

Nº 178906

**Aplicação de acelerômetros MEMS em simulação de escorregamento
utilizando modelo físico em calha experimental**

Gabriel Raykson Matos Brasil de Araújo

*Palestra apresentada na SLOPE STABILITY
WORKSHOP, 2024, São Paulo. 22 slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PROIBIDO REPRODUÇÃO

SLOPE STABILITY WORKSHOP



Aplicação de Acelerômetros MEMS em Simulação de Escorregamento Utilizando Modelo Físico em Calha Experimental

Gabriel Raykson Matos Brasil de Araújo

Mestrando em Engenharia Geotécnica – Poli/USP

Pesquisador Junior - FIPT/IPT

Antes de montar o modelo físico, algumas perguntas precisam ser respondidas:

1. O que espero obter dos sensores dentro de um modelo físico?

R: Um registro de movimentação no maciço de solo que seja suficientemente antecipado da ruptura

2. Quanto tempo de antecedência é suficiente/adequado?

R: Depende do tipo de estrutura monitorada e do tipo de elemento sob risco

3. Como o sensor vai se comportar se ele estiver dentro da camada em movimento?

R: sem resposta

4. E se ele estiver fora da camada em movimento?

R: sem resposta

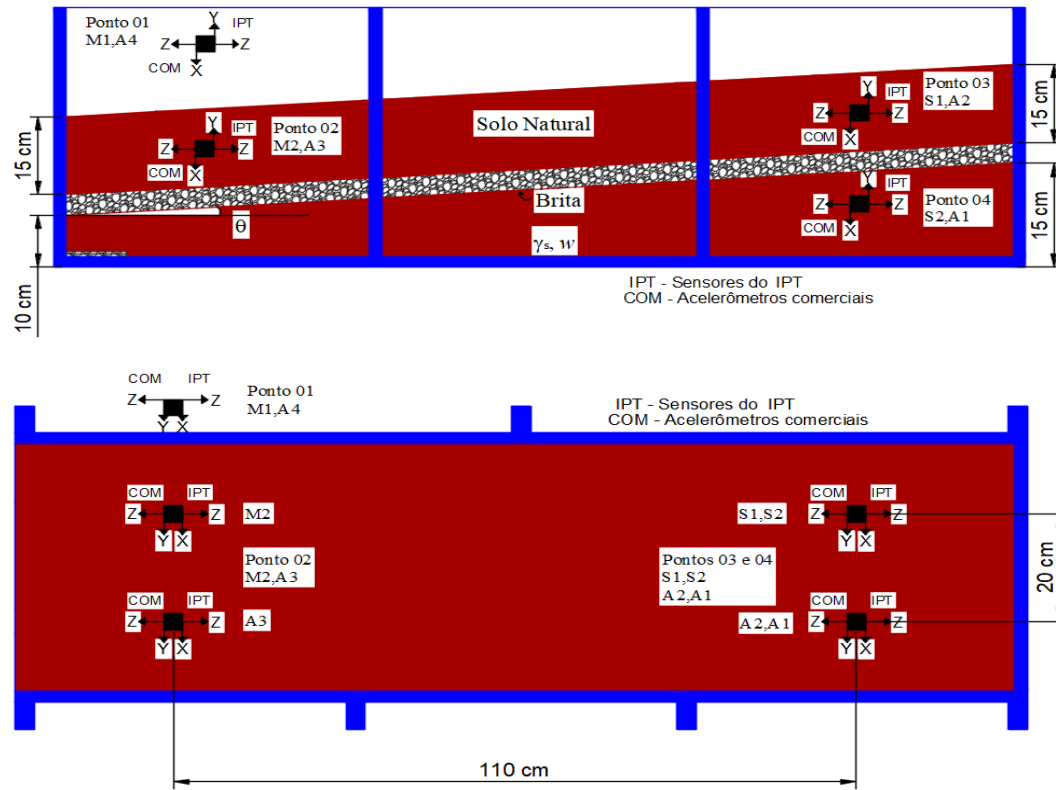
5. E se existirem sensores na mesma camada, mas com diferentes distâncias em relação ao ponto em movimento?

R: sem resposta

METODOLOGIA

2. Metodologia

Modelo físico



Materiais



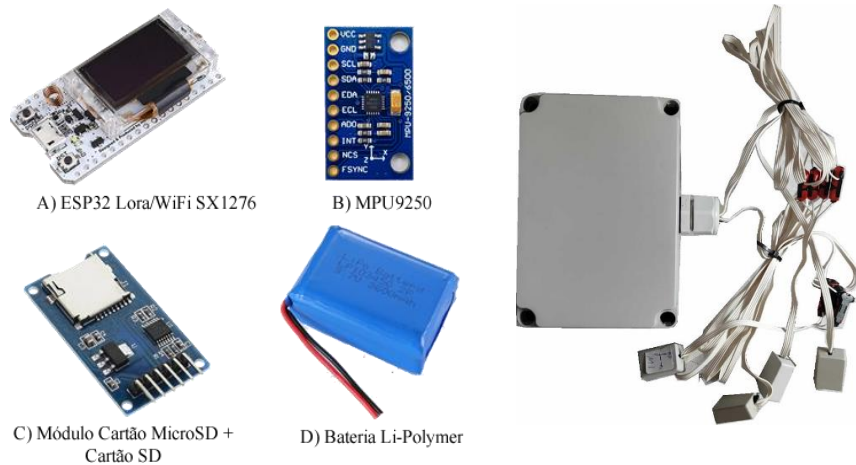
Calha experimental



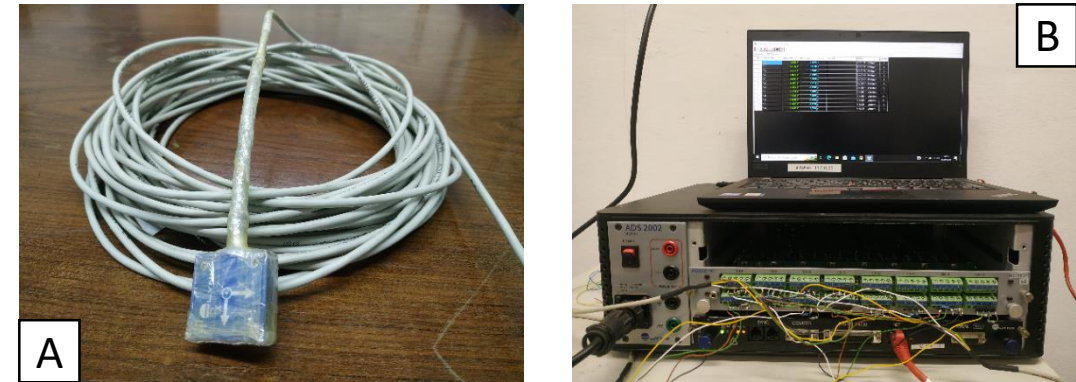
Estágio de inclinação	Grau
1ª inclinação	26°
2ª inclinação	29°
3ª inclinação	32°
4ª inclinação	35°
5ª inclinação	38°
6ª inclinação	41°

2. Metodologia

Dispositivo IPT



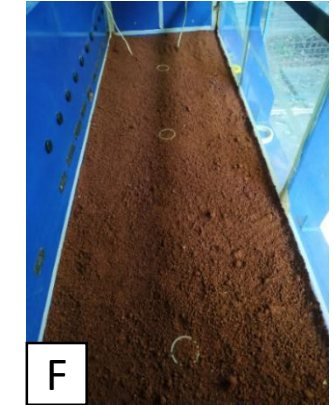
Dispositivo Comercial



	Lynx (Acelerômetro)	MPU9250 (Acelerômetro)	MPU9250 (Giroscópio)
Parâmetro	Valor Típico	Valor Típico	Valor Típico
Faixa de medição	± 2 [g]	$\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16$ [g]	$\pm 250 \pm 500 \pm 1000 \pm 2000$ [°/s]
Sensibilidade	400 mV/g	-	-
Não-linearidade	$\pm 0,1$ [%]	$\pm 0,5$ [%]	$\pm 0,1$ [%]
Resp. em Frequência	0-1000 Hz	4-4000 Hz	4-8000 Hz
Dens. de Ruído [x]/[$\sqrt{Hz}$ rms]	20 [μg]	300 [μg]	0.01 [°/s]

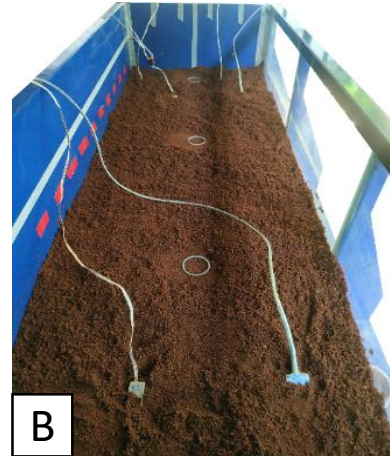
2. Metodologia

Passo a passo da montagem



2. Metodologia

Passo a passo da montagem



RESULTADOS

3. Resultados

Uniformidade das camadas

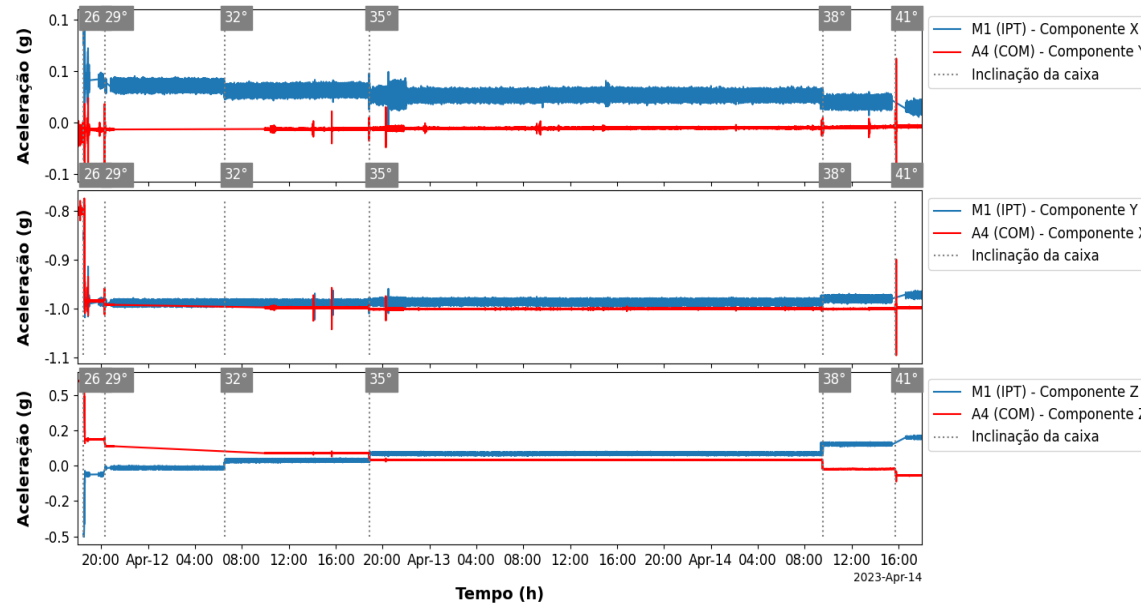


Ensaio	Camada	γ_d 01 (kN/m ³)	γ_d 02 (kN/m ³)	γ_d 03 (kN/m ³)	γ_d médio (kN/m ³)	Desvio Padrão	Coefficiente Variação	e médio
Ensaio 01	Camada Inf	10,1	9,90	9,70	9,90	0,02	2,02%	1,748
	Camada Sup	9,80	10,5	10,2	10,2	0,035	3,44%	1,667
Ensaio 02	Camada Inf	9,10	9,50	9,90	9,50	0,04	4,21%	1,864
	Camada Sup	9,50	9,30	9,70	9,50	0,02	2,10%	1,864
Ensaio 03	Camada Inf	9,40	9,80	N/R*	9,60	0,028	2,94%	1,834
	Camada Sup	10,1	9,90	N/R*	10,0	0,014	1,41%	1,721

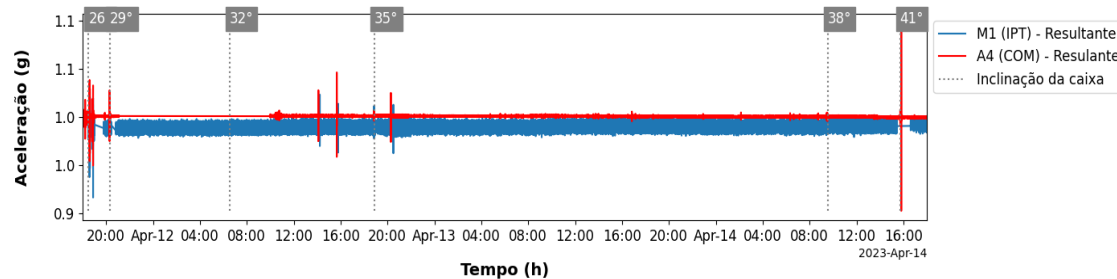
N/R: Corpos de prova não recuperados

3. Resultados

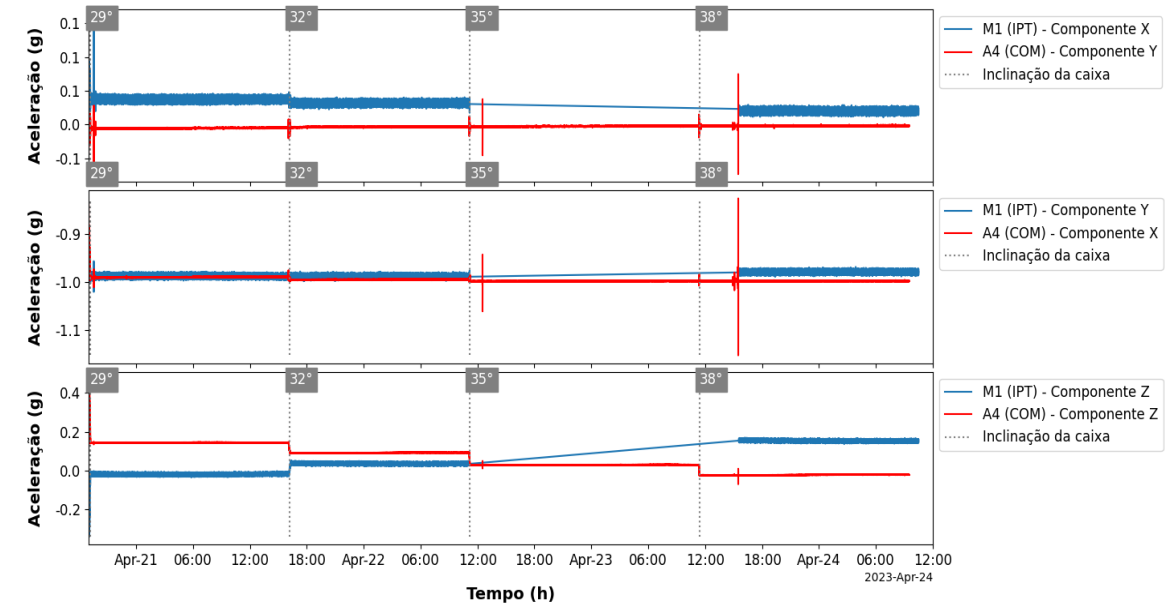
Ensaio 01
Acelerômetro M1 e A4



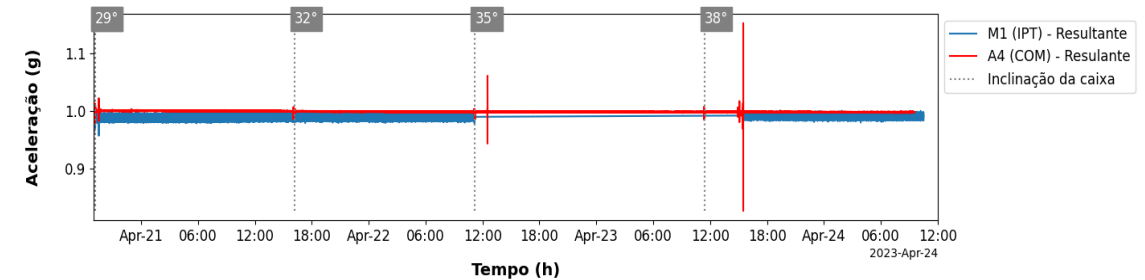
Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro M1 e A4



Ensaio 02
Acelerômetro M1 e A4



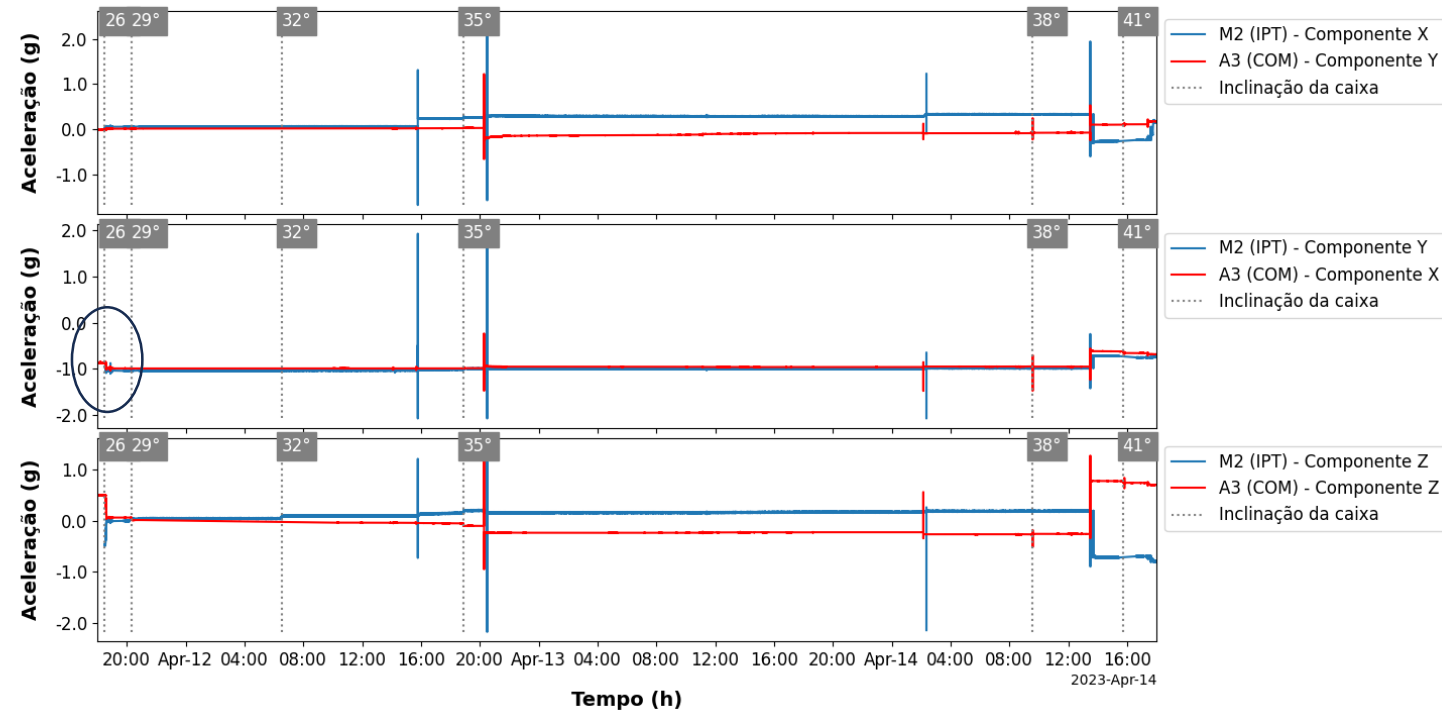
Ensaio 02
Resultante - Acelerômetro M1 e A4



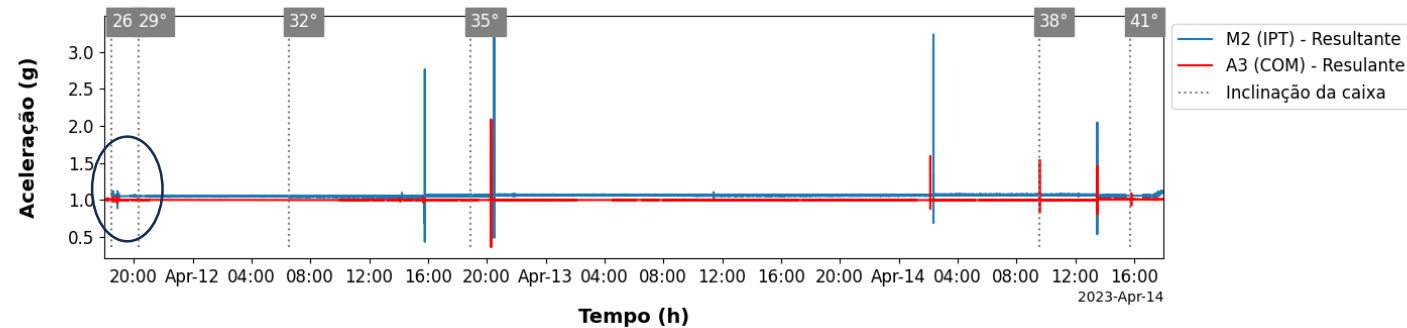
3. Resultados



Ensaio 01
Acelerômetro M2 e A3



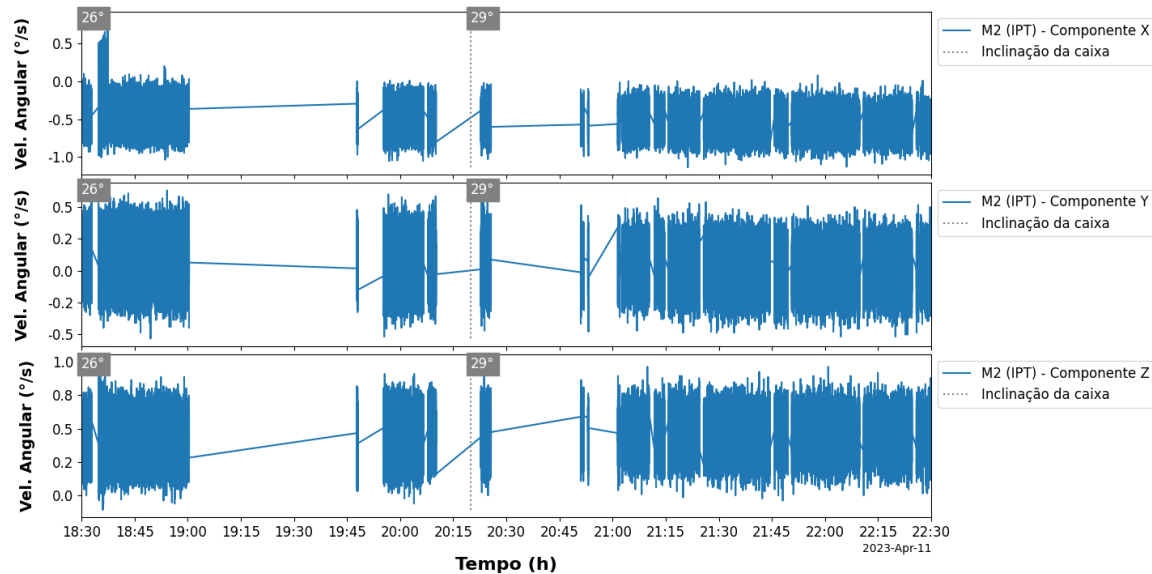
Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro M2 e A3



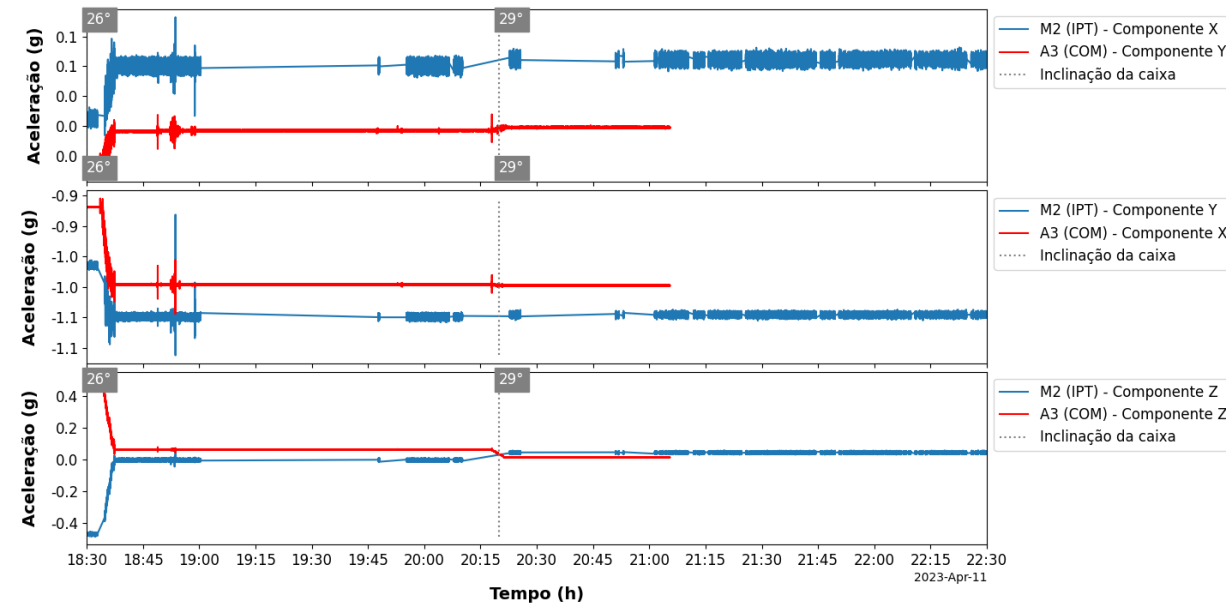
3. Resultados



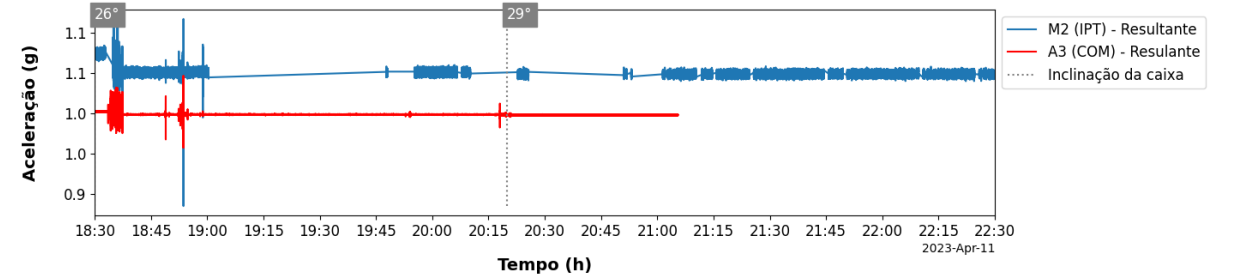
Ensaio 01
Giroscópio M2



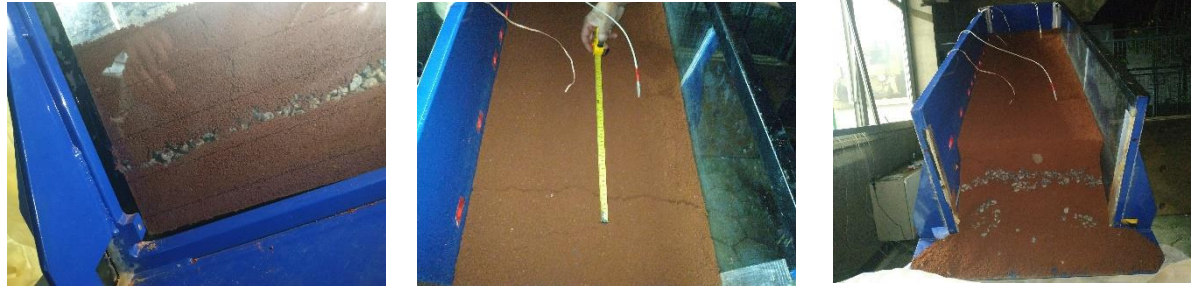
Ensaio 01
Acelerômetro M2 e A3



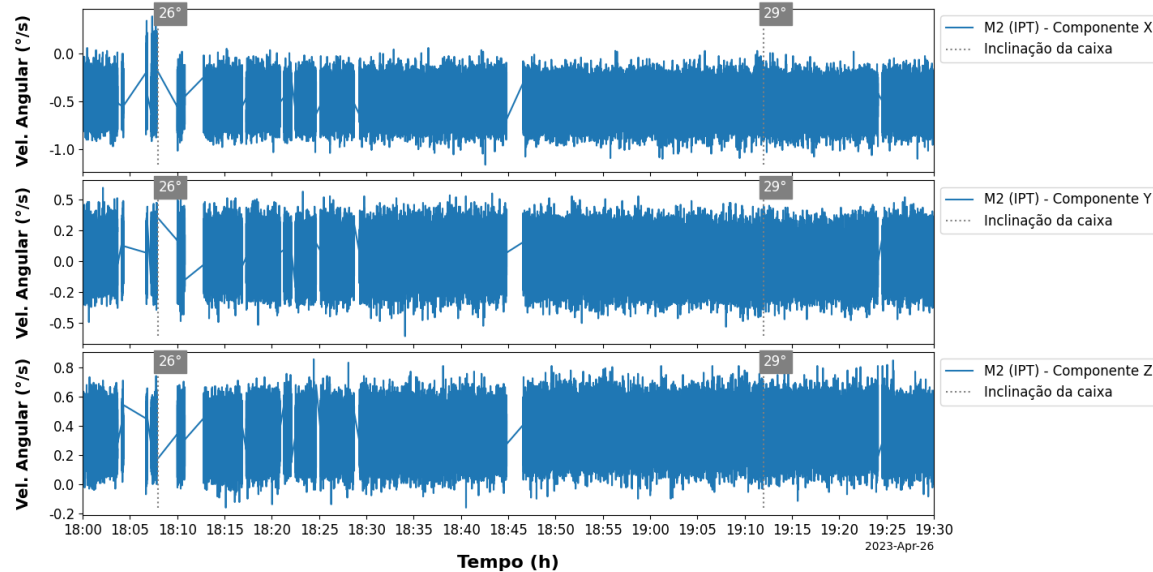
Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro M2 e A3



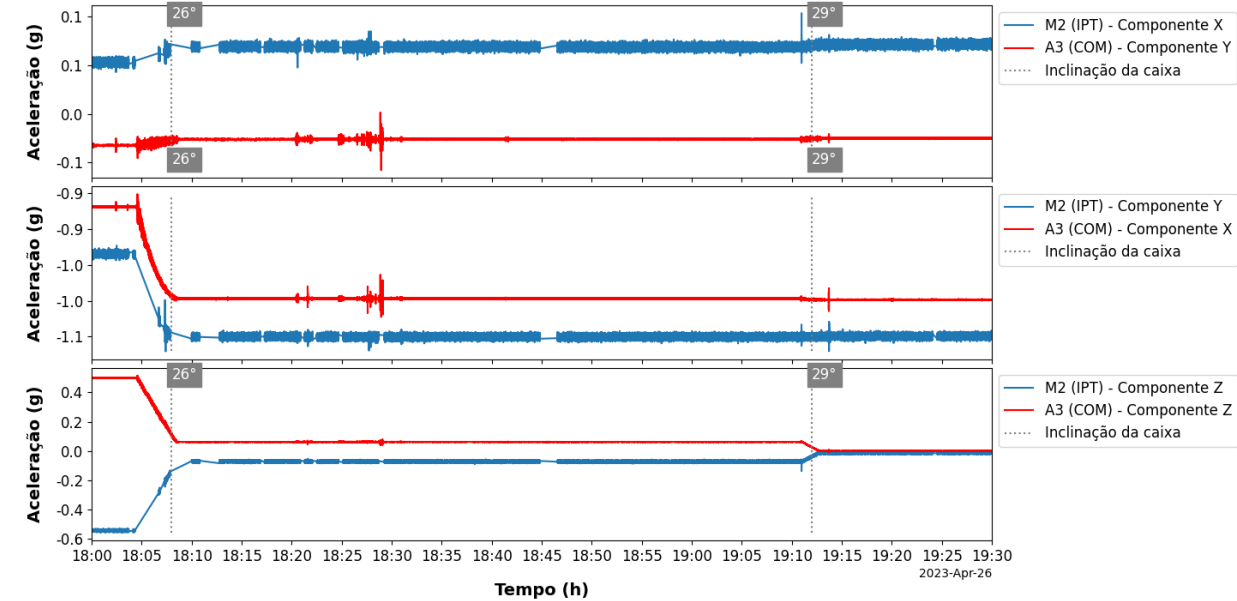
3. Resultados



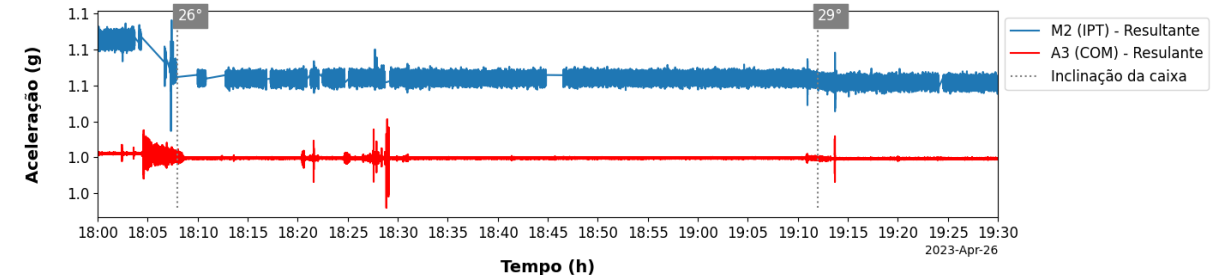
Ensaio 03
Giroscópio M2



Ensaio 03
Acelerômetro M2 e A3

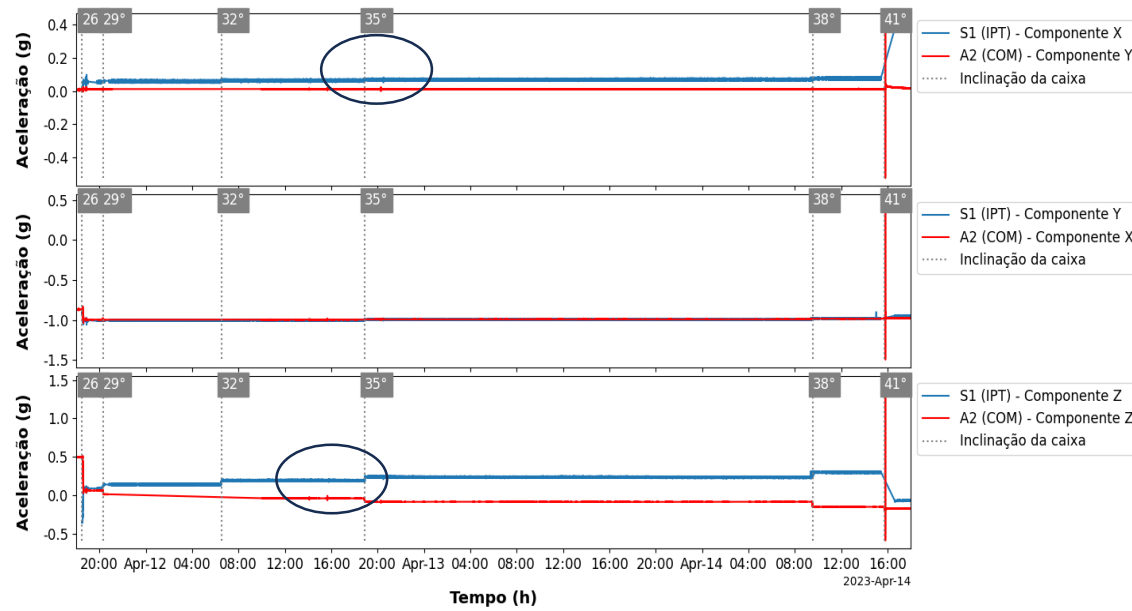


Ensaio 03
Resultante - Acelerômetro M2 e A3

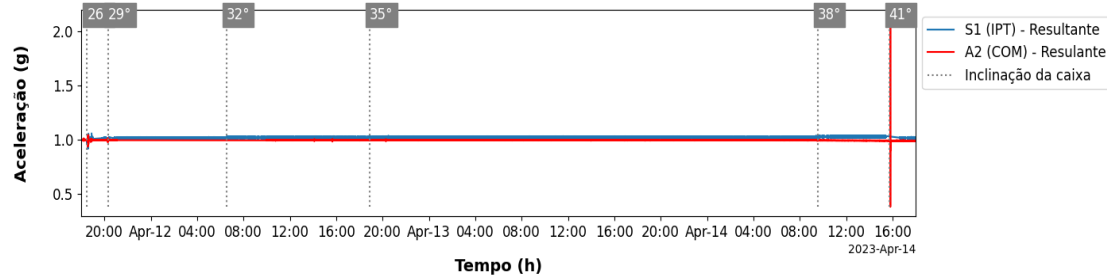


3. Resultados

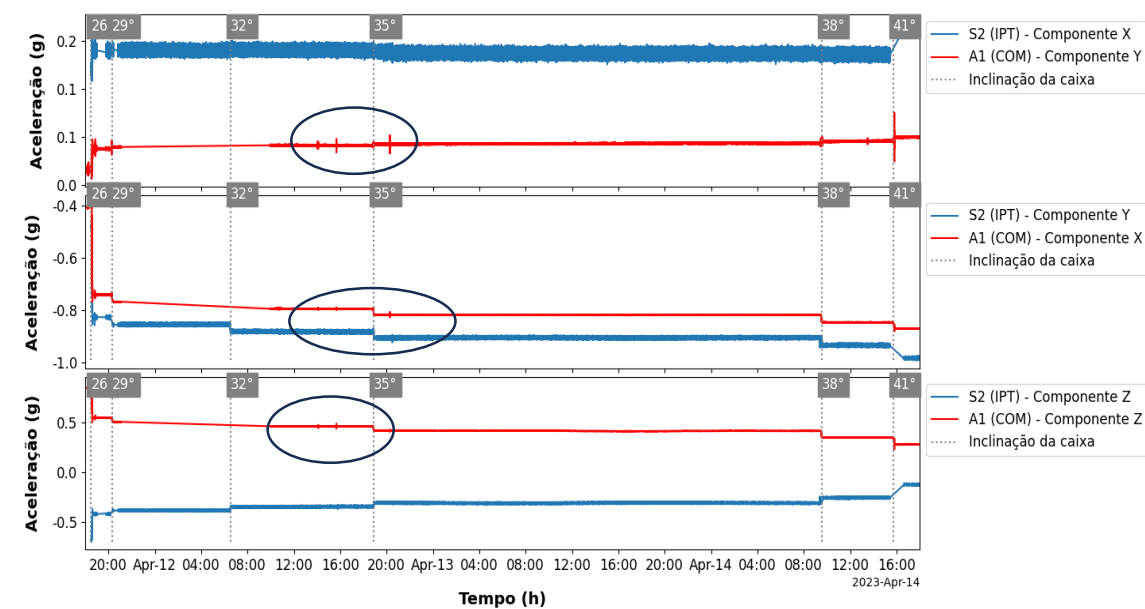
Ensaio 01
Acelerômetro S1 e A2



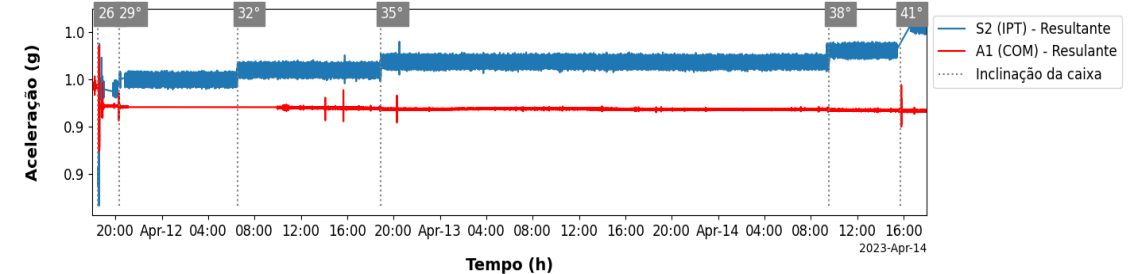
Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro S1 e A2



Ensaio 01
Acelerômetro S2 e A1

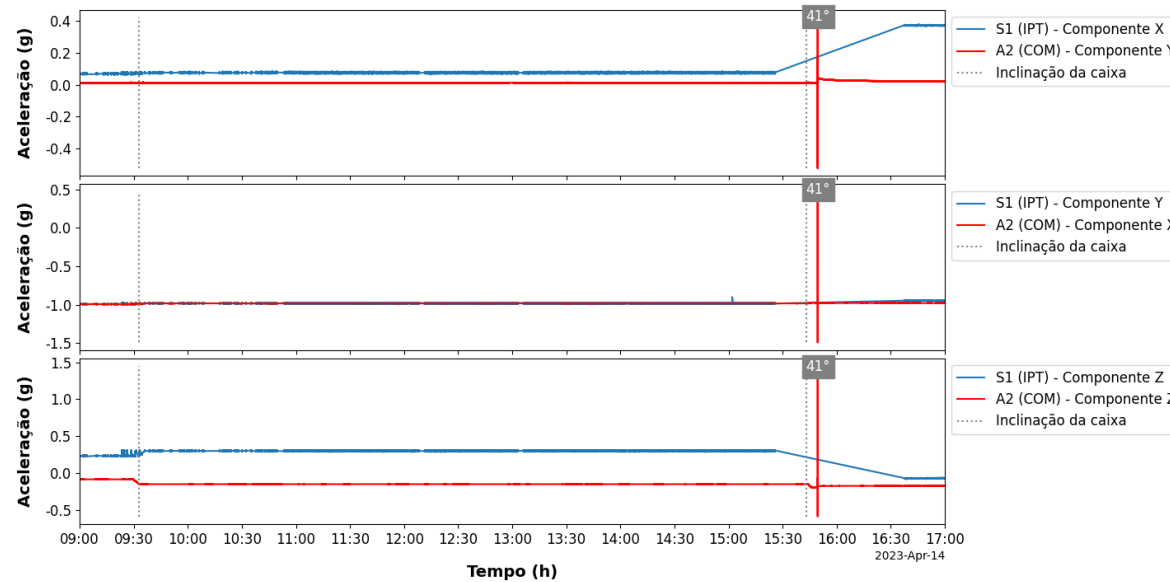


Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro S2 e A1

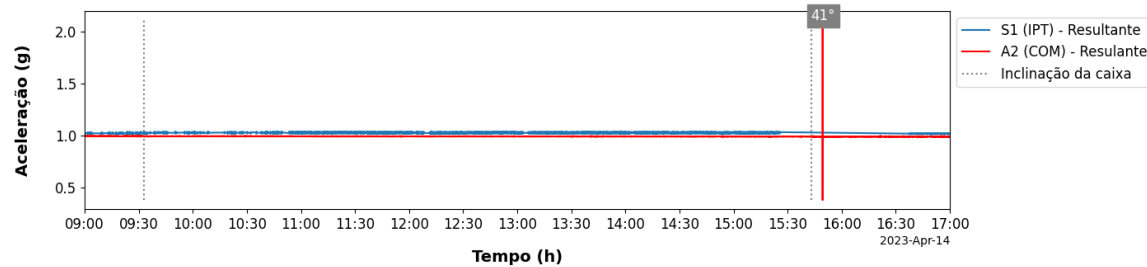


3. Resultados

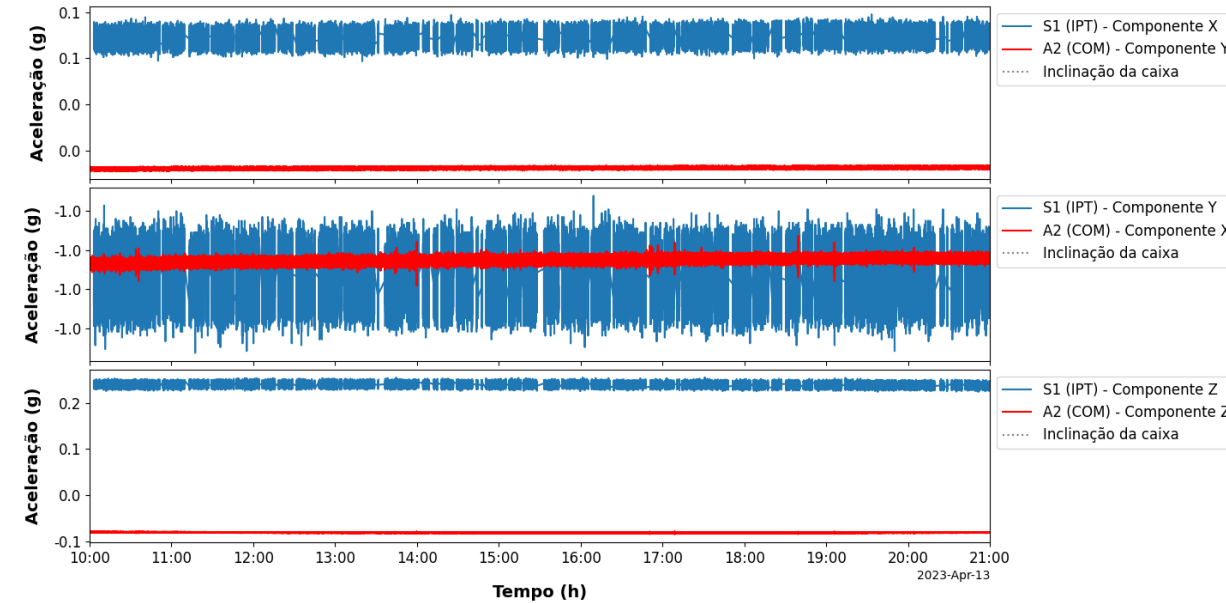
Ensaio 01
Acelerômetro S1 e A2



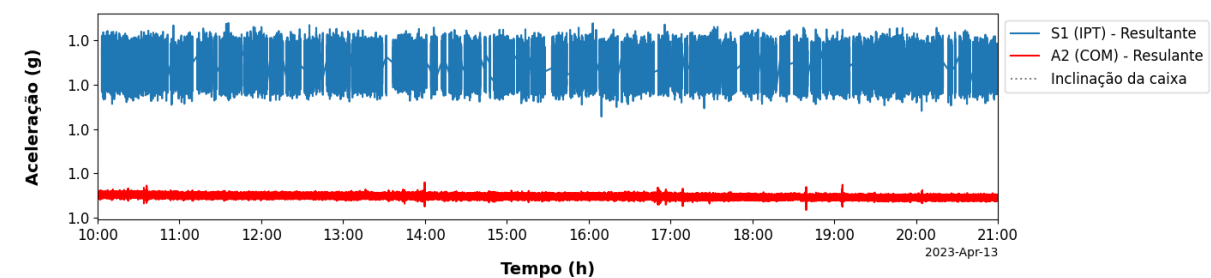
Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro S1 e A2



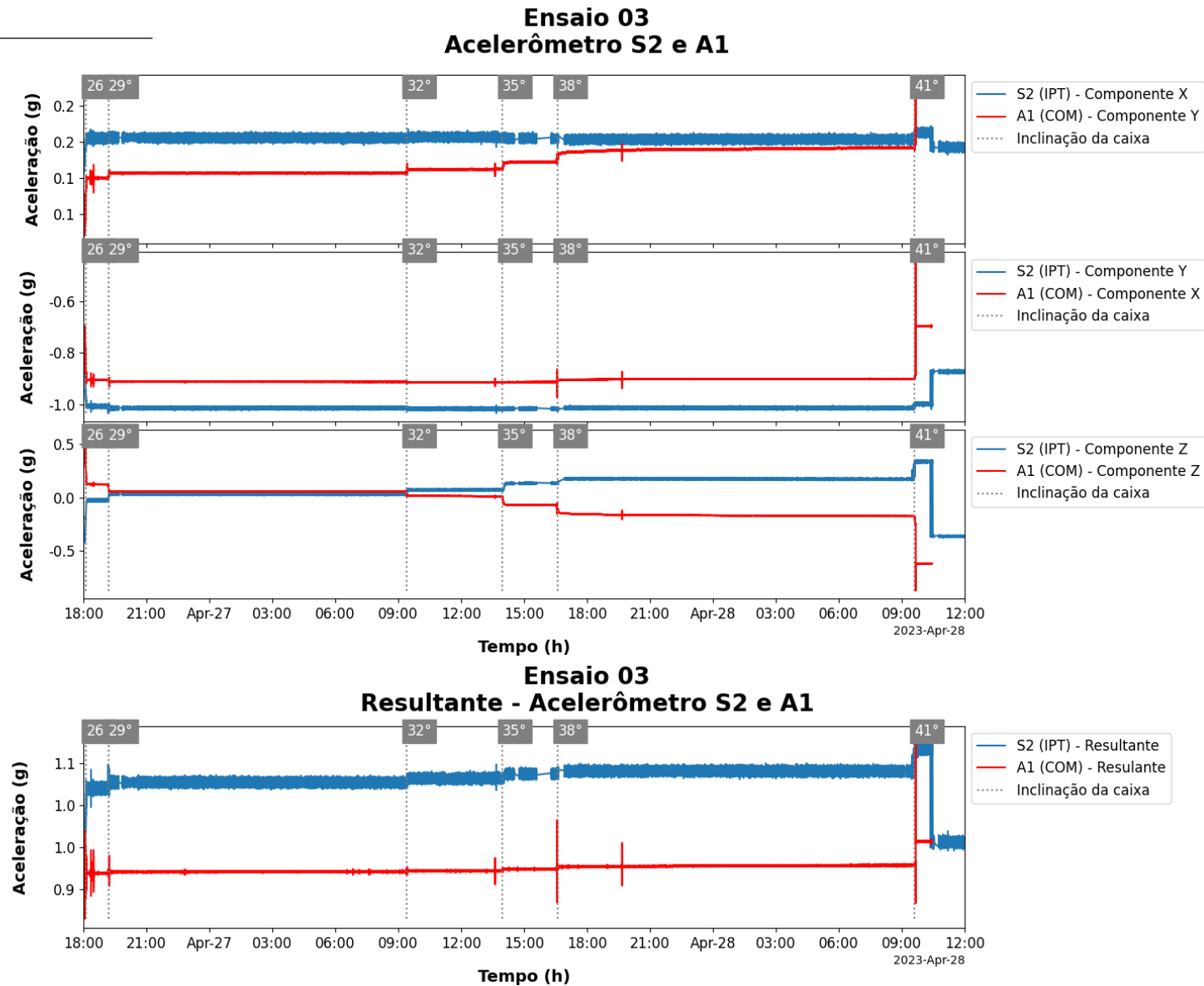
Ensaio 01
Acelerômetro S1 e A2



Ensaio 01
Resultante - Acelerômetro S1 e A2



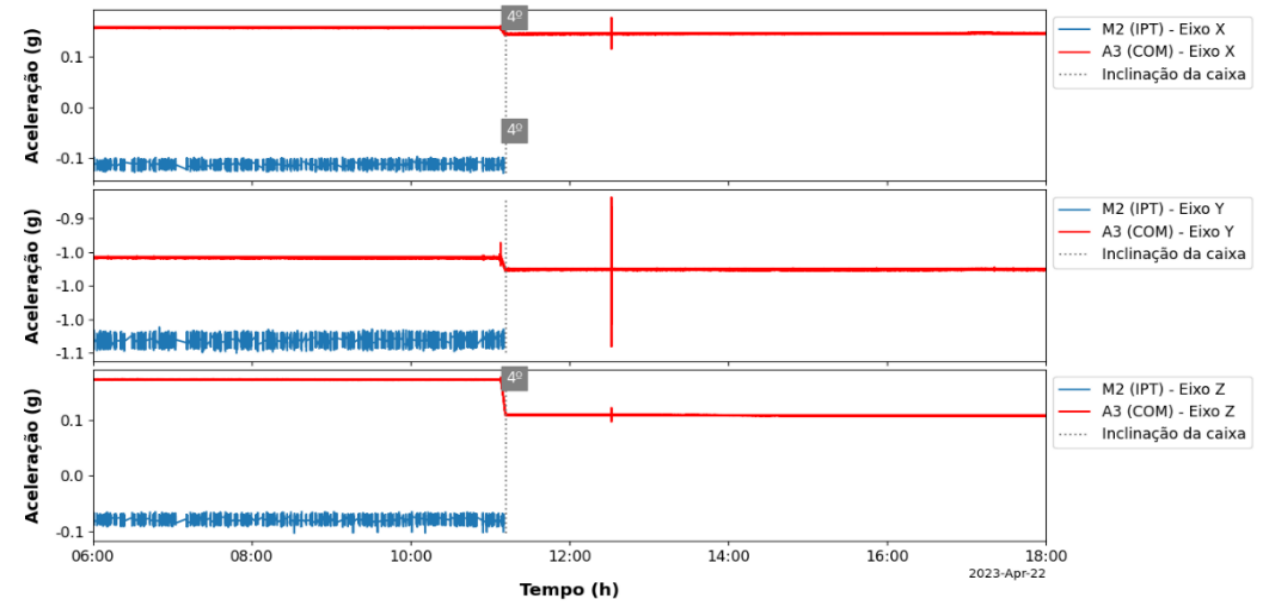
3. Resultados



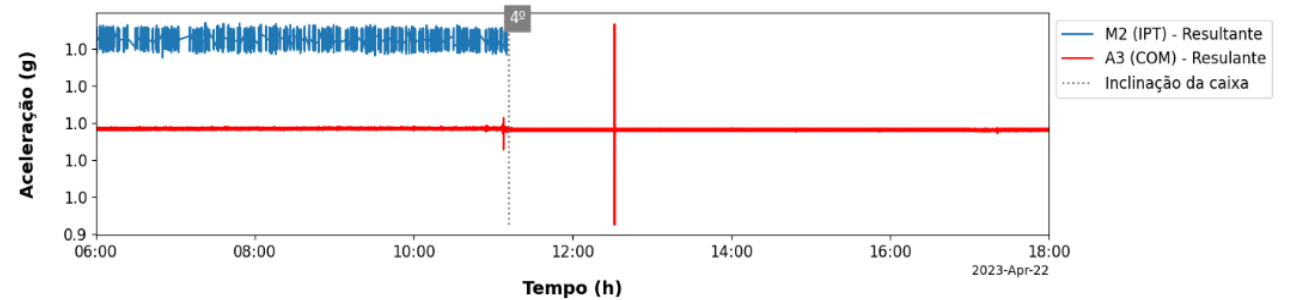
3. Resultados



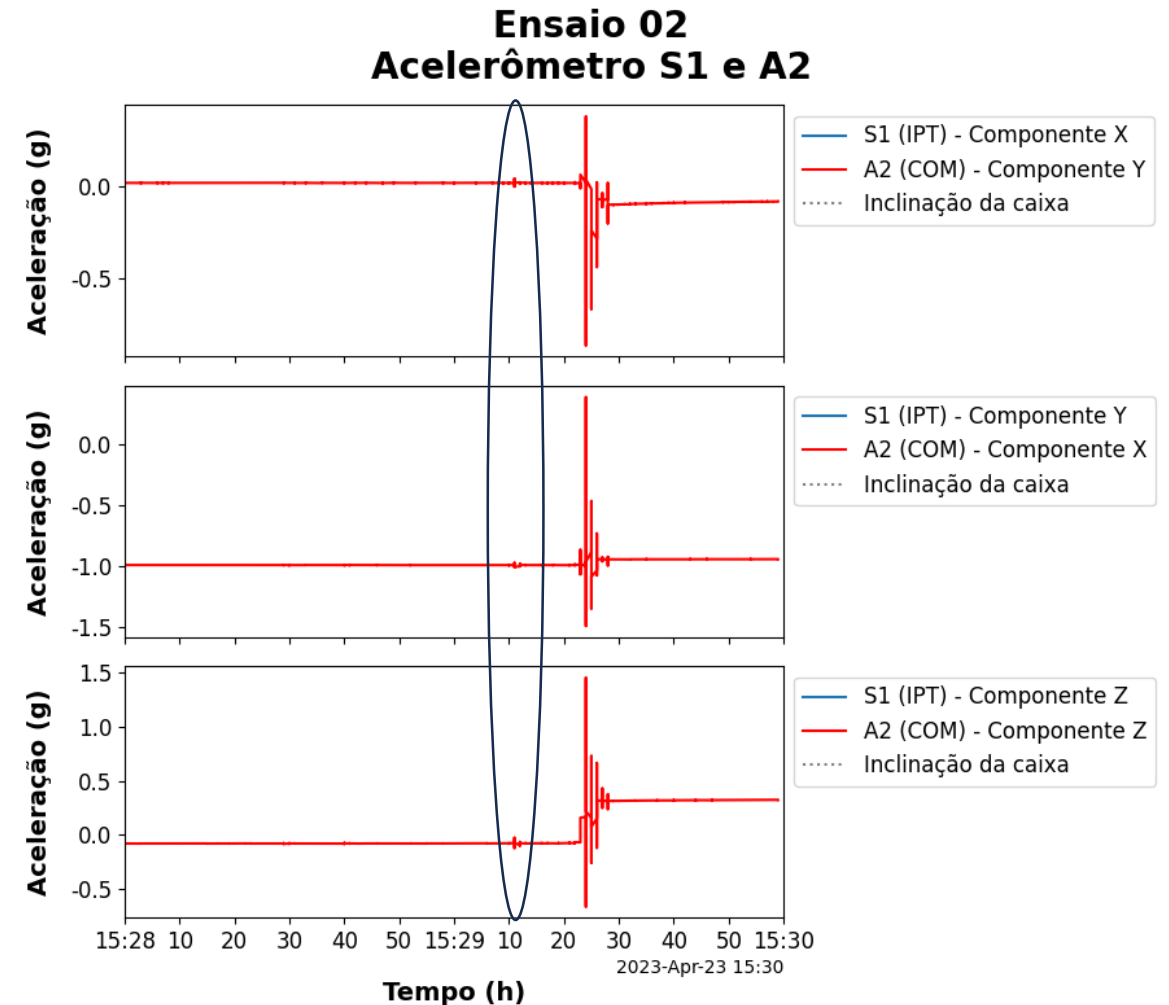
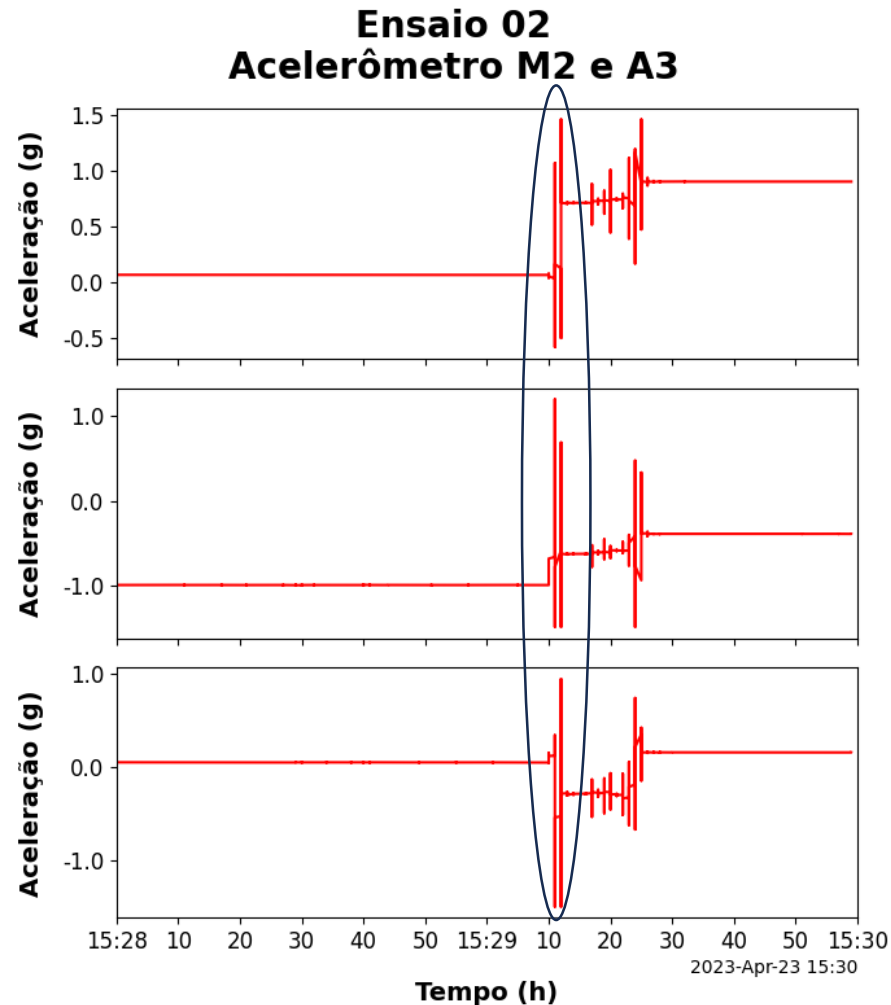
Ensaio 02
Acelerômetro M2 e A3



Resultante - Acelerômetro M2 e A3



3. Resultados



3. Resultados



4. Conclusões preliminares

- A metodologia adotada para a montagem das camadas reproduziu comportamentos esperados na natureza
- Os giroscópios não apresentaram resultados positivos para o monitoramento de movimentos em encostas na configuração em que foram propostos
- Os sinais digitais dos sensores de baixo custo apresentam a mesma tendência de comportamento que os sensores comerciais, mas apresentam uma maior densidade de ruído, o que dificultou a identificação de movimentos mais sutis que foram registrados pelos sensores comerciais
- O sinal digital dos sensores de baixo custo mostraram um bom registro das variações angulares aplicados na caixa
- Observou-se que os sensores mostram bons resultados quando os movimentos se desenvolvem ao longo do tempo e não mostrou bons resultados para rupturas bruscas, sem a formação de trincas ou movimentações preliminares.

SLOPE STABILITY WORKSHOP

