

SISTEMA DE ALERTA PREVENTIVO A DESLIZAMENTO DE TERRA

Autores: Felipe Ferraz, João Vitor Oliva Battiferro e Henrique Roldan Ambrogi
Orientador: André Lozano Ferreira

Introdução

Diante da emergência humanitária crescente representada pelos deslizamentos de terra no Brasil e no mundo inteiro, que vem afetando milhões de pessoas, este estudo propõe um sistema inteligente de baixo custo para alerta prévio a deslizamentos de terra. Este estudo parte da seguinte questão de pesquisa: “como desenvolver um sistema de alarme para deslizamentos que seja eficiente, barato e sustentável, para implementação em comunidades vulneráveis e prevenção de danos evitáveis?

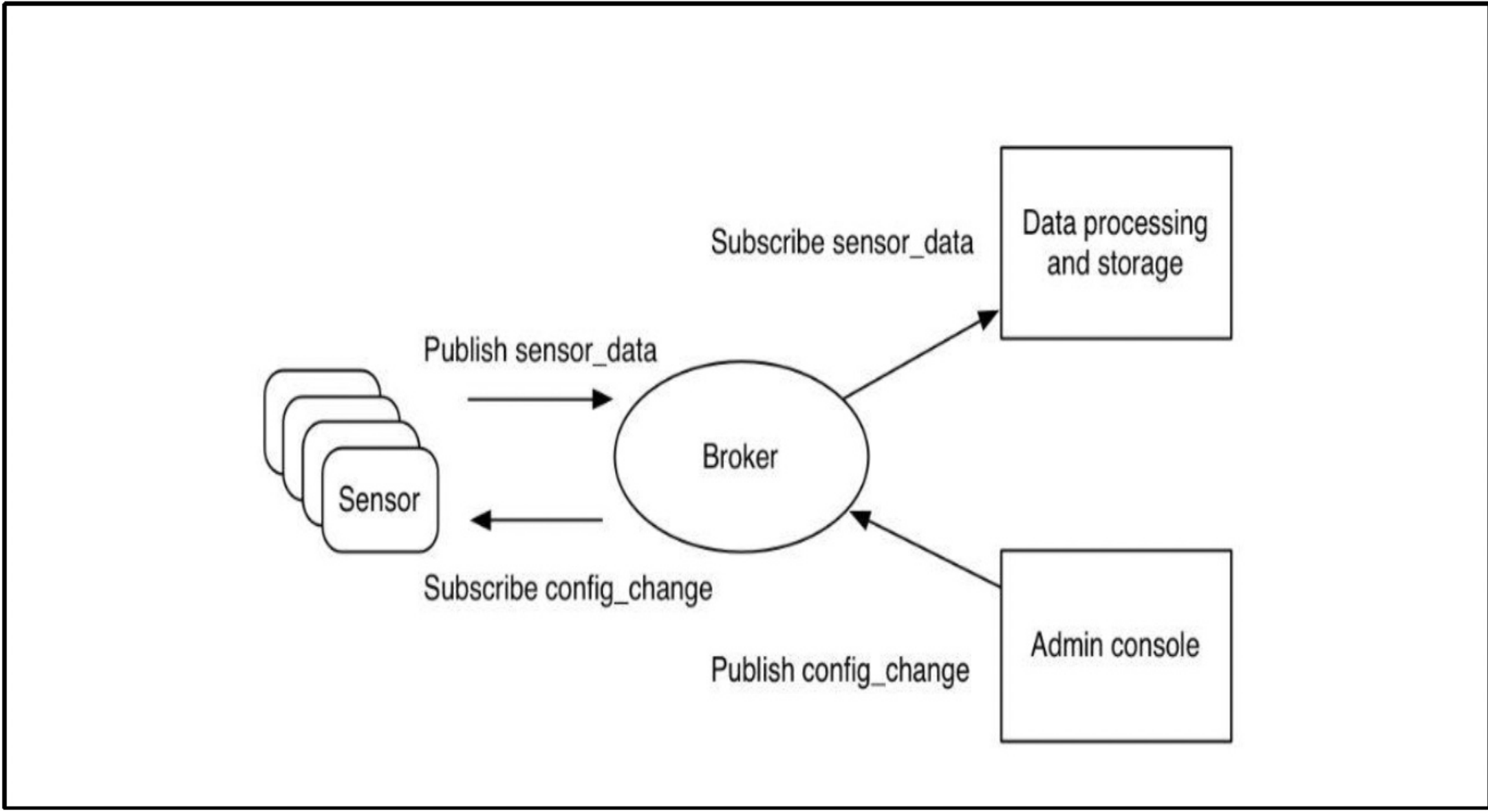
Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de alerta preventivo acessível e eficiente para mitigar os impactos de deslizamentos de terra em comunidades vulneráveis, utilizando tecnologia de sensores e análise de dados em tempo real.

Materiais e métodos

O sistema propõe um alerta preventivo de deslizamentos em três etapas: coleta de dados por sensores de umidade, chuva e inclinação; análise dessas medições transmitidas via LoRa; e cálculo do risco de deslizamento, exibido em um aplicativo. Um módulo coleta e envia os dados, enquanto outro calcula o Fator de Segurança adaptado para o protótipo. O app, feito no MIT App Inventor, mostra o nível de risco e oferece recomendações geradas por IA.

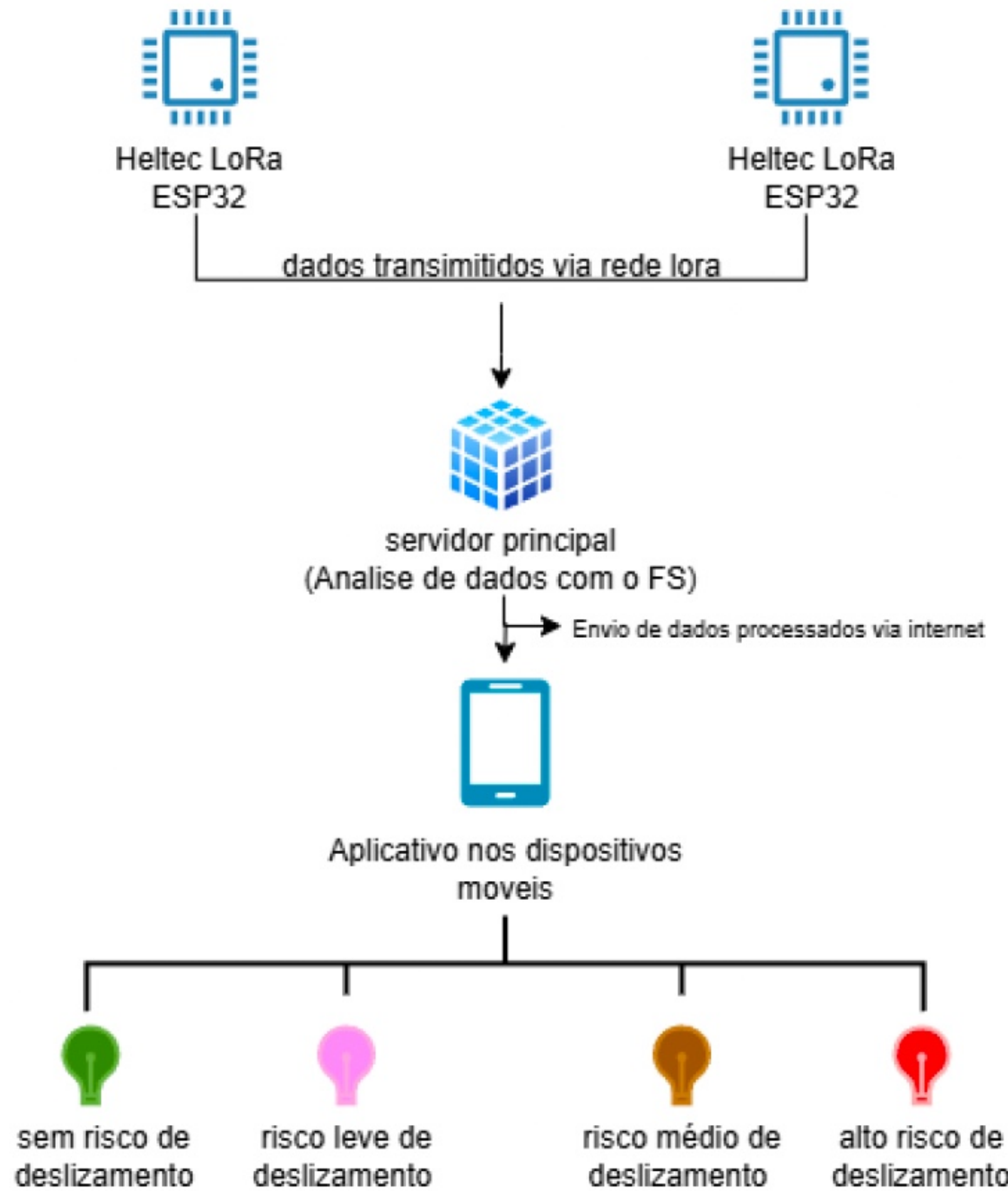
Arquitetura do sistema

Figura 7 – Estrutura do Protocolo MQTT



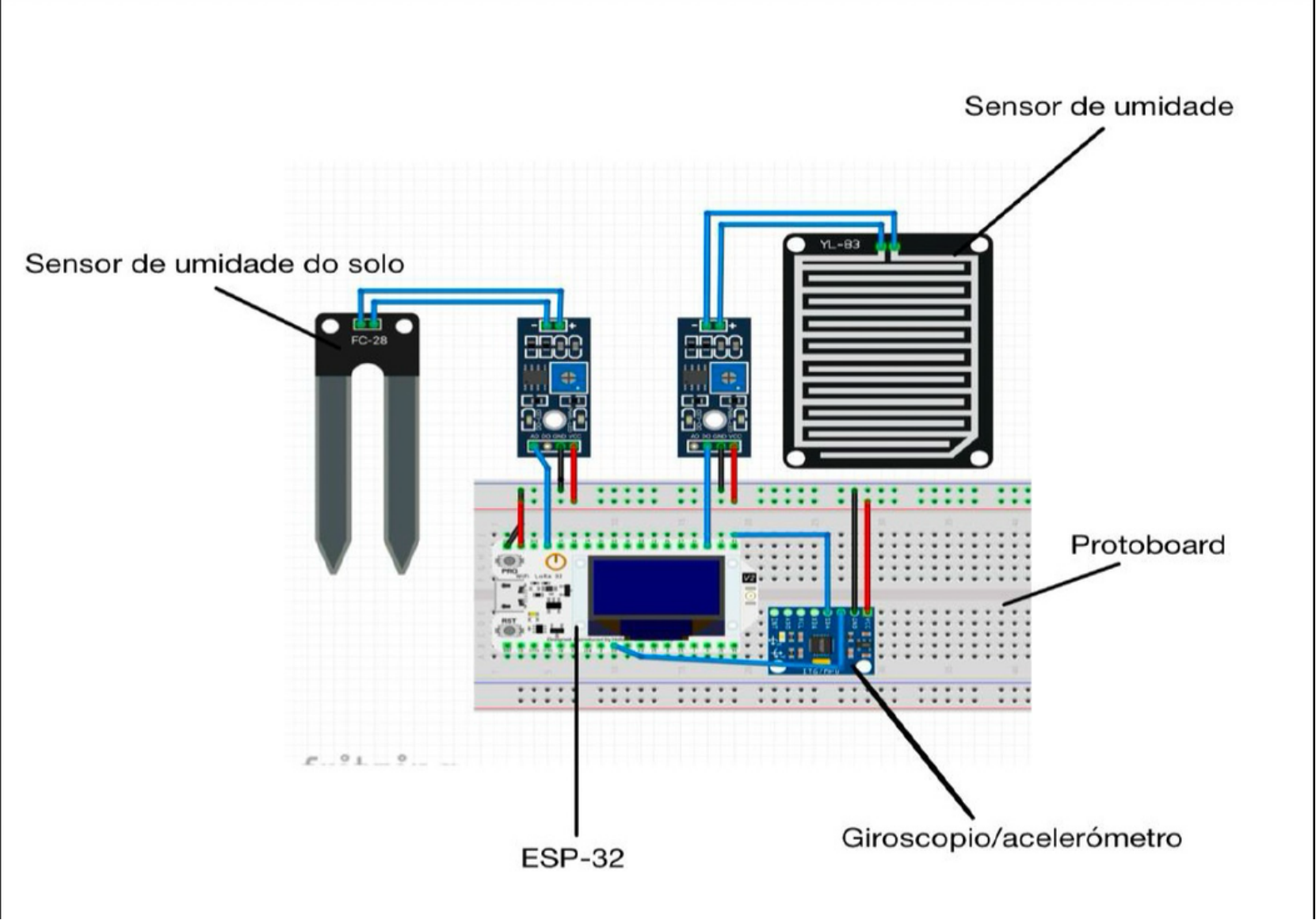
Fonte: Autores.

Figura 8 – Esquema Funcional da Solução



Fonte: Autores.

Esquema do protótipo



Fonte: Autores.

Fator de segurança (FS)

O Fator de Segurança (FS) é usado na engenharia geotécnica para avaliar a estabilidade de taludes. Neste projeto, o FS foi adaptado da NBR 11682 (ABNT, 2008) e de materiais do Prof. Douglas M. A. Bittencourt (PUC Goiás, 2022), utilizando apenas variáveis acessíveis por sensores de baixo custo, como umidade, inclinação e parâmetros do solo. A fórmula permite calcular o FS em tempo real pelo microcontrolador ESP32, classificando o risco de deslizamento em três níveis:

- $FS > 1,5 \rightarrow$ Sem risco (verde)
- $1,0 \leq FS < 1,5 \rightarrow$ Risco moderado (amarelo)
- $FS \leq 1,0 \rightarrow$ Deslizamento confirmado (vermelho)

$$FS = \frac{C' + (W \cos \theta - uL) \tan \phi}{W \sin \theta}$$

Símbolo	Significado	Sensor Relacionado
C'	Coesão do solo	(Valor fixo do solo)
W	Peso do bloco de solo	(Calculado a partir do volume)
θ	Ângulo de inclinação	MPU-6050
uL	Pressão da água nos poros	FC-28 (umidade) + YL-83 (chuva)
ϕ	Ângulo de atrito interno	(Valor fixo do solo)

Aplicativo



Fonte: Autores.

Conclusão

Conclui-se que a solução desenvolvida não apenas atende aos critérios de baixo custo e eficiência, mas também se apresenta como uma ferramenta viável e necessária para reduzir tragédias relacionadas a deslizamentos, podendo ser adaptada e expandida para diversas regiões de risco.

Referências

BITTENCOURT, D. M. A. Estabilidade de taludes. Goiânia: PUC Goiás, 2022 Disponível:https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/GE_O_IL_13_Estabilidade%20de%20Taludes.pdf. Acesso:12mar 2025 NBR 11682: Estabilidade de taludes. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

Climainfo, Impactos das mudanças climáticas: o recado do novo relatório do IPCC para o Brasil: Climainfo. 2022. Disponível: <https://climainfo.org.br/2022/02/28/impactos-das-mudancas-climaticas-brasil/>. Acesso: 23 mar. 2025

Semtech. LoraAllince. 2025. Disponível em: <<https://www.semtech.com/lora/ecosystem/lora-alliance>>. Acesso em: 10 de abril. 2025