

REDES DE SENSORES SEM FIO PARA MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE DESASTRES NATURAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Anderson Silvério Mendrot Filho

Denise Stringhini

Instituto de Ciência e Tecnologia
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP
São José dos Campos, SP, Brasil

Roteiro

1. Introdução
2. Objetivo da pesquisa
3. Revisão sistemática
4. Desafios e dificuldades em projetos
5. Conclusão e trabalhos futuros

Introdução

Desastres naturais

- Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável
- Prejuízos econômicos, sociais e ambientais.
- No caso de deslizamentos de terra, muitas soluções de monitoramento são pouco utilizadas pelo seu alto custo ou indisponibilidade em certas comunidades.

Introdução

Deslizamentos de terra

- Mundo de 2004 a 2016 (Froude & Petley 2018)
 - 4862 ocorrências com óbitos
 - 55.997 óbitos
- Brasil de 2008 a 2013 (IBGE 2014)
 - 31.000 ocorrências (com ou sem óbitos)
 - 103 óbitos

Objetivo da pesquisa

Realização de revisão sistemática a fim de fundamentar o desenvolvimento de futuros protótipos para monitoração de deslizamentos de terra.

Revisão sistemática

De acordo com Kitchenham (2004)

- Identificar, avaliar e interpretar toda a pesquisa disponível sobre questão de pesquisa, tópico ou fenômeno de interesse
- Resumir evidências relativas a uma tecnologia
- Identificar lacunas na área de pesquisa atual
- Fornecer plano de fundo para novas atividades de pesquisa

Revisão sistemática

Questão de pesquisa

“É possível criar uma rede de sensores de baixo custo para captar parâmetros confiáveis que possam ser usados na detecção de deslizamentos de terra?”

Revisão sistemática

Questões secundárias (em relação a implementação da rede):

- Quais sensores, módulos e itens de hardware são utilizados?
- Quais as fontes de energia utilizadas?
- Quais motes e microcontroladores são utilizados?
- Como são as arquiteturas destas redes?
- Quais formas de transmissão de dados são utilizadas?
- Quais os principais desafios e dificuldades em projetos que implementaram protótipo de rede real?

Revisão sistemática

Processo de busca (IEEE, Science Direct, ACM Digital Library)

Primeira string de busca (mais restrita): "wireless sensor network" AND landslide

Segunda string de busca (menos restrita): "sensor network" AND landslide

Tabela 1. Número de artigos por *string* de busca de 2005 a 2018

	IEEE	ScienceDirect	ACM Digital Library
Primeira <i>string</i> de busca	64	11	48
Segunda <i>string</i> de busca	78	14	61
Total por base	141	24	108

Revisão sistemática

Inclusão de artigos (requisitos)

- Artigos completos que foram publicados em periódicos
- Artigos escritos em inglês
- Artigos que descrevem ou especificam os sensores e/ou módulos utilizados no protótipo de nó
- Artigos que descrevem um sistema que utiliza protótipos de nó para implementação de rede visando a detecção de deslizamentos de terra

Revisão sistemática

Exclusão de artigos (etapas):

1. Duplicados entre buscas, inacessíveis na instituição, descrições de anais de eventos
2. Análise do título, resumo, e se necessário texto como um todo
3. Leitura detalhada de cada artigo

Tabela 2 - Artigos restantes a cada etapa de exclusão

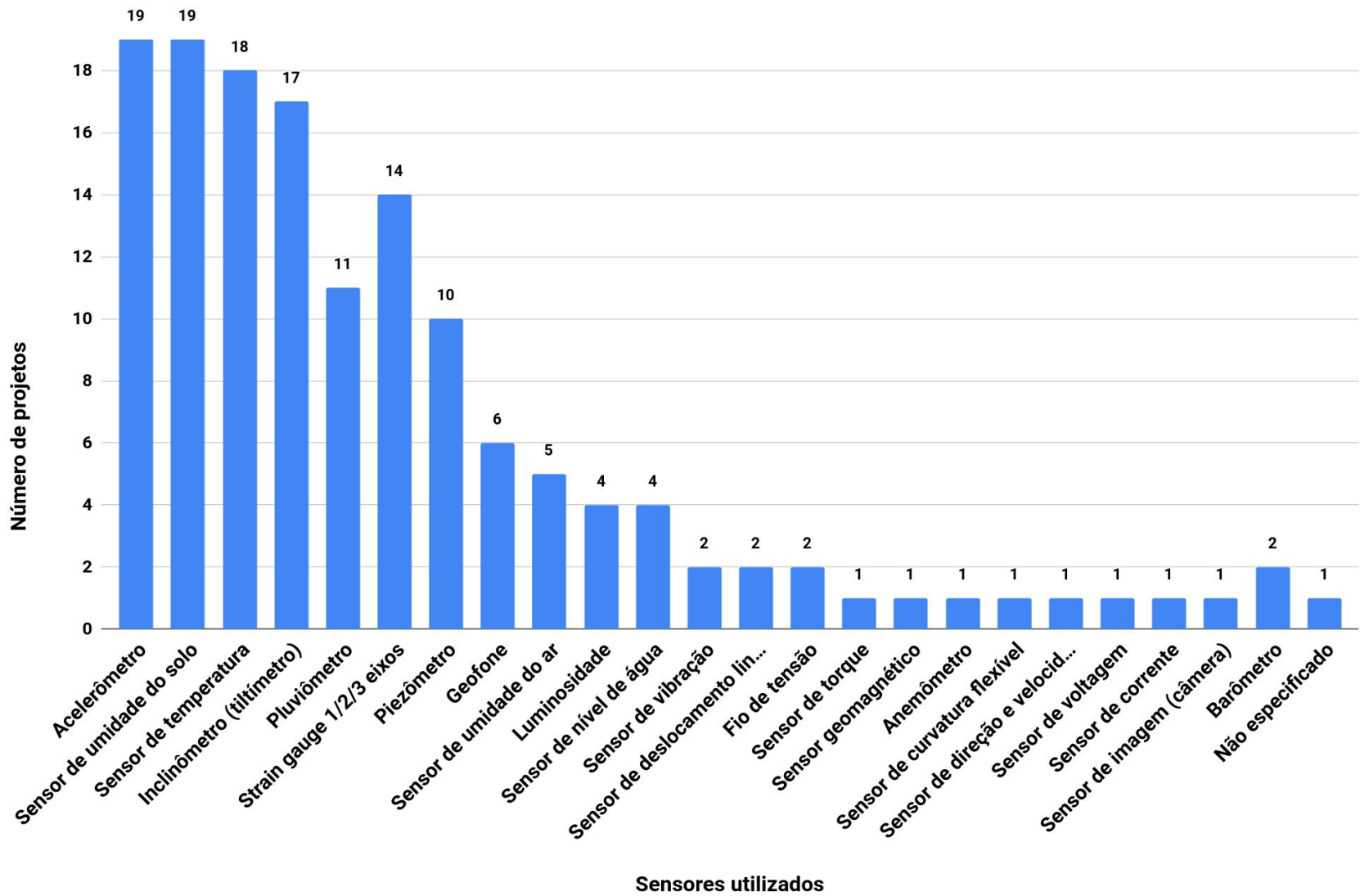
	IEEE	ScienceDirect	ACM Digital Library	Google Scholar
Primeira etapa	75	7	56	10
Segunda etapa	53	7	11	10
Total por base	43	7	9	3

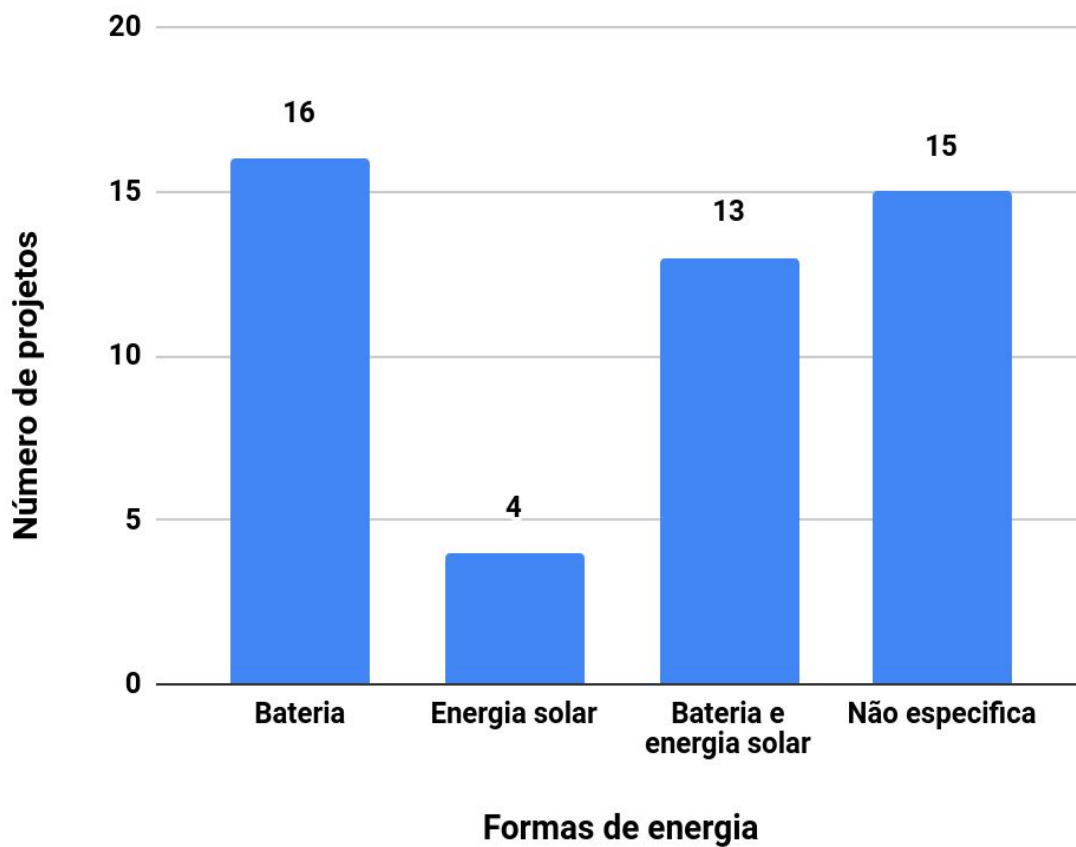
Revisão sistemática

Artigos foram agrupados por projetos: análise restrita a 48 projetos

Conferência Ibero Americana Computação Aplicada

2019
5 - 6 Dezembro
Lisboa, Portugal

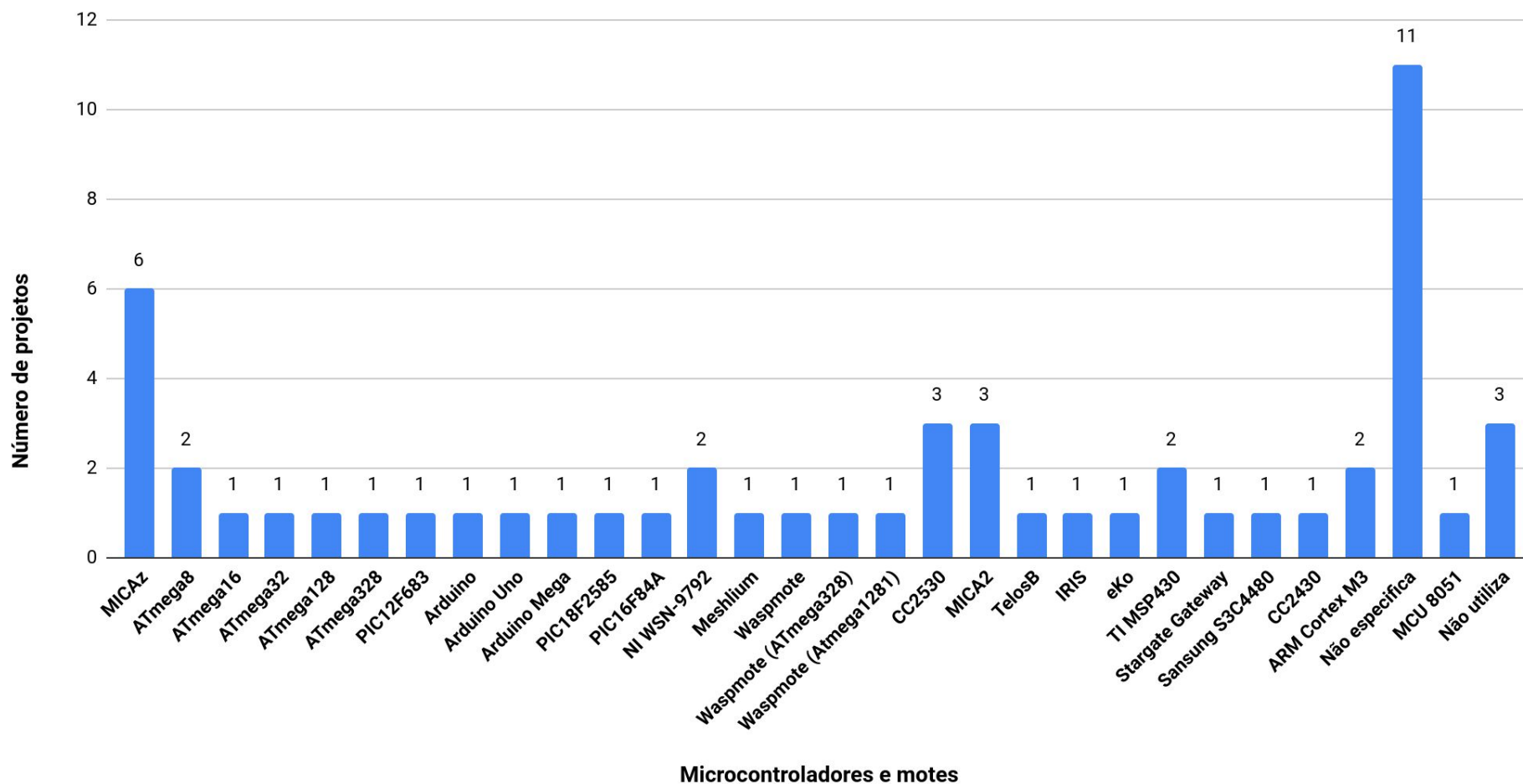


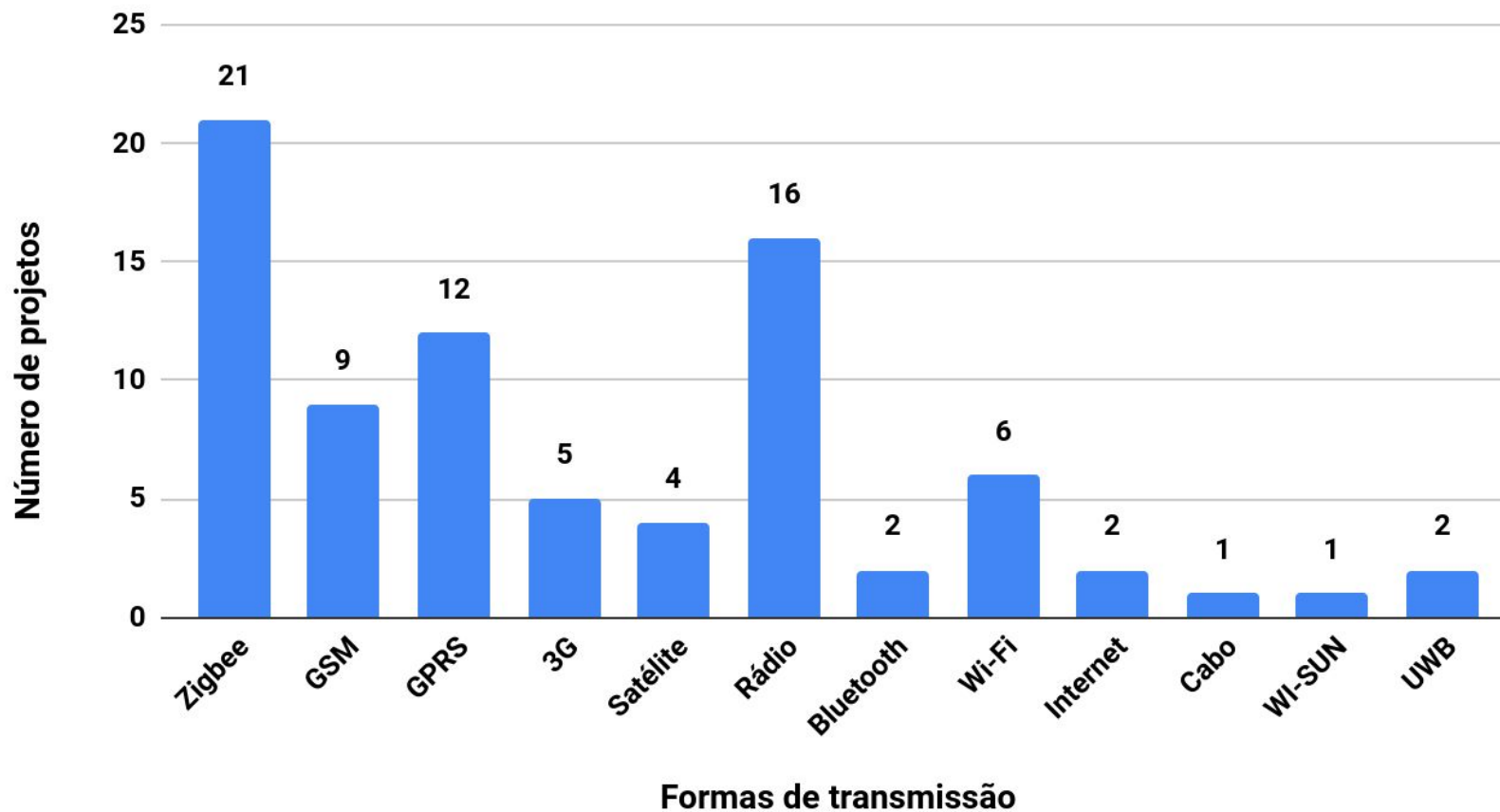


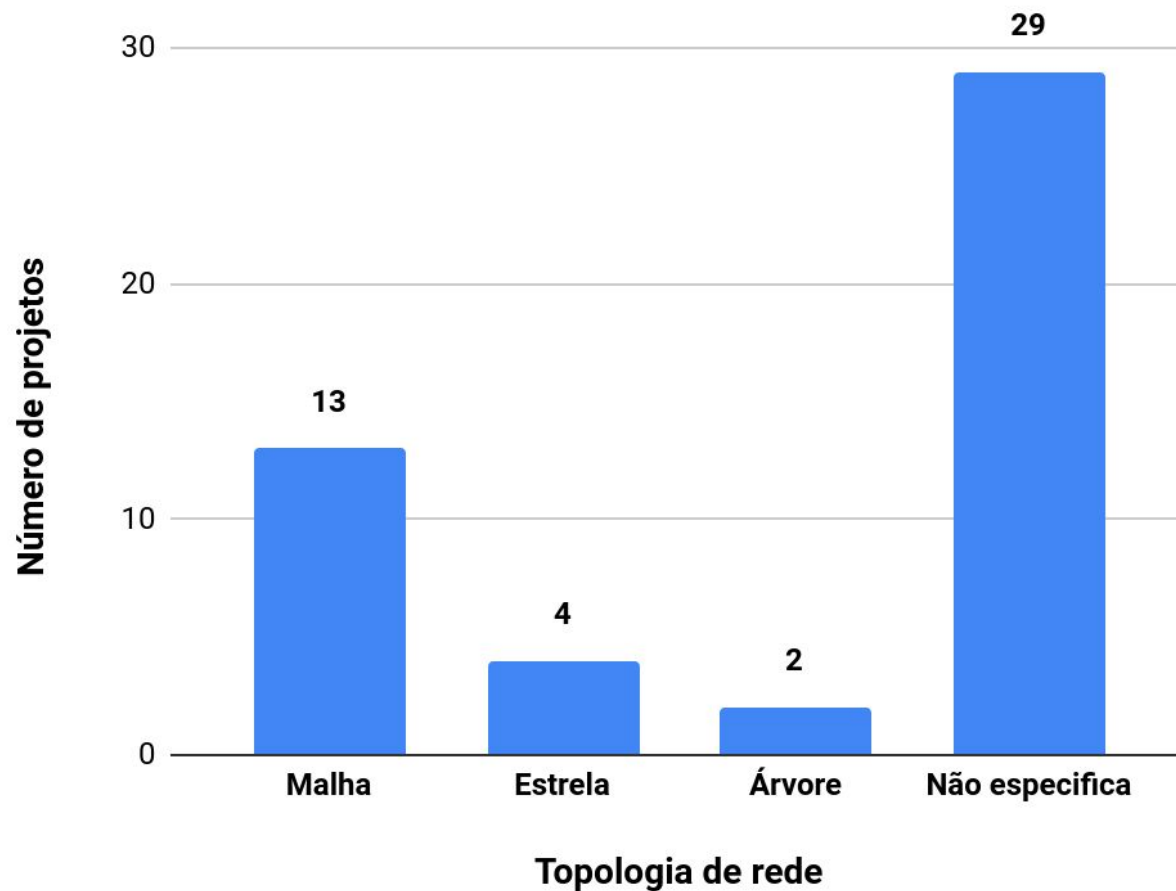
Conferência Ibero Americana Computação Aplicada

2019

5 - 6 Dezembro
Lisboa, Portugal







Dificuldades e desafios em projetos reais

Tópicos:

- Danos físicos
- Energia consumida e período de aquisição e transmissão de dados
- Locais de instalação de nós
- Topologia de rede
- Escolha de rede para transmissão
- Forma de detecção de deslizamentos

Dificuldades com danos físicos em nós

- O posicionamento de nós pode fazer com que sensores serem cortados da rede por serem enterrados ou ocultados com o crescimento da vegetação
- Umidade do ar e chuva podem atrapalhar, assim como atividade selvagem
- Forma de combate ao problema
 - Isolamento de equipamentos de hardware com materiais como plástico, madeira ou ferro contra umidade, chuva, pedras, atividade selvagem, etc
 - Suspensão do protótipo utilizando barras de ferro visando amenizar problemas com vegetação e atividade selvagem

Problemas com energia consumida e período de aquisição e transmissão de dados

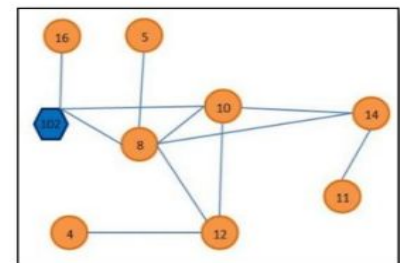
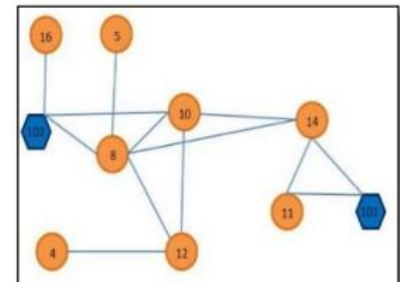
- Necessidade de balanço entre energia consumida e desempenho
- Amostras maiores trazem dados mais precisos, porém trazem também maior tráfego de dados
- Maior influência no consumo de energia é período de tempo em que rádio fica ligado, não a quantidade de dados transmitidos por pacote
- Formas de combate ao problema
 - Uso de energia solar para amenizar bateria
 - Envio periódico de pacotes com informações sobre quantidade de energia e inclinação
 - Medições mais constantes apenas em caso de variação anormal dos parâmetros medidos, o que permite que haja economia de energia

Dificuldades em estabelecer locais de instalação

- Em ambientes reais, pode haver dificuldades em determinar áreas estáveis para instalação dos nós
- Solução possível para o problema pode ser a instalação de múltiplos nós sensores simples e baratos cobrindo a área de interesse
- No caso da inserção de nós sob o solo, deve ser estudado o risco de possíveis consequências causadas ao solo em caso de futura retirada do nó. Além disso, deve-se buscar a inserção de sensores em zonas impermeáveis do solo, pois caso contrário corre-se o risco de gerar instabilidades no solo.

Desafios na escolha da topologia de rede

- A escolha da melhor topologia de rede está ligada a diversos fatores relacionados a qual topologia teria melhor qualidade para a disposição dos nós existentes. O projeto de (Supekar & Takayama 2016) realizou diversos experimentos escolhendo diferentes canais de comunicação dos nós em sua rede considerando os seguintes fatores:
 - Robustez da topologia
 - Nº de links possíveis para cada nó
 - Latência dos dados
 - Nº de nós entre um nó e a estação base
 - Balanceamento das cargas.
 - Energia consumida por cada nó



Desafios na escolha de redes de transmissão dos nós

- Dependendo da escolha da rede, podem haver atrasos na transmissão dos dados
- O problema se torna pior se a rede estiver congestionada, pois neste caso pode haver perda de pacotes
- Solução de comunicação utilizada em muitos trabalhos é o uso de nó *gateway* e nós sensores espalhados pela região de interesse, de forma que a comunicação entre os nós sensores é feita via rádio, e entre o *gateway* e o servidor/centro de monitoramento, via rede celular (GSM, GPRS, 3G,...)

Desafios na detecção de deslizamentos

- Os projetos em sua maioria trabalham com faixas de alerta de acordo com medições de sensores visando avisar a iminência de um deslizamento.
- Estabelecer os limites entre as diferentes faixas de alerta é uma tarefa que pode depender uma extensa pesquisa de campo
- Por conta da complexidade na detecção de deslizamentos de terra, pode-se usar especialistas para avaliação dos dados medidos em caso de níveis de alertas emitidos pelos algoritmos de detecção por conta de falsos positivos
- Há tanto projetos que analisam somente variações de dados na inclinação quanto outros que fazem correlação entre diferentes parâmetros, como inclinação e umidade do solo

Desafios na detecção de deslizamentos

- Algoritmo de (Kunnath & Ramesh 2010):
- 1º nível:
 - Sensor piezoelétrico e o sensor de umidade em estados de saturação.
 - Primeiro nível de aviso se esses sensores sinais cruzam um valor limite, obtido após extenso estudo de campo.
- 2º nível
 - Antes de classificar um evento como falso, é feita uma correlação entre os dados do geofone e os dados do sensor piezoelétrico e de umidade.
 - Se todos os três sinais estiverem correlacionados, este segundo nível de aviso é feito. Um deslizamento é intermitente neste estágio.
- 3º nível
 - A formação de uma superfície de deslizamento começa e os medidores de inclinação mostram uma mudança em sua leitura.
 - Os nós sensores se movem, se forma que a distância entre eles é alterada
 - Os dados do geofone são analisados para determinar as distâncias entre os nós sensores
 - A superfície de deslizamento pode ser localizada e a direção do movimento das camadas do solo também pode ser prevista

Conclusão e trabalhos futuros

- MICAz é o mote mais usado. Sensores mais usados são acelerômetros e umidade do ar
- Pode-se combater danos físicos com invólucros de plástico contra umidade e chuva, e proteger com materiais como madeira e ferro contra pedras e animais selvagens
- Detecção de deslizamentos feitas com faixas de alertas, cujos limites são difíceis de obter. Muitos projetos correlacionam sensores e usam especialistas para validar alarmes do sistema
- Redes de transmissão podem sofrer com atraso na transmissão e congestionamento. Muitos projetos usam rádio entre nós sensores e redes celulares entre gateway e servidor
- Fatores importantes em topologia de rede incluem latência, número de canais de comunicação e energia consumida por nó
- Pra auxílio no balanço entre energia consumida e desempenho, pode-se fazer: uso de energia solar com baterias, envie periódico de pacotes de controle sobre níveis de bateria e ajuste de frequência de medições a variações bruscas de dados ambientais
- Uma possível solução para amenizar o problema da dificuldade de se determinar locais de instalação de nós em ambientes instáveis é a instalação de múltiplos nós sensores baratos. Um fator que deve ser levado em consideração na instalação de sensores no subsolo é a impermeabilidade do solo.
- Projetos futuros envolvem o desenvolvimento de protótipo de rede real

Referências

- Froude, M.J. and Petley, D., 2018. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, pp.2161-2181.
- Homma, M., Nakano, T., van Khoa, V. and Takayama, S., 2017, November. Characteristic functions of wireless sensing node network for landslide disaster. In *TENCON 2017-2017 IEEE Region 10 Conference* (pp. 706-711). IEEE.
- Huo, Z., Zhang, P., Tao, Z. and Gui, Y., 2011, September. Landslides Remote Monitoring System and its shortages appeared in applications. In *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering* (pp. 1603-1606). IEEE.
- IBGE. Pesquisa de informações básicas municipais: 2013. (2014). Rio de Janeiro.
- Intrieri, E., Gigli, G., Mugnai, F., Fanti, R. and Casagli, N., 2012. Design and implementation of a landslide early warning system. *Engineering Geology*, 147, pp.124-136.
- Kitchenham, B., 2004. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004), pp.1-26.
- Ramesh, M.V. and Vasudevan, N., 2012. The deployment of deep-earth sensor probes for landslide detection. *Landslides*, 9(4), pp.457-474.
- Rosi, A., Berti, M., Bicchocchi, N., Castelli, G., Corsini, A., Mamei, M. and Zambonelli, F., 2011. Landslide monitoring with sensor networks: experiences and lessons learnt from a real-world deployment. *International Journal of Sensor Networks*, 10(3), pp.111-122.
- Uchimura, T., Towhata, I., Wang, L., Nishie, S., Yamaguchi, H., Seko, I. and Qiao, J., 2015. Precaution and early warning of surface failure of slopes using tilt sensors. *Soils and Foundations*, 55(5), pp.1086-1099