

# ESTUDO DA LINEARIDADE DE SINAL NO ACOPLAMENTO DE LUZ EM FIBRA ÓPTICA ECLIPSADA POR LÂMINA MÓVEL

**Carlos José de Lima<sup>1</sup>, Leandro Procópio Alves<sup>2</sup>, Tiago Gonçalves Faria<sup>3</sup>, Megaron Zanforlin Amparo<sup>4</sup>, Eduardo da Silva Mentor<sup>5</sup>, Marcos Tadeu T. Pacheco<sup>6</sup>, Egberto Munin<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Instrumentação Optobiomédica.

<sup>2,7</sup>Laboratório de Aplicações de Lasers de Alta Potência em Bioengenharia.

<sup>3,4,5</sup>Graduação em Engenharia Aeroespacial, FEAU – UNIVAP.

<sup>6</sup>IP&D Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento  
UNIVAP - São José dos Campos – SP – Brasil

**Resumo** - A fibra óptica é caracterizada por ser um excelente guia de luz em que apresenta poucas perdas de radiação, com flexibilidade mecânica significativa e diâmetro pequeno para aplicações em desenvolvimento de sensores com calibre miniaturizado. O objetivo deste trabalho, é desenvolver um estudo teórico sobre as características da linearidade de sinal, a partir do acoplamento de luz em uma fibra óptica com eclipsamento realizado por lâmina móvel. Neste estudo, prevê-se o acoplamento de radiação óptica (onda plana) em uma extremidade polida de uma fibra óptica do tipo multimodo, nesta mesma extremidade, é posicionada uma lâmina com controle de mobilidade através de micrômetro com o intuito de realizar o eclipsamento da luz sobre a fibra óptica, junto a outra extremidade, é realizado o acoplamento da radiação sobre um fotosensor. Devido a interrupção da lâmina sobre a fibra óptica, pode-se realizar um cálculo de área do setor da circunferência que eclipsa no núcleo da fibra, com isso, o acoplamento de sinal junto ao fotosensor, fica dependente do quanto é eclipsado o núcleo da fibra óptica. Os dados teóricos demonstram uma linearidade excelente, resultando em um potencial muito grande na aplicabilidade em desenvolvimento de sensores com deslocamento de precisão e também como medidores de vibração.

**Palavras-chave:** Fibra óptica, linearidade, sensor.

**Área do Conhecimento:** Engenharia

## Introdução

A fibra óptica como guia de luz (LI, 1980), (MARCUSE, 1976), (LINES, 1984) apresenta excelentes características em termos de transmissão de sinal com perdas mínimas para um espectro de radiação eletromagnético, além disso, também apresenta propriedades mecânicas excelentes em termos de flexibilidade, usinagem e calibre pequeno, o que facilita no seu manuseio, com estas características, a fibra óptica representa uma ferramenta significativa na aplicação de sensores miniaturizados (LIN, 1994), uma classe destes, abrange os dispositivos que permitem medidas de deslocamento com precisão e também de vibração (MURPHY, 1990), (BOIS, 1989) sendo que alguns destes sistemas são constituídos de uma certa complexidade de equipamentos, conexões e disposições entre estes, além disso, é importante ressaltar que, o transdutor deve apresentar linearidade significativa para representar sob forma íntegra, a medida com a confiabilidade máxima do sistema.

Este trabalho tem por objetivo, desenvolver um estudo sobre a linearidade de sinal, no acoplamento de luz em uma fibra óptica eclipsada por uma lâmina com mobilidade realizada por micrômetro, para a aplicação de sensores à fibra

óptica em medidas de deslocamento de precisão e vibração.

## Materiais e Métodos

Considerando o acoplamento da luz na fibra óptica, realizada por uma fonte de radiação que permite a incidência na fibra como uma onda plana, ou seja, há uma homogeneidade na distribuição de intensidade de luz por toda a área no núcleo, e ainda, com o advento do posicionamento variável de uma lâmina através de banco micrométrico sobre o núcleo da mesma, pode-se adotar a formação de eclipse crescente sobre a circunferência do guia de onda, como é mostrado na figura 1.

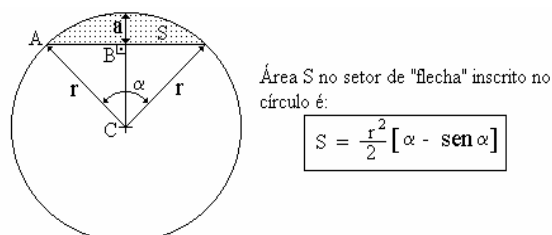


Figura 1- Representação do eclipse sobre o núcleo da fibra óptica em conjunto com a fórmula para o cálculo da área da eclipse.

Na figura 1, é mostrada a fórmula para o cálculo da área sombreada, que representa o eclipse da lâmina sobre a fibra óptica, pode-se notar que com o avanço da lâmina, o valor da cota **a** aumenta, o que cresce também o setor de área **S**, acarretando assim uma diminuição do sinal junto ao fotosensor. O valor de  $\alpha$  citado na fórmula da área do setor de “flecha” inscrito na circunferência (núcleo da fibra óptica) junto a figura 1, trigonometricamente pode ser representado como:

$$\alpha = 2 \cdot \cos^{-1}\left(\frac{r-a}{r}\right)$$

Inserindo esta equação junto à fórmula citada na figura 1, obtém-se o valor da área **S** em função do avanço da lâmina junto ao núcleo da fibra óptica, ou seja, com o aumento da cota **a**, resulta-se em diminuição de sinal acoplado na outra extremidade da fibra óptica. Construindo um gráfico na figura 2 a seguir segundo a equação já mostrada, em que, no eixo horizontal (abscissas), é representado o avanço gradativo da lâmina dado pela cota **a**, e no eixo vertical (ordenadas), é representado o valor correspondente do sinal de luz que é acoplado na fibra óptica já com o eclipsamento, ou seja, quando a lâmina está posicionada tangenciando o limite diametral inicial do núcleo da fibra óptica, o fator de acoplamento de luz (onda plana) junto ao guia é máximo, já quando a lâmina realiza o eclipse total sobre a fibra óptica, não há nenhuma radiação de luz guiada na fibra.

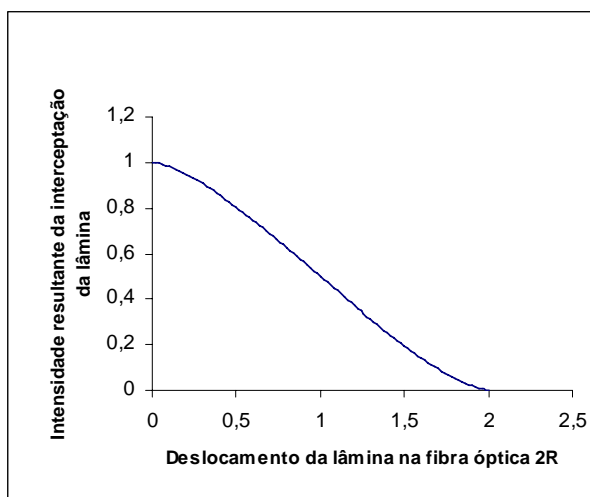


Figura 2 – Gráfico de eclipsamento de luz sobre o núcleo da fibra óptica utilizando lâmina móvel.

O gráfico mostrado na figura 2 já considera normalizado o raio do núcleo da fibra óptica, e também a intensidade de luz acoplada junto a fibra óptica.

## Resultados

Seguindo a análise realizada segundo a fórmula de cálculo do setor de área do eclipsamento do núcleo de uma fibra óptica, e fazendo um cálculo numérico obtendo-se o valor da radiação de luz acoplada junto a fibra óptica segundo demonstrado na figura 2, pode-se verificar uma linearidade muito boa na região que abrange de 0,5 até 1,5 de **R** da escala, o que resulta no próprio valor do raio da fibra óptica. A inclinação da reta no intervalo entre 0,5 e 1,5 do raio do núcleo da fibra óptica, apresenta valor mais do que suficiente para resultar numa relação sinal/ruído de qualidade boa.

## Discussão

Este estudo previu o potencial muito grande na utilização da técnica de eclipsamento de luz sobre uma fibra óptica utilizando lâmina móvel, este sistema permite, por exemplo, realizar medidas de deslocamento pequeno com precisão, ou ainda, fazer a mensuração de vibração de um determinado sistema. Posteriormente, medidas práticas serão realizadas para permitir o confronto com os resultados teóricos analisados, no experimento, serão utilizadas fibras ópticas de calibres diferentes de núcleo, com uma fonte de luz que permite uma geração de intensidade de radiação estabilizada.

## Conclusão

Com os resultados realizados no experimento, pretende-se ratificar a faixa de linearidade que o sistema disponibiliza para permitir medidas de confiabilidade.

## Referências

- T. Li, “Structures, Parameters, and Transmission Properties of Optical Fibers,” **Proceedings of the IEEE**, vol. 68, pp. 1175-1180, 1980.
- D. Marcuse, “Curvature Loss Formula for Optical Fibers,” **Journal of the Optical Society of America**, vol. 66, pp. 216-220, 1976.
- M. E. Lines, “The Search for Very Low Loss Fiber-Optic Materials,” **Science**, vol. 226, pp. 663-668, 1984.
- C. S. Lin, R. S. Chang, “Fiber Optic Displacement Sensors for the Measurements of a Vibrating Object,” **Precision Engineering**, vol. 16, pp. 302-306, 1994.
- P. J. Murphy, T. P. Coursole, “Fiber Optic Displacement Sensor Employing a Graded Index

Lens,” **Applied Optics**, vol. 29 (4), pp. 544-547, 1990.

- E. Bois, S. J. Huard, G. Boide, “Loss Compensated Fiber – Optic Displacement Sensor Including a Lens,” **Applied Optics**, vol. 28 (3), pp. 419-420, 1989.

- **Manual de fórmulas matemáticas**, editora McGraw Hill, pp. 7, 1975.

