



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GTM/25  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - XIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES -  
GTM**

**AVANÇOS NO DESENVOLVIMENTO DE UM TRANSFORMADOR DE POTENCIAL ÓPTICO PARA APLICAÇÃO  
EM LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO**

**Bessie de Assumpção Ribeiro(\*)**  
UFRJ/COPPE/LIF

**Marcelo Martins Werneck**  
UFRJ/COPPE/LIF

**José Luis da Silva Neto**  
UFRJ/COPPE/LIF

**RESUMO**

Transformadores de Potencial Óptico (TPO) oferecem muitas vantagens em relação à tecnologia convencional, tais como isolamento galvânico, imunidade à interferência eletromagnética, ampla faixa dinâmica, baixo peso, estrutura compacta, além do elevado nível de segurança. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um TPO da classe de 13.8 kV usando uma tecnologia híbrida baseada em Redes de Bragg (FBG) e cerâmicas piezoelétricas (PZT). A sensibilidade experimental obtida mostra uma dependência linear entre o deslocamento no comprimento de onda de Bragg e a tensão CC aplicada. O estudo da incerteza nos resultados obtidos mostram que o erro em tensão está próximo da precisão de 0.2% necessários para atender a norma IEC 60044-5 nas medições em corrente contínua. O trabalho utiliza um procedimento de controle para o cálculo do ponto ótimo de operação de um filtro Fabry Perot, que otimiza e maximiza o processo de demodulação nas medidas em tensão CA.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sensores a redes de Bragg, FBG, PZT, Filtro de Fabry Perot, Transformadores Ópticos

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento de novas tecnologias visando a melhoria no desempenho, proteção, segurança e a redução das perdas nos sistemas elétricos tem sido objeto de estudos e pesquisas recentes. A avaliação e monitoramento dentro das linhas de transmissão além de garantirem a manutenção dos sistemas elétricos prevêm possíveis interrupções e falhas. Atualmente a medição, a avaliação do desempenho e a supervisão são realizadas através dos transformadores convencionais e estão divididos em duas categorias: os Transformadores de Potencial (TPs) e os Transformadores de Corrente (TCs).

Com base em uma tecnologia fotônica passiva, os Transformadores de Potencial Ópticos (TPOs) e Transformadores de Corrente Ópticos (TCOs) foram desenvolvidos para substituir os TPs convencionais [1]. Os TPOs usam o efeito Pockels ou efeito eletro-óptico característico da rotação da polarização da luz em função do campo elétrico. Para detectar o sinal óptico, a polarização Pockles é convertida em modulação da intensidade de luz usando polarizadores, conforme descrito por [2].

Dentre as vantagens que garantem flexibilidade à tecnologia óptica em relação a tradicional destacamos a não necessidade de energia elétrica no ponto de sensoriamento; a imunidade à interferência eletromagnética em alta e baixa frequência; as medidas em tempo real garantindo a otimização do processo de manutenção; a segurança e confiabilidade garantidos à equipe de operação de linhas de transmissão, além do baixo peso e da estrutura compacta de uma fibra óptica [3]. Outro ponto relevante em relação aos TPs convencionais é em relação aos transientes nas linhas que podem gerar sobretensões nos transformadores resultando em danos aos equipamentos

(\*) Rua Horácio de Macedo, n° 2030 – sala 036 - Bloco I2000 – CEP 21941-598 Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 2562-8200 – Fax: (+55 21) 2562-8200 – Email: bessie@lif.coppe.ufrj.br

dentro das subestações em caso de explosões. Aplicações de novas soluções usando fibras ópticas surgem como um método de controle de sobretensões para a proteção dos sistemas elétricos.

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um TPO usando uma tecnologia híbrida baseada em Redes de Bragg em fibra óptica (FBG) e cerâmicas piezoelétricas (PZT). O sistema é utilizado como o núcleo de um TPO da classe de 13.8 kV e usa um cristal PZT que atua como um transdutor de tensão e uma FBG como sensor de deslocamento em função da tensão aplicada aos terminais do sensor. A sensibilidade experimental obtida mostra uma dependência linear entre o deslocamento no comprimento de onda de Bragg e as tensões CC aplicadas ao sensor. O trabalho utiliza um procedimento de controle para o cálculo do ponto ótimo de operação de um filtro Fabry Perot (FP), que otimiza e maximiza o processo de demodulação nas medidas de tensão CA.

## 2.0 - REDES DE BRAGG EM FIBRA ÓPTICA E CERÂMICAS PIEZOELÉTRICAS

### 2.1 Teoria dos sensores FBG

A tecnologia de Redes de Bragg (FBG) é uma das mais populares opções em sensores a fibra óptica para medidas de tensão, temperatura e muitos outros mensurandos. As redes de Bragg são formadas por uma modulação periódica no índice de refração do núcleo da fibra óptica ao longo de uma direção longitudinal. Devido à essas modulações periódicas, a luz guiada ao longo do núcleo da fibra será refletida por cada grade e vai somar à reflexões oriundas de outras grades na direção contrária, satisfazendo a condição de Bragg dada por:

$$\lambda_B = 2\eta_{eff} \Lambda \quad (1)$$

Na Equação (1)  $\lambda_B$  representa o comprimento de onda de Bragg do espectro refletido quando um sinal luminoso incide na FBG. Este valor é função do índice de refração efetivo do núcleo da fibra ( $\eta_{eff}$ ) e do período de modulação do índice de refração ( $\Lambda$ ) [4].

A deformação longitudinal, devido a uma força externa pode mudar tanto  $\Lambda$  quanto  $\eta_{eff}$ , portanto, usando uma FBG como um sensor é possível obter medidas de tensão, temperatura, pressão, vibração, deslocamento, etc através da imposição de alguma perturbação na grade resultando em uma mudança no comprimento de onda de Bragg, que pode então ser utilizado como um parâmetro transdutor.

A equação de Bragg estabelece a relação entre o comprimento de onda de Bragg, a deformação e a temperatura aplicada a uma FBG [5]:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = (1 - \rho_e)\epsilon_{FBG} + (\alpha + \eta)\Delta T \quad (2)$$

sendo  $\epsilon_{FBG}$  o deslocamento longitudinal da fibra,  $\Delta T$  a variação de temperatura,  $\rho_e$  o coeficiente foto-elástico,  $\alpha$  o coeficiente de expansão térmica da sílica e  $\eta$  o coeficiente termo-óptico.

Supondo uma fibra de comprimento  $L$  com uma FBG inscrita, se aplicarmos uma extensão ( $\Delta L$ ) na fibra, produzirá uma deformação igual a  $\Delta L/L$  que representa o deslocamento longitudinal da fibra ( $\epsilon_{FBG}$ ). Do mesmo modo, uma FBG de comprimento  $L_{FBG}$  irá experimentar uma deformação igual a  $\Delta L_{FBG}/L_{FBG}$ . Como a FBG está inscrita na fibra temos que:

$$\epsilon_{FBG} = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta L_{FBG}}{L_{FBG}} \quad (3)$$

Substituindo as constantes da Tabela 1 na Equação (2) e usando uma FBG com comprimento de onda central de 1550 nm, obtém-se a sensibilidade da FBG com o deslocamento:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\Delta\epsilon} = 1,2\text{pm}/\mu\epsilon \quad (4)$$

### 2.2 Fundamentos da piezoeletrecidade

A piezoeletrecidade é a propriedade que certas substâncias cristalinas possuem de gerar cargas elétricas quando estão submetidas a uma força mecânica ou produzir uma deformação mecânica quando um campo elétrico é aplicado em seus terminais, atuando como transdutores de tensão.

A sigla PZT é uma abreviação para cerâmicas policristalinas compostas de íons tetravalentes de Chumbo, Zircônio e Titânio e uma das vantagens do emprego de cerâmicas PZT na fabricação de sensores é o fato de que estas não exigem uma fonte de alimentação externa para operar sendo uma das principais motivações para o uso na detecção de sinais de baixa potência [6].

A deformação da espessura do PZT é dada pela constante  $d_{33}$  que representa a deformação sofrida pela cerâmica na direção 3 à partir da incidência de um campo elétrico nesta mesma direção. A relação entre a variação de espessura ( $\Delta w$ ) da cerâmica em função da tensão aplicada aos eletrodos do PZT é dada por:

$$\frac{\Delta w}{w} = d_{33} E \quad (5)$$

Onde  $w$  é a espessura da cerâmica,  $E$  é o campo elétrico aplicado aos eletrodos do PZT e  $d_{33}$  é o coeficiente de deslocamento na direção de polarização com unidade pm/V.

### 3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Princípio de Operação

Para a construção do protótipo, foi utilizada uma pilha de cristais PZT como um transdutor de tensão e uma FBG como um sensor de deslocamento. Como descrito anteriormente, esses materiais apresentam uma deformação em suas dimensões, quando um campo elétrico é aplicado em seus eletrodos. Dessa maneira, as deformações a que estes cristais estão submetidos, são convertidas em variações no comprimento de onda de Bragg da FBG colada ao PZT.

A sensibilidade de um transdutor FBG-PZT, que é a relação entre o deslocamento no comprimento de onda de Bragg e o campo elétrico aplicado ao PZT é obtida, partindo-se da Equação (5). Como a FBG está colada ao PZT, ela sofrerá a mesma deformação, assim, combinando a Equação (2) com a Equação (5), e considerando a temperatura ambiente constante ( $\Delta T=0$ ) resulta em:

$$\Delta \lambda_B = \lambda_B (1 - \rho_e) d_{33} \frac{V}{w} \quad (6)$$

Na Tabela 1 estão relacionados os parâmetros e as constantes da FBG e das cerâmicas PZT usadas para a construção do protótipo desenvolvido.

Tabela 1- Parâmetros das cerâmicas PZT e da FBG

PZT	
Propriedades Físicas	Valor
Formato	Anel
Tipo	PZT-4H
Constante Piezoelétrica $d_{33}$	$d_{33} = 300$ pm/V
Espessura da cerâmica	$w = 4$ mm
Máximo Campo Elétrico Direto	1-2 kV/mm
Número de elementos na pilha	$n=10$
FBG	
Comprimento de Onda de Bragg	$\lambda_B = 1538,48$ nm
Coeficiente Foto-Elastico	$\rho_e = 0.22$
Coeficiente de Expansão Térmica	$\alpha = 0,55 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Coeficiente Termo-Óptico (dn/dT)	$\eta = 8,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Comprimento da FBG	$L = 28$ mm

Fonte: ALVES, 2010 [7] e OTHONOS *et al.*, 1999 [4]

#### 3.2 Montagem Experimental

##### 3.2.1 Protótipo sensor FBG-PZT

Um desenho ilustrativo do protótipo desenvolvido é mostrado na Figura 1. A montagem foi feita usando uma pilha de cerâmicas PZT separadas por chapas de cobre. Os eletrodos foram organizados em ambos os lados dos discos e foram conectados em paralelo de tal maneira que todos os discos fossem submetidos à mesma tensão. Uma estrutura de alumínio foi usada para acomodar a pilha de cerâmicas e as chapas de cobre, juntamente com uma FBG colada em cima do alumínio, conforme mostra o desenho:

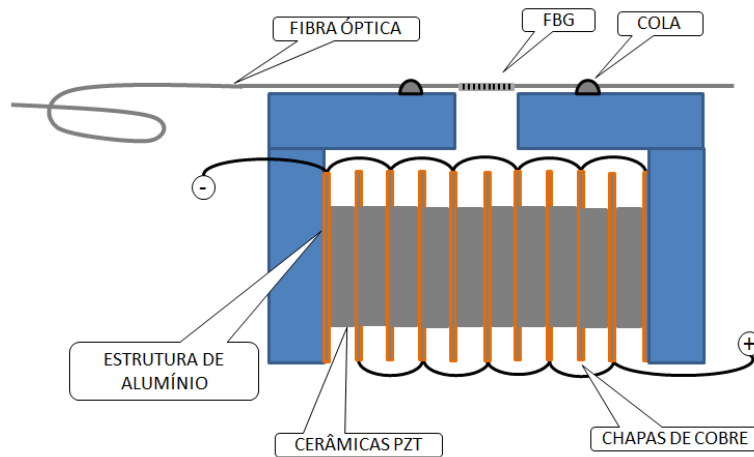


FIGURA 1 – Diagrama esquemático do sensor FBG-PZT.

Para calcular a sensibilidade do protótipo sensor para uma pilha de cerâmicas, reescreve-se a Equação (6) incluindo o número de elementos (n) de cerâmicas PZT.

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B (1 - \rho_e) \frac{nd_{33}V}{L_{FBG}} \quad (8)$$

Substituindo as constantes da cerâmica PZT-4, de acordo com a Tabela 1, na Equação (8), obtém-se a seguinte sensibilidade:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\Delta V_{in}} = 128,6 \text{ pm/kV} \quad (9)$$

Este transdutor é capaz de medir tanto CC quanto CA que corresponde a um deslocamento no comprimento de onda de Bragg de 128,6 pm para cada 1000 V aplicados ao PZT.

### 3.2.2 Montagem Óptica para medidas em Tensão CC

Uma tensão CC foi aplicada aos terminais do PZT usando uma fonte de alta tensão e a deformação sofrida pelo PZT foi convertida em variações do comprimento de onda de Bragg refletido pela grade ( $\Delta\lambda_B$ ). Para a interrogação destas variações, foi usado um interrogador óptico comercial com resolução de 2 pm, conforme ilustrado na Figura 2.

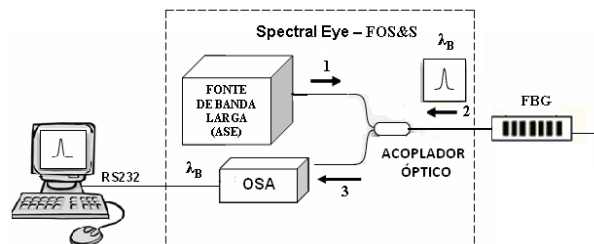


FIGURA 2 – Diagrama esquemático da montagem experimental para medidas com tensão CC.

A linha tracejada na Figura.2 compreende os componentes do interrogador óptico comercial utilizado. O sistema consiste de uma fonte de banda larga ASE (Amplified Spontaneous Emission) usada para iluminar a FBG através da porta 1 de um circulador óptico. O espectro de reflexão da FBG retorna pela porta 2 e é então dirigido, através da Porta 3, para um analisador de espectro óptico (OSA) para então ser detectado. Todos os dados podem ser acessados e monitorados por um computador conectado à porta USB do interrogador óptico.

### 3.2.3 Montagem Óptica para medidas em Tensão CA

Para aplicações usando tensão CC, um interrogador óptico comercial pode ser utilizado, entretanto, este equipamento é limitado a poucos Hertz, sendo incapaz de responder às frequências das linhas de CA. Para aplicações com tensão CA, foi usada a técnica interferométrica usando um filtro de Fabry Perot (FP), conforme demonstrado no esquema a seguir:

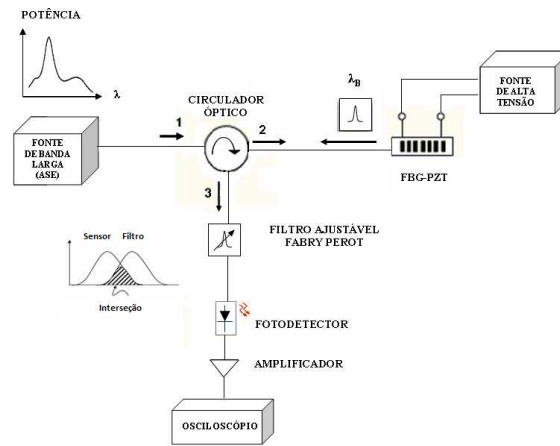


FIGURA 3 – Diagrama esquemático da montagem experimental para medidas com tensão CA.

A fonte de tensão CA foi usada para aplicar o sinal na entrada aos eletrodos. Uma fonte de luz (ASE) foi usada para iluminar o sensor FBG-PZT usando um circulador óptico. A luz incide na FBG através da porta (1) do primeiro circulador óptico e circula até a porta (2). O espectro refletido do sensor retorna através da porta (2) deste mesmo circulador onde então é direcionado para a porta (3) que está ligada ao filtro FP.

A posição do ajuste ótimo para o comprimento de onda central do filtro FP é escolhida pelo algoritmo descrito em [8]. A área sombreada do espectro ilustrado dentro da Figura 3 é a interseção entre o espectro do sinal refletido e o espectro de transmissão do filtro FP. A integral desta área representa a intensidade luminosa total que atinge o fotodetector. A convolução numérica  $F_{FP}(\lambda) * F_{FBG}(\lambda)$  é realizada a fim de se obter a potência máxima disponível entregue ao fotodetector em função do deslocamento do comprimento de onda de Bragg.

A curva espectral para o filtro FP,  $F_{FP}(\lambda)$  e a FBG,  $F_{FBG}(\lambda)$  é mostrada na Figura 3a, onde o sensor está em estado de repouso. O eixo vertical mostra a transmitância relativa do filtro FP e a reflectância relativa do sensor FBG. A curva da convolução após o procedimento de controle está mostrada na Figura 3b.

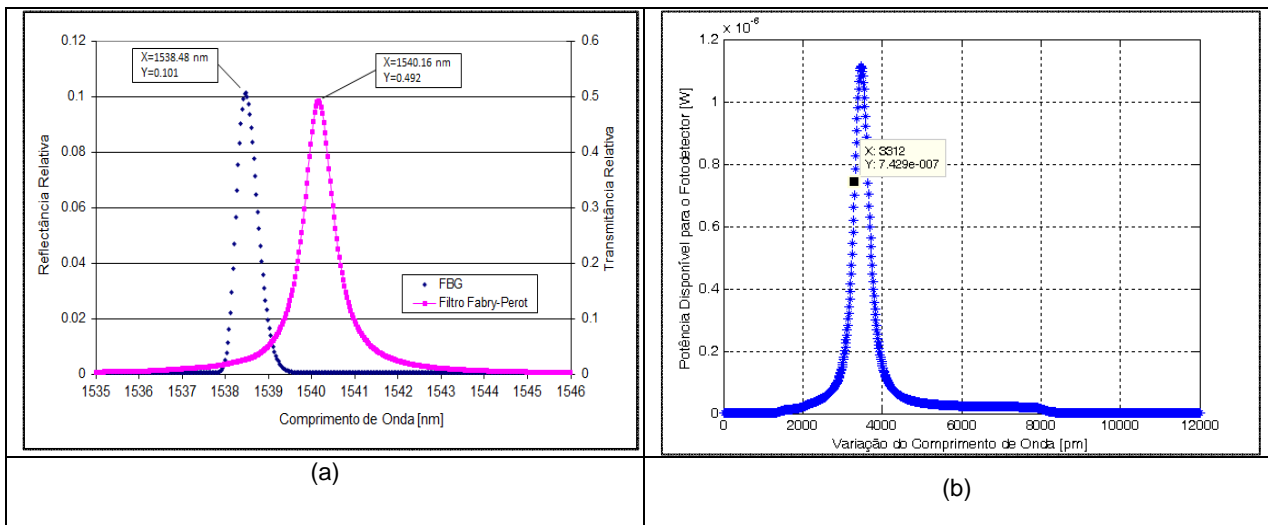


FIGURA 4 – (a) Curva espectral para o filtro Fabry-Perot,  $F_{FP}(\lambda)$  e a FBG,  $F_{FBG}(\lambda)$ . (b) Curva da convolução entre  $F_{FP}(\lambda) * F_{FBG}(\lambda)$ .

#### 4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### 4.1 Medidas em Tensão CC

O primeiro experimento realizado foi submeter o protótipo sensor FBG-PZT as variações de tensão usando uma fonte de alta tensão (15 kV/10 mA) para medir o deslocamento no comprimento de onda de Bragg usando o esquema de interrogação mostrado na Figura 2. A tensão aplicada no PZT variou entre 0 e 2250 V aproximadamente a fim de não exceder os campos elétricos máximo direto e reverso especificados pelo fabricante das cerâmicas. O gráfico da Figura 5, mostra o resultado de 10 medidas realizadas com o sistema proposto. A

sensibilidade linear média foi de 89.09 pm/kV e o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,9985. Este valor significa um deslocamento no comprimento de onda de Bragg de 89.09 pm para cada 1000 V de tensão aplicados aos terminais do PZT.

A sensibilidade média experimental de 89,09 pm/kV obtida foi menor do que a calculada pelo desenvolvimento teórico desenvolvido em (9): 128,6 pm/kV. A razão para esta diferença pode estar relacionada à elasticidade dos materiais empregados na montagem mecânica. O adesivo usado para colar as cerâmicas é altamente elástico e pode facilmente ceder alguns poucos nanômetros o que já é suficiente para reduzir o deslocamento da FBG, resultando em uma sensibilidade menor do que a teoricamente calculada.

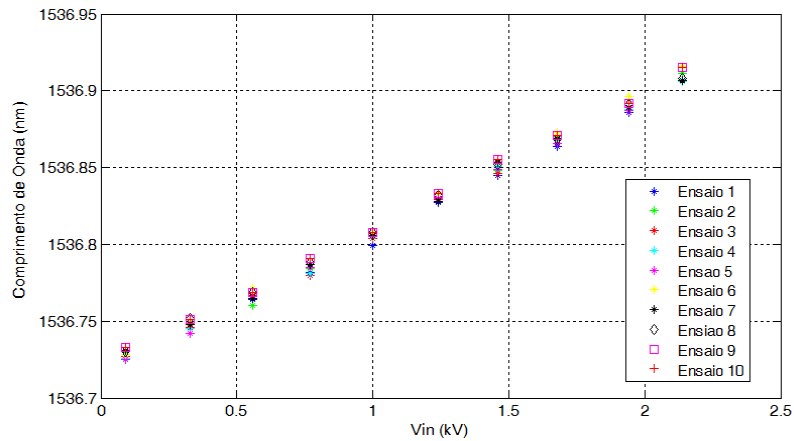


FIGURA 5 – Relação entre a tensão CC aplicada ao sensor FBG-PZT e o deslocamento do comprimento de onda de Bragg.

Usando um procedimento de ajuste linear (Matlab) o estudo da incerteza em relação aos resultados das medidas indicaram um desvio padrão médio de 1,19 pm, que quando dividido pela sensibilidade produz uma incerteza na tensão medida de 13,36 V. Este erro na tensão representa uma incerteza de 0,09% na classe de 13,8 kV, estando de acordo com a precisão de 0,2% necessários para atender a norma IEC 60044-5 [9] nas medições em corrente contínua.

De acordo com o gráfico da Figura 6, o erro residual máximo foi de 0,028 kV. Esta dispersão apresentada nos resultados foi devida as imprecisões do sistema bem como devido a incerteza do interrogador óptico utilizado.

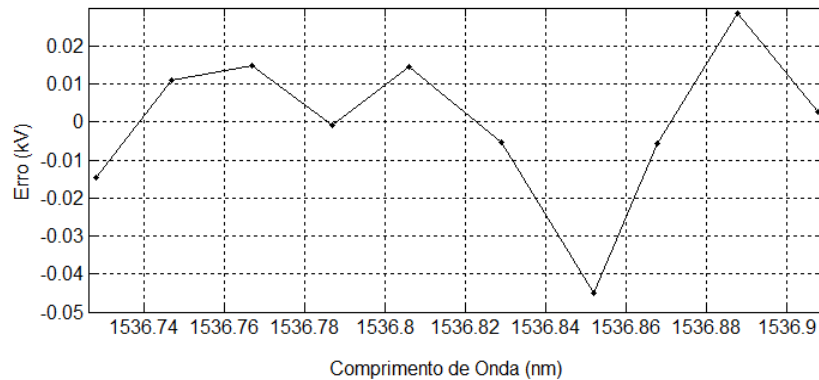


FIGURA 6 – Erros do Transdutor FBG-PZT4 para tensão CC aplicada.

#### 4.2 Medidas em Tensão CA

Os resultados para as medidas em tensão CA consiste em medir as variações no comprimento de onda de Bragg convertidos a partir da tensão de saída do fotodetector como função da tensão alternada de entrada aplicada aos terminais do sistema sensor. Aplicando uma tensão CA ( $V_{in}$ ) no PZT e medindo a tensão de saída ( $V_{out}$ ) em 6 ciclos consecutivos, obtém-se o gráfico da Figura 7. O sensor mostra uma resposta linear para uma tensão CA aplicada variando de 0 kV a 2 kV, aproximadamente. A sensibilidade média encontrada foi de 1,07 e coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,9978.

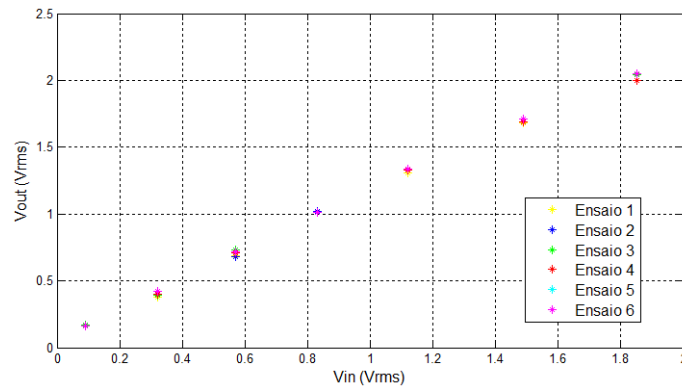


FIGURA 7 – Relação entre a tensão CA aplicada ao sensor FBG-PZT e a tensão de saída.

A Figura 8 mostra o gráfico do erro residual para a média das medidas em CA realizadas no transdutor FBG-PZT4. De acordo com o gráfico o erro máximo encontrado foi de 0.04 kV.

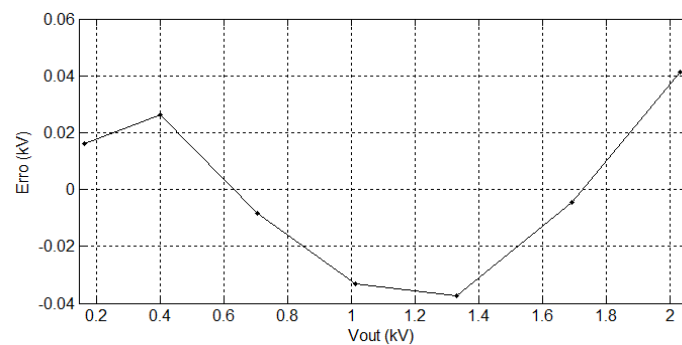


FIGURA 8 – Erros do Transdutor FBG-PZT4 para tensão CA aplicada.

Para a análise das medidas dinâmicas do sinal de saída, é necessário medir a distorção harmônica total (THD) do sinal de entrada. A Figura 9 mostra a forma de onda do sinal do sistema medido. O objetivo desta análise foi investigar a conduta do sinal de entrada (60 Hz) e medir a distorção harmônica na saída, com o incremento da tensão CA aplicada. O valor de 4,72% obtido assegura que a THD nos resultados em tensão CA não está relacionada ao sinal de entrada. Observa-se que a THD ocorre particularmente quando o sinal de entrada alcança uma região não linear da curva de convolução entre o espectro da FBG e o espectro do filtro FP.

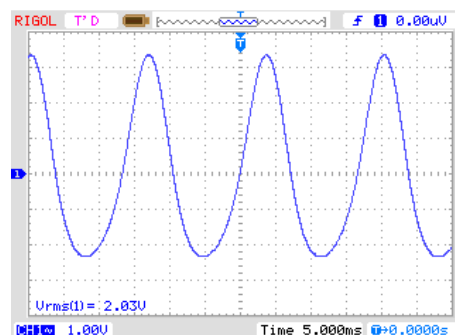


FIGURA 9 – Sinal de saída do fotodetector para o incremento da tensão CA aplicada ao sensor FBG-PZT.

## 5.0 - CONCLUSÃO

O artigo demonstra um novo sistema a ser utilizado como o núcleo de um TPO da classe de 13.8 kV usando um cristal PZT que atua como um transdutor de tensão e uma FBG como sensor de deslocamento.

Embora os TPOs comerciais tendem a ser mais caros do que os TP convencionais esse estudo objetiva mostrar a viabilidade técnico-econômica do sistema proposto bem como a precisão de 1% obtida. Os resultados obtidos mostram os impactos nas redes de transmissão a serem alcançados com a implementação desta nova tecnologia.

A baixa dispersão das medidas de calibração encontrada nos resultados experimentais mostra que o novo esquema de sensoriamento desenvolvido para aplicações em linhas de transmissão garantem a precisão, a repetibilidade e a confiabilidade das medidas viabilizando sua fabricação e aplicação industrial.

A sensibilidade experimental obtida mostra uma dependência linear entre o deslocamento no comprimento de onda de Bragg e as tensões aplicadas. O estudo da incerteza nos resultados obtidos representa uma incerteza de 0.09% na Classe 13.8 kV estando de acordo com a precisão de 0,2% necessários para atender a norma IEC 60044-5 nas medições em corrente contínua. Também foram avaliados os erros mínimos e máximos residuais do sensor nas medidas em tensão CC e CA.

Para a análise das medidas em tensão CA, a avaliação da distorção harmônica total (THD) foi avaliada usando uma modelagem matemática através da implementação de um procedimento de controle para o cálculo do ponto ótimo de operação de um filtro Fabry Perot, que otimiza e maximiza o processo de demodulação nas medidas em tensão CA

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Cease, T. W., "Optical voltage and current sensors used in a revenue metering system", IEEE Transactions on Power Delivery, v. 6, n. 4, pp. 1374-1379, Oct. 1991.
- (2) Sawa, T., Kurosawa, K., Kaminishi, T., Yokota, T., "Development of optical instrument transformers", IEEE Transactions on Power Delivery, v. 5, n. 2, Apr. 1990.
- (3) Rahmatian, F., Chavez, P. P., "SF<sub>6</sub>-free 550 kV combined optical voltage and current transducer system". IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition, v. 1, pp. 379-382, Sept. 2003.
- (4) Othonos, A. Kalli, K., "Fiber Bragg Gratings: Fundamental and Applications in Telecommunications and Sensing", Norwood, MA: Artech House, 1999.
- (5) Kersey, A. D., Davis, M. A., Patrick, H. J., LeBlanc, M., Koo, K. P., Askins, C. G., "Fiber Grating Sensors", Lightwave Technology, v. 15, n. 8, pp. 1442-1463, 1997.
- (6) Soman, J., O'Neal, C. B., "Fabrication and Testing of a PZT Strain Sensor for Soil Applications", IEEE Sensors Journal, v. 11, n. 1, Jan. 2011.
- (7) Alves A. H., "Cerâmicas piezoelétricas: funcionamento e propriedades", ATCP Engenharia Física, Mar. 2010.
- (8) Ribeiro, B. A., Werneck, M. M. and Silva-Neto, J. L., "A Novel Optimization Algorithm to Demodulate a PZT-FBG sensor in AC High Voltage Measurements", IEEE Sensors Journal, Jan. 2013.
- (9) Instrument Transformers-Part 5-Capacitor Voltage Transformers, IEC60044-5, 2004.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

BESSIE DE ASSUMPÇÃO RIBEIRO atualmente é estudante de doutorado pelo Programa de Engenharia Elétrica (PEE) - COPPE/UFRJ. Possui mestrado em Engenharia Elétrica na área de Instrumentação e Fotônica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Formada em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade Estácio de Sá. Possui experiência profissional na área de redes de transmissão e sensores a fibra óptica.

JOSÉ LUIZ DA SILVA NETO Possui graduação em Engenharia Elétrica Eletrotécnica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1988), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1993) e doutorado em Engenharia Elétrica - Université Laval - Québec, Canada (1999). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARCELO MARTINS WERNECK graduou-se em Engenharia Eletrônica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC) em 1975. Obteve seu MSc pelo Programa de Engenharia Biomédica da COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 1977. Em 1978 ingressou para o Departamento de Eletrônica e Computação da UFRJ onde é professor Associado desde 1978. Seu PhD foi obtido pela University of Sussex, no Reino Unido em 1985. Atualmente é coordenador do Laboratório de Instrumentação e Fotônica do Programa de Engenharia Elétrica da COPPE onde desenvolve pesquisas na área de instrumentação e transdutores a fibra óptica. Atualmente é também Professor Titular da COPPE e tem desenvolvido pesquisas nas áreas de Engenharia Elétrica e Fotônica, atuando principalmente nos temas Instrumentação eletrônica e sensores a fibra óptica.