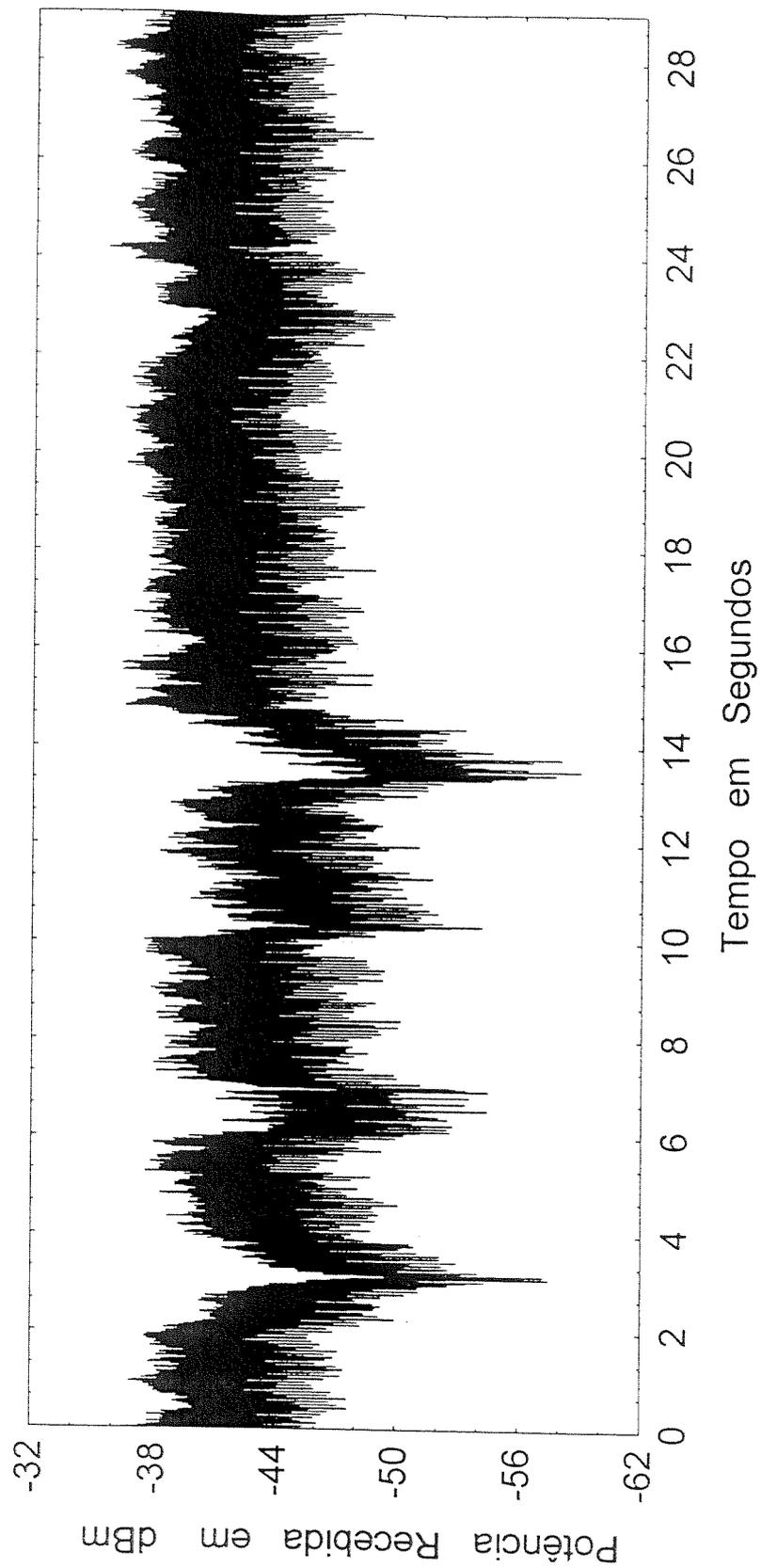


Fig. 4.6 – Sinal contaminado por interferências, no domínio do tempo

CAMPO DE SANTANA - Rio de Janeiro
 Ponto:1 (C1) Freq:1.8 GHz - Pol:V - Altura Tx: 12 m

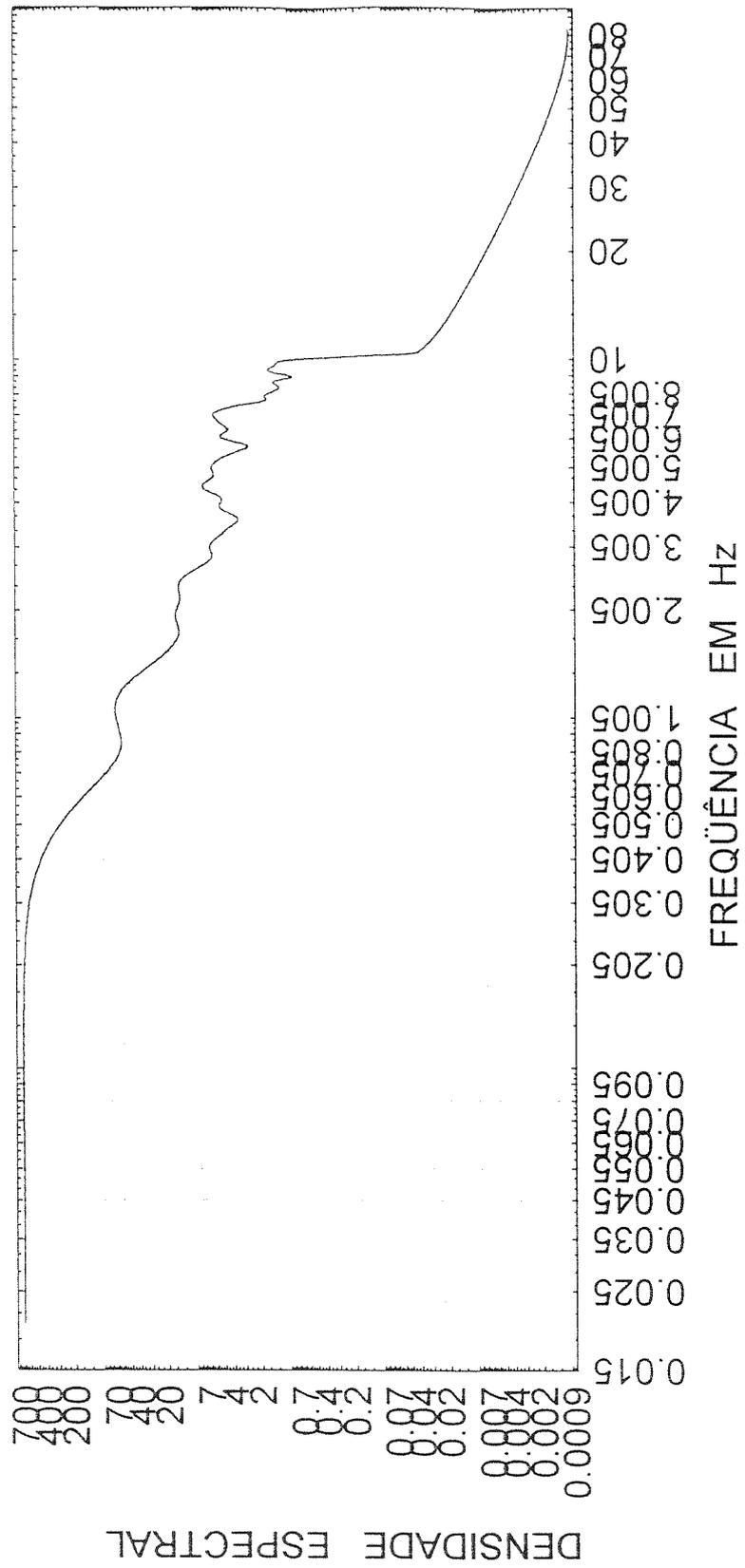


Fig. 4.7 - Espectro do sinal após a filtragem ideal em 10 Hz

CAMPO DE SANTANA - Rio de Janeiro
Ponto:1 (C1) Freq:1.8 GHz - Pol:V - Altura Tx: 12 m

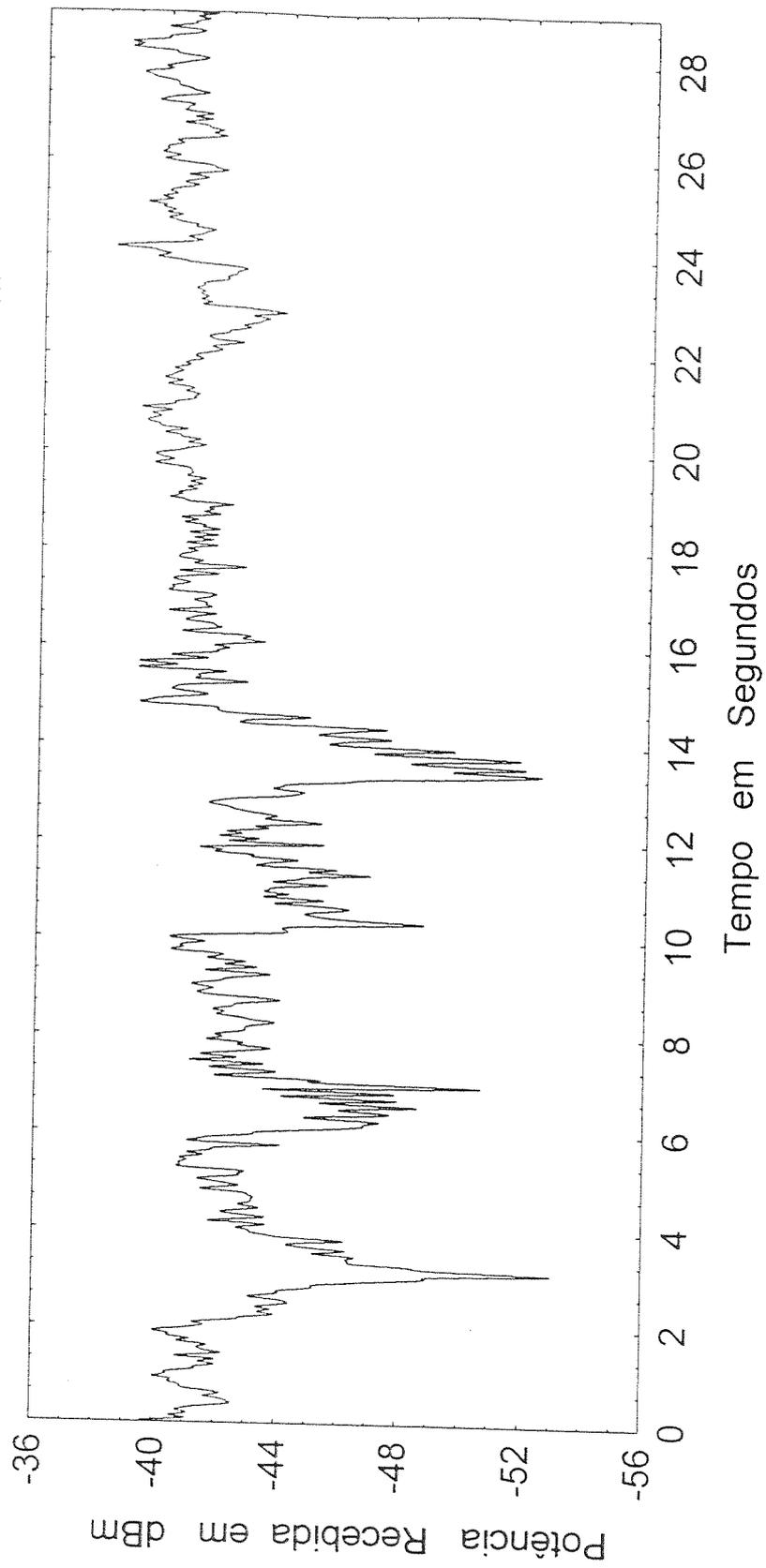


Fig. 4.8 – Sinal no domínio do tempo, após a filtragem

Ponto:1 (C1) Freq:1,8 GHz - Pol:V - Altura Tx:16m

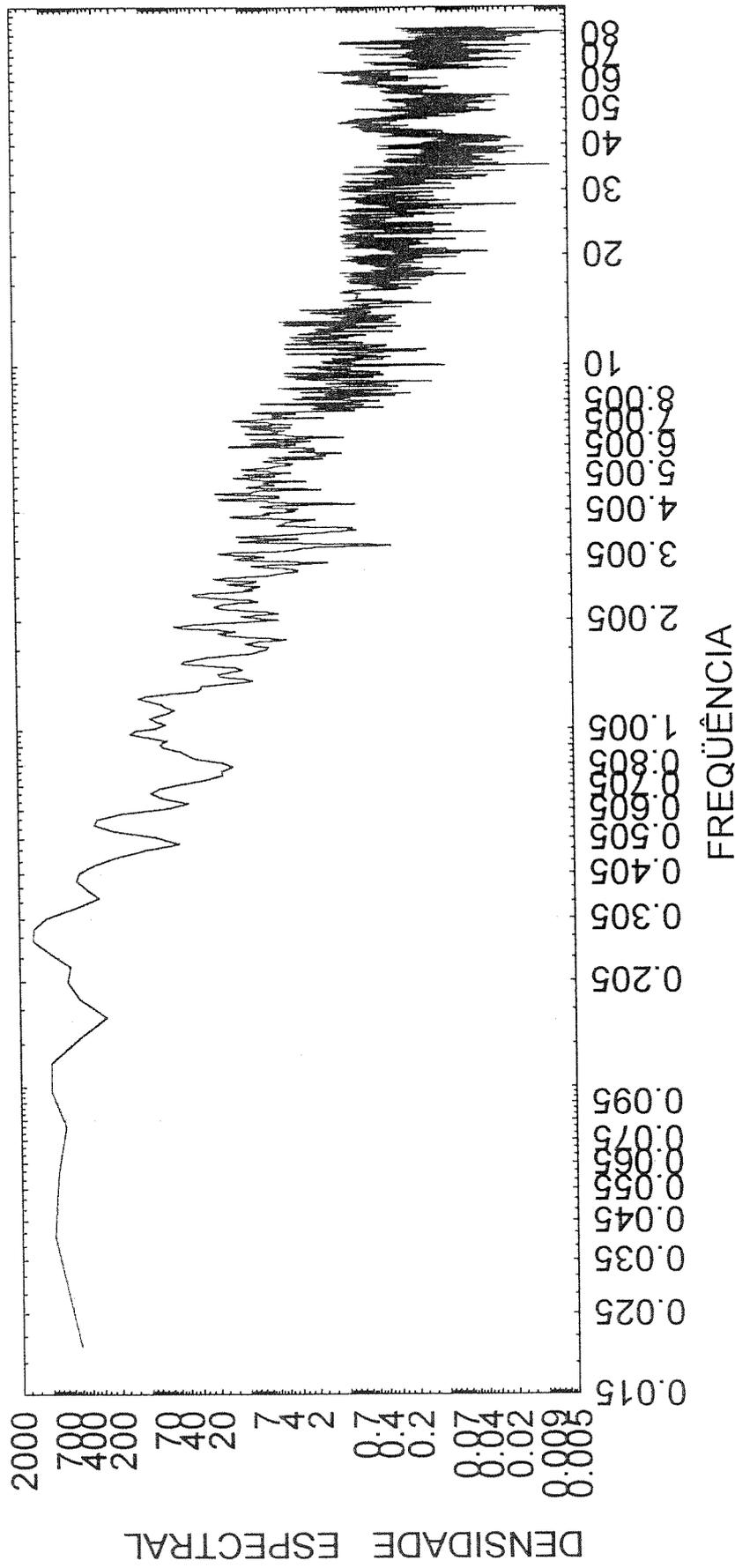


Fig. 4.9 - Espectro do sinal após eliminação dos "picos" de contaminação

Após a realização da filtragem dos picos de “contaminação” das colunas da matriz MTX, utilizando-se o programa STADIS foram processados os dados obtidos através das duas filtrações realizadas (filtro quadrado em 10 Hz e eliminando-se os picos de contaminação) e os resultados foram então comparados.

Pela comparação dos resultados obtidos concluiu-se que os resultados estatísticos obtidos são bastante similares, nos dois casos de filtragem, e as eventuais discordâncias encontradas não foram significativas para a análise física global do processo.

8ª FASE: CRIAÇÃO DA MATRIZ MPCF PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De modo a aumentar a velocidade de obtenção dos resultados e facilitar a análise estatística dos dados, utilizou-se a sub-rotina CREAMPC do software STADIS para criar a matriz MPCF, a partir da matriz MTXF.

A matriz MPCF, que está mostrada na figura 4.11, à semelhança da matriz MTXF, possui uma “cabeça de identificação” com informações sobre o arquivo que está sendo utilizado, uma “cauda falsa” composta de zeros e armazena, em sua “parte útil”, informações sobre a frequência de incidência da tensão induzida, em milivolts(normalizada em relação à média), nas “janelas de observação”.

Em geral foram utilizadas 60 janelas de observação para se determinar o número total de incidência nas mesmas.

MATRIX MPCF

1	1	2	3	4		15
2	Dist	Dist	Dist	Dist		Dist
3	Freq	Freq	Freq	Freq		Freq
4	Pol	Pol	Pol	Pol		Pol
5	Hei	Hei	Hei	Hei	. . .	Hei
6	Len	Len	Len	Len		Len
7	Zmean	Zmean	Zmean	Zmean		Zmean
8	Zstd	Zstd	Zstd	Zstd		Zstd
9	Z2mean	Z2mean	Z2mean	Z2mean		Z2mean
10	nkm	nkm	nkm	nkm		nkm
11	0	0	0	0		0
12	0	0	0	0		0
13	0	0	0	0		0
14	0	0	0	0		0
15	0	0	0	0		0
	Tabela de Freq (mV*)	Tabela de Freq (mV*)	Tabela de Freq (mV*)	Tabela de Freq (mV*)	. . .	Tabela de Freq (mV*)
	0	0	0	0		0
	0	0	0	0		0
	0	0	0	0		0
	0	0	0	0		0

(*) Normalizado em relação à média

Fig. 4.11 – A matriz MPCF para estudos estatísticos

REFERÊNCIAS

- [1] J. D. Parsons and J. G. Gardiner, Mobile Communication Systems. New York: Halsted Press, 1989
- [2] W.C.Y. Lee, Estimate of Local Average Power of a Mobile Radio Signal, IEEE Trans., VT-34, NO.1, 1985
- [3] G. L. Siqueira, E. A. Vásquez, R. A. Gomes, C. B. Sampaio and D. A. Borghi “Comparison Between Propagation Measurements and Coverage Prediction Models For Small Urban Cells,” IEEE Global Telecommunications Conference Records, GLOBECOM London UK, 18th to 22nd , vol.2, pp. 1182-1186, 1996
- [4] G.L. Siqueira e E. J. A. Vazques, “Métodos para Cálculo de Cobertura em Sistemas Móveis Celulares: Análise Comparativa”, Relatório paOSR 05/93-RPT 2.1, CETUC PUC/Rio, 1993
- [5] E.J.A. Vasquez, G.L., “Estudo de Cobertura de Sistemas Móveis Celulares em Regiões Urbanas, Tese de Mestrado, CETUC/PUC-RJ, janeiro 1996
- [6] IEEE “ Special Issue on Mobile Radio Propagation ,” IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. 37, NO.1. February 1988
- [7] J.S. Bendat e A.G. Piersol, Random Data – Analysis and Measurements Procedures, John Wiley & Sons, 1992
- [8] T.S. Rappaport, Wireless Communications, Prentice Hall, 1996
- [9] A. Mehrotra, Cellular Radio: Analog and Digital Systems. USA.: Artech House, 1994