

Análise de Antenas para Radiotelescópios de Baixa Frequência

Dimas Irion Alves, Nelson Jorge Schuch, Natanael Rodrigues Gomes, Guilherme Simon da Rosa, Ândrei Camponogara.

Resumo—O Observatório Espacial do Sul (OES, 29,4° S, 59,4° O), em São Martinho da Serra, RS, Brasil, foi classificado como apto para receber sofisticados e sensíveis rádio interferômetros, baseados no conceito de *Phased Array*. Fato que possibilitou o desenvolvimento de um arranjo interferométrico similar ao *Low Frequency Array (LOFAR) Prototype Station (LOPES)*. No trabalho são apresentados e comparados os resultados da simulação de duas antenas dipolo: V-invertido similar a *Low Band Antenna (LBA)*, utilizado no LOFAR e *NRL LOFAR Test Array (NLTA)*. O objetivo desta avaliação é determinar, para o sítio, a antena que possui a maior largura de banda dominada pelo ruído Galáctico.

Palavras-Chave—LOFAR, Dipolo V-invertido, Dipolo NLTA, rádio interferômetro, ruído Galáctico.

Abstract—The Southern Space Observatory (SSO, 29,4° S, 53,8° W), in São Martinho da Serra, RS, Brazil, was classified as being suitable to receive sensitive and sophisticated radio interferometers, based on the *Phased Array* concept. This fact permits the development of an interferometric array similar to the *Low Frequency Array (LOFAR) Prototype Station (LOPES)*. The work presents and compares simulations results for two dipoles. The *Inverted-V* similar to the *Low Band Antenna (LBA)* used in the LOFAR and *NRL LOFAR Test Array (NLTA)*. The evaluation objective is to determine the antenna that has the highest bandwidth dominated by Galactic noise.

Keywords—LOFAR, inverted-V dipole, NLTA dipole, radio interferometer, Galactic noise.

I. INTRODUÇÃO

O *Low Frequency Array (LOFAR)* é um arranjo interferométrico que consiste em um conjunto de antenas de baixo custo que opera em uma banda de frequência de 10 a 250 MHz [1].

Para verificar se a emissão de raios cósmicos é detectável e utilizável em uma região de observação, foi construído o *LOFAR Prototype Station (LOPES)* que consiste em um conjunto de antenas dipolo desenvolvido para testar alguns aspectos do conceito de LOFAR [1].

Um interferômetro utilizando uma metodologia similar a empregada no LOPES está sendo desenvolvido no

Dimas Irion Alves, Nelson Jorge Schuch, Ândrei Camponogara, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CCR/INPE - MCT em colaboração com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria LACESM/CT/UFSM, Santa Maria, RS, e-mails: dirion@lacesm.ufsm.br, njschuch@lacesm.ufsm.br, acamponogara@lacesm.ufsm.br. Natanael Rodrigues Gomes, Depto. de Eletrônica e Computação - DELC/CT - UFSM, em colaboração com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM, Santa Maria, RS, E-mail: natanael@lacesm.ufsm.br. Guilherme Simon da Rosa, Centro de Telecomunicações - CETUC-PUC, Pontifícia Universidade Católica - PUC/Rio, Rio de Janeiro, RJ, e-mail: guilhermesimondarosa@cetuc.puc-rio.br.

Observatório Espacial do Sul (OES). Para frequências abaixo de 100 MHz a sensibilidade do telescópio é limitada pelo ruído Galáctico [2]. Segundo S. W. Ellingson, [3], quando isto ocorre, até simples dipolos podem apresentar uma extraordinária largura de banda utilizável. Os dipolos utilizados no trabalho são o V-invertido, similar a *Low Band Antenna (LBA)*, proposto por Cappellen et al, [4], e o dipolo *NRL LOFAR Test Array (NLTA)* que possui um preço mais elevado do que a antena V-invertido, proposto por S. W. Ellingson, [3]. O estudo destas antenas empregou as mesmas dimensões propostas por S. W. Ellingson, [3] e Cappellen et al, [4]. A exceção foi o elemento irradiador cujo raio, no estudo, foi assumido como 0,1 mm e 16 mm para as antenas dipolo V-invertido e NLTA, respectivamente.

II. RESULTADOS

As simulações do trabalho foram realizadas utilizando o *software NEC-2* [5], considerando um plano terra realista com condutividade $\sigma = 5$ mS/m e permissividade relativa $\epsilon_r = 13$. Considerando o enlace utilizado, radiador, pré-amplificador, *balun*, linha de transmissão e receptor, foram adotadas: temperatura de ruído do pré-amplificador de 360 K, as eficiências dos dipolos ϵ_r sendo unitárias e um valor de impedância de entrada do pré-amplificador de 100 Ω . O procedimento de análise do ruído instrumental foi aquele utilizado por G. S. Rosa, [6], desconsiderando a polarização das antenas, e o modelo de ruído Galáctico proposto por H. V. Cane, [7].

Das simulações foram obtidos os resultados mostrados nas Fig. 1 e Fig. 2, para as antenas V-invertido e NLTA.

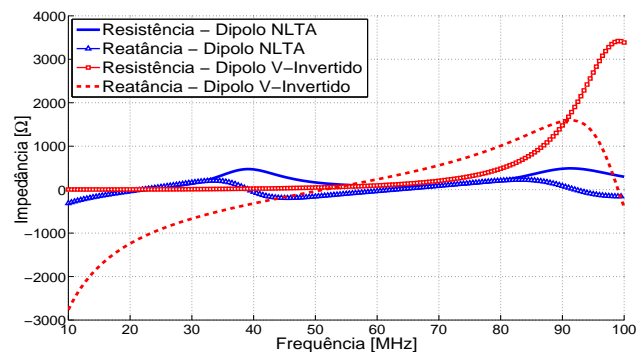


Fig. 1. Características de impedância dos dipolos NLTA e V-invertido.

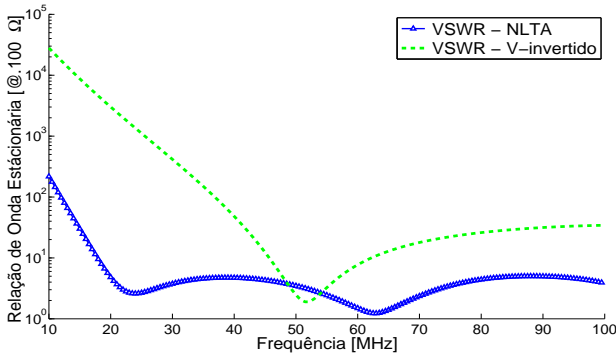


Fig. 2. Relação de onda estacionária na alimentação (VSWR) dos dipolos NLTA e V-invertido para uma impedância normalizada em 100Ω .

Nota-se que a impedância do dipolo NLTA apresenta valores relativamente baixos quando comparados ao dipolo V-invertido, Fig. 1. O coeficiente de reflexão de tensão (Γ) nos terminais da antena em direção ao pré-amplificador e a relação de onda estacionária (VSWR) são:

$$\Gamma = \frac{Z_{pre} - Z_a}{Z_{pre} + Z_a} \quad (1)$$

e

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}, \quad (2)$$

onde Z_{pre} é a impedância de entrada do pré-amplificador e Z_a é a impedância nos terminais da antena.

O Γ e o VSWR devem diminuir, quando adotado o valor de impedância de entrada citado, causando um aumento na potência transferida ao pré-amplificador. Fato que acarreta um aumento do valor de γ , que é a relação entre o ruído Galáctico e o ruído instrumental:

$$\gamma = \frac{S}{N_p + N_f}, \quad (3)$$

onde S é a densidade de potência espectral, N_p é o ruído térmico do pré-amplificador e N_f é o ruído térmico decorrente da atenuação na linha de transmissão.

Pode-se avaliar, na Fig. 3, a largura de banda de frequência, na qual o ruído Galáctico domina o ruído próprio da instrumentação ($N_p + N_f$) das antenas ativas.

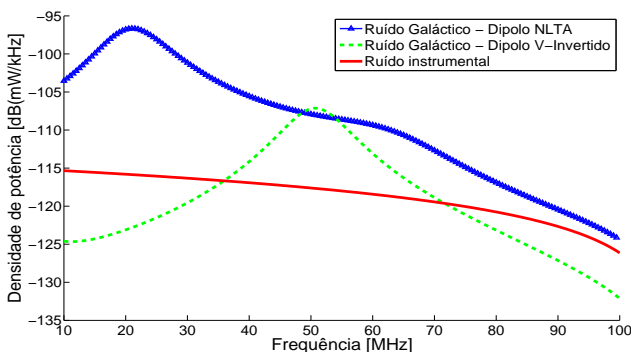


Fig. 3. Densidade de potência na entrada do receptor para os dipolos NLTA e V-invertido e o ruído instrumental.

Os resultados anteriores são sumarizados na Fig. 4 que apresenta a intensidade de γ em função da frequência para o VSWR simulado, apresentado na Fig. 2.

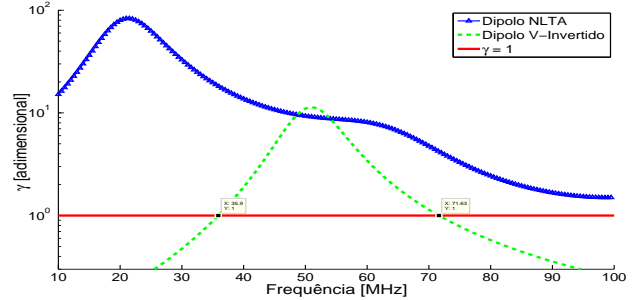


Fig. 4. Comparação do $\gamma = 1$ com o γ calculado utilizando o VSWR da simulação para os dipolos NLTA e V-invertido.

Comprova-se, portanto, que o dipolo NLTA pode operar em toda a faixa de 10 - 100 MHz, enquanto que o dipolo V-invertido pode operar na faixa de 35,9 - 71,63 MHz.

III. CONCLUSÕES

Foram analisadas duas antenas de possível implementação para um moderno arranjo interferométrico de baixa frequência, as quais necessitam ter grande largura de banda dominada pelo ruído Galáctico, baixo custo e serem mecanicamente simples. Entre as antenas estudadas, o dipolo NLTA apresentou maior largura de banda utilizável e uma característica de impedância favorável para a instrumentação utilizada no interferômetro do que o dipolo V-invertido, porém mostrou-se mecanicamente mais complexo e mais dispendioso economicamente. A pesquisa está sendo estendida para abranger o estudo de outros tipos de antenas, visando obter a melhor relação custo benefício para a implementação no projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa PIBIC/INPE - CNPq/MCT e a Comissão Organizadora do SBTr'11, pela oportunidade de apresentar o trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Astron. (2011, Mar. 6). *LOFAR* [Online]. Available: <http://www.astron.nl/general/lofar/lofar>
- [2] G. S. Rosa, "Relatório de Estágio Supervisionado Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria", 2010. Relatório de Estágio Supervisionado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.
- [3] S. W. Ellingson, "Antennas for the Next Generation of Low-Frequency Radio Telescopes," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, pp. 2480-2489, Aug. 2005.
- [4] W. A. van Cappellen, M. Ruiter and G. W. Kant, "Low Band Antenna: Architectural Design Document," ASTRON, *LOFAR Project*, Doc.id: LOFAR-ASTRON-ADD-009, ver. 2.1, 2007.
- [5] 4nec2. (2011, Jun. 27). *NEC antenna modeler and optimizer* [Online]. Available: <http://home.ict.nl/~arivoors/>
- [6] G. S. Rosa, "Desenvolvimento de Antenas, Receptores, Correlacionadores e Sistema de Aquisição de Dados para Interferômetro (20 - 80 MHz) de Baixo Custo - Radiointerferência", 2010. 95f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.
- [7] H. V. Cane, "Spectra of the non-thermal radio radiation from the galactic polar regions," *Monthly Notice Royal Astronomical Society*, vol. 189, pp. 465-478, Nov. 1979.