

COMPARATIVO DA MEDIÇÃO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE ANTENAS EM VHF UTILIZANDO OS ANALISADORES DE REDE VETORIAL NANOVNA E COPPER MOUNTAIN TR1300/1

Maria Gabriela Abreu de Souza ¹
Mayara Gomes Accioly ²
Arthur Silva Souza ³
Marlo Andrade Santos ⁴
Raimundo Carlos Silvério Freire ⁵

INTRODUÇÃO

Em uma medição espera-se estabelecer um valor de uma determinada grandeza. Esses valores apresentam resultados diferentes devido aos erros presentes em todas as medições. Esses erros são definidos como: sistemáticos, brutos e aleatórios. Os erros sistemáticos estão associados ao erro humano, erros instrumentais e aos fatores externos, como umidade e temperatura. Os erros brutos podem ser compreendidos quando registra-se um valor diferente do previsto, ou seja, são erros nos cálculos ou nos registros dos resultados das medições, envolvendo um erro na leitura do equipamento. Os erros aleatórios são resultados diferentes para determinadas medições que foram realizadas inúmeras vezes e esse erro é o mais frequente. (ELECTRONICS|PROJECTS|FOCUS, 2022).

Para realizar medições na área de radiofrequência (RF), usa-se um analisador de rede vetorial (*Vector Network Analyser* - VNA). Em (SHOAIB, 2016) são apresentadas as aplicações e a importância do VNA na área de radiofrequência, capaz de medir as magnitudes de transmissão e reflexão de um sistema com precisão e eficiência. Estas redes a serem analisadas são: antenas, sensores, linhas de transmissão, filtros e amplificadores. A caracterização da antena é de suma importância para analisar o desempenho da mesma. Para realizar a caracterização da antena é utilizado o VNA. No mercado existem diferentes modelos de VNAs, com configurações que dependem do fabricante, da tecnologia e da

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, maria.souza@ee.ufcg.edu.br;

² Graduanda pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, mayara.accioly@ee.ufcg.edu.br;

³ Mestrando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, arthur.souza@ee.ufcg.edu.br;

⁴ Doutorando pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, marlo.santos@ee.ufcg.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rcsfreire@dee.ufcg.edu.br.

aplicação. Utilizando uma das portas do VNA pode-se conhecer a resposta em frequência de uma antena. Este procedimento é propenso a diversos erros devido ao ambiente de medição, as características da antena, os erros inerentes à medição e depende do tipo de instrumento utilizado. Um dos principais problemas encontrados nesse tipo de medição é em relação ao custo benefício desses instrumentos. Existem VNAs com diversas especificações, preços e o custo de aquisição destes equipamentos é um fator limitante encontrado por grupos de pesquisas e empresas.

O modelo da antena usada para as medições usando o NanoVNA e Copper Mountain TR1300/1 é a antena *Patch*. As antenas *patch* retangulares de microfita espiral podem assumir diferentes formas geométricas, geralmente são feitas com baixo custo material, permitem o desenho com dimensões reduzidas e são utilizadas em diversas aplicações (LUO *et al.*, 2017, p.79–87; BALANIS, 2015).

Em RIBEIRO *et al* (2007) simularam e mediram uma antena espiral construída com Duroid 5880, largura de banda de 400 MHz, na frequência de ressonância de 1,69 GHz e área de 10,58 cm². Uma antena *patch* espiral quadrada de microfita aplicada em sistemas microeletromecânicos foi desenvolvida em HUFF E BERNHARD (2006). Uma antena espiral quadrada com canto truncado, operando em 5 GHz, com largura de banda de 1,2 GHz e ganho máximo de 7,3 dBi é desenvolvido em JEONG *et al* (2006).

Este artigo tem como objetivo apresentar uma comparação da resposta em frequência de uma antena *Patch* simulada e medida usando dois analisadores de rede: NanoVNA e Copper Mountain TR1300/1, de forma a analisar o custo benefício desses VNAs e determinar qual o mais adequado para a medição da antena. Inicialmente é apresentado materiais e métodos. Em seguida, temos o referencial teórico. Na sequência, os resultados. Por fim, as considerações finais e perspectivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resultados simulados e medidos foram referentes a uma antena *Patch* espiral e retangular que opera em 116 MHz. A estrutura da antena consiste em: elemento irradiador em forma retangular espiral, o substrato e o plano de terra. A antena foi simulada com permissividade dielétrica $\epsilon_r = 4,3$, espessura dielétrica $h = 1,524$ mm, tangente de perdas de $\delta = 0,02$ e FR4 como o material de substrato.

A fabricação e simulação da antena foram realizadas na Universidade de Campina Grande (UFCG) utilizando o software AnsysTM para simulação e LPKF ProtoMat E33 como

equipamento de fabricação. A medição realizada com o NanoVNA foi realizada na UFCG. Após as medições, a antena foi enviada para a Universidade de Bordeaux para que a antena fosse caracterizada com o Copper Mountain TR1300/1.

A configuração experimental usada para a resposta do coeficiente de reflexão da antena (S_{11}) com o NanoVNA e o Copper Mountain TR1300/1 é mostrada na Figura 1: um computador (1) conectado por um cabo USB (2) ao VNA (3); o VNA fornece sinais através de um cabo coaxial RG-174 de 30 cm (4) para a antena (5) conectado por um conector SMA. Para fixar a antena, é utilizado um suporte metálico (6), evitando o movimento durante a medição. Para cada medição, foi realizada uma calibração SOL (short - open - load) na extremidade do cabo coaxial (4) antes da conexão com a antena (5).

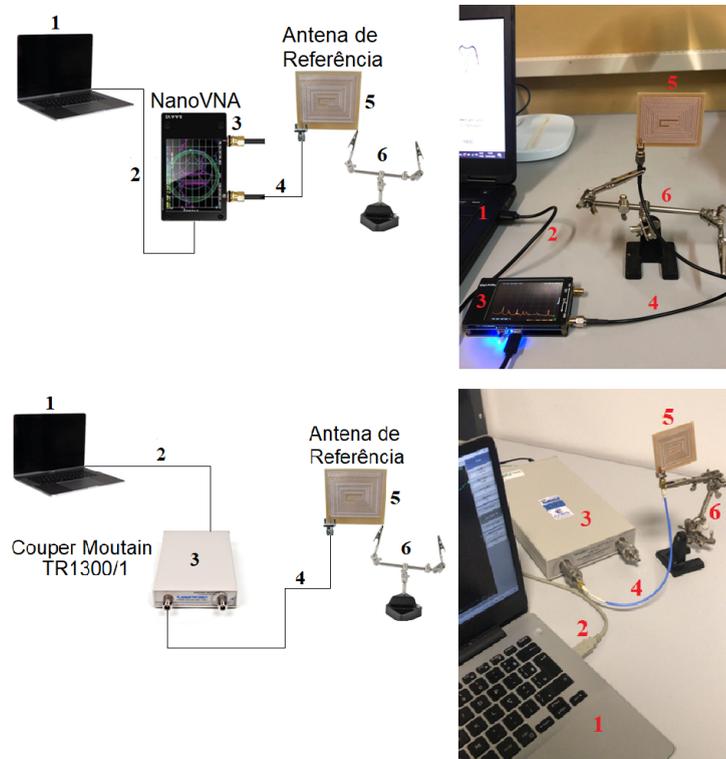


Figura 1: Setup das medições da resposta em frequência da antena *Patch* com: (a) NanoVNA, (b) Copper Mountain TR1300/1.

Fonte: autoria própria.

Na Tabela 1 temos algumas características dos analisadores de rede vetorial NanoVNA e do Copper Mountain TR1300/1.

Tabela 1: Características dos analisadores de rede vetorial NanoVNA e do Copper Mountain TR1300/1.

Equipamento	NanoVNA	Copper Mountain TR1300/1
Frequência de operação	10 kHz - 1,5 GHz	300 kHz - 1,3 GHz
Resolução da frequência	10000 Hz	1 Hz
Número de portas	2	2
Volume	51,08 cm ³	1.618,8 cm ³
Peso	0,088 kg	1,5 kg
Preço	R\$ 566,53	R\$ 18.360,98

Fonte: autoria própria.

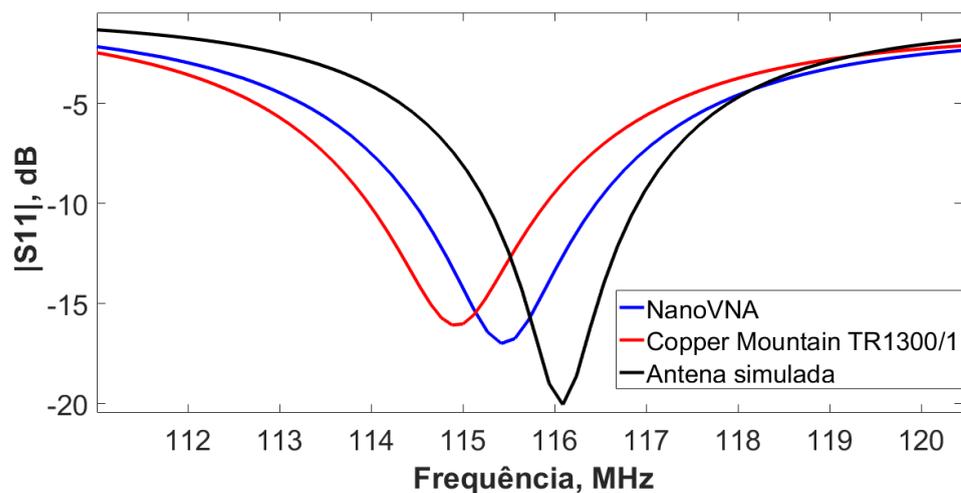


Figura 2: Resultados simulados e medidos para o coeficiente de reflexão (S_{11}) da antena Patch usando o NanoVNA e o Copper Mountain TR1300/1.

Fonte: autoria própria.

Tabela 2 - Resultados medidos entre o NanoVNA e o Copper Mountain TR1300/1.

Resultados	Parâmetros				
	f_0 (MHz)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	BW (MHz)	$ S_{11} $ (dB)
Antena Simulada	116,08	115,25	116,90	1,65	-20,04
Medição da antena com o NanoVNA	115,40	114,50	116,90	2,40	-16,99
Medição da antena com Copper Mountain TR1300/1	114,90	114,10	115,80	1,70	-16,07

Fonte: autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação da resposta em frequência da antena simulada e das medições usando o NanoVNA e o Copper Mountain TR1300/1 podem ser vistos na Figura 2. O erro percentual da resposta em frequência em relação a simulação da antena *Patch* e a medição utilizando o NanoVNA é de $\Delta F = 0,59\%$ e em relação a medição com Copper Mountain TR1300/1, é de $\Delta F = 1,02\%$. No que se refere a comparação da magnitude simulada de -20,04 dB, a magnitude medida com o NanoVNA tem uma diferença de 3,05 dB e com o Copper Mountain TR1300/1, de 3,97 dB. A comparação de valores simulados e medidos são mostrados na Tabela 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta uma comparação entre a simulação da resposta em frequência de uma antena *Patch* e as medições utilizando dois analisadores de redes vetoriais para a caracterização da antena: NanoVNA e Compact VNA-TR1300/1.

A diferença da resposta em frequência da simulação e medição utilizando o NanoVNA foi de $\Delta F = 0,59\%$. Já em relação a medição com Compact VNA-TR1300/1 obtivemos uma diferença de $\Delta F = 1,02\%$. Vários fatores contribuíram para que houvesse diferença nas

medições em cada VNA em relação a simulação. Ambas as medições foram realizadas em dias e locais diferentes, o Copper Mountain TR1300/1 possui menor resolução que o NanoVNA, como também os possíveis erros de medição como temperatura, umidade e conectores. Apesar das diferenças apresentadas, elas não descartam as medições realizadas em cada VNA.

A vantagem do NanoVNA é que ele é um equipamento de baixo custo quando comparado ao Copper Mountain TR1300/1. Por sua vez, o Copper Mountain TR1300/1 possui mais precisão na medição. Desse modo, conclui-se que a utilização do NanoVNA é uma possibilidade de baixo custo para caracterização das antenas. Como perspectivas, espera-se continuar medições usando outras tecnologias, como por exemplo, Rádio definido por *Software* e outros analisadores de rede vetorial.

Palavras-chave: Instrumentação eletrônica, Medidas elétricas, Metrologia, Antenas.

REFERÊNCIAS

- BALANIS C. A.. Antenna theory: analysis and design. **John wiley & sons**, 2015.
- ELECTRONICS|PROJECTS|FOCUS, EL-PRO-CUS. **What are Errors in Measurement? Types of Errors with Calculation.** [S. l.]. Disponível em: <https://www.elprocus.com/what-are-errors-in-measurement-types-of-errors-with-calculation/>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- HUFF G. H.; BERNHARD J. T.. Integration of packaged RF MEMS switches with radiation pattern reconfigurable square spiral microstrip antennas. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**. vol. 54, no. 2, p. 464–469, 2006.
- JEONG G.-T.; KIM W.-S.; KWAK K.-S.. Design of a corner-truncated square-spiral microstrip patch antenna in the 5-GHz band. **Microwave and Optical Technology Letters**. vol. 48, no. 3, p. 529–532, 2006.
- LUO Q.; GAO S.; SOBHY M.; LI J.; WEI G.; XU J.. A broadband printed monofilar square spiral antenna: A circularly polarized low-profile antenna. **IEEE Antennas and Propagation Magazine**. vol. 59, no. 2, p. 79–87, 2017.
- RIBEIRO D. R.; SANTANA L. A. ; ALVES M. C. ; ALMEIDA J. F.; SS SOBRINHO C. L. da. Spiral microstrip antenna. **2007 SBMO/IEEE MTTs International Microwave and Optoelectronics Conference**. IEEE, 2007, pp. 104–106.
- SHOAIB, Noshewan. Vector Network Analyzer (VNA) Measurements and Uncertainty Assessment. **Springer International Publishing**, 2016.