

ERNANDES VIEIRA FILHO

IME-SE/3

Pça. Gal. Tibúrcio, 80 - Urca
22.290 - Rio de Janeiro - RJ

FLAVIO J. V. HASSELMANN

CETUC-PUC/RJ

Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
22.453 - Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

Este trabalho analisa, a partir da Teoria Geométrica da Difração, o efeito de espalhamento mútuo entre as superfícies refletoras no diagrama de irradiação de antenas Cassegrain. São apresentados resultados numéricos evidenciando todas as contribuições de campos difratados de até 3ª ordem.

1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Para se obter o diagrama de irradiação de antenas Cassegrain é usual calcular-se o campo eletromagnético espalhado pelo sub-refletor através da Teoria Geométrica da Difração (GTD) e o espalhamento deste pelo refletor principal via integração das correntes (da Ótica Física) induzidas, aliada à GTD para ângulos de observação grandes. Em antenas simétricas calcula-se ainda, por integração, o espalhamento do campo secundário (irradiado pelo refletor principal) pelos estais de sustentação do sub-refletor, responsável pelo aumento do nível de lobos secundários, no diagrama total da antena, em direções bem determinadas [1,2].

Com o crescente rigor ao se especificar as características de desempenho de antenas a serem empregadas em estações terrenas para comunicação via satélite, torna-se necessário investigar o espalhamento múltiplo nas superfícies constituintes da antena, isto é, analisar os efeitos mútuos entre os processos de irradiação acima mencionados e responsáveis por níveis de campo que, embora baixos, possam ser relevantes.

Considerando que a "sombra" provocada pelo sub-refletor no campo secundário é maior que a causada pelos estais e que o espalhamento pelos mesmos pode ser reduzido projetando-os em configuração duplo-retângulo [2,3], objetiva-se, neste trabalho, analisar os efeitos no diagrama de irradiação de uma antena Cassegrain causados por difrações múltiplas entre as bordas das superfícies refletoras. A técnica empregada nesta análise, a GTD [4], é bem conhecida e sua aplicação à análise de desempenho de sistemas refletoras bem divulgada na literatura (por ex. [5]). Na região central do diagrama de irradiação da antena, correspondendo à ocorrência de cáustica para os campos refletido e difratado, o campo distante é calculado, alternativamente, a partir da integração das correntes induzidas no refletor principal segundo a aproximação da Ótica Física e levando-se em conta o bloqueio da abertura da antena causado pelo sub-refletor [6]. Na região de lobos secundários da antena, livre de bloqueio, considera-se ainda a contribuição devida ao transbordamento no sub-refletor do campo irradiado pelo alimentador.

No cálculo do espalhamento mútuo acima mencionado levou-se em conta efeitos de reflexões e difrações

múltiplas entre o sub-refletor e o refletor principal de uma antena Cassegrain (hiperbolóide-parabolóide) com alimentação no foco. Os campos difratados aqui considerados são classificados como de primeira, segunda ou terceira ordem, correspondendo a raios que sofrem uma, duas ou três difrações nas bordas da antena; considera-se, também, os campos correspondentes à reflexão no refletor principal em seguida a difrações de primeira e segunda ordem. O desenvolvimento analítico de cálculo, correspondente aos 96 raios considerados, é por demais extenso e aqui omitido, sendo detalhado em [7].

2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados resultados numéricos correspondentes às diversas contribuições, anteriormente mencionadas, para o diagrama de irradiação total de uma antena Cassegrain simétrica (parabolóide-hiperbolóide), excetuando-se o espalhamento pelos estais de sustentação do sub-refletor. A antena em consideração, cuja geometria é ilustrada na Fig. 1, apresenta os seguintes parâmetros:

frequência de trabalho: 3.75 GHz $\Rightarrow \lambda = 8\text{cm}$

iluminação de borda do sub-refletor: - 15dB

$R_P = 4\text{m} \Rightarrow D_P = 100\lambda$

$R_S = 53.4\text{cm} \Rightarrow D_S = 13.35\lambda$

$F_P = 3.265\text{m} \Rightarrow \frac{F_P}{D_P} = 0.41$

$F_S = 98.4\text{cm}$

$e = 1.67$ (excentricidade do sub-refletor)

$\beta_M = 62.98^\circ$

$\alpha_M = 17.48^\circ$

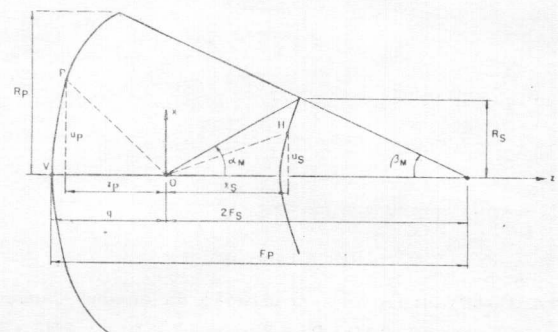
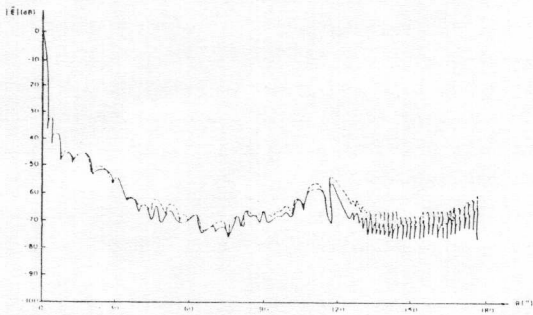
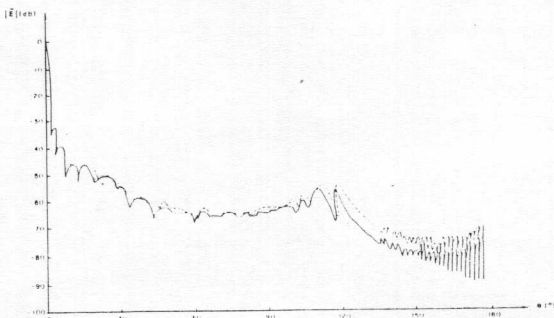


Figura 1- Geometria da antena Cassegrain no plano E.

As Figs. 2a,b ilustram, em curva cheia, as envol-
tórias dos diagramas de irradiação da antena nos pla-
nos E e H, respectivamente, considerando as contribui-
ções do campo do alimentador transbordado no sub-re-
fletor (E_F), do campo da Ótica Física (PO) para $\theta < 3.5^\circ$
e, para $\theta > 3.5^\circ$, dos campos correspondentes às difra-
ções de 1ª ordem (D_1) e reflexões no refletor princí-
pal em seguida a difrações de 1ª ordem (RD_1); as cur-
vas tracejadas referem-se à adição dos campos de 2ª
ordem (difração e difração seguida de reflexão). Ob-
serva-se que a inclusão dos últimos implica apenas em
uma pequena alteração para direções de observação afas-
tadas da região central onde os níveis de campo já são
muito baixos, podendo, portanto, ser desprezadas; o dia-
grama correspondente apenas à difração (e reflexão em
seguida à difração) de 2ª ordem é ilustrado nas Figs.
4a,b para os planos E, H. Os campos correspondentes a
reflexões no refletor principal em seguida a difrações
de 1ª ordem foram incluídos no diagrama da antena (Figs.
2-curvas cheias) por representarem contribuições da
ordem do campo total na região inicial do diagrama de
lobos secundários; as contribuições relevantes, toda-
via, são devidas apenas às reflexões após difrações
na borda inferior do sub-refletor, como se depreende
das Figs. 3a,b. As contribuições dos campos correspon-
dentes a difrações de 3ª ordem, conforme ilustrado nas
Figs. 5a,b para os planos E e H, são irrelevantes e
não foram considerados no diagrama total da antena
(Figs. 2).

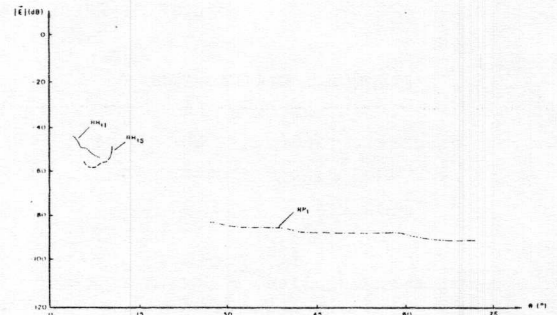


(a) plano E

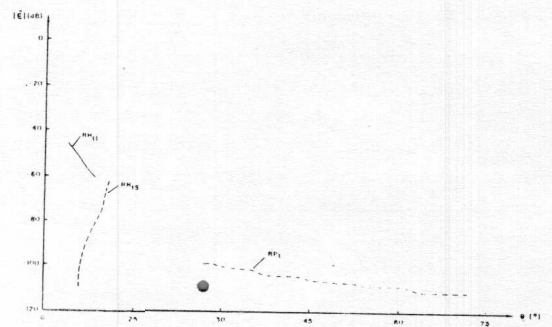


(b) plano H

Figura 2 - Diagrama de irradiação da antena Cassegrain
— $E_F + PO + D_1 + RD_1$, --- $E_F + PO + D_1 + RD_1 + D_2 + RD_2$

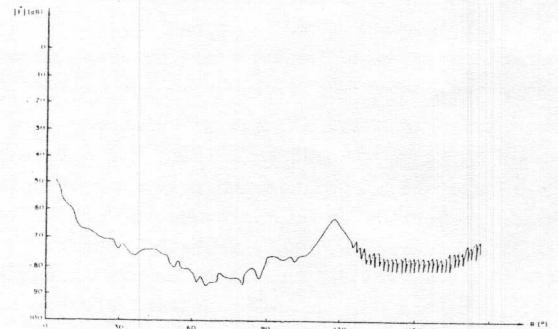


(a) plano E

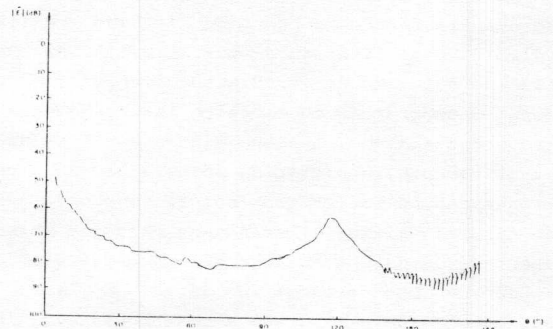


(b) plano H

Figura 3 - Diagrama correspondente à difração de 1ª ordem seguida de reflexão no refletor principal: — difração na borda inferior do sub-refletor e reflexão na parte inferior do refletor principal, --- difração na borda inferior do sub-refletor e reflexão na parte superior do refletor principal, -- difração na borda inferior e reflexão na parte superior do refletor principal.

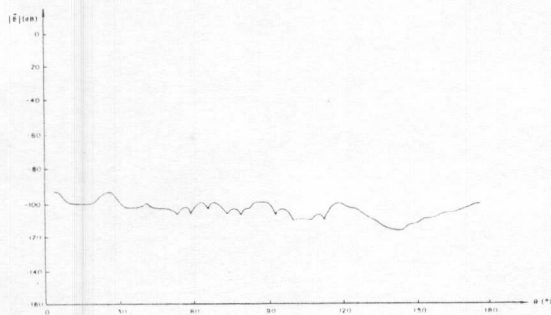


(a) plano E

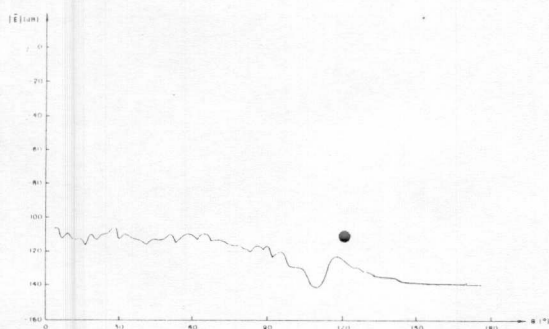


(b) plano H

Figura 4 - Diagrama correspondente à difração de 2ª ordem nas bordas inferiores do sub-refletor e refletor principal seguida de reflexão no refletor principal e à difração de 2ª ordem nas bordas da antena.



(a) plano E



(b) plano H

Figura 5 - Diagrama correspondente à difração de 3ª ordem

3. CONCLUSÕES

A análise dos resultados revelou, conforme esperado, que os campos difratados de ordem superior não contribuem significativamente para o diagrama de irradiação da antena, não precisando, portanto, serem levados em conta em análises futuras. Concomitantemente, concluiu-se que outras contribuições de ordem superior, como as dos "whispering gallery modes" na parte côncava do refletor principal e das "creeping waves" na parte convexa das superfícies refletoras, podem também ser desprezadas. Estas conclusões, embora obtidas a partir de uma antena constituída de um par parabolóide-hiperbolóide, são certamente válidas para outras geometrias usualmente encontradas em sistemas refletoras.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Silva, L.C. - "Antena Cassegrain de 6m", Relatório CETUC-D-A-02/81, Agosto 1981.
- [2] Silva, L.C. - "Espalhamento Produzido por Estais em Antenas Refletoras", Relatório CETUC-D-A-01/84, Março 1984.
- [3] Silva, L.C. - "A Method for the Reduction of Strut Scattering in Reflector Antennas", Digest of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, pp.330-333, Boston, E.U.A., Junho 1984.

- [4] Kouyoumjian, R.G. e Pathak, P.H. - "A Uniform Geometrical Theory of Diffraction for an Edge in a Perfectly Conducting Surface", Proceedings of the IEEE, Vol. 62, nº 11, pp. 1448-1460, Novembro 1974.
- [5] Mentzer, C.A. e Peters, L. - "A GTD Analysis of the Far-Out Sidelobes of Cassegrain Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 23, nº 5, pp. 702-709, Setembro 1975.
- [6] Maanders, E.J. - Some Aspects of Ground Station Antennas for Satellite Communications, Technical Report 75-E-60, Department of Electrical Engineering/Eindhoven University of Technology, Agosto 1975.
- [7] Vieira Filho, E. - Análise de Espalhamento Múltiplo em Antenas Cassegrain, Dissertação de Mestrado, DEE-PUC/RJ, Abril 1988.

Este trabalho foi suportado pelas Telecomunicações Brasileiras S.A. através dos Contratos PUC-TELEBRÁS 028/83 e 168/86-JPqD.