



SISTEMA DE MEDIÇÃO ELETROMAGNÉTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DE REFLETIVIDADE PARA AMBIENTES INDOOR

Jakson dos S. Silva¹, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN
Humberto D. de Andrade², Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN
Idalmir de Souza Q. Júnior², Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN
Nickson Saymon de O. Lopes¹, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN

GT 5 - ENGENHARIAS

RESUMO: Com o crescimento das tecnologias de comunicação *wireless* faz-se necessário investigar as propriedades dielétricas dos materiais que compõem os ambientes *indoor*. Diante disso, o presente trabalho tem como propósito realizar um estudo sobre refletividade e desenvolver um sistema de medição baseado no método do arco NRL, para caracterizar materiais utilizados na construção civil, que são aplicados em ambientes *indoor*. As simulações foram realizadas através da utilização do *software* HFSS e os valores medidos são gerados a partir da incidência de sinais eletromagnéticos. O sistema de medição proposto realiza as medições de refletividade com a sinalização dos níveis de energia atenuada para os materiais do tipo vidro e gesso. Portanto, o conhecimento dos níveis de atenuação dos materiais aplicados em ambientes *indoor* é necessário para que os projetos e estudos de propagação de sinal de tecnologia *wireless* sejam mais eficazes.

PALAVRAS-CHAVE: Refletividade. Caracterização de materiais. Método do Arco NRL.

1 INTRODUÇÃO

As comunicações móveis desempenham um trabalho relevante no cenário atual, visto que as redes móveis conectam a população mundial através de *smartphones*, *laptop* e outros. Além disso, a comunicação em ambientes *indoor* do tipo *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) apresenta uma capacidade de atravessar obstáculos físicos e sofre de várias interferências associadas aos fenômenos ondulatórios de reflexão, absorção e refração. A caracterização eletromagnética dos materiais de forma antecipada faz com que aumente a precisão dos sistemas de comunicação, uma vez que este processo auxilia na compreensão da interação desses materiais com a radiação eletromagnética e facilita o estudo sobre a quantidade de energia refletida e absorvida (GÜNEŞER, 2019). Assim, para se ter conhecimento do nível de energia refletida ou absorvida é necessário caracterizar a refletividade do material.

¹ Discente de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido

² Docente de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dentre as técnicas utilizados para medição de refletividade dos materiais, o Laboratório de Pesquisa Naval (*Naval Research Laboratory - NRL*), na década de 1950 propôs o método do arco, que consiste em utilizar uma estrutura em forma de arco, um Analisador Vetorial de Rede (*Vector Network Analyzer - VNA*) e duas antenas, responsáveis pela transmissão e recepção dos sinais (NING *et al.*, 2017). Esse método é capaz de obter informações estáticas da refletividade para diversos ângulos de incidência (LIU; XIONG; CHEN, 2022). Portanto, com o advento da tecnologia de comunicação *wireless* e diante da necessidade de se investigar as propriedades dos materiais que compõem os ambientes *indoor*, o presente trabalho tem como propósito realizar um estudo sobre refletividade e desenvolver um sistema de medição baseado no método do arco NRL, para caracterizar materiais utilizados na construção civil.

2 METODOLOGIA

A metodologia realizada neste trabalho começa com a construção do *setup* de medição, baseado em um ambiente eletromagnético simulado através do *software* HFSS, em que ocorre todas as entradas de dados das antenas, dos afastamentos e do plano de referência. Com relação ao sistema construído, para o arco NRL foi utilizado um vergalhão de ferro de 10 mm (3/8”), cujo o raio do arco foi de 70 cm. As extremidades do arco possuem bases de madeira de Fibras de Média Densidade (*Medium Density Fiberboard - MDF*), com dimensões de 20 x 20 x 20 cm. Para a caracterização da refletividade através do arco NRL é preciso medir o sinal refletido de uma placa condutora, que será utilizada como superfície de referência. Em seguida, o material que será caracterizado é posicionado no mesmo local da superfície de referência, no qual o sinal refletido também é medido (IEEE, 1998). A refletividade é obtida pela diferença entre a medição do material e a medição da placa de referência. Para determinar o raio do arco foi utilizado a Equação 1, que representa a distância mínima, cuja a equação é denominada como a metade do campo distante. Em que, D representa a maior dimensão da antena e λ é o comprimento de onda para a maior frequência de interesse.

$$r_{min} = \frac{D^2}{\lambda} \quad (1)$$

Na Figura 1 ilustra-se o *setup* de medição de refletividade, no qual o sistema é composto por dois arranjos de antenas de microfita, um *Lite VNA* 50 KHz – 6,3 GHz, um *notebook*, materiais absorvedores de micro-ondas e um suporte de madeira confeccionado para apoiar os materiais. A faixa de operação dos arranjos de antenas de microfitas é de

1,4 a 2,7 GHz. Os materiais absorvedores atuarão na isolação das interferências eletromagnéticas do meio, uma vez que se trata de um ambiente não controlado. Além disso, o material da superfície de referência foi o cobre, com dimensões de 60 x 50 cm e 1,57 mm de espessura e o ângulo de incidência adotado foi de 30°.

Figura 1 – Setup de medição de refletividade proposto.



Fonte: Autoria Própria (2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A refletividade representa a parcela de energia refletida em relação a energia incidente total no material, ou seja, é uma relação percentual da quantidade de energia refletida pelo material. Além disso, a refletividade pode ser medida na escala dB e segundo LEE (1991), essa atenuação se relaciona com o percentual de energia absorvida conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Relação entre a atenuação da refletividade e a energia absorvida.

Atenuação da Refletividade (dB)	% da Energia Absorvida
0	0
-1	20,6
-2	37
-3	50
-6	75
-10	90
-15	96,9
-20	99
-30	99,9
-40	99,99

Fonte: Adaptado de LEE (1991).

Os materiais escolhidos para a caracterização de refletividade do presente trabalho foram o vidro (60 x 50 cm e espessura de 6 mm) e uma placa de gesso (60 x 60 cm e espessura de 28,95 mm). Na Figura 2 ilustra-se o vidro e a placa de gesso no arco para a caracterização.

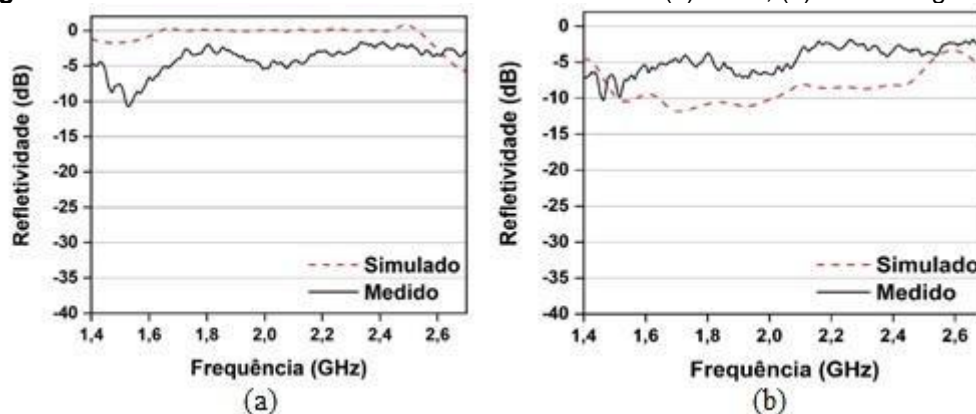
Figura 2 – Materiais no arco para caracterização. (a) Vidro; (b) Placa de gesso.



Fonte: Autoria Própria (2023).

A Figura 3 apresenta uma comparação entre as curvas simuladas e medidas, e diante disso observou-se que o vidro teve uma maior absorção do sinal entre 1,4 a 1,7 GHz, com níveis de atenuações entre -6 e -10 dB. Para a placa de gesso, a faixa de frequência que o material mais absorveu foi entre 1,4 a 1,6 GHz, que também corresponderam as atenuações entre -6 e -10 dB.

Figura 3 – Curvas de Refletividade simuladas e medidas. (a) Vidro; (b) Placa de gesso.



Fonte: Autoria Própria (2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização do método NRL foi possível medir a refletividade dos materiais vidro e placa de gesso, e diante dessas informações conclui-se que o conhecimento dos níveis de atenuação dos materiais aplicados em ambientes *indoor* é necessário para que os projetos e estudos de propagação de sinal de tecnologia *wireless* sejam mais eficazes. Portanto, os conhecimentos adquiridos nesse trabalho foram de grande valia, visto que os resultados se apresentaram de forma satisfatória e os objetivos foram alcançados.

REFERÊNCIAS

GÜNEŞER, Muhammet Tahir. Artificial intelligence solution to extract the dielectric properties of materials at sub-THz frequencies. **IET Science, Measurement & Technology**, v. 13, n. 4, p. 523-528, 2019.

IEEE. IEEE recommended practice for radio-frequency (RF) absorber evaluation in the range of 30 MHz to 5 GHz. **Technical report, IEEE Std 1128-1998**, p. 1-68, 1998.

LEE, Stuart M. International encyclopedia of composites. **New York: VHC Publishers**, 1991.

LIU, Wenjian; XIONG, Jiajun; CHEN, Lijuan. Inversion of P-Band Electromagnetic Parameters Based on a Genetic Algorithm and Method of Moments. **IEEE Access**, v. 10, p. 52094-52101, 2022.

NING, Kang *et al.* The comparison of frequency domain method and time domain method in absorber reflectivity measurement. In: **2017 IEEE 5th International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC-Beijing)**. IEEE, 2017. p. 1-5.