



Caracterização de sensores de macrocurvatura em fibra ótica multiplexados

Characterization of multiplexed macrobend optical fiber sensors

Natália Carolina Schvan Wendt*, José Luís Fabris (orientador)[†]

RESUMO

Este trabalho apresenta a construção e caracterização de cinco sensores de macrocurvatura em anel em fibra ótica conectados em série, produzidos em um único segmento de fibra e posicionados entre duas placas metálicas quadradas. Cada sensor foi fabricado com um diâmetro diferente de anel e encapsulado individualmente em elastômero de silicone com o mesmo padrão de rigidez mecânica. Para caracterização da resposta opto-mecânica dos sensores, foram realizados testes de pressão com monitoramento do espectro ótico de transmissão do arranjo, onde massas conhecidas são colocadas em regiões determinadas da placa metálica superior. Os resultados sugerem a possibilidade da identificação simultânea da carga e da sua localização sobre a placa.

Palavras-chave: sensor a fibra ótica, caracterização opto-mecânica, espectroscopia.

ABSTRACT

This work presents the construction and characterization of five in-series macrobend ring sensors in a single optical fiber segment, installed between two square metal plates. Each sensor was fabricated with a different ring diameter and individually encapsulated in silicone elastomer presenting the same mechanical stiffness. The opto-mechanical response of the sensors was characterized by monitoring the setup transmission optical spectrum under different loads, applied on distinct regions of the upper plate. Results suggest the possibility of simultaneous identification of both the load and its position on the plate.

Keywords: optical fiber sensor, opto-mechanical characterization, spectroscopy.

1 INTRODUÇÃO

Devido à capacidade de recuperar informações de cada sensor de uma matriz de detecção, as técnicas de multiplexação podem contribuir para a viabilidade e versatilidade dos sistemas de detecção. A interrogação de sensores modulados por intensidade geralmente depende apenas das características da fonte ótica e do detector que são usados, tornando estes sensores atraentes devido à sua simplicidade tecnológica (Kamizi et al., 2019).

Um exemplo de sensores modulados por intensidade são os de macrocurvatura em anel, dispositivos simples e de baixo custo que consistem em um laço circular na fibra ótica. Este anel é encapsulado por algum material que é responsável por garantir a integridade dos transdutores e influenciar nos parâmetros de operação, tais como sensibilidade e faixa dinâmica (Wendt et al., 2020). Eles têm sido aplicados na detecção de diferentes parâmetros, como temperatura (Krohn, 2000), pressão (Wang et al., 2005), tensão (Wang et al., 2011), entre outros.

* Licenciatura em Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba; nataliacarolinawendt@hotmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba; fabris@utfpr.edu.br

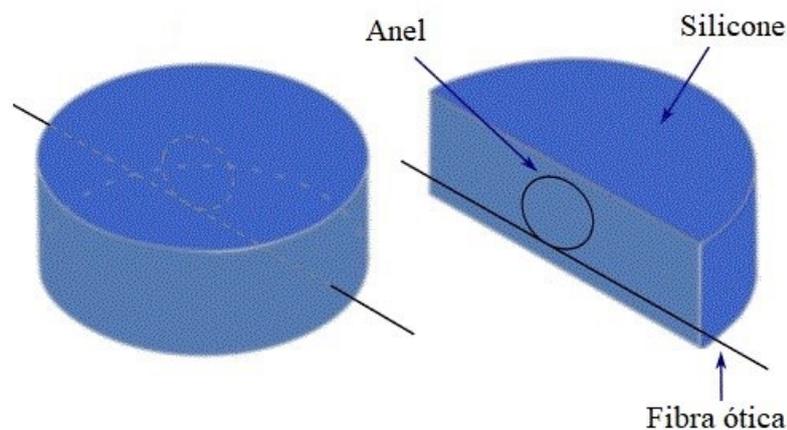
A espectroscopia compreende a medida da intensidade da luz como função do comprimento de onda ou frequência, onde o resultado gráfico é chamado de espectro. Uma grandeza possível de ser medida por uma técnica espectroscópica é a transmitância, definida como a razão entre a intensidade de luz de saída e a intensidade de luz total incidente, medida numa determinada faixa espectral.

Este trabalho apresenta uma análise da caracterização de um conjunto de cinco sensores de macrocurvatura em anel multiplexados em série, conectados por uma única fibra ótica. Cada sensor foi encapsulado em silicone e o conjunto resultante foi instalado entre duas placas metálicas quadradas. A placa superior foi delimitada em nove regiões quadradas para a aplicação de cargas a fim de realizar ensaios de pressão. Juntamente com os testes de pressão, o sistema é submetido a uma interrogação do espectro ótico por meio de um espectrômetro. Nesse contexto, é estabelecida a questão fundamental: É possível o uso do sensor para monitoração quase-distribuída de cargas, e qual a faixa dinâmica segura para a operação?

2 MÉTODO

Foram fabricados cinco sensores conectados em série pela mesma fibra ótica. Para produzir cada sensor, é feito um anel com um determinado diâmetro na fibra. Este anel é então encapsulado em material elastomérico de silicone, utilizando um molde cilíndrico de diâmetro $(25,00 \pm 0,01)$ mm e altura de $(15,00 \pm 0,01)$ mm. Cada um dos sensores possui diâmetro diferente do anel, visando a obtenção de respostas espectrais dissimilares para cada região e carga aplicada. A borracha utilizada apresenta as mesmas características mecânicas para todos os sensores. Os valores dos diâmetros do anel são: $(4,00 \pm 0,02)$ mm, $(5,00 \pm 0,02)$ mm, $(6,00 \pm 0,02)$ mm, $(7,00 \pm 0,02)$ mm e $(8,00 \pm 0,02)$ mm. A Fig. 1 mostra o diagrama esquemático da fabricação de cada sensor.

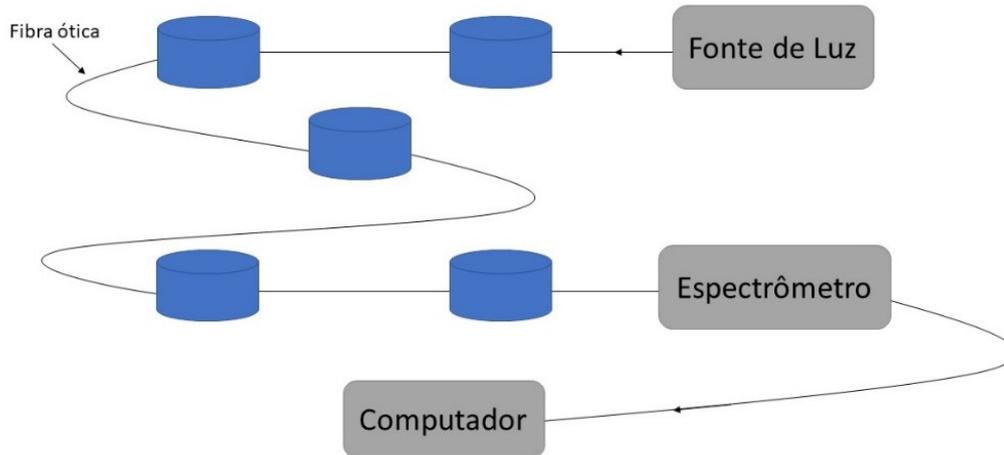
Figura 1 – Diagrama esquemático do sensor individual (à esquerda), bem como um corte transversal (à direita)



Fonte: Autoria própria (2021).

O conjunto é posicionado entre duas placas metálicas (não mostradas para facilitar a visualização) na configuração da Fig. 2, e todo o sistema é conectado a uma fonte de luz de banda larga (LS-1 Tungsten halogen lamp, Ocean Optics, 360 a 2000 nm) e ao espectrômetro UV-Vis à fibra ótica (HR4000, Ocean Optics).

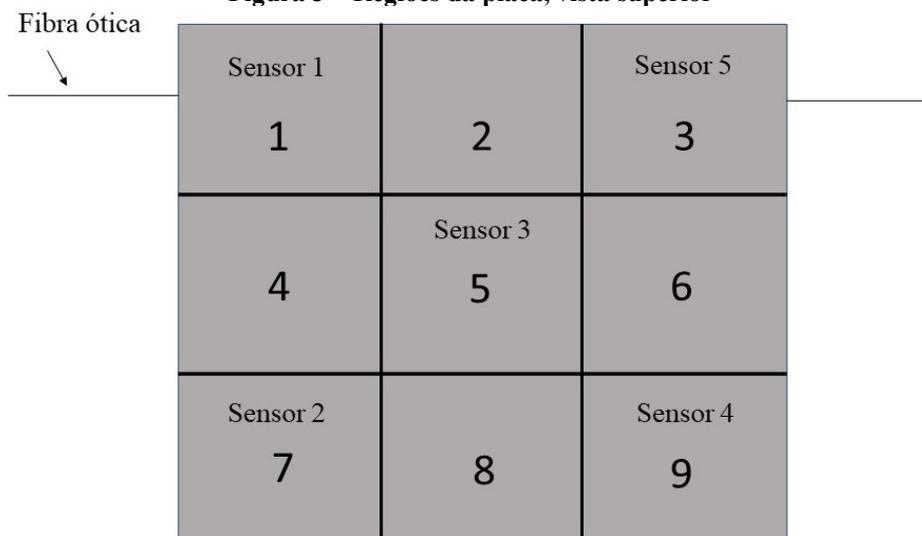
Figura 2 – Configuração dos sensores em série



Fonte: Autoria própria (2021).

Foram delimitadas nove regiões de áreas iguais na placa metálica superior (Fig. 3) para realizar os testes de pressão. A placa quadrada possui 20 cm de lado e espessura de 1 mm.

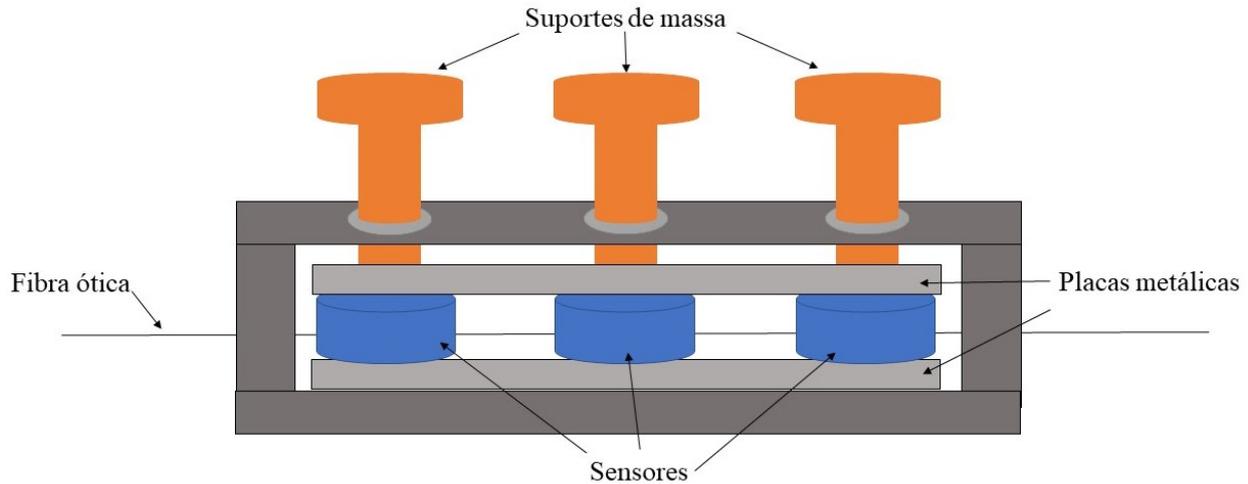
Figura 3 – Regiões da placa, vista superior



Fonte: Autoria própria (2021).

Massas conhecidas foram colocadas em cada região da placa individualmente e os sensores multiplexados foram interrogados pelo espectrômetro. O aparato experimental utilizado para os testes está apresentado na Fig. 4. As massas variaram de $(0 \text{ a } 2000 \pm 2) \text{ g}$ com passo de $(100 \pm 2) \text{ g}$. O computador exibe o espectro de transmitância em função do comprimento de onda detectado.

Figura 4 – Aparato experimental, vista lateral

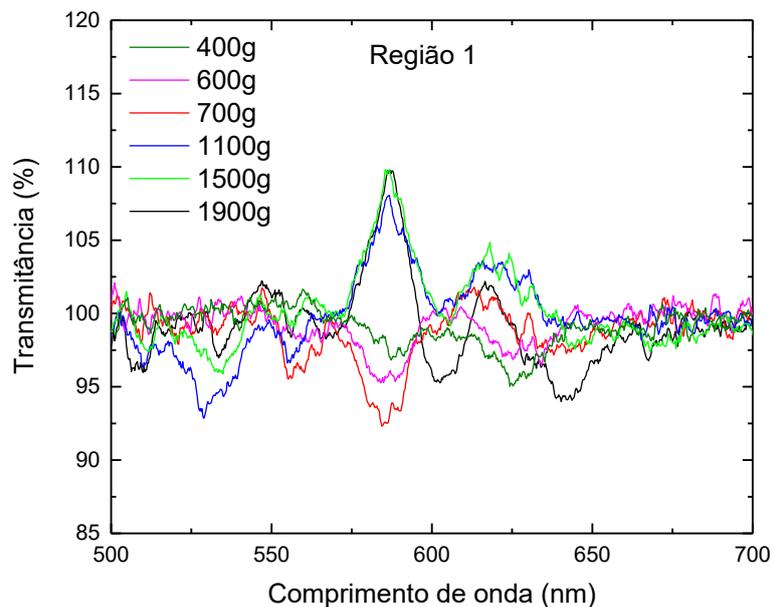


Fonte: Autoria própria (2021).

3 RESULTADOS

A Fig. 5 mostra um espectro da transmitância obtido através dos testes de pressão descritos. A fim de exemplificar, são apresentadas as curvas para apenas algumas massas aplicadas na região 1 da placa. A modificação na intensidade óptica transmitida tem dependência com o comprimento de onda da luz e é justificada por perdas devido à curvatura e também ao acoplamento de *whispering gallery modes* (WGM) ao núcleo da fibra (Kamizi et al., 2019).

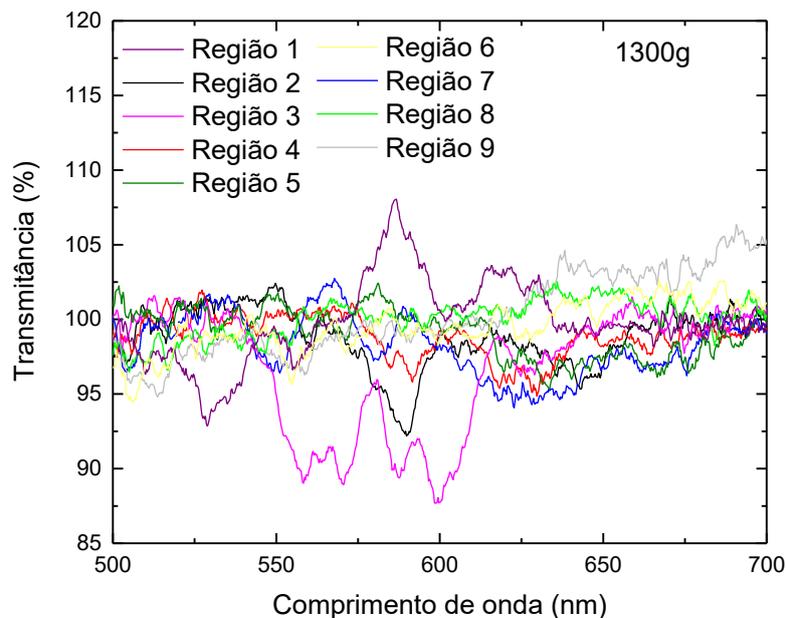
Figura 5 – Espectros obtidos para diferentes cargas aplicadas à região 1



Fonte: Autoria própria (2021).

A Fig. 6 mostra as curvas separadas por regiões para os testes com massa de 1300 g. A fim de exemplificar, são mostrados os espectros para apenas uma massa em cada região.

Figura 6 – Espectros obtidos para a massa de 1300 g aplicada em diferentes regiões



Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

O trabalho possibilita averiguar o funcionamento de sensores em anel multiplexados em série na fibra ótica, no qual foi apresentada a caracterização destes em função das massas aplicadas. Com a caracterização é possível estudar previamente a resposta espectral do sistema, assim como o intervalo de valores de massas que podem ser aplicadas sem causar danos aos sensores. A dissimilaridade entre os espectros obtidos para diferentes cargas aplicadas à mesma região da placa (Fig. 5), bem como entre os espectros resultantes da aplicação da mesma carga em diferentes regiões (Fig. 6), sugere a possibilidade de uso dos sensores na identificação simultânea da carga e sua região de aplicação através de busca de padrões nas curvas. A continuidade do trabalho prevê o emprego de modelos de regressão para realização deste sensoriamento quase-distribuído.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido das agências de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



REFERÊNCIAS

- KROHN, D. A. Fiber optic sensors: fundamentals and applications. **Research Triangle**, NC: ISA, 2000.
- WANG, Wei-Chih; LEDOUX, William R; SANGEORZAN, Bruce J; REINHALL, Per G. “A shear and plantar pressure sensor based on fiber-optic bend loss,” **Journal of Rehabilitation Research & Development**, vol. 42, n. 3, pp. 315-326, Mai./Jun. 2005.
- WANG, Pengfei; SEMENOVA, Yuliya; WU, Qiang; FARRELL, Gerald. “A Fiber-Optic Voltage Sensor Based on Macrobending Structure,” **Optics and Laser Technology**, vol. 43, pp. 922-924, Jan. 2011.
- KAMIZI, Marcos Aleksandro; LUGARINI, Diogo; R. FUSER, NEGRI, Lucas Herman; FABRIS, José Luís; MULLER, Márcia. “Multiplexing Optical Fiber Macro-Bend Load Sensors,” **Journal of Lightwave Technology**, vol. 37, pp. 4858-4863, Set. 2019.
- WENDT, Natália Carolina Schvan; CARVALHO, Vinícius; CORADIN, Francelli Klemba; MULLER, Márcia; FABRIS, José Luís. Análise de Propriedades Elásticas de Sensores à Fibra Ótica Encapsulados em Elastômero. In: **19o Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 14o Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo**, 2020, Niterói. Anais do 19º Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 14º Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo. São Caetano do Sul: SBMO, v. 1. p. 205-208, 2020.