

## ESTUDO DE BOBINAS DE FIBRA ÓPTICA DE VIDRO APLICADAS COMO SENSORES DE TEMPERATURA

Maria Eduarda Benfica Gonçalves<sup>1</sup>; Leonardo Santos Magalhães<sup>2</sup>; Gabriel Rosa Alves<sup>3</sup>; Jéssica Guerreiro Santos Ramalho<sup>4</sup>; Valéria Loureiro da Silva<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Computação; Iniciação Tecnológica – EMBRAPPII; [eduarda.benfica@fbter.org.br](mailto:eduarda.benfica@fbter.org.br)

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [leonardo.magalhaes@fbter.org.br](mailto:leonardo.magalhaes@fbter.org.br)

<sup>3</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [gabriel.rosa@fbter.org.br](mailto:gabriel.rosa@fbter.org.br)

<sup>4</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [jessica.ramalho@fieb.org.br](mailto:jessica.ramalho@fieb.org.br)

<sup>5</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [valeria.dasilva@fieb.org.br](mailto:valeria.dasilva@fieb.org.br)

### RESUMO

O trabalho aborda a construção e os resultados preliminares de um projeto de sensor de temperatura baseado em fibra óptica monomodo, utilizando o fenômeno de macrobending. A metodologia incluiu a fabricação de uma bobina de fibra óptica revestida por fita condutiva de cobre, cujo diâmetro deve variar em função da temperatura. Experimentos revelaram uma resposta variável da potência óptica em relação à temperatura, porém, ainda sem repetibilidade consistente entre os testes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensor de temperatura; Bobina de fibra óptica; Macrobending

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os sensores de fibra óptica têm recebido atenção significativa devido à sua notável sensibilidade, versatilidade e durabilidade. Em ambientes explosivos, onde sensores elétricos podem sofrer alguma interferência eletromagnética ou representar um potencial gatilho incendiário, sensores não elétricos, como os baseados em fibra óptica, são uma alternativa promissora. Um tipo de sensor de fibra óptica de baixo custo e fácil de interrogar é o sensor de fibra baseado no fenômeno de macrobending. Tais sensores têm sido usados para monitorar o sono [1], respiração [2], medir vibração [3, 4] e temperatura [5, 6].

O fenômeno chamado macrobending acontece quando uma fibra óptica é dobrada, e parte de sua luz vaza do núcleo da fibra. O vazamento depende do raio de curvatura, portanto, as variações no raio de curvatura da fibra da óptica podem ser medidas através do monitoramento da potência óptica na saída da fibra. Para o projeto do sensor, a escolha da fibra e a geometria da bobina são determinantes para otimizar as perdas por macrobending e o funcionamento do sistema como sensor.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é construir um sensor de temperatura baseado em uma bobina de fibra óptica que pretende medir a temperatura baseada na variação de potência óptica propagada dentro da fibra através da dilatação da mesma e do material que a envolve.

### 2. METODOLOGIA

A bobina utilizada nos experimentos foi fabricada a partir da fibra Corning SMF-28+100kpsi, contendo 5 voltas e apresentando um diâmetro de 13 mm, revestida por uma fita condutiva de cobre. O gráfico na Figura 1, referente à variação de diâmetro induzida por macrobending, serviu como base de comparação, tendo sido obtido a partir da análise de diferentes bobinas com diâmetros de 40 mm e diferentes números de voltas, utilizando a mesma fibra óptica do presente arranjo experimental.

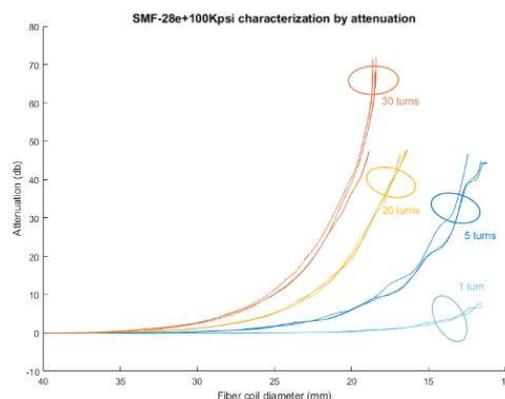


Fig 1. Atenuação por macrobending para diversas bobinas de fibra

Uma representação visual do arranjo experimental e uma imagem real da bobina de fibra estão apresentadas na Figura 2.

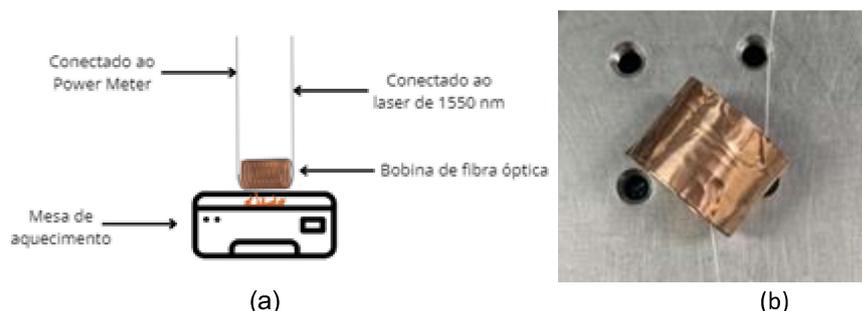


Fig 2.(a) Representação da bobina de fibra óptica enrolada em fita de cobre, com uma de suas extremidades conectadas ao power meter e a outra a um laser de 1550 nm; (b) Imagem real da bobina de fibra óptica envolvida em fita de cobre

O princípio da montagem consistiu em permitir que a fibra óptica acompanhasse a expansão térmica da fita de cobre quando a fita foi posicionada em contato com a superfície da mesa de aquecimento, promovendo assim variações no diâmetro da bobina e, por consequência, na potência óptica transmitida através da fibra. Para monitorar essas variações, foi utilizado um medidor de potência, conectado a um fotodiodo. A temperatura, por sua vez, foi variada através de uma mesa de aquecimento, acionada no instante zero e desligada aproximadamente entre os segundos 220 e 240. As temperaturas alcançadas foram registradas por meio de um termopar preso na base interna da bobina.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras de 3 a 5 apresentam gráficos resultantes do teste, que foi repetido as mesmas configurações três vezes. Fica clara a expansão da bobina com o aumento da temperatura, seguida por uma contração rápida quando a mesa começa a resfriar.

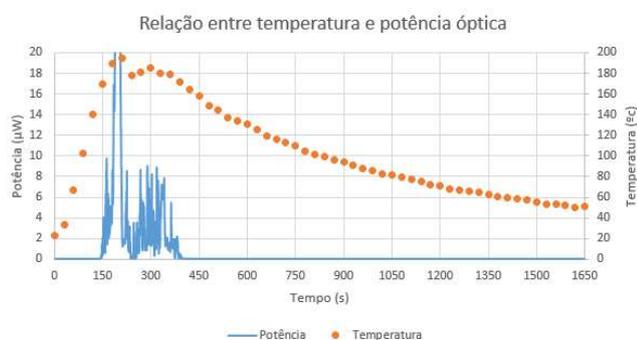


Fig 3. Primeira série de testes de variação de potência óptica baseada na temperatura

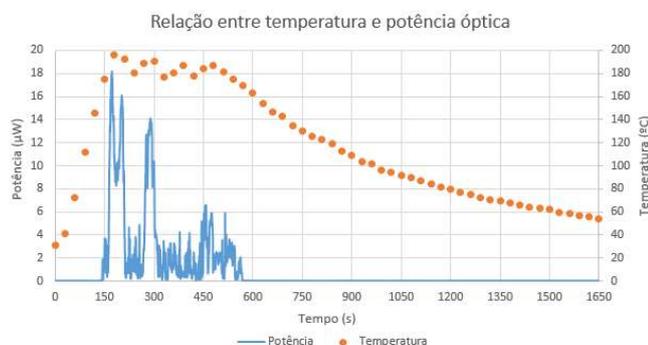


Fig 4. Segunda série de testes de variação de potência óptica baseada na temperatura

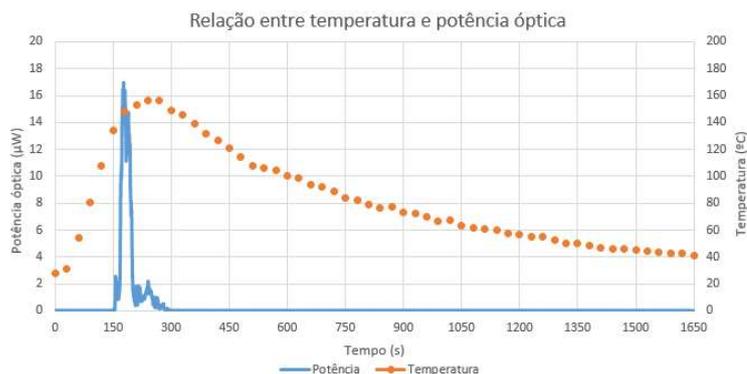


Fig 5. Terceira série de testes de variação de potência óptica baseada na temperatura

Observou-se que a dilatação da fita de cobre só causa dilatação significativa na resposta da bobina quando a temperatura alcança a temperatura de aproximadamente 120°C, demonstrando limitações em sua capacidade de medir faixas de temperatura mais baixas com eficácia. No primeiro e segundo testes, o pico de potência óptica coincide com a temperatura mais alta medida. A partir deste ponto, a curva de potência óptica medida durante o resfriamento da bobina é bastante ruidosa. Além disso, a variação de potência mostrou-se muito abrupta em relação a variação de temperatura, tanto no aquecimento quanto no resfriamento.

A falta de uma relação repetível entre o aquecimento da bobina e a curva de atenuação impede a formulação de uma equação para a calibração do sensor. Testes adicionais precisam ser feitos para consolidar ou não esse modelo como um sensor de temperatura viável.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes preliminares mostraram que o sensor proposto tem potencial para ser aplicável como um sensor de temperatura baseado em fibra óptica, porém requer que seja feito um estudo mais aprofundado para aprimoramento do sensor. Testes futuros serão realizados variando o material que envolve a fibra, a disposição da fita condutora em torno da bobina e o diâmetro das bobinas.

#### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Shell Brasil Petróleo LTDA, Empresa Brasileira de Pesquisa Industrial e Inovação (EMBRAPPI), a Agência Nacional Brasileira Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e ao Senai CIMATEC pelo apoio e investimentos em PD&I.

#### 5. REFERÊNCIAS

- 1 ZHAO, Tao. **Vital signs monitoring using the macrobending small-core fiber sensor**. Wuhan: Optics letters, 2021.
- 2 GRILLET, Augustin et al. **Optical fiber sensors embedded into medical textiles for healthcare monitoring**. IEEE Sensors Journal, v. 8, n. 7, p. 1215-1222, 2008.
- 3 COSTA, Ciro. **Non-electronic vibration sensor for automated inspection of industrial assets**. Salvador: LARS, 2023.
- 4 WANG, XiangYu et al. **Vibration sensing based on macrobending loss in a standard single mode fiber loop structure**. Optical Fiber Technology, v. 48, p. 95-98, 2019.
- 5 VÁZQUEZ, Carmen et al. **Temperature sensing using optical fibers in harsh environments**. In: 2017 19th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON). IEEE, 2017. p. 1-4.
- 6 STANOJEVIC, Nenad; CHAUHAN, Sunita. **Strain and temperature sensors made from fishing lines**. Engineering Research Express, v. 4, n. 3, p. 035036, 2016.