

Seminário em Tecnologia da Informação do Programa de Capacitação Institucional (PCI) do CTI Renato Archer
* XIII Seminário PCI

Sensor de índice de refração baseado em fibras ópticas afinadas

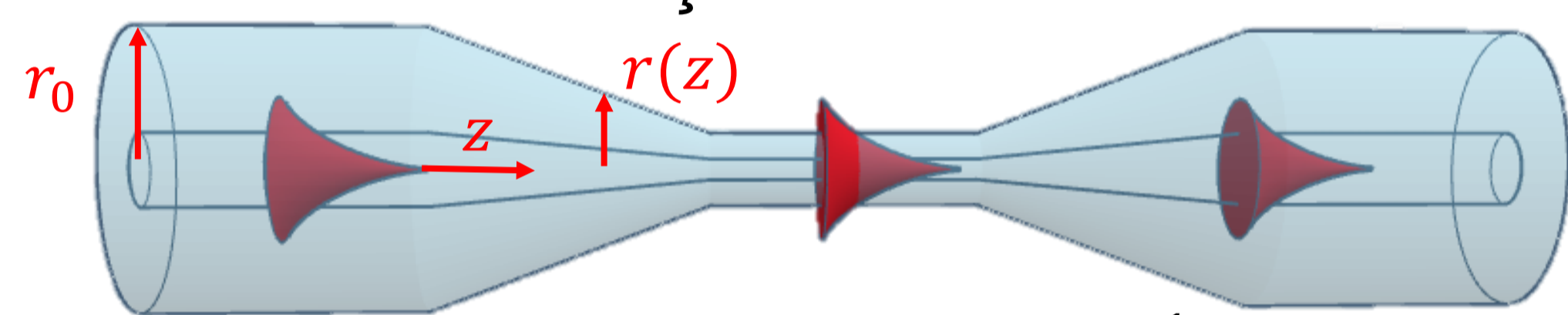
Claudecir Ricardo Biazoli
Thebano Emilio Almeida Santos

Sergio Celaschi, Cristiano Cordeiro
cbiazoli@cti.gov.br

INTRODUÇÃO

A medição precisa do índice de refração desempenha um papel fundamental em uma variedade de aplicações científicas e industriais, abrangendo desde a análise de substâncias químicas até a detecção de variações em amostras biológicas. Os sensores ópticos têm se destacado como uma ferramenta versátil e poderosa nesse contexto, com destaque especial para os sensores baseados em fibras ópticas afinadas.

Fibras ópticas afinadas são estruturas cilíndricas minuciosamente fabricadas, nas quais a geometria da fibra é cuidadosamente modificada em escalas micrométricas ou submicrométricas. Isso permite que as fibras otimizadas para sensores respondam de forma altamente sensível às mudanças no índice de refração do meio circundante.



$$r(z) = r_0 \left[1 + \frac{2\alpha z}{(1-\alpha)L_0} \right]^{-1/2\alpha}$$

$L_0 = \text{Comprimento Inicial}$
 $\alpha = \text{Perfil de transição}$

Figura 1: Fibra afinada e equação de fabricação

OBJETIVO

Nossa pesquisa foca na otimização de sensores ópticos usando fibras ópticas afinadas, incluindo as de perfil W, para medições precisas de índice de refração. Esses sensores têm aplicações cruciais em diversas áreas científicas e industriais.

MÉTODOS

Em fibras ópticas com perfil W ocorre o fenômeno em que múltiplos modos de luz se propagam pela fibra devido à sua geometria especial, criando trajetórias distintas.

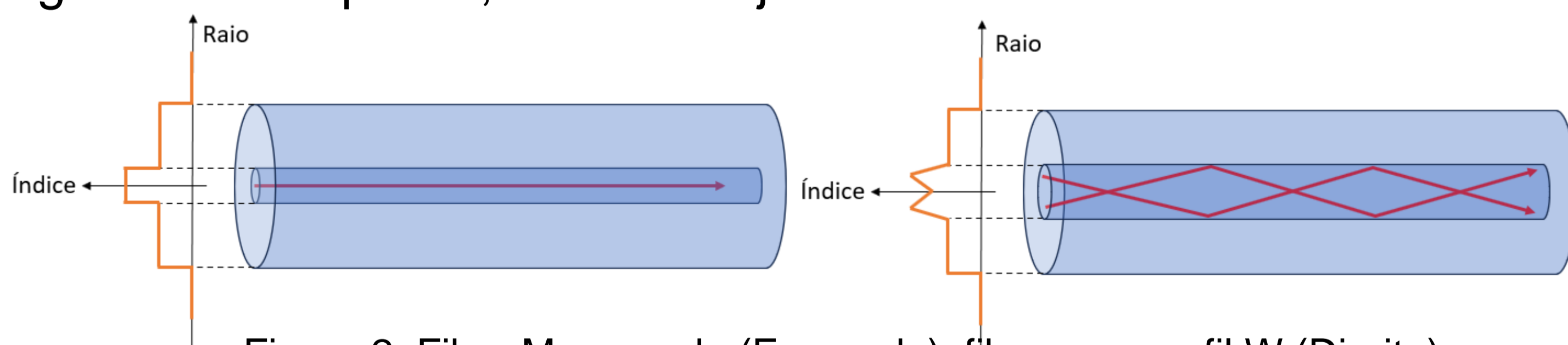
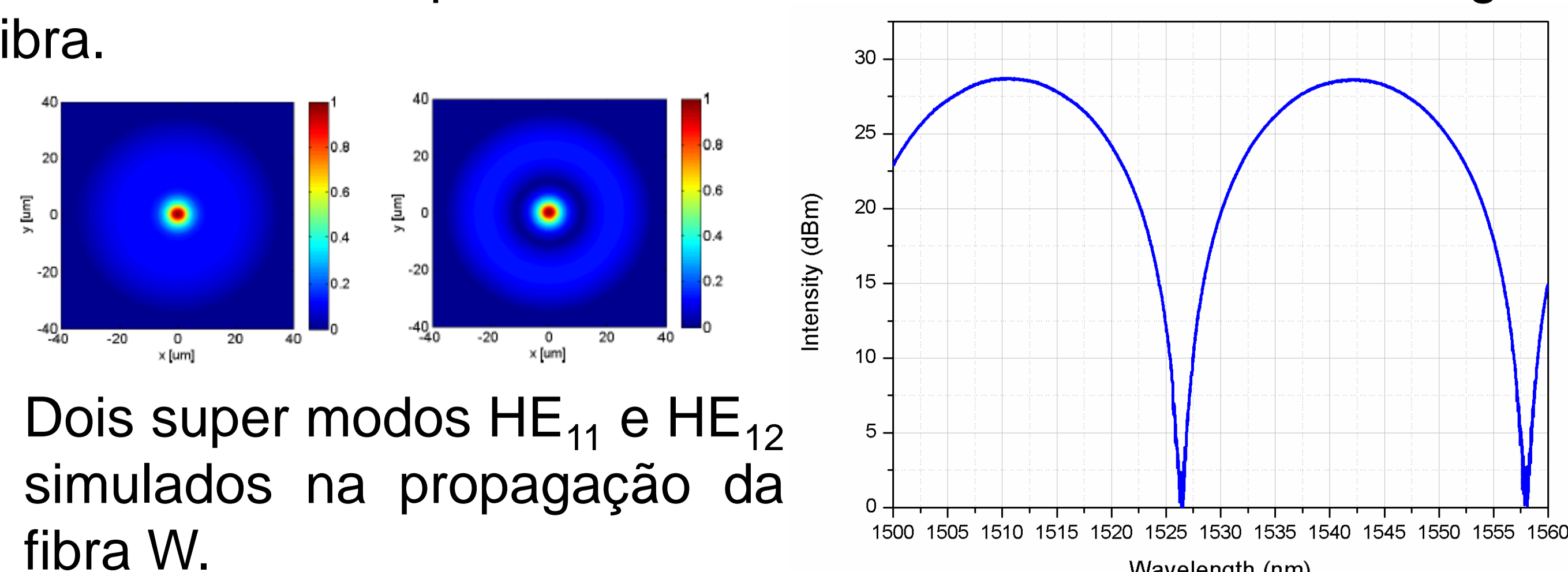


Figura 2: Fibra Monomodo (Esquerda), fibra com perfil W (Direita)

Devido às propriedades de dispersão cromática, quando a luz, composta por diferentes comprimentos de onda, viaja através da fibra, cada comprimento de onda pode seguir trajetórias ligeiramente diferentes e experimentar deslocamentos de fase variáveis à medida que se propagam. Isso resulta em interferência construtiva e destrutiva entre os diferentes comprimentos de onda, levando a padrões de intensidade variáveis ao longo da fibra.



Dois super modos HE_{11} e HE_{12} simulados na propagação da fibra W.

Figura 3: Padrão de interferência que ocorre na fibra com perfil W

Para transformar essa fibra em um sensor, é necessário diminuir o seu diâmetro de modo que uma parte da energia do modo se estenda para fora da fibra. Isso possibilita a sensibilidade às variações no índice de refração do meio externo, o que resulta em uma mudança na dispersão cromática, provocando um deslocamento na faixa de comprimento de onda das interferências.

Para redução do diâmetro usamos o método de escovação por chama reduzindo o diâmetro da fibra de 125µm para 27,8µm, com extensão de 10,4mm e com $\alpha = -0,1$.

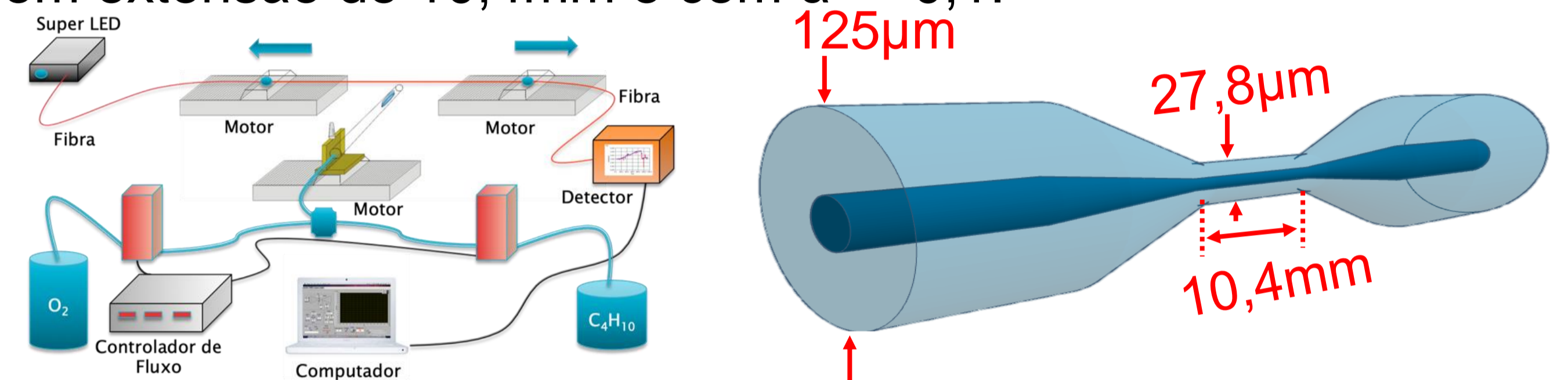


Figura 4: Layout experimental do equipamento de afinamento de fibras ópticas (Esquerda), fibra afinada (Direita)

RESULTADOS

Inserimos o sensor em um recipiente e a submergimos em cinco diferentes soluções, alterando a porcentagem da mistura de água e álcool isopropílico. Os resultados revelaram uma relação linear entre o comprimento de onda e o índice de refração efetivo externo, como evidenciado pelo gráfico 2. Isso nos permitiu calcular a sensibilidade de nosso sensor, que foi medida em **325nm/RIU** (Refractive Index Units), indicando sua capacidade de detectar variações no índice de refração de forma precisa e confiável.

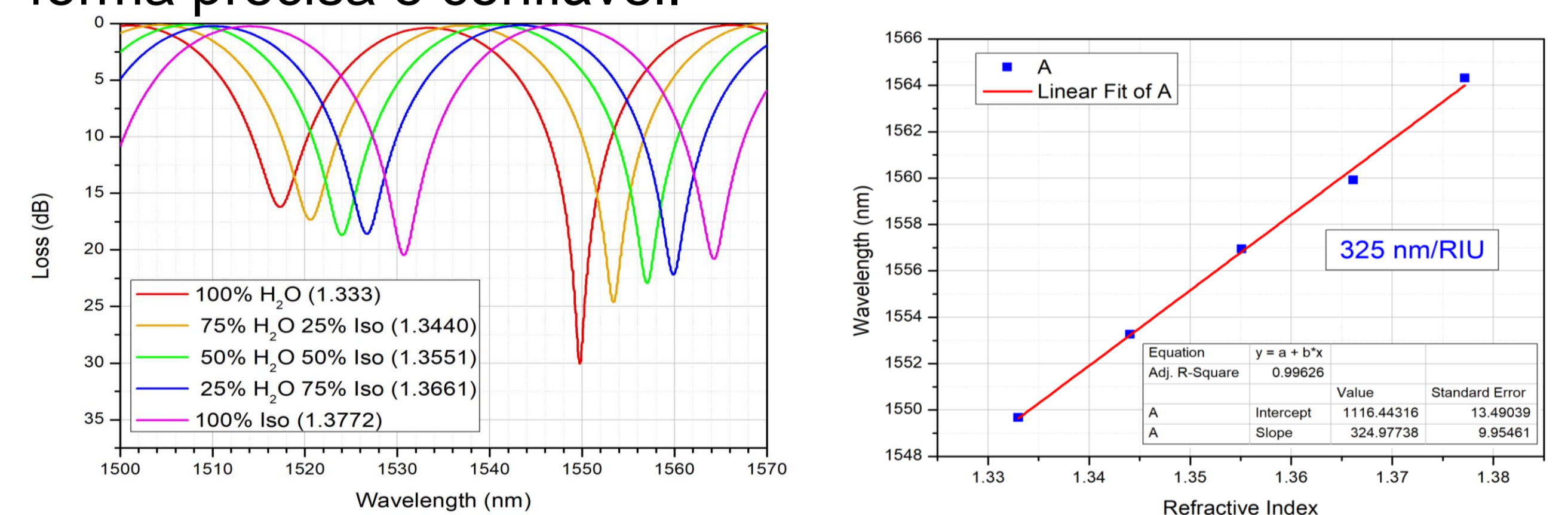


Figura 5: Gráfico do deslocamento do pico em função das diferentes soluções (Esquerda), regressão linear (Direita)

CONCLUSÕES

Conseguimos desenvolver um sensor utilizando uma fibra óptica afinada, um sistema de construção simples e econômico, que abre portas para diversas aplicações. Este sensor é altamente preciso e pode ser implantado em locais específicos, transmitindo informações ao longo de distâncias consideráveis sem ser afetado por interferências eletromagnéticas, graças às propriedades intrinsecamente imunes da fibra óptica.

REFERÊNCIAS

- T. A. Birks and Y. W. Li, "The shape of fiber tapers," J. Lightwave Technol. 10, 432–438 (1992).
- N. Grégoire, Y. Messaddeq, C. Biazoli, and G. Malheiros-Silveira, "In-Line All-Fiber Optics Digital Sensor Based on Biconic Taper of Depressed Cladding Fiber," in Frontiers in Optics + Laser Science 2022 (FIO, LS), Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2022), paper JW5A.12.
- Biazoli, C. R.; Silva, S.; Franco, M. A. R.; Frazão, O.; Cordeiro, C. M. B. Multimode interference tapered fiber refractive index sensors. Appl. Optics 2012, 51, 5941-5945.