

1. Publicação nº <i>INPE-2795-PRE/357</i>	2. Versão	3. Data <i>Julho, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DTL</i>	Programa <i>ANTERF/ESTER 2</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>DUPLEXADOR</i> <i>GUIA DE ONDA</i> <i>ESTAÇÃO TERRENA</i>			
7. C.D.U.: <i>621.2.029.6</i>			
8. Título <i>SUBSISTEMA DUPLEXADOR PARA</i> <i>ESTAÇÃO TERRENA EM 6/4 GHz</i>		10. Páginas: <i>22</i>	
		11. Última página: <i>13</i>	
		12. Revisada por	<i>Lucio B.T. Cividanis</i>
9. Autoria <i>Eduardo Antonio Parada Tude</i> <i>Werner Frueh</i> <i>Eduardo Antonio Parada Tude</i>			13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor Geral</i>
Assinatura responsável			
14. Resumo/Notas <i>Descreve-se o subsistema responsável pela separação dos sinais de transmissão e recepção na estação terrena em 6/4 GHz desenvolvida pelo INPE. O subsistema é composto de duplexador, transições e filtros. Apresenta-se o projeto dos componentes e testes realizados. Obtém-se VSWR menor que 1.15, isolação maior que 100 dB e perda de inserção menor que 0.2 dB.</i>			
15. Observações <i>Submetido para apresentação na 35ª Reunião Anual da SBPC, de 06 a 13 de julho de 1983, Belém/PA.</i>			

ABSTRACT

The subsystem that separates the transmission and receives signals in the 6/4 GHz Ground Station, developed by INPE, is described. The subsystem is composed by the duplexer, transitions and filters. The design of this components and tests are presented. VSWR little than 1.15, isolations better than 100 dB and isertion loss little than 0.2 dB are measured.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>PROJETO DO SUBSISTEMA</u>	2
2.1 - Introdução	2
2.2 - Duplexador	4
2.3 - Filtro rejeita transmissão	8
2.4 - Filtro de transmissão	8
3. <u>RESULTADOS</u>	9
4. <u>CONCLUSÕES</u>	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Subsistema duplexador	2
2 - Subsistema	3
3 - Vista lateral	3
4 - Modos no guia circular	4
5 - Modos no guia retangular	6
6 - Acoplamento de modos	7

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Modos no guia circular	5
2 - Modos no guia retangular	6
3 - Taxa de onda estacionária na recepção	9
4 - Taxa de onda estacionária na transmissão	10
5 - Perda de inserção na recepção	10
6 - Perda de inserção na transmissão	11
7 - Comparação entre valores medidos e especificados	12

1. INTRODUÇÃO

O trabalho descreve o desenvolvimento do subsistema do duplexador para a estação terrena em 6/4 GHz, desenvolvida pelo INPE para estações de pequeno porte.

O subsistema faz a separação dos sinais de transmissão (6 GHz) e recepção (4 GHz) com polarizações lineares e ortogonais, ligando-se ao alimentador (tipo corneta cônica corrugada) de uma antena Cassegrain de 4.5 m. Para polarização circular, introduz-se um polarizador entre a corneta e o subsistema. Suas características básicas são:

- frequência de transmissão: 5.925 GHz a 6.425 GHz;
- frequência de recepção: 3.7 GHz a 4.2 GHz;
- VSWR nas duas portas: < 1.2;
- isolamento entre portas: 80 dB;
- perda de inserção: - recepção: .5 dB;
- transmissão: .5 dB.

A Figura 1 apresenta o subsistema que é composto do duplexador e filtros que aumentam a isolamento entre as portas.

O projeto destes dispositivos é apresentado na Seção 2. Na Seção 3 apresenta-se a performance do subsistema e na Seção 4 as conclusões.

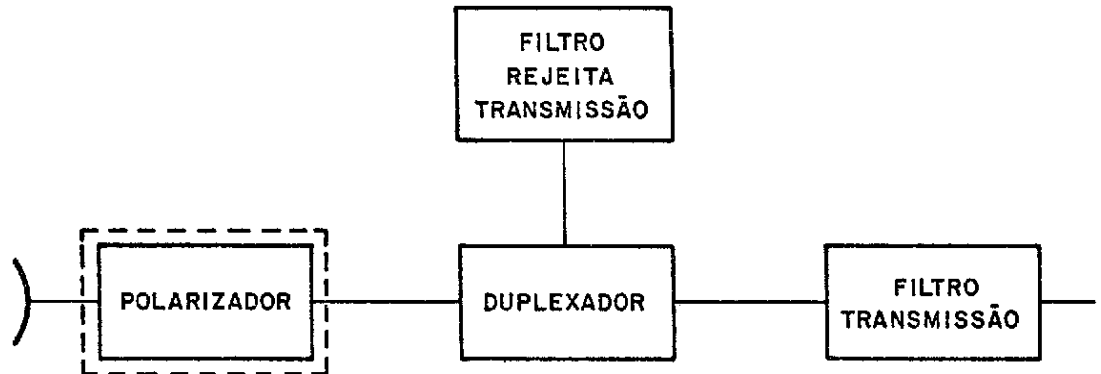


Fig. 1 - Subsistema duplexador.

2. PROJETO DO SUBSISTEMA

2.1 - INTRODUÇÃO

A Figura 2 apresenta o subsistema e a Figura 3 uma vista lateral com a lâmina metálica.

O sinal em 4 GHz é recebido e passa pelo guia circular até ser refletido pela lâmina metálica e passar para a boca retangular em 4 GHz. O sinal de 6 GHz é introduzido no guia retangular, passa ao guia circular, e não é afetado pela lâmina metálica. Os filtros nos dois braços são utilizados para aumentar a isolação entre as portas.

Outra opção seria fazer o duplexador em guia quadrado.

Analisa-se, a seguir, cada componente.

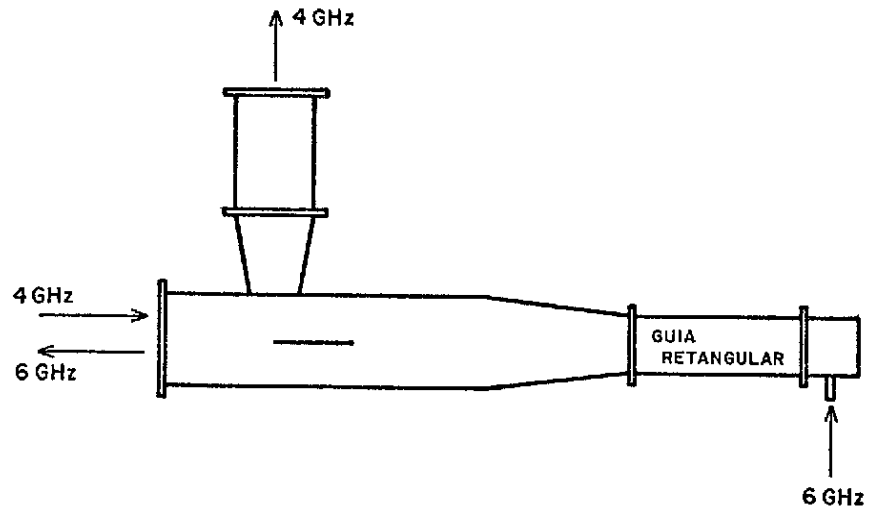


Fig. 2 - Subistema.

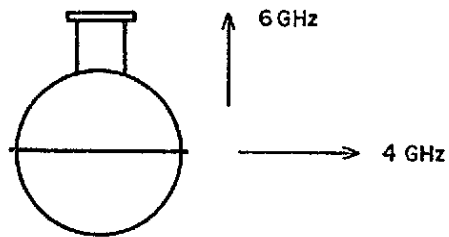


Fig. 3 - Vista lateral.

2.2 - DUPLEXADOR

O duplexador (Tude, 1983) deve obedecer às seguintes especificações:

- perda de inserção $< .25$ dB;
- VSWR < 1.1 ;
- isolamento entre partes de 46 GHz e 6 GHz > 30 dB.

Fez-se a escolha do guia circular analisando os modos propagantes no guia. A Figura 4 apresenta os modos em guia circular.

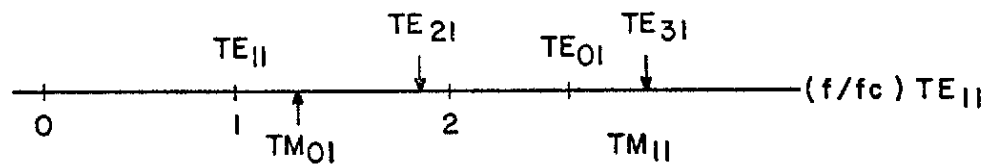


Fig. 4 - Modos no guia circular.

A Tabela 1 apresenta a frequência de corte para o guia escolhido ($\phi = 54$ mm).

TABELA 1

MODOS NO GUIA CIRCULAR

MODO	λ_c	λ_c (a = 27 mm)	f_c (GHz)
TE ₁₁	3.412a	92.124	3.256
TM	2.613a	70.55	4.25
TE	2.057a	55.54	5.4
TE ₀₁ /TM ₁₁	1.640a	44.28	6.7729

Tem-se somente o modo TE₁₁ propagando-se entre 3.7 e 4.2. Caso se tenha também TM₀₁ ele não seria refletido pela lâmina metálica e ter-se-ia de colocar um cartão resistivo ou absorvedor para evitar que eles fossem refletidos depois, vindo a produzir ressonâncias (Tompkins, 1956).

A Figura 5 apresenta a ordem de aparecimento dos modos no guia retangular para $b/a = 1/2$.

A Tabela 2 apresenta as frequências de corte para os guias R40 (a = 2,29" e b = 1.145") e R48 (a = 1.872" e b = .872").

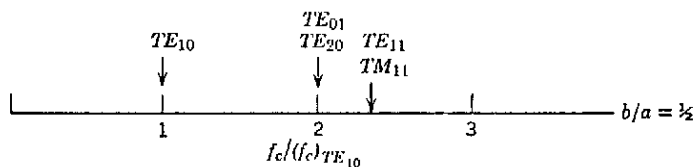


Fig. 5 - Modos no guia retangular.

TABELA 2

MODOS NO GUIA RETANGULAR

MODO	λ_c	λ_c 40 (mm)	λ_c 48 (mm)	f_c 40 (GHz)	f_c 48 (GHz)
TE ₁₀	2a	116.33	95.098	2.579	3.155
TE ₂₀	a	58.166	47.549	5.158	6.305
TE ₀₁	2b	58.166	44.298	5.158	6.772
TE ₁₁ /TM ₁₁	$\frac{2a}{\sqrt{1+(\frac{a}{b})^2}}$	52.025	40.151	5.766	7.471

A boca de 4 GHz em guia R40 apresenta uma isolação menor para 6 GHz (10 dB) que o R48 (30 dB), devido ao acoplamento de modos superiores. No guia circular, na faixa de 6 GHz, tem-se a propagação de TM₀₁^o e TM₂₁^o, além de TE₁₁^o; estes modos acoplam TM₁₁^o e TE₁₁^o conforme a Figura 6.

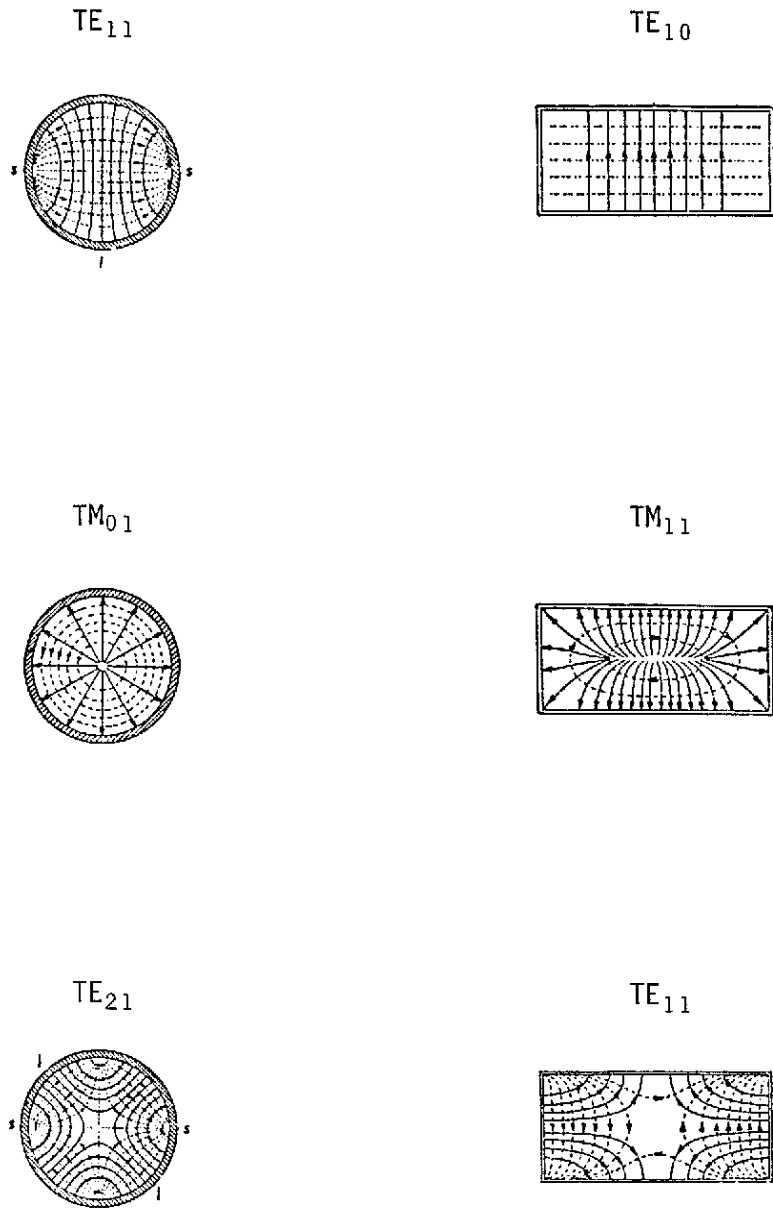


Fig. 6 - Acoplamiento de modos.

No guia R48 TM_{11} e TE_{11} são evanescentes, não sendo portanto acoplados, o que não acontece no R40.

O duplexador foi construído por eletroformação, com a transição circular/retangular em 6 GHz projetada segundo Tude (1982). O guia retangular é o R70 ($a = 1.372''$, $b = .622''$) e o comprimento da transição é de 22 cm.

A lâmina metálica foi colocada de forma a ter uma boa isolação e a facilitar o casamento da porta de 4 GHz por uma íris. A boca de 4 GHz em guia R48 foi ligada a uma transição retangular/retangular para R40, projetada segundo Tude (1982).

2.3 - FILTRO REJEITA TRANSMISSÃO

Trata-se de construir um filtro rejeita-banda com as seguintes características:

- perda em 4 GHz $< .25$ e
- atenuação em 6 GHz > 50 dB.

O método clássico de construção de filtros rejeita-banda é o da colocação de cavidades ressonantes espaçadas de $\lambda/4$, conforme Steven (1973). Estas cavidades podem também ser simuladas por parafusos colocados em um guia retangular. A Tabela 2 mostra, no entanto, que ter-se-ão modos superiores em 6 GHz que serão rejeitados por estes circuitos ressonantes. A máxima rejeição encontrada foi de 30 dB. Utilizou-se então uma estrutura em guia "ridge" de banda mais larga, onde os parafusos espaçados de $\lambda_g/4$ apresentam a rejeição desejada.

2.4 - FILTRO DE TRANSMISSÃO

O filtro rejeita-banda com as seguintes características:

- perda de inserção em 6 GHz < .25 dB e
- atenuação em 4 GHz < 60 dB,

serve para atenuar sinais espúrios em 4 GHz produzidos pelo transmissor na boca de 6 GHz.

Utilizou-se a solução mais simples e barata, isto é, um trecho de guia (R70) que, junto com a transição retangular/coaxial, produz a atenuação desejada. Outras soluções envolvem uma diminuição do guia, de modo a aumentar a atenuação e diminuir o comprimento do filtro. A transição retangular/coaxial foi desenvolvida segundo técnicas convencionais (Ragan, 1948).

3. RESULTADOS

Apresentam-se a seguir, nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 as medidas de taxa de onda estacionária e perda do subsistema. A isolação de 6 e 4 GHz na porta de 4 GHz apresentaram valores maiores que 100 dB e ultrapassaram o "range" dinâmico do sistema de medidas.

TABELA 3

TAXA DE ONDA ESTACIONÁRIA NA RECEPÇÃO

FREQUÊNCIA (GHz)	VSWR
3,70	1,12
3,75	1,05
3,80	1,09
3,85	1,13
3,90	1,08
3,95	1,05
4,00	1,03
4,05	1,03
4,10	1,02
4,15	1,07
4,20	1,14

TABELA 4

TAXA DE ONDA ESTACIONÁRIA NA TRANSMISSÃO

FREQUÊNCIA (GHz)	VSWR
5,925	1,05
5,950	1,05
6,000	1,02
6,050	1,02
6,100	1,03
6,150	1,05
6,200	1,06
6,250	1,05
6,300	1,03
6,350	1,01
6,400	1,05
6,425	1,05

TABELA 5

PERDA DE INSERÇÃO NA RECEPÇÃO

FREQUÊNCIA (GHz)	P.I. (dB)
3,70	0,22
3,75	0,05
3,80	0,15
3,85	0,16
3,90	0,05
3,95	0,16
4,00	0,10
4,05	0,10
4,10	0,08
4,15	0,10
4,20	0,10

TABELA 6

PERDA DE INSERÇÃO NA TRANSMISSÃO

FREQUÊNCIA (GHz)	P.I. (dB)
5,925	0,11
5,95	0,12
6,00	0,10
6,05	0,10
6,10	0,13
6,15	0,15
6,20	0,15
6,25	0,12
6,30	0,15
6,35	0,13
6,40	0,15
6,425	0,20

4. CONCLUSÕES

Desenvolveu-se um subsistema para separar os sinais de re
cepção e transmissão que superou as especificações apresentadas, confor
me a Tabela 7.

Detalhes de projeto foram analisados e os testes efetua
dos. Procurar-se-ã agora analisar alternativas que otimizem o subsistema
e a construção de um similar em 14/12 GHz.

TABELA 7

COMPARAÇÃO ENTRE VALORES MEDIDOS E ESPECIFICADOS

	MEDIDO	ESPECIFICADO
VSWR de Entrada	1,15	1,2
VSWR de Saída	1,06	1,2
Isolação entre Portas	< 100 dB	< 80 dB
Perda de Inserção na Recepção	.15 dB	.5
Perda de Inserção na Transmissão	.2 dB	.5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RAGAN, L.G. *Microwave transmission circuits*. New York, McGraw-Hill, 1940, Radiation laboratory series.
- SLEVEN, R.L.; ANSELMO, A.J.; LEVINSON, D.S.; TAUB, J.J.; WORONTZOFF, N. Bandstop filter design for ultra-low loss and high power. In: EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, Brussels, 1973. *Proceedings*. Ghent, Belgium, University of Ghent, 1973, v.2, p. B.2.4-B.2.4.
- TOMPKINS, R.D. A Broad-Band Dual-Mode Circular Waveguide Transducer. *IRE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 4(3):181-183, July, 1956.
- TUDE, E.A.P.; MIRANDA, C.A.I. *Projeto de transições em guias de onda*. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2369-RPE/409).
- BRASIL. *Duplexador*. E.A.P. Tude, W. Frueh, 1983, patente requerida.