

## Fibras Ópticas Anti-ressonantes

Kaleb Roncatti de Souza\*, Jonas H. Osório, Cristiano M. B. Cordeiro

### Resumo

No trabalho vigente apresentamos um estudo inicial da propagação da luz em diferentes meios (ar e água) numa fibra óptica anti-ressonante. Fibras anti-ressonantes se enquadram na classe de HCF's (Hollow Core Fibers) e nas geometrias atuais podem possuir perdas menores do que 1dB/km. Possuem um núcleo oco com índice de refração mais baixo do que o índice das camadas que o cercam. O fato de o modo óptico ser guiado através do núcleo oco motiva a utilização das mesmas em aplicações como transmissão de altas potências ópticas e sensoriamento.

### Palavras-chave:

Fibras Ópticas, Fibras Ópticas Anti-Ressonantes, Silica.

### Introdução

Fibras Ópticas são elementos que objetivam a condução de luz de maneira eficiente visando uma baixa perda, podendo ser produzidas em inúmeros formatos e em vários materiais. Usualmente, o método de propagação em fibras comuns ocorre no material, ou seja, a luz é conduzida na própria sílica ou polímero pelo método da reflexão total. Porém, quando estamos tratando de fontes luminosas de alta potência, como em lasers cirúrgicos, o fato de a luz estar sendo conduzida no material pode não ser desejável, visto que o meio pode não ser capaz de transportar o nível de potência requerido sem a geração de efeitos não lineares, por exemplo.

Nas fibras anti-ressonantes o mecanismo de propagação luminosa permite o guiamento de luz em um núcleo oco, o que torna possível o guiamento de maiores potências ópticas e abre novas oportunidades no âmbito de medidas de sensoriamento. A **Figura 1** apresenta alguns exemplos de fibras anti-ressonantes reportadas na literatura.

Para o modelo de anti-ressonância, consegue-se saber para quais valores de comprimento de onda a potência transmitida é mínima através da expressão  $\lambda_m = (2n_1d/m)\sqrt{(n_2/n_1)^2 - 1}$  sendo  $n_1$  o índice de refração do núcleo,  $n_2$  o índice de refração dos capilares,  $d$  a espessura dos capilares e  $m$  um natural maior ou igual a 1.

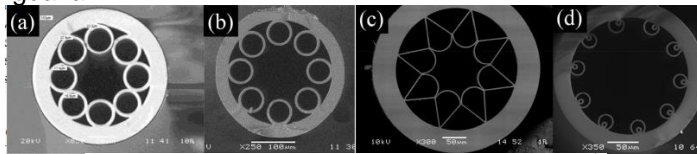


Figura 1. Exemplos de Fibras anti-ressonantes<sup>1</sup>.

### Resultados e Discussão

Utilizando-se uma fibra anti-ressonante com  $d=2450\text{nm}$  feita em sílica, realizamos experimentalmente as medidas da potência transmitida com diferentes componentes em seu núcleo (ar e água). Fixando-se  $n_{\text{ar}}=1$  e  $n_{\text{água}}=1,33$  e  $n_{\text{Silica}}=1,45$ , calculamos com o modelo teórico apenas os comprimentos de onda que estavam presentes no espectro avaliado (escolhendo-se valores de  $m$  de maneira adequada). No caso do ar foram calculados os valores de 4 mínimos de propagação ( $m=6,7,8,9$ ) e no caso da água apenas 2 ( $m=4,5$ ), os quais foram os únicos modos encontrados no espectro medido. É importante observar que as

medidas foram limitadas pela inserção de água no núcleo da fibra, visto que acima de 900nm a absorção luminosa da água aumenta consideravelmente. Os dados experimentais da transmitância da fibra estão mostrados na **figura 2a**, assim como os valores esperados teoricamente. Nota-se também que os vales se deslocam ao mudarmos do ar para a água, podemos exemplificar o vale com  $m=3$  possui  $\Delta\lambda=-773\text{nm}$  e conforme aumentamos os valores de  $m$  a diferença entre os comprimentos de onda diminui em módulo. Ademais, realizamos o cálculo da sensibilidade da posição espectral de cada mínimo de transmissão com a alteração do índice de refração do núcleo,  $d\lambda/dn_1$ . Podemos, assim, checar que mínimos de mais baixa ordem possuem maior sensibilidade - maior valor de  $|d\lambda/dn_1|$ . Observa-se que as sensibilidades para quando o líquido é a água ( $n_1=1,33$ ) em diferentes mínimos ( $m=3$ ,  $m=4$  e  $m=5$ ) são, respectivamente, 3770nm/RIU, 2887nm/RIU e 2263 nm/RIU, constatando a diminuição da sensibilidade com o aumento na ordem do mínimo.

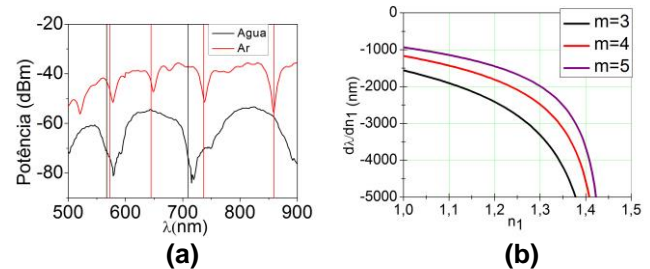


Figura 2. **a)** Gráfico de Potência vs Comprimento de Onda com as retas verticais representando os valores teóricos para cada material presente no núcleo. **b)** Gráfico de  $d\lambda/dn_1$  vs  $n_1$  para diferentes mínimos de propagação.

### Conclusões

Apresentamos medidas do espectro de transmissão de uma fibra anti-ressonante e concluímos que as posições espectrais dos mínimos são bem descritas pela expressão teórica correspondente. Ademais, constatou-se que tais fibras possuem um interessante potencial para a realização de medidas de sensoriamento.

### Agradecimentos

O bolsista agradece ao Dr. Walter Belardi e à FAPESP (Processo 2017/06411-3) pelo apoio financeiro para a realização do projeto.

<sup>1</sup> Yu, F.; Knight, J. C.; Negative Curvature Hollow Core Optical Fiber. DOI: 10.19146/pibic-2017-78644