

INVESTIGANDO PARÂMETROS ÓPTICOS EM FIBRA ÓPTICA E CABO COAXIAL

Wanessa A. de Andrade^{1*}, Marcelo A. Neves², Greice K.B. da Costa³

1. Estudante de Licenciatura em Física, Instituto de Ciências Exatas - Departamento de Física da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (ICE-DEFIS-UFRRJ)

2. Professor e Pesquisador do ICE-UFRRJ - Departamento de Física

3. Professora e Pesquisadora do ICE-UFRRJ - Departamento de Física/Orientador

Resumo

Neste trabalho mostra-se o ensino direcionado para a área da óptica e fotônica na graduação, através de experimentos confeccionados com cabo coaxial e fibra óptica para aquisições quantitativa e qualitativa dos seguintes parâmetros ópticos: Modos de propagação da luz, abertura numérica, velocidade de fase e defasagem. Desta forma, apresentam-se dois set up experimentais, sendo o primeiro composto por luz laser He-Ne com alinhamento em espaço livre focalizada na entrada da fibra óptica plástica e um anteparo localizado na saída de luz da fibra, possibilitando a visualização dos modos de propagação da luz e abertura numérica da fibra, assim como o cálculo destes. O segundo é formado por gerador de função, cabo coaxial e osciloscópio, permitindo a visualização da defasagem, atenuação de uma onda senoidal guiada por um cabo coaxial e obtenção da velocidade de fase.

Palavras-chave: Modos de propagação de luz, Abertura numérica, velocidade de fase.

Introdução

As fibras ópticas são guias de onda cilíndricas confeccionadas com um material dielétrico, geralmente sílica ou plástico, possuindo uma estrutura básica composta por um revestimento, casca e núcleo, cujo diâmetro do núcleo varia de acordo com o número de modos de propagação do sinal na fibra. Uma fibra padrão de telecomunicação (Monomodo), possuem um núcleo com diâmetro variando entre (6-10) μm e são amplamente utilizadas no ramo das telecomunicações e sensoriamento remoto [1], enquanto fibras com diâmetros superiores (Multimodos) são utilizadas em sensoriamentos de curtas distâncias.

Os cabos coaxiais são guias de onda com estrutura distinta a das fibras ópticas. De forma geral são compostos por um núcleo torcido ou sólido produzidos de um material condutor, geralmente cobre que, por sua vez, são revestidos por um material isolante. O material isolante é envolto por um filme metálico com a função de blindagem contra ruídos, assim como a de completar a ligação do circuito, sendo posteriormente revestido pelo mesmo material isolante utilizado para revestimento do núcleo e finalizado com um invólucro plástico. Os cabos coaxiais foram bastante utilizados em redes de telefonia, TV a cabo e redes de LANs Ethernet, que estão sendo substituídos por fibras ópticas [2].

O estudo de fibras ópticas possuem grande relevância e originalidade na área da Física experimental, pois sensores a fibra óptica encontram-se atualmente em destaque por estarem substituindo sensores tradicionais em virtude de suas vantagens intrínsecas, entre as quais podemos citar: custo, peso, confiabilidade, tempo de resposta, precisão, faixa dinâmica, passividade e imunidade eletromagnética. Tais características tornam estes sensores de grande interesse e com vasto campo em diversas áreas, tais como, bélica, elétrica, petróleo e gás, construção civil, medicina, segurança pública, entre outras [3-4]. Esta tecnologia foi transferida parcialmente da indústria dos componentes usados nas telecomunicações, e vem demonstrando uma operação versátil em muitos setores, caracterizados pela sensibilidade e pelo baixo custo, promovendo assim os sensores ópticos a uma solução favorável nas aplicações necessárias do mundo atual.

Metodologia

As configurações experimentais foram confeccionadas da seguinte forma: Uma luz laser He-Ne, comprimento de onda em 632,8 nm e com alinhamento em espaço livre focalizada por uma lente convergente com distância focal de 10 cm na entrada da fibra óptica plástica CK40 da ESKA [5], com 15 cm de comprimento, 1 mm de diâmetro e um anteparo localizado na saída de luz da fibra, Kit utilizado para montagem da marca PHYWE, Figura 1.



Figura 1: Obtenção de abertura numérica e números de modos de propagação em uma fibra óptica.

Neste experimento inicia-se o processo de aprendizagem de como fazer um alinhamento óptico em espaço livre da luz laser, ou seja, sem conectores para acoplamento desta, de forma que alterações neste alinhamento resultem em visualizações de diferentes modos de propagação da luz no anteparo. A partir da medida de distância entre anteparo e saída de luz da fibra (L), assim como o diâmetro do modo de propagação da luz visualizado no anteparo (a), calcula-se a abertura numérica da fibra (AN), que fornece o ângulo de aceitação da fibra para o acoplamento de luz, sendo este o ângulo limite para os quais os raios penetrando no núcleo da fibra óptica satisfaçam a condição de reflexão interna total, Equação 1.

$$AN = \frac{a}{\sqrt{a^2 + 4L^2}} \quad (1)$$

O número de modos de propagação suportados pela fibra pode ser obtido pela Equação 2.

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} b (AN) \quad (2)$$

Onde: λ é o comprimento de onda da luz laser e b é o raio do núcleo da fibra.

O segundo experimento é formado por gerador de função da marca Rigol - modelo DG1022A (2 canais), 2 cabos coaxiais RG58XX com impedância de 50 Ohms (comprimentos de 16 m e 0.25m) e osciloscópio digital Rigol (4 canais) - modelo DS1104B, Figura 2. Neste experimento o gerador de função fornece uma onda senoidal que será guiada pelos cabos coaxiais até a entrada do osciloscópio, permitindo assim a visualização da defasagem entre os sinais provenientes dos dois cabos, de acordo com a mudança da frequência do sinal de entrada.

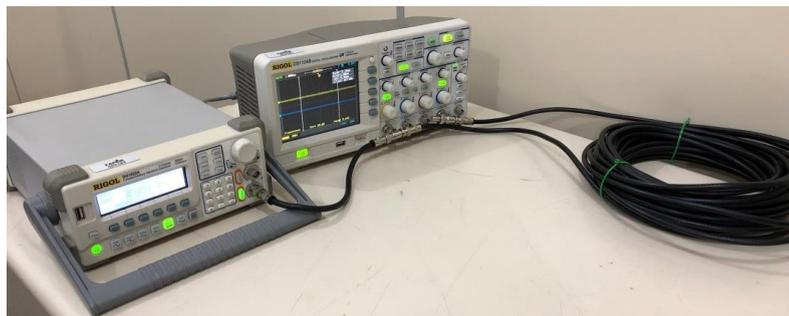


Figura 2: Obtenção da velocidade de fase e defasagem no cabo coaxial

A velocidade de fase (VF) de um cabo corresponde a razão entre o sinal elétrico transmitido pelo cabo e a velocidade da luz no ar. Neste caso a velocidade do sinal transmitido foi obtido pela relação entre a diferença dos comprimentos dos cabos e o tempo de defasagem observada no osciloscópio.

A defasagem ($D_{Teórica}$) entre o sinal de entrada e saída dos cabos coaxiais, pode ser obtida teoricamente a partir da Equação 3.

$$D_{Teórico} = \frac{360 L}{VF * X} \quad (3)$$

Onde: L é o comprimento físico do cabo e λ é o comprimento de onda no ar, proveniente da relação entre a velocidade da luz no ar e a frequência do sinal a ser utilizado no gerador de função.

Experimentalmente a defasagem entre o sinal de entrada e saída, pode ser obtida da Equação 4.

$$\frac{D_{osc}}{T} = \frac{D_{Exp}}{360} \quad (4)$$

Onde: D_{osc} é a defasagem visualizada no osciloscópio e T é o tempo de um ciclo

Resultados e Discussão

No experimento destinado a obtenção de abertura numérica e números de modos de propagação em fibra óptica, a partir do alinhamento otimizado na Fig. 1, ou seja, de forma a se obter uma imagem bem focalizada no anteparo, mede-se a distância entre anteparo - saída de luz da fibra (L) e diâmetro do modo de propagação da luz visualizado no anteparo (a), aplicando essas medidas na eq. 1, obtiveram-se valores de abertura numérica $AN = [0.47- 0.49]$ próximos ao tabelado 0.50 [5], apresentando erro $\leq 6\%$. A partir da AN obtida experimentalmente, núcleo da fibra $b = 490 \mu\text{m}$ e do comprimento de onda da luz laser $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, calculou-se o número de modos de propagação nesta fibra usando a eq. 2, resultando em $V = [2.28 - 2.38] \times 10^3$ modos, próximo ao valor teórico para $AN = 0.50$, $b = 490 \mu\text{m}$ e $\lambda = 650 \text{ nm}$, $V = 2.36 \times 10^3$ modos. De acordo com a variação no alinhamento da luz laser na entrada do núcleo da fibra ou mudanças no comprimento da fibra, promove-se uma alteração no ângulo de propagação da luz no eixo da fibra, conseqüentemente alguns modos podem ser visualizados no anteparo, conforme mostrado na figura 3.



Figura 3: Modos de luz linearmente polarizadas: (a) Modo fundamental LP_{01} e (b) LP_{02} .

Os modos de propagação da luz são linearmente polarizados LP em fibras ópticas, visto que as componentes do campo na direção de propagação são menores em relação às componentes perpendiculares. A propagação da luz na fibra é governada pelas equações de Maxwell, cujos modos visualizados na figura 3 foram atribuídos aos modos linearmente polarizados LP_{01} e LP_{02} , que são caracterizados nas soluções das equações de Maxwell através da existência de componentes de campo elétrico e magnético na direção de propagação da luz, sendo assim associados aos modos HE_{11} e HE_{12} , respectivamente.

No experimento destinado a obtenção da velocidade de fase e defasagem no cabo coaxial, observa-se na Figura 4 que a defasagem entre os sinais de saída foi constante e igual a 72ns, em (a) para uma frequência de 4.5MHz e em (b) para uma frequência de 11MHz. Observa-se que aumentando a frequência, o período do ciclo diminui, porém, a defasagem permanece estável.

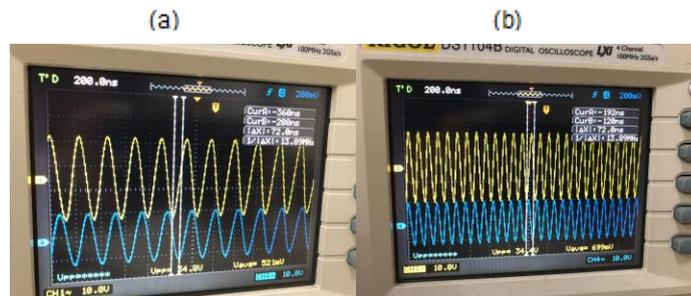


Figura 4: Defasagem entre os sinais de saída: (a) Onda com frequência de 4.5 MHz e defasagem de 72ns, (b) Onda com frequência de 11MHz e defasagem de 72ns.

A Figura 5 mostra uma grande instabilidade no fator de velocidade abaixo de 4MHz (a) e uma defasagem entre o sinal de entrada e saída do cabo coaxial com variação linear e progressiva de acordo com o aumento da frequência do sinal utilizado (b).

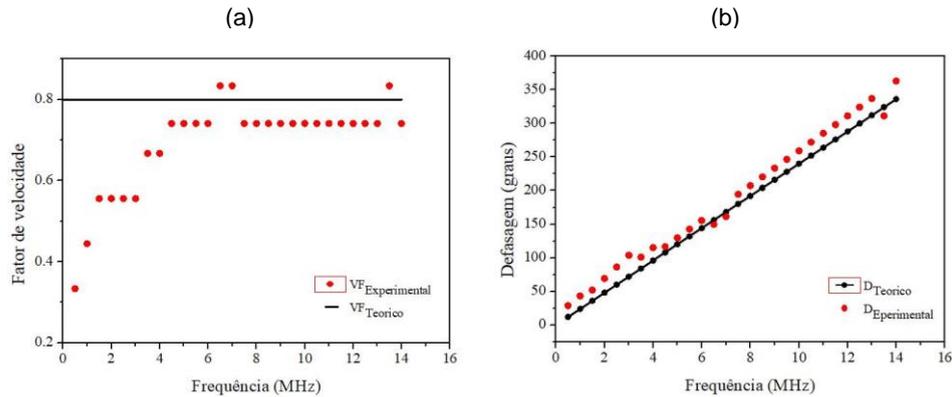


Figura 5: (a) Fator de velocidade em função da frequência e (b) Defasagem entre o sinal de entrada e saída em função da frequência utilizada.

Observa-se que o fator de velocidade a partir de 4MHz torna-se mais estável e próximo ao valor tabelado de 0.80 para o cabo RG58XX [6], assim como a defasagem entre o sinal de entrada e saída experimental apresenta grande concordância com a defasagem teórica.

Conclusões

Conclui-se que a obtenção de alguns parâmetros ópticos de fibra óptica e cabo coaxial através de dois set ups ópticos foram realizados com êxito. As medidas realizadas com a fibra óptica possibilitam o entendimento desta como guia de onda, assim como o aprendizado sobre modos de propagação da luz e abertura numérica. Os valores de abertura numérica e números de modos de propagação obtidos estão em acordo com os valores teoricamente esperados para esta fibra. As medidas realizadas com o cabo coaxial mostraram originalmente que a velocidade de fase apresenta uma estabilidade na transmissão de sinais em frequências a partir de 4,5 MHz e com defasagem entre sinal de entrada e saída variando linearmente e em acordo com os dados teóricos.

Referências bibliográficas

- [1] F. MISTSCHKE, Fiber Optics: Physics and Technology, Springer-Verlag, 299 p, 2009.
- [2] B. A. FOUROZAN, Comunicação de dados e Redes de computadores, Mc Graw Hill, 1145 p, 2010
- [3] G.K.B. COSTA; P. M. P. GOUVEA; L. M. B. SOARES; J. M. B. PEREIRA; F. C. FÁVERO; A. M.B. BRAGA; P. P. MUHORAY; A. C. BRUNO; I. C. S. CARVALHO. In-fiber Fabry-Perot interferometer for strain and magnetic field sensing. OPTICS EXPRESS, v. 24, p. 14690-96, 2016.
- [4] M.M. WERNECK; R. N. LOPEZ; G.K.B. COSTA; D. M. C. RODRIGUEZ; A. S. ARCAS; V. M. QUEIROZ; F. S. Dutra; R. C. ALLIL. POF Biosensors Based on Refractive Index and Immunocapture Effect. 1. ed. Spain: Springer Verlag, v. 21. 20-40p, 2016.
- [5] Plastic Optical Fiber: ESKA Optica Fiber Division. Marketed and Sold By Mitsubishi International Corporation, 2010. 1 p. Disponível em: <http://fiberopticipof.com/pdfs/Plastic_Fiber_Optics_&_Cable/ESKA_CK_Fiber_Optics_Illumination/CK_40_Product_Information.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- [6] A. A. LEITHOLD. Tabela de cabos coaxiais. 2009. 6 p. Disponível em: <https://sites.google.com/site/angeloleitholdpy5aal/home/pesquisas/wikipedia-edies-angeloleithold-at-2011/antenas-1/angelo-antonio-leithold-tabela-de-cabos-coaxiais-em_html>. Acesso em: 18 mar. 2019.