



II IPTMU - Encontro sobre Impactos Potenciais  
de Desastres Naturais em Infraestruturas de  
Transporte e Mobilidade Urbana.  
São José dos Campos, Brasil – 04 a 06 de  
Outubro de 2016



## MONITORAMENTO DE DESLIZAMENTO DE TERRA USANDO SENSOR SIMPLES DE FIBRA ÓPTICA

Ildefonso Felix de Faria Junior (1), Germano Beraldo Filho (2) e Sergio Celaschi (2)

1. Bolsista DTI do CNPq. (CTI Renato Archer). E-mail: [ildefonso.faria@cti.gov.br](mailto:ildefonso.faria@cti.gov.br)
2. CTI Renato Archer. E-mail: [germano.beraldo@cti.gov.br](mailto:germano.beraldo@cti.gov.br)
3. CTI Renato Archer. E-mail: [sergio.celaschi@cti.org.br](mailto:sergio.celaschi@cti.org.br)

### RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta para monitorar deslizamentos de terra usando fibra óptica. O princípio explorado foi a sensibilidade a macrocurvaturas das fibras ópticas. O monitoramento é feito medindo-se a potência óptica que atravessa a fibra óptica. Sendo um equipamento de baixo custo é uma opção viável para instalação em larga escala em todas as cidades brasileiras.

**Palavras Chave:** Deslizamento de terra, sensor a fibra óptica, macrocurvatura em fibra óptica.

### ABSTRACT

This paper presents the work of an initial study of a simple and low cost application of fiber optics as a sensor for land sliding. The power of optical signal emerging from the fiber is measured and digitalized using simple Arduino processor and it's transmitted by an RF modulus to a central station. Due to its low cost characteristics compared to more complex methods it is suited to be used in large scale in all Brazilian cities.

**Keywords:** Land sliding, fiber sensor, macro bend loss.

### 1. Introdução

É crescente no Brasil o número e a intensidade dos desastres provocados, especialmente, por inundações e deslizamentos, ocasionando impactantes perdas de bens e vidas humanas. Isso levou a mobilização dos governos e da sociedade no sentido de criar ações para minimizar os efeitos destes desastres [1]. O objetivo deste estudo foi a investigação do uso da fibra óptica como elemento sensor para monitorar pequenos precursores de grandes deslizamentos de terra. Nossa proposta é criar um detector de deslizamento de baixo custo e de fácil instalação para oferecer um aviso da ocorrência, de preferência no seu estágio inicial, quando se podem tomar medidas preventivas para evitar prejuízos. O sistema proposto é o monitoramento da atenuação óptica causada no sinal que trafega na fibra quando esta é submetida a uma curvatura de pequeno raio (da ordem de centímetros) [2].

O uso de fibras como sensor de movimentação do solo tem sido bastante explorado [3, 4]. Modelos de sensores usando dispositivos como redes de Bragg ou

propriedades intrínsecas da fibra como o efeito do tensionamento, o espalhamento Brillouin demandam equipamentos de custo elevado como analisadores de espectro ou refletômetros ópticos de efeito Brillouin (BOTDA) [5]. Neste artigo apresentamos os resultados obtidos no estudo de viabilidade do uso da fibra como elemento sensor onde é discutido um modelo de dispositivo mecânico capaz de evidenciar e amplificar a sensibilidade da fibra a macro curvaturas. Para isto, foi produzido um mecanismo para criar curvaturas na fibra e assim obter um indutor de perdas no sinal óptico que nela é injetado.

Um ponto importante da nossa proposta é a criação de uma solução de baixo custo para monitorar pequenas movimentações de terra, movimentações essas precursoras de deslizamentos catastróficos. Os elementos que compõem o sistema sensor são cordões de fibra óptica, fonte de luz/medidor de potência microprocessado (transceptor óptico), rádio transmissor formando uma unidade autônoma alimentada por painel solar e bateria. Essas unidades compõem uma rede de sensores distribuídos que transmitem dados, em tempo real, para uma central de monitoramento.

## **2. Proposta do sistema:**

Para um teste inicial de demonstração da viabilidade fizemos uma instalação em campo onde a fibra óptica foi instalada em estacas de madeira fincadas no solo. A altura da fibra em relação ao chão foi de 50 cm. A instalação foi feita desta maneira para facilitar a simulação de uma deformação no trajeto da fibra sem ter que movimentar terra. Em cada estaca foi fixado o dispositivo com a espira de fibra. Quando as estacas são deslocadas de suas posições iniciais os laços se fecham produzindo assim uma atenuação no sinal que se propaga na fibra. A potência óptica que chega ao receptor é coletada pelo fotodetector digitalizada e transmitida à central de monitoramento. Nesta operação a potência óptica é convertida em tensão elétrica na escala de 0 a 5 volts. A intensidade do sinal recebido é comparada com o seu valor inicial. Caso ocorra uma queda de sinal o sistema gera um alarme para alertar aos operadores. Observou-se que um deslocamento de 20 cm de uma estaca em relação a sua posição inicial provoca uma queda superior a 5 % na potência óptica. Três estacas foram deslocadas causando uma queda de potência de 10% e a medida que o deslocamento foi aumentado a potência óptica recebida sempre diminui. Consideramos para fins de alarme que a fibra está rompida quando o sinal cai 80% do valor inicial. Visto que um deslocamento de 20 cm no solo produz uma queda no sinal de até 10% nós consideramos que neste ponto deva-se acionar um alarme de emergência e enviar equipes para uma vistoria no local. Dependendo das características de cada área de risco sendo monitoradas as ações específicas devem ser tomadas: se for uma área industrial, uma estrada, uma ferrovia, uma barragem, cada um dos casos há a necessidade de tomada de decisões para evitar prejuízos materiais ou de vidas.

## **3. Instalação experimental**

A primeira instalação feita em campo foi realizada no terreno do CTI Renato Archer em Campinas-SP. O monitoramento foi feito no laboratório distante de 300 metros. O sinal recebido a cada 12 minutos ficou registrado no módulo central que contém um cartão de memória. Quando provocamos o deslocamento das estacas onde a fibra estava fixada houve a queda no valor da potência como era esperado. Foram feitos sucessivos deslocamentos até que o sinal caiu a 20% do valor inicial. A aquisição de dados e o processamento de informações foram controlados por um

hardware composto de: Um processador Atmega 328p; Radio transmissor FS1000A; Relé de um canal e dois contatos normalmente abertos; Transistor BC 547 NPN; Diodo IN4004; 1 Capacitor eletrolítico 100  $\mu$ F e 25 V; Capacitor eletrolítico 10  $\mu$ F e 25 V; Módulo RTC (Real Time Clock) DS 1387, e uma chave liga desliga. O sinal coletado no campo foi transmitido para o local onde fica o laboratório de aquisição de dados.

#### **4. Conclusão**

Os resultados observados mostram que o uso de fibra óptica para monitorar deslizamentos de terra é uma solução de baixo custo viável para uso. Pode-se usar tanto instrumentos simples como medidor de potência (Power meter) quanto um refletômetro óptico. A queda de sinal óptico é usada para gerar alarme para posterior tomada decisão. Não havendo necessidade de uso de tecnologias avançadas ou de dispositivos de alto custo pode-se ter um sistema acessível a todos os municípios brasileiros. Esta primeira etapa de estudos nos estimula a continuar este desenvolvimento e um primeiro teste de aplicação real será feito ainda em 2016 quando iremos instalar este sistema em locais onde existem instrumentos usando prismas e lasers. A solução proposta tem um custo de materiais inferior a R\$ 5.000,00.

#### **5. Agradecimentos**

Este estudo foi parcialmente financiado por uma bolsa DTI do CNPq em nome do primeiro autor.

#### **REFERÊNCIAS**

[1] Pedro Bertone e Clarice Marinho, “GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES NATURAIS: A VISÃO DO PLANEJAMENTO”, VI Congresso CONSAD, Painel 09/069, Pagina visitada em 20/06/2016, Brasília/DF 16, 17 e 18 de Abril de 2013.

[2] André Martins, Ana M. Rocha, B. Neto, A. L. J. Teixeira, M. Facão, R. N. Nogueira, M. J.Lima, P.S. Andre. “Modeling of Bend Losses in Single - Mode Optical Fibers” - 7th Conference on Telecommunications, Santa Maria da Feira, Portugal, Maio 3-5 de 2009.

[3] Michael Iten; Alexander M. Puzrin; Andreas Schmid, “Landslide monitoring using a road-embedded optical fiber sensor”, <http://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.774515>, Página visitada em 16/06/2016, Bellingham, USA, 2008

[4] J. R. Moore, V. Gischig, E. Button, and S. Loew , “Rockslide deformation monitoring with fiber optic strain sensors, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 191– 201, Zurich, Switzerland, 2010

[5] Zhu, Zheng-Wei; Liu, Dong-Yan; Yuan, Qiao-Ying; Liu, Bang; Liu, Jing-Cheng, “A novel distributed optic fiber transducer for landslides monitoring”, Optics and Lasers in Engineering, Volume 49, Issue 7, p. 1019-1024. London, 2011.

[6] Dave Watson, “Fiber-optic Cable and System Design Basics”, [www.lightwaveonline.com/articles/1995/08/Fiber-Optic-Cable-and-System-Design-Basics-53663277](http://www.lightwaveonline.com/articles/1995/08/Fiber-Optic-Cable-and-System-Design-Basics-53663277). Página visitada em 20/06/2016. Richmond, 1995.