



Análise de antenas monopolo para sistemas UWB com *patch* em anel regular e elemento parasita

Bruna A. L. da Silva¹, Adaildo G. D'Assunção² e Alfredo Gomes Neto³

¹Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e da Computação – PPgEEC. E-mail: brunasilva@ifpb.edu.br

²Orientador. Pós-doutor pela North Dakota State University. Bolsista 1A do CNPQ. E-mail: adaildo@ymail.com

³Co-orientador. Doutor pela UFPB. Membro da SBMO e do IEEE. E-mail: alfredogomesjpa@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta a caracterização de uma nova proposta de antena monopolo de microfita, tendo o *patch* condutor em forma de anel circular para uso em sistemas UWB. A influência da inserção de um corte retangular no plano terra e de um elemento parasita circular interno ao condutor principal da estrutura também foram investigados no intuito de aumentar o casamento de impedância para melhorar sua resposta para aplicações UWB. Os softwares Ansoft HFSS[®] e CST Microwave Studio[™] foram as ferramentas de simulação usadas para obter os resultados numéricos das antenas em questão. Estes resultados foram comparados aos resultados experimentais, observando-se uma concordância significativa entre eles.

Palavras-chave: Antenas, *patch* em anel circular, UWB.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas que operam em faixas de frequências com uma banda ultra larga são foco de estudos recentes. De acordo com as especificações do FCC (*Federal Communications Commission*), os sistemas UWB (*Ultra Wide Band*) trabalham com largura de banda (BW) acima de 7.5 GHz, estando BW localizada entre 3.1 GHz e 10.6 GHz. Além disso, o FCC especifica que a largura de banda fracionária (B_f) UWB pode ser classificada como $B_f > 20\%$ (BALANIS, 2009), (FCC, 2002), (GHAVAMI, 2007), (HERINGER, 2006), (PEYROT-SOLIS, 2005), de acordo com a Tabela 1, onde a largura de banda fracionária pode ser calculada através das Equações (1) e (2):

$$BW = \frac{f_{up} - f_{low}}{f_c} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$B_f(\%) = \frac{BW}{f_c} \times 100\% = 2 \frac{f_{up} - f_{low}}{f_{up} + f_{low}} \times 100\% \quad \text{Eq. (2)}$$

Tabela 1 - Classificação da largura de banda fracionária

Classificação	Banda fracionária
Banda estreita:	$B_f < 1\%$
Banda larga:	$1\% < B_f < 20\%$
Banda ultra larga:	$B_f > 20\%$

Neste artigo, é apresentada uma nova estrutura de antena monopolo planar em microfita e *patch* com geometria em anel circular, a ser usada em sistemas UWB. A estrutura citada é analisada em relação à inserção de elementos parasitas no centro da estrutura principal, bem como em relação a um corte retangular no plano terra.



2. ANTENAS PARA SISTEMAS UWB

Uma antena é um dispositivo passivo que converte ondas eletromagnéticas guiadas em ondas não guiadas e que podem ser transmitidas no espaço livre. Várias estruturas de antenas de microfita foram propostas no intuito de que estas atendessem às especificações dos sistemas UWB, incluindo antenas de abertura e monopolos planares, ambos com diferentes geometrias (PEYROT-SOLIS, 2005).

Antenas de microfita são caracterizadas por uma fita condutora de altura t , impressa sobre um substrato dielétrico de altura h , limitado em sua base por um plano terra. A constante dielétrica ϵ_r do substrato, geralmente, pode assumir valores entre 2.2 e 12. Esse tipo de transdutor eletromagnético é discreto, compacto, leve, de construção simplificada e baixo custo. Além disso, oferece maior mobilidade, versatilidade de projeto para operar em várias frequências de ressonância e a possibilidade de melhorias futuras (BALANIS, 2009).

Sistemas UWB - Antenas UWB podem ser usadas em aplicações militares, comerciais e médicas, radares e comunicações móveis (GHAVAMI, 2007). Tão variadas quanto às aplicações desses dispositivos, também são as geometrias da fita condutora. Devido às vantagens mencionadas acima, a maior concentração das pesquisas recentes sobre antenas para sistemas UWB está focada sobre aquelas de microfita. Estas antenas apresentam diversas geometrias, a exemplo de: monopolos planares retangular e circular, Vivaldi, de abertura, fractais (PEYROT-SOLIS, 2005).

Aumento da largura de banda - Antenas monopolo planar são consideradas uma variação das antenas de microfita para as quais o plano terra foi deslocado para o infinito. A largura de banda depende da impedância de diferentes modos e seu casamento com a linha de alimentação de potência (RAY, 2008). De acordo com os resultados empíricos apresentados na literatura (TSENG, 2009), (RAY, 2008), (SINGH, 2007), pode ser observado que há um aumento na largura de banda quando usadas estas configurações de antenas.

A inserção de um corte retangular de 3 mm de largura e 4 mm de comprimento foi proposto em (BAO, 2007) após pesquisas realizadas em torno da alteração das dimensões desse corte. Esse tipo de corte foi também analisado empiricamente em (NOBREGA, 2008) e foi mostrado que é capaz de prover uma redução nos valores do S11 (coeficiente de reflexão), razão pela qual foi incluído neste estudo. De acordo com (TSENG, 2009), a inserção de um elemento parasita na estrutura do *patch* condutor provê um aumento na faixa de frequência de operação.

3. ANTENAS COM PATCHES COM FORMATO EM ANEL

Antenas que têm *patches* com formato em anel oferecem algumas melhoria e vantagens sobre outros tipos de antenas. Para certas frequências, suas dimensões são reduzidas quando comparados a *patches* retangulares ou circulares (não em anel). Sendo assim, é possível combinar esta geometria com elementos de diferentes geometrias. A faixa de frequência de operação é ajustada através da variação dos raios do anel externo (r) e interno (r_1) (GARG, 2001).

Inicialmente, duas antenas monopolo planar de microfita com *patch* em formato de anel circular foram propostas, onde em uma delas foi inserido um recorte no plano terra (NOBREGA, 2008). As duas estruturas foram simuladas e medidas no intuito de observar sua viabilidade e atendimento às especificações dos sistemas UWB. Os tamanhos obtidos para as estruturas propostas foram: $r = 16,6$ mm, $r_1 = 12,45$ mm, $W = 3$ mm, $L = 16,75$ mm e $g = 1$ mm. Estas duas estruturas estão ilustradas em Figura 1. Os raios internos foram obtidos usando um fator logarítmico de 0,25 sobre o raio externo. Em outras palavras, multiplicando-se o raio externo pelo fator escolhido e o resultado sendo subtraído do valor deste raio, é possível obter três valores para raios internos. Os resultados da primeira e segunda antena estão ilustrados em Figuras 2 e 3, respectivamente. Os softwares Ansoft HFSS[®] e CST Microwave Studio[™] foram as ferramentas de simulação usadas para obter os resultados numéricos das antenas em questão. Estes resultados foram comparados aos resultados experimentais medidos obtidos a partir do analisador de redes Agilent Technologies, modelo N5230A.

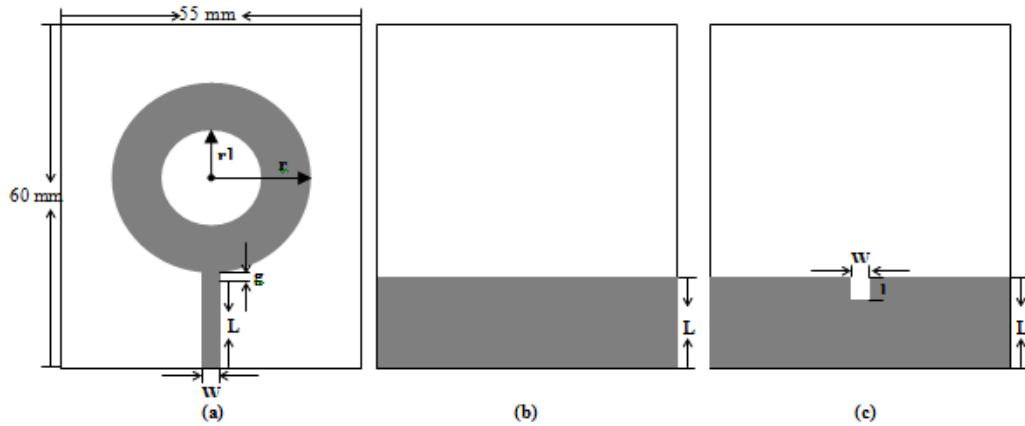


Figura 1 - (a) Visão frontal da antena proposta, (b) plano terra sem corte, (c) plano terra com corte

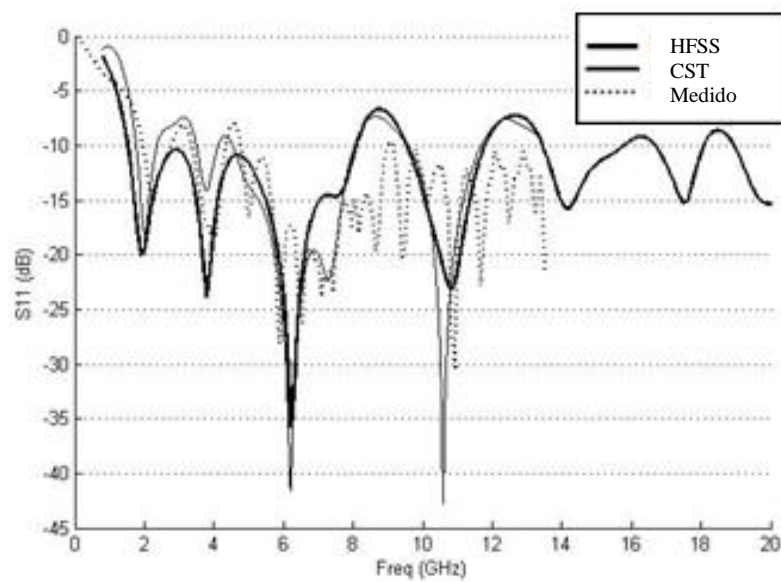


Figura 2 - Comparação dos resultados medidos e simulados para a antena proposta sem corte no plano terra

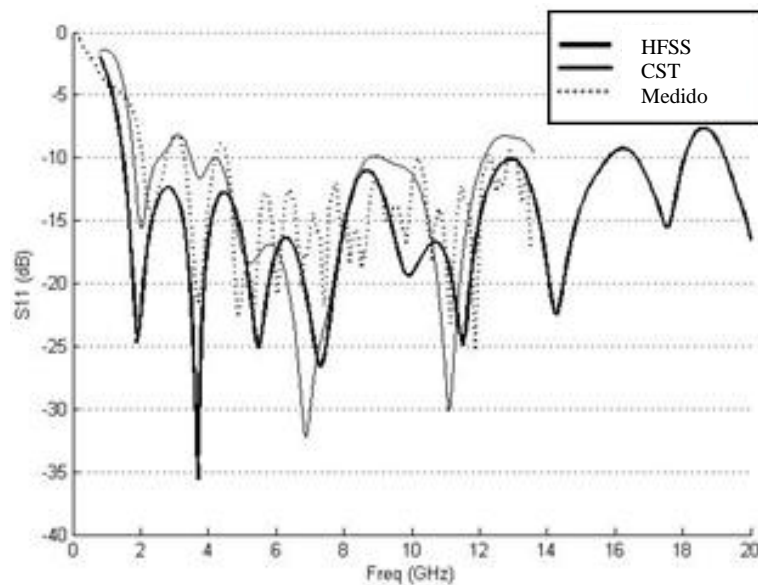


Figura 3 - Comparação dos resultados simulados e medidos para a antena com corte no plano terra

De acordo com as respostas obtidas, é possível observar uma boa concordância entre as larguras de banda simuladas e medidas. Há algumas oscilações nos coeficientes de reflexão medidos, que pode ser explicado pelos efeitos de multipercursos oferecidos pelo ambiente de medição. De qualquer forma, a estrutura sem o corte no plano terra apresentou quatro bandas principais de operação (operação multibanda), com a terceira caracterizando uma banda ultra larga. Além disso, pode ser indicada à aplicações WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), também conhecida como padrão IEEE 802.16. O WiMax opera em faixas de frequências distintas, dependent do país de aplicação. Em alguns, essa tecnologia utiliza a banda de ISM (Industrial, Scientific, Medical) e, em muitos outros, sua operação está licenciada para 5.8 GHz. Além disso, a estrutura com o corte no plano terra está habilitada para operar entre 4 GHz e 13 GHz, aproximadamente. Estes resultados podem ser melhor visualizados através da Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados para a antena proposta, sem e com corte no plano terra

	r_1 (mm)	f_{low} (GHz)	f_{up} (GHz)	BW (GHz)	B_f (%)
Sem corte no plano terra	12,45	1,5	8,1	6,60	137,50
		9,5	11,8	2,30	21,60
		13,5	15,8	2,30	15,70
		16,7	18,1	1,40	8,05
Com corte no plano terra	12,45	1,5	15,8	14,30	165,32

4. ANTENA COM PATCH COM FORMATO EM ANEL E ELEMENTO PARASITA

Uma antena monopolo com *patch* em anel circular, um elemento parasita interno a este e um corte no plano terra foi analisado na tentativa de obter características desejáveis para que esses dispositivos possam operar em sistemas UWB. A estrutura proposta está ilustrada Figura 4. Os parâmetros estruturais da antena são: $r = 16,600$ mm, $r_1 = 9,96$ mm, $r_2 = 3,32$ mm, $W = 3$ mm, $L = 16,75$ mm, $g = 1$ mm e $l = 4$ mm. Os raios internos, mais uma vez, foi obtido usando um fator logarítmico, desta vez o fator escolhido foi 0,20.

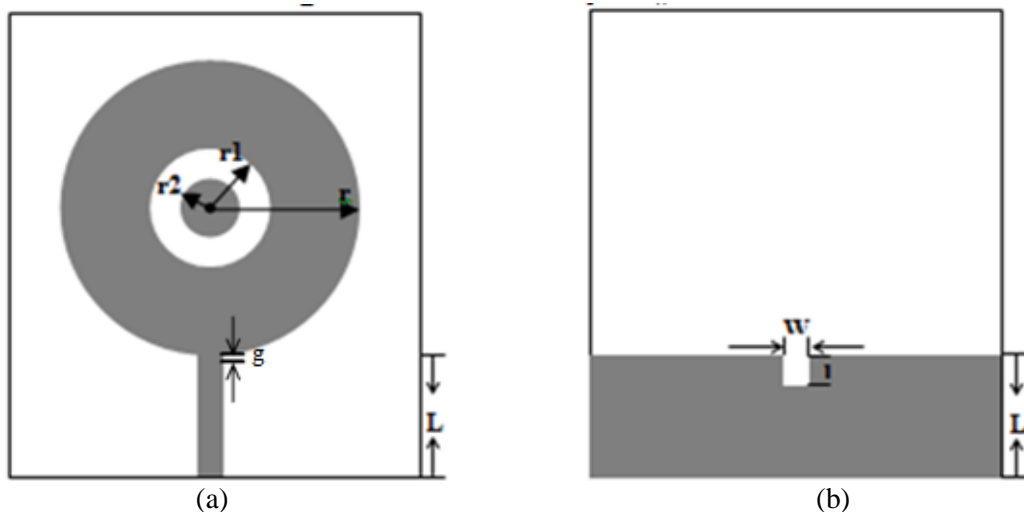


Figura 4 – Visão (a) Frente e (b) Verso da antena proposta com recorte retangular no plano terra

A Figura 5 mostra os resultados medidos e simulados para o coeficiente de reflexão da antena proposta em Figura 4. Os *softwares* comerciais Ansoft HFSS e o CST Microwave StudioTM foram usado na análise da estrutura supracitada, obtendo-se, através deles, resultados simulados. Enquanto isto, os resultados medidos foram obtidos através do analisador de redes Agilent Technologies, modelo N5230A.

Uma boa concordância, mais uma vez, pode ser observada entre os resultados simulados e medidos. Um resultado excelente foi obtido para a largura de banda da antena (para perda de retorno em -10 dB), proporcionando uma faixa de frequências que concorda com as especificações dos sistemas UWB. Na Tabela 3, estes resultados são sintetizados e comparados aqueles obtidos para algumas estruturas sem elemento parasita.

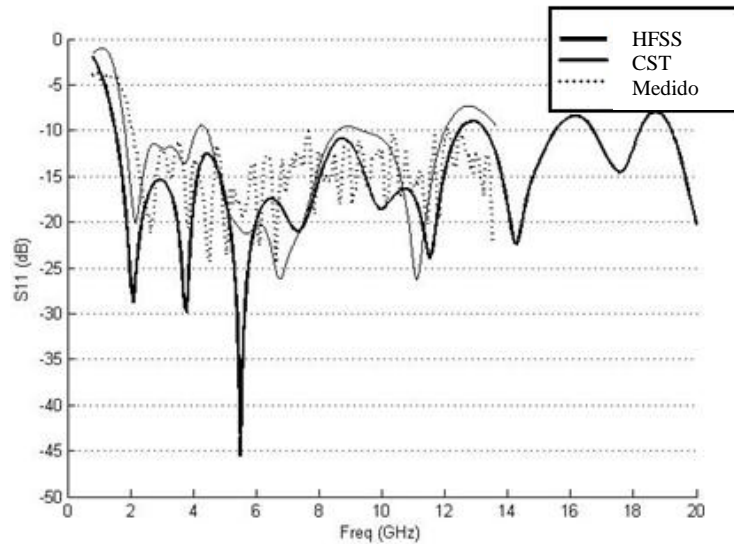
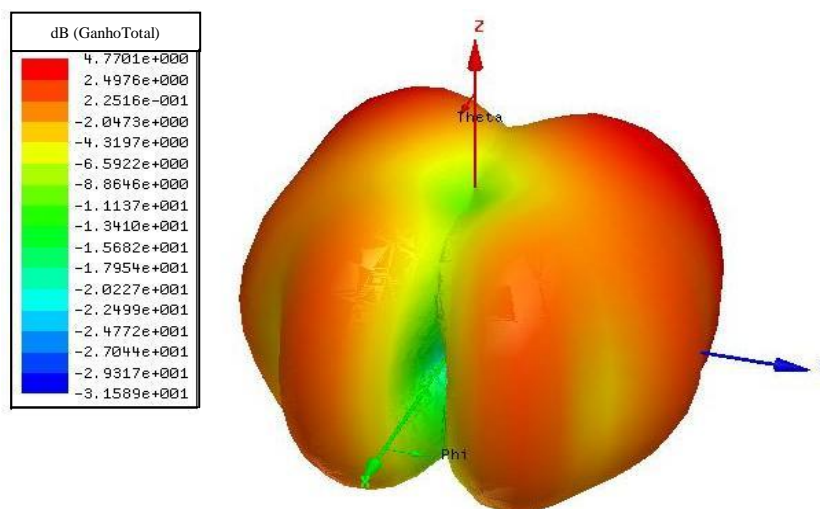


Figura 5 - Resultados simulado e medido para a antena com elemento parasita e recorte no plano terra

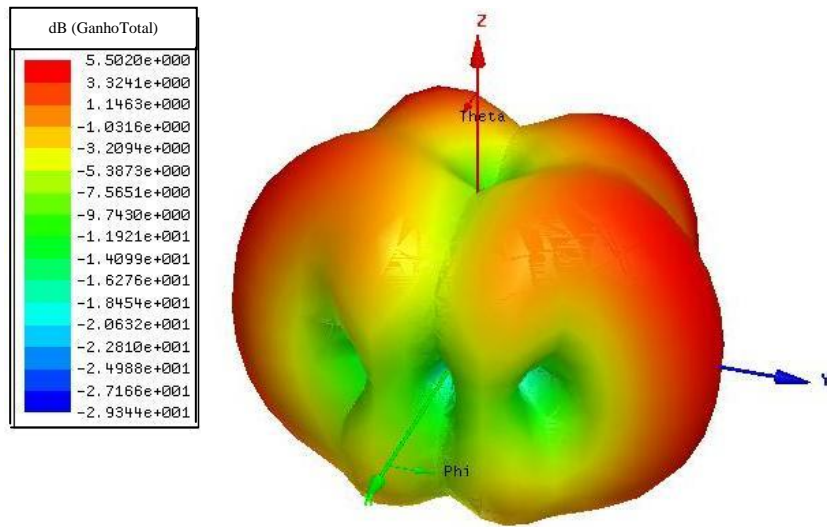
Tabela 3 - Resultados para a antena proposta, sem e com elemento parasita

	r1 (mm)	r2 (mm)	f _{low} (GHz)	f _{up} (GHz)	BW (GHz)	B _f (%)
Sem elemento parasita	9,960	-	1,6	12,4	10,8	154,29
Com elemento parasita	9,960	6,640	1,5	12,5	11,0	157,14

O diagrama de radiação da estrutura apresentada em Figura 4 está ilustrado em Figura 6 para duas frequências e sua carta de Smith está ilustrada em Figura 7. Essas ilustrações foram obtidas através do *software* comercial Ansoft HFSS.



(a)



(b)

Figura 6 - Padrão de radiação 3D para a estrutura proposta com elemento parasita e corte no plano terra para as frequências de: (a) 5.8 GHz, (b) 7.3 GHz

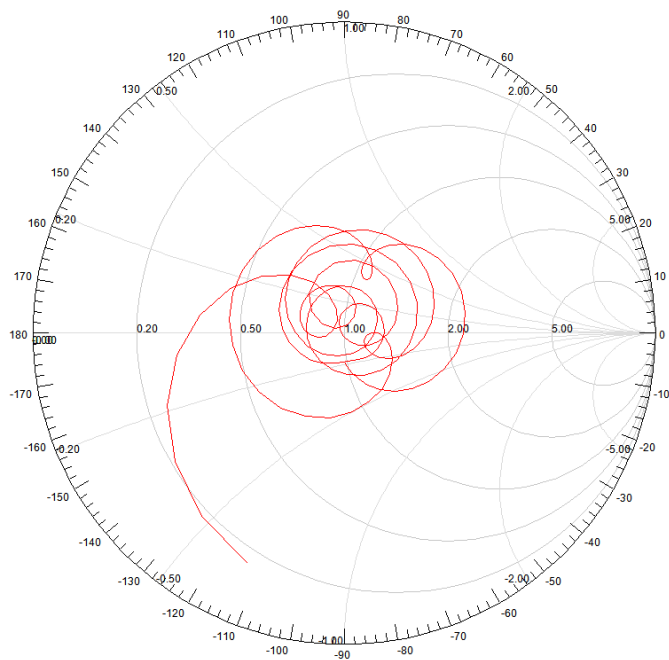


Figura 7 - Carta de Smith

5. CONCLUSÕES

Este trabalho propõe duas soluções para aumentar a largura de banda obtida com antenas de microfita com geometria circular do *patch* conductor, no intuito de alcançar um comportamento em frequência suficiente para ser usado em aplicações UWB. Estas soluções são: inserção de cortes no plano terra e de elementos parasitas. A geometria em anel circular com corte no plano terra oferece excelente resposta em frequência, apresentando largura de banda maior que 7,5 GHz. Esta ainda pode ser aumentada com o uso de elementos parasitas, que variarão sua influência no circuito de acordo com a escolha da geometria, tamanho, localização e quantidade desses elementos. Para o caso estudado neste trabalho, houve aumento na largura de banda, entretanto esta técnica pode ser utilizada em uma grande variedade de configurações de antenas e ainda assim elas apresentarem respostas distintas e aumentos relevantes ou não.



REFERÊNCIAS

BALANIS, C. A. **Teoria de Antenas**. Vol. 2. Transl. by: J. R. Souza. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BAO, X. L., AMMANN, M. J. **Investigation on UWB Printed Monopole Antenna with Rectangular Slitted Ground Plane**. *Microwave Opt. Technol. Lett.*, Vol. 49, No. 7, Jul. 2007. 1585-1587 p.

FCC. Federal Communications Commission. FCC 02-48. 22 Abr. 2002. Disponível em: < http://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Orders/2002/fcc02048.pdf >. Acesso em: 20 jun. 2012.

GARG, R., BHARTIA, P., BAHL, I., ITTIPIBOON, A. **Microstrip Antenna Design Handbook**. London: Artech House, 2001.

GHAVAMI, M. E., MICHAEL, R., KOHNO L. B. **Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering**. 2nd ed. (S.I.): John Wiley & Sons Ltd, 2007.

HERINGER, L. C., ANGÉLICO, B. A., ABRÃO T., JEXZENSKY, P. J. E. **Sistemas de Comunicação de Banda Ultralarga**. *Scientific Journal Periodical- Telecommunications*, vol. 09, nº 1, pp. 8-20, Nov. 2006.

NOBREGA, C. L. **Otimização dos Parâmetros de Monopolos Planares de Microfita para Aplicações em Sistemas de Banda Ultra Larga**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

PEYROT-SOLIS, M. A., GALVAN-TEJADA, G. M., JARDON-AGUILAR, H. **State of the Art in Ultra-Wideband Antennas**. *In: XI Conference on Electrical Engineering (CIE 2005)*, pp. 101-105, Cidade do México, Set. 2005.

RAY, K. P. **Design Aspects of Printed Monopole Antennas for Ultra-Wide Band Applications**. *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2008.

SINGH, R. **Broadband Planar Monopole Antenas**. Indian Institute of Technology, Bombay, 2003.
Thomas, K. G. e Lenin, N. **Ultra Wideband Printed Monopole Antenna**. *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, 2007.

TSENG, C. -F., HUANG, C. -L., HSU, C-H. **Microstrip-fed Monopole Antenna with a Shorted Parasitic Element for Wideband Application**. *Progress in Electromagnetics Research Letters*, vol. 7, pp. 115-125, 2009.