

## DESENVOLVIMENTO DE SENSORES PARA MEDIR FORÇAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

**SALES, Náthally Vitoria Freitas<sup>1</sup>; GONÇALVES, Marcella Luiz<sup>2</sup>; GONÇALVES, Guilherme Henrique Mota<sup>3</sup>; CRUZ JUNIOR, Aleones José da<sup>4</sup>; SALES, Maurício Martines<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. [nathallyvic@hotmail.com.br](mailto:nathallyvic@hotmail.com.br); <sup>2</sup> Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. [marcellaluiz23@gmail.com](mailto:marcellaluiz23@gmail.com); <sup>3</sup> Estudante de Iniciação Científica Junior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO.

[guilherme.mg53@gmail.com](mailto:guilherme.mg53@gmail.com); <sup>4</sup> Orientador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Trindade - GO. [aleones.eng@gmail.com](mailto:aleones.eng@gmail.com); <sup>5</sup> Colaborador – Universidade Federal de Goiás - GO [sales.mauricio@gmail.com.br](mailto:sales.mauricio@gmail.com.br).

**RESUMO:** Neste trabalho foram desenvolvidas instrumentações aplicadas a estruturas de concreto. O objetivo principal foi propor uma metodologia para confecção dos sensores: colagem dos extensômetros, montagem, e proteção do circuito. Uma ampla revisão bibliográfica sobre extensometria e instrumentação de elementos estruturais foi realizada, concomitantemente foram desenvolvidos sensores miniaturizados, na forma de ponte de wheatstone completa. Para tal foi definido o uso de extensômetros elétricos para construção dos instrumentos devido a sua adequada relação custo benefício. Os sensores foram confeccionados no campus Trindade do IFGoiano, utilizando critérios e procedimentos específicos para esta pesquisa. Como resultado foi desenvolvida uma sequência para a montagem do sensor, revisando práticas de colagem, e também foi obtida uma metodologia para a técnica de proteção do circuito mediante pesquisas bibliográficas e testes práticos.

**Palavras-chave:** Extensômetros elétricos. Fabricação de sensores. Proteção de sensores. Calibração de sensores.

### INTRODUÇÃO

Pelos conceitos clássicos de resistência dos materiais, sabe-se que quando um corpo é submetido à ação de uma força externa sofre uma deformação, possível de ser mensurada enquanto o corpo permanecer em seu domínio elástico (HIBBEKER, 2008).

Nas últimas décadas o procedimento conhecido como extensometria tem sido utilizada para obter informações, e monitorar as deformações as quais um corpo é exposto, sendo também útil para o desenvolvimento de medidas de precisão e transdutores aplicados como medidores de força, pressão e torque (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2013).

Existem diversos tipos de sensores, como: mecânicos, magnéticos, ópticos e elétricos. Neste último se enquadra o chamado *strain gage*, um extensômetro elétrico atrativo por sua versatilidade e precisão. Adolfo et al (2004) enumerou as vantagens oferecidas pelo *strain gage*, podendo ressaltar: Grandes precisões nas medições; Pequeno tamanho, peso leve; Excelente resposta aos fenômenos dinâmicos; Excelente linearidade; As medições possíveis em uma grande faixa de temperatura; Aplicáveis submersos à água ou em atmosfera corrosiva com

tratamentos adequados; Aplicados como transdutor para medida de várias grandezas físicas; e possibilidade de edição à distância.

Ao propor a fabricação de instrumentos para estruturas de concreto, além de com estes instrumentos obter respostas que confirmem ou retifiquem comportamentos de estruturas previstos na teoria, ainda será possível desenvolver a prática, e a melhoria na metodologia de construção de instrumentos.

Os instrumentos desenvolvidos foram miniaturizados afim de propiciar o menor custo na fabricação, e melhor acondicionamento ao longo do tempo, assim como menor perturbação na estrutura com sua instalação.

O objetivo foi construir instrumentos para monitoramento de estruturas de concreto, usando extensômetros elétricos, em protótipos miniaturizados, no formato de sensores em ponte *wheatstone* completa. Sendo feita uma ampla revisão bibliográfica sobre extensometria, e aplicações às estruturas de concreto, e desenvolvida uma metodologia para colagem, montagem da ponte, e proteção do circuito da ponte de *wheatstone*.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os extensômetros que foram instalados nos materiais dos sensores tiveram disposição conhecida como ponte completa. Foram empregados os extensômetros do tipo roseta 90° de  $120\ \Omega$ , específicos para alumínio.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos com instalação dos sensores em barras de aço no interior dos elementos estruturais, ou nas faces dos pilares. Estas metodologias tornavam o processo de colagem e proteção dos sensores um complicador para situações de aplicações em obras, devido ao tempo necessário para colagem, proteção e montagem do circuito (HOFFMAN, 2012).

Nesta pesquisa optou-se por resolver esse problema miniaturizando os sensores, porque assim foi possível confeccioná-los, e calibrá-los em laboratório e instalá-los rapidamente em obra. A parte cilíndrica do sensor foi feita em alumínio classificado como Liga 6351 da empresa Alumicopper, e as outras peças são de aço inox galvanizado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o processo de preparação do material do sensor o melhor procedimento apontado por revisões bibliográficas (HBM, 2015) foi: a) lixamento suave com lixa para ferro número 300; b) lavagem com água corrente para eliminar pó; c) limpeza com álcool isopropílico; d) aplicação de condicionador; e e) aplicação de neutralizador.

Para a colagem dos extensômetros foram usadas pinças, a cola foi aplicada na parte de trás da base do extensômetro e na área de colagem da própria barra. A secagem da cola ocorreu sob uma pressão aos extensômetros para garantir o contato com a barra, conforme mostrado na Figura 1. Os resultados mostraram que a cola Kyowa CC33A obteve resultados mais estáveis quando comparado com cola de secagem instantânea a base de cianoacrilato.



Figura 1 – Extensômetros colados na barra dos sensores.

Na proteção do sensor foi garantida que não ocorresse fragilização da isolação, e que a

umidade esteja ausente. Para tal o isolamento de todas as emendas foi garantido para evitar um curto circuito entre os terminais e entre estes e a peça de ensaio. Assim a metodologia de proteção dos sensores conseguida foi: a) Aplicar camada de resina de silicone sobre os terminais e extensômetros; b) Aplicar camada de cera de proteção sobre os terminais, extensômetros, e fios entre terminais; c) Aplicar borracha de silicone camada homogênea de espessura fina sobre toda a cera até contato com a barra. Na Figura 2 são mostradas as etapas de proteção.



(a) (b) (c)

Figura 2 –Proteção do circuito do sensor: (a) resina de silicone; (b) cera de proteção; e (c) borracha de silicone.

## CONCLUSÃO

A metodologia para produção de sensores desenvolvida mostrou bons resultados quanto a estabilidade de sinais, isolamento, e durabilidade para os processos de colagem, montagem e proteção da ponte completa de *wheatstone*.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFGoiano campus Trindade por propiciar o desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLFO, R. P.;CAMACHO, J.S.; BRITO, G. A. **Extensometria Básica**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. 2004. 45 p.  
BALBINOT, A.; BRUSAMARELO, V. J. **Instrumentação e Fundamentos de medidas, volume 2**. 2<sup>a</sup> Edição. Rio de Janeiro: LTC. 2013b. 492 p.  
HIBBEKER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7<sup>a</sup> Edição. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro. 2008  
HOFFMANN, K. **An Introduction to Measurements using Strain Gages**. Darmstadt. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. 257 p. 2012.  
HBM – Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. **How to Form Strain-gage Bridges**. Manual. Darmstadt. 2015.