



Benefícios e Limites do Monitoramento Geotécnico Automatizado Frente ao Modelo Tradicional

André Silva

Engenheiro Geotécnico, Measurand, São Paulo, Brasil, andre.silva@orica.com

RESUMO: A adoção de sistemas de instrumentação e monitoramento geotécnico tem se tornado cada vez mais crítica para garantir a segurança e eficiência em obras civis, estruturas de contenção e empreendimentos minerários. Este artigo apresenta um estudo comparativo entre dois modelos de monitoramento: o manual e o automatizado para um caso de estudo específico durante um período de 10 anos. A análise visa esclarecer as diferenças práticas, técnicas e econômicas entre essas abordagens, considerando suas aplicações em diferentes contextos operacionais. O trabalho avalia os custos de implantação (CAPEX) e operação/manutenção (OPEX), bem como a qualidade dos dados gerados, frequência de aquisição e impacto na velocidade de resposta para a tomada de decisão. Além disso, são discutidas vantagens e limitações técnicas de cada sistema, considerando fatores como confiabilidade dos dados, necessidade de mão de obra especializada, acessibilidade do local, gestão de custos e integração com sistemas de alerta. Os resultados mostram que, embora o investimento inicial em sistemas automatizados seja superior, os benefícios em termos de agilidade na detecção de anomalias, redução de riscos e suporte à gestão proativa compensam significativamente esse custo ao longo do ciclo de vida do projeto. Por outro lado, o modelo convencional ainda se mostra viável em contextos de menor criticidade ou onde restrições orçamentárias limitam a adoção de tecnologias avançadas. A comparação proposta busca apoiar engenheiros, gestores e tomadores de decisão na escolha do sistema de monitoramento mais adequado, com base em critérios técnicos, operacionais e financeiros.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento geotécnico, automação, inclinometria, deslizamentos, gestão de risco.

ABSTRACT: The adoption of geotechnical instrumentation and monitoring systems has become increasingly critical to ensuring safety and efficiency in civil works, retaining structures, and mining operations. This article presents a comparative study between two monitoring models: the manual and automated, based on a specific case study conducted over a 10-year period. The analysis aims to clarify the practical, technical, and economic differences between these approaches, considering their applications in different operational contexts. The study evaluates implementation (CAPEX) and operation/maintenance (OPEX) costs, as well as data quality, acquisition frequency, and impact on response time for decision-making. In addition, the advantages and technical limitations of each system are discussed, taking into account factors such as data reliability, need for specialized labor, site accessibility, cost management, and integration with alert systems. The results show that although the initial investment in automated systems is higher, the benefits in terms of anomaly detection speed, risk reduction, and support for proactive management significantly outweigh the costs over the project's life cycle. On the other hand, the conventional model remains viable in less critical contexts or where budget constraints limit the adoption of advanced technologies. The proposed comparison aims to support engineers, managers, and decision-makers in selecting the most appropriate monitoring system based on technical, operational, and financial criteria.

KEYWORDS: geotechnical monitoring, automation, inclinometers, landslides, risk management.

1 INTRODUÇÃO

Os deslizamentos de encostas estão entre as principais causas de mortes por desastres naturais no Brasil, onde mais de 4 milhões de pessoas vivem em cerca de 14 mil áreas de alto risco (Mirisola & Machado, 2023). A cada estação chuvosa, o país registra tragédias recorrentes, como a região serrana do Rio de Janeiro em 2011 (Banco Mundial, 2012), Petrópolis (RJ) em 2022, a Baixada Santista em 2020 (Souza et al., 2024),



2025

o Litoral Norte de São Paulo em 2023 e a maior inundação em 80 anos no Rio Grande do Sul em 2024. Esses eventos evidenciam tanto a gravidade técnica do problema quanto seus impactos sociais e econômicos.

Nesse cenário, o monitoramento geotécnico é fundamental para identificar sinais precoces de instabilidade e apoiar ações preventivas. Embora as leituras manuais tenham sido a prática tradicional, os avanços das últimas décadas permitem hoje o uso de sistemas automatizados com coleta contínua e remota de dados, aumentando a eficiência e confiabilidade do processo (Kormann, 2016). Este artigo apresenta um estudo comparativo entre soluções manuais e automatizadas em área de risco de deslizamento na região serrana de São Paulo, com base em 10 anos de dados de operação, discutindo vantagens, limitações e viabilidade técnica e econômica.

2 CASO DE ESTUDO: MONITORAMENTO AUTOMATIZADO DE TALUDE

2.1 Descrição do Estudo de Caso e Instrumentação Utilizada

O estudo de caso aborda um talude instável em município serrano de São Paulo, localizado imediatamente acima de uma escola pública, o que amplia a criticidade do risco associado. O talude, com cerca de 50 m de extensão e 10 m de altura, apresenta histórico de deslizamentos e estratigrafia típica de regiões tropicais: camada superficial de aterro/colúvio sobre solo orgânico argiloso de baixa resistência (aluvião, NSPT 1–2), seguido por solo residual e saprolito em profundidade. O nível freático elevado (2 m na base e 5 m no topo), associado a chuvas intensas e sobrecargas, compromete ainda mais a estabilidade.

A análise preliminar de Morgenstern-Price apontou fatores de segurança próximos de 1,0, com superfícies críticas de ruptura no estrato aluvionar. Patologias já identificadas incluem trincas no topo, rachaduras e levantamento de pavimento na escola. Para monitoramento, foram instalados dois inclinômetros automatizados do tipo ShapeAccelArrays ou SAA (18 m e 22 m) para medição de deslocamentos horizontais e dois piezômetros elétricos de corda vibrante (5 m e 8 m) para acompanhamento das porosidades no aluvião. Os furos ($\varnothing 2,5"$) acomodaram simultaneamente ambos os instrumentos pelo método fully grouted, otimizando tempo e custo de instalação (Figura 1c)



Figura 1 – Da esquerda para a direita: (a) Seção-tipo com estratigrafia local e posicionamento dos instrumentos (PZ e SAA); (b) vista aérea da área de estudo; (c) esquema da instalação conjunta de SAA e piezômetro no mesmo furo; (d) fotografia em campo do ShapeArray e piezômetro antes da instalação.

O sistema foi configurado para realizar leituras com frequência horária (24 leituras por dia), enviando os dados automaticamente para uma base online acessível pelos responsáveis pelo monitoramento. Desde a instalação, o conjunto permaneceu operacional durante a maior parte do período até 2023 acumulando cerca de 10 anos de leituras. Ressalta-se apenas um intervalo de interrupção na transmissão de dados entre 2018 e 2022, devido a restrições orçamentárias que impediram o envio remoto; durante esse intervalo, os dados ficaram armazenados localmente no datalogger e parte deles acabou sobreescrita pela limitação de memória, até que o monitoramento em tempo real fosse retomado em julho de 2022. Mesmo com essa lacuna, trata-se de um importante registro de monitoramento automatizado de encostas no país, proporcionando informação valiosa sobre o comportamento do talude ao longo de vários ciclos sazonais.

2.2 Análise e Interpretação dos Resultados

Os inclinômetros automatizados registraram deslocamentos concentrados nos estratos mais superficiais de colúvio e aluvião. No SAA1, identifica-se uma zona de cisalhamento bem definida a aproximadamente 3,5 m da superfície, enquanto no SAA2 essa zona se delineia a partir de cerca de 6 m,



2025

conforme ilustrado na Figura 2. Esses resultados estão em consonância com o perfil geológico local e evidenciam um processo de deslizamento classificado como ‘muito lento’ ou ‘extremamente lento’ (Cruden & Varnes, 1996), também descrito na literatura como creep. Esse fenômeno mobiliza a camada superficial de colúvio e parte do aluvião, apresentando variações de velocidade, com aceleração mais pronunciada em períodos de maior pluviosidade (Figura 2).

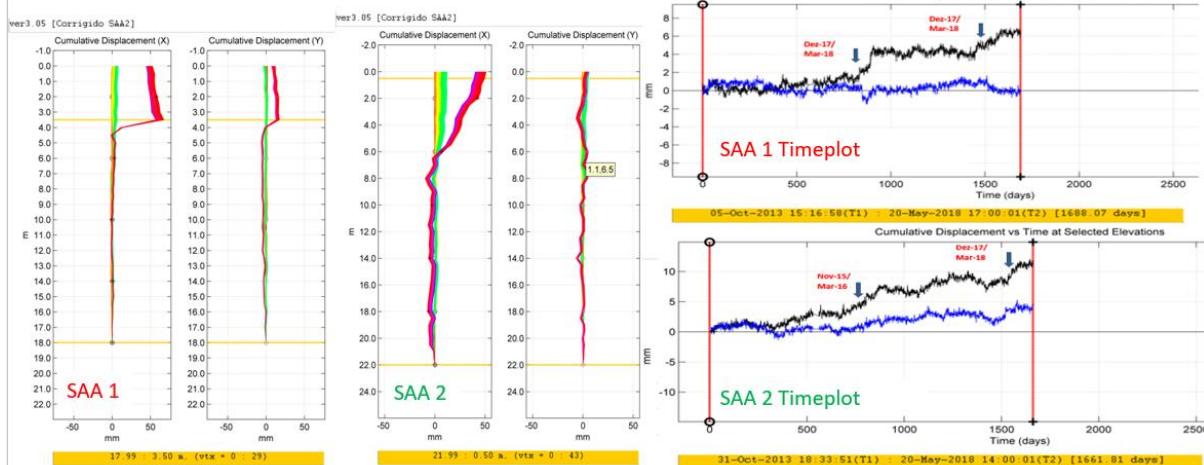


Figura 2 – À esq.: deslocamentos acumulados em X (direção preferencial de deslocamento) e Y (perpendicular) (SAA1 e SAA2); à dir.: timeplot dos deslocamentos em X (preto) e Y (azul) a 3,5 m e 0,5 m de profundidade, destacando aceleração em períodos de chuvas intensas.

Por falhas técnicas, os piezômetros de corda vibrante monitoraram apenas a fase inicial. Ainda assim, PZ1 e PZ2 confirmaram o nível freático previsto. No período chuvoso de nov/2013 – mar/2014, PZ1 e PZ2 registraram modestas oscilações porém detetáveis (de 3 a 4 kPa) com elevação e queda subsequentes tal como visto anteriormente em outro caso de estudo de Kormann (2016). Acredita-se que o aumento decorre da saturação do colúvio superficial, que sobrecarrega a aluviação subjacente. Esse cenário permite o deslocamento lento do colúvio em direção à escola, erguendo o piso vizinho (Fig. 3).

Uma das grandes vantagens da automatização dada a sua alta frequência de coleta, é a possibilidade de correlacionar o monitoramento geotécnico com a chuva (Aguiar, 2005). Algo que num caso de aquisição manual seria inviável de um ponto de vista logístico.

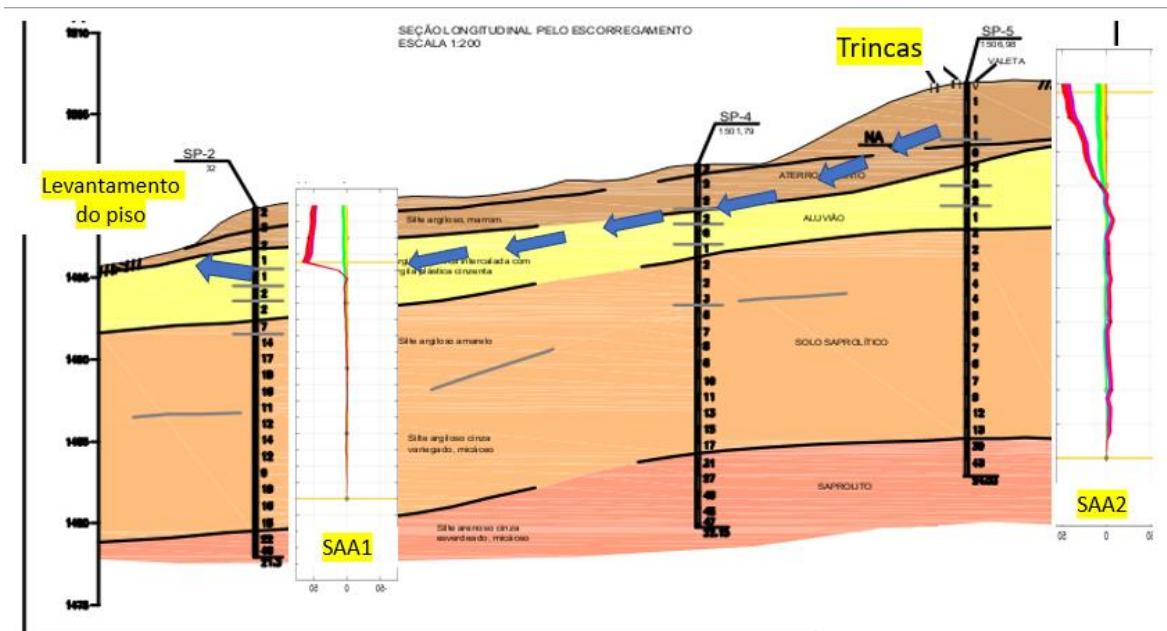


Figura 3 – Descrição detalhada do mecanismo de ruptura e do deslizamento por “creep”, fundamentada nos resultados inclinométricos, na caracterização geológica e nas patologias identificadas



3 COMPARAÇÃO TÉCNICA-ECONÔMICA: SOLUÇÃO MANUAL VS AUTOMATIZADA

3.1 Metodologia

Para efeitos de comparação, foi considerado um cenário alternativo de instrumentação convencional manual em condições equivalentes à solução automatizada. Nesta hipótese, o talude seria instrumentado com inclinômetros e piezômetros de leitura manual (por exemplo, kit inclinométrico manual e piezômetros de corda vibrante sem telemetria). As leituras seriam realizadas por uma equipe de campo deslocada periodicamente até o local.

Com o objetivo de estabelecer uma análise realista e comparável da frequência de aquisição de dados, adotaram-se três cenários distintos de leituras manuais: diárias, semanais e mensais. O cenário diário foi definido para simular um nível de esforço extremo, no qual seria necessária a presença contínua de equipe técnica, inclusive em finais de semana e feriados, a fim de registrar uma leitura por dia em cada instrumento. O cenário semanal reflete uma prática intermediária, viável em alguns projetos, enquanto o cenário mensal reproduz a frequência mais comumente utilizada em monitoramentos manuais no Brasil dependendo do nível de criticidade. Ainda assim, mesmo o cenário diário se mantém aquém da capacidade do sistema automatizado, que registra até 24 leituras por dia.

Com base nesses três cenários, foram estimados os custos operacionais correspondentes, considerando deslocamento, mão de obra técnica, aquisição e processamento dos dados. Além disso, analisaram-se as implicações técnicas de se trabalhar com intervalos discretos de coleta em comparação com o monitoramento contínuo e automatizado.

Por fim, realizou-se uma análise econômico-financeira comparativa, considerando os custos acumulados em um horizonte de 10 anos, abrangendo tanto os investimentos iniciais de instalação quanto as despesas recorrentes (pessoal, transmissão de dados, manutenção, entre outros). A avaliação centrou-se na proporção entre o custo final e o custo inicial de cada alternativa, o que permitiu evidenciar as diferenças de eficiência entre os cenários de monitoramento manual e automatizado.

3.2 Custos Iniciais (CAPEX) VS Custos Operacionais (OPEX)

Do ponto de vista econômico, a solução automatizada geralmente envolve um investimento inicial mais alto em equipamentos e infraestrutura, enquanto a solução manual distribui os gastos ao longo do tempo, sobretudo em mão de obra para as leituras. É crucial, portanto, analisar o comportamento desses custos em um horizonte de longo prazo. No caso em estudo, durante a fase de concepção do projeto foi realizada essa avaliação econômico-comparativa, cujos principais resultados são destacados a seguir.

A implantação do sistema automatizado, incluindo a importação dos inclinômetros SAA e piezômetros, datalogger, painéis solares, modem 3G, obras civis de instalação, entre outros, teve um custo inicial aproximadamente duas vezes maior do que o estimado para uma instrumentação convencional equivalente. Ou seja, a alternativa manual teria, à primeira vista, custado cerca da metade, pois envolveria basicamente tubos inclinométricos, piezômetros de corda vibrante e aquisição de sondas/leitores portáteis, sem gastos com telemetria.

Tabela 1 - Evolução de custos entre os cenários manuais e automatizado em 10 anos monitoramento. Quantidade de leituras e custos acumulados entre ambas as alternativas ao longo do tempo.

Cenário	Custo inicial (R\$)	Custo mensal (R\$)	Custo acumulado em 10 anos (R\$)	Leituras/ano	Leituras em 10 anos
Manual diário	R\$ 124.000	R\$ 35.000	R\$ 4.324.000	365	3650
Manual semanal	R\$ 124.000	R\$ 6.500	R\$ 904.000	52	520
Manual mensal	R\$ 124.000	R\$ 2.000	R\$ 364.000	12	120
Automatizado	R\$ 219.460	-	R\$ 237.460	8760	87600

Essa diferença inicial, comum em projetos de automação devido ao custo da tecnologia importada — muitas vezes é o fator que desencoraja gestores a optar pela solução automatizada. No entanto, a análise de longo prazo demonstra que os custos operacionais recorrentes das duas opções divergem drasticamente. No cenário manual simulado, para atingir uma frequência de uma leitura diária por instrumento, seria necessário manter uma equipe de campo dedicada em tempo integral. Estimou-se um custo mensal da ordem de



2 0 2 5

R\$ 35.000 apenas com pessoal e deslocamentos para executar e processar as leituras dos inclinômetros e piezômetros. Esse montante acumularia aproximadamente R\$ 420.000 por ano em despesas operacionais.

Assim, ao final de dez anos, o custo total do monitoramento manual diário chegaria a cerca de R\$ 4.324 milhões, valor aproximadamente 31,5 vezes superior ao investimento inicial estimado em R\$ 124.000. Já a alternativa semanal alcançaria 904 mil reais e, a mensal 364 mil, representando 7,3 e 2,9 vezes superiores ao investimento inicial, respectivamente.

Em contrapartida, a solução automatizada, após um investimento inicial em torno de R\$ 219.500 (instalação completa), implicou custos de operação muito baixos: com exceção de manutenções pontuais, a principal despesa recorrente foi a transmissão de dados, equivalente a apenas R\$ 150 por mês via SIM card 3G. Em 10 anos, isso soma cerca de R\$ 18.000, mantendo o custo total da opção automatizada próximo de R\$ 237.500, praticamente uma ordem de grandeza inferior ao custo acumulado da alternativa manual no mesmo período.

Essa diferença é evidenciada nos cálculos do projeto, onde, ao longo do tempo, a curva de custo do monitoramento manual cresce linearmente mês a mês (devido aos custos fixos com a equipe), ao passo que a curva de custo da solução automatizada permanece praticamente estável após o investimento inicial. Existe, inclusive, um ponto de cruzamento (payback) em que ambas se igualam em valor acumulado. Para este projeto específico, dependendo da frequência de coleta manual isso ocorre ao final de 3 meses (diária), 1 ano e 3 meses (semanal) e, 4 anos e 4 meses (mensal).

Segundo estimativas próprias e a literatura, em projetos de grande porte o monitoramento automatizado atinge o ponto de equilíbrio financeiro entre 12 a 18 meses, tornando-se mais econômico que a leitura manual a partir daí. Esse resultado confirma estudos internacionais: Choquet et al. (2016), que avaliou minas a céu aberto, identificou payback entre um e um ano e meio; Silva (2023) destacou ganhos similares ao analisar a influência da gestão de custos na instrumentação geotécnica, tal como ilustrado no gráfico da Figura 4.

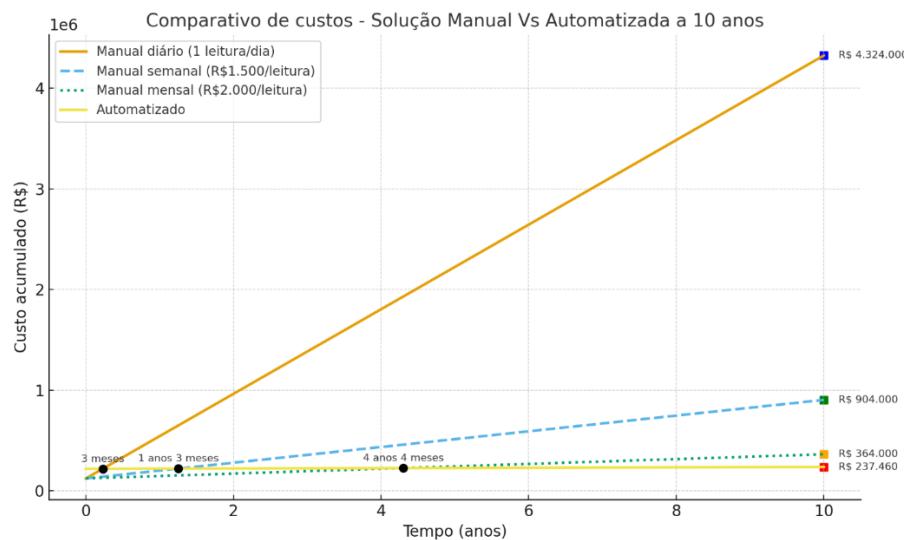


Figura 4 - Comparativo de custos acumulados em 10 anos entre diferentes estratégias de monitoramento: manual diário, manual semanal, manual mensal e sistema automatizado

Convém destacar que o custo mensal da equipe de campo utilizado no comparativo não foi corrigido pela inflação: em valores de 2025, estima-se que uma equipe dedicada custe entre R\$ 40 000 e R\$ 45 000 por mês. Dessa forma, os valores calculados para a alternativa manual estão, de fato, subestimados. Sob outro prisma, na opção automatizada não se incluiu despesa de manutenção porque, durante a década analisada, ela não foi realizada (e as consequências disso foram registradas). Pelas boas práticas de operação, contudo, recomenda-se prever esse item; um plano típico – com supervisão remota contínua e visitas de inspeção trimestrais – acrescentaria aproximadamente R\$ 30.000 por ano ao orçamento da solução automatizada.



3.3 Análise Custo-Benefício e Economia a Longo Prazo

O ponto de equilíbrio e a vantagem econômica entre soluções manuais e automatizadas dependem de fatores como a quantidade de instrumentos instalados (Q), a frequência de leituras requerida (F), a duração do monitoramento e as condições logísticas do local (TTO) (Silva, 2016). Em projetos curtos, de alguns meses, ou com poucos instrumentos, a automação pode não se justificar plenamente, já que os custos de mão de obra manual permanecem relativamente baixos. No entanto, em projetos de médio e longo prazo, como monitoramento de encostas, barragens e túneis, a economia proporcionada pela automação torna-se decisiva, visto que os custos acumulados com equipes manuais crescem rapidamente.

No caso estudado, após 10 anos de operação, observa-se que:

- Manual diário acumulou R\$ 4,32 milhões para apenas 3.650 leituras;
- Manual semanal alcançou R\$ 904 mil com apenas 520 leituras;
- Manual mensal somou R\$ 364 mil para 120 leituras;
- Automatizado estabilizou em R\$ 237 mil, entregando 87.600 leituras.

Esses resultados revelam não apenas uma economia expressiva no custo total, mas também uma disparidade no custo unitário por dado: enquanto cada leitura manual resulta em valores de centenas a milhares de reais, o custo por leitura automatizada cai para poucos reais, praticamente desprezível quando comparado aos métodos convencionais.

Além da economia direta, a automação oferece a vantagem de captar variações em tempo quase real, o que seria logicamente inviável em abordagens manuais, sobretudo nos cenários diário ou semanal. Mesmo no caso mais “econômico” de leituras mensais, a resolução temporal é insuficiente para identificar variações rápidas, comprometendo a utilidade do monitoramento.

Em síntese, a eficiência econômica da automação aumenta com o tempo de operação: quanto maior a duração do projeto, mais diluído se torna o investimento inicial e mais evidente fica a economia frente aos custos cumulativos da abordagem manual. No presente estudo de caso, pode-se afirmar que o sistema automatizado atingiu o ponto de equilíbrio entre o 1º e 2º anos para a frequencia diária de semanal (Figura 4) e, proporcionou uma economia significativa a longo prazo, ao mesmo tempo em que elevou exponencialmente a quantidade e a qualidade dos dados disponíveis para a gestão de riscos geotécnicos.

3.4 Limitações das Soluções Automatizadas

Apesar das vantagens econômicas e técnicas demonstradas pela automação neste estudo, é importante reconhecer que a tecnologia também apresenta restrições que podem influenciar sua adoção prática. A seguir, destacam-se as principais limitações observadas para este caso específico:

- Investimento inicial elevado – O sistema automatizado apresenta um custo de aquisição inicial significativamente maior que o manual e sujeito a volatilidade cambial por se tratar de produtos majoritariamente importados, o que pode dificultar sua adoção em projetos de curta duração ou com orçamento restrito.
- Dependência de energia elétrica e conectividade – A operação contínua exige infraestrutura confiável de energia (baterias, painéis solares, rede elétrica) e de comunicação (rede celular, rádio ou satélite). Interrupções nesses sistemas podem comprometer a coleta e transmissão dos dados.
- Complexidade técnica para instalação – A instalação de sistemas automatizados demanda mão de obra especializada e procedimentos mais rigorosos de configuração, calibração e posicionamento, aumentando a dependência de suporte técnico qualificado.
- Manutenção preventiva e corretiva – Embora o custo recorrente seja menor que no manual, há necessidade de manutenção periódica de sensores, dataloggers, fontes de energia e antenas, o que pode ser desafiador em locais de difícil acesso.



2 0 2 5

- Risco de falhas tecnológicas – O sistema depende de hardware e software integrados; falhas de firmware, sensores ou módulos de comunicação podem levar à perda temporária ou definitiva de dados.
- Custo de reposição de componentes – Em caso de avarias, roubo ou vandalismo, os custos de substituição de módulos automatizados podem ser mais altos que em sistemas convencionais.
- Curva de aprendizado para interpretação de dados – O grande volume de dados gerados exige equipes capacitadas para tratamento e interpretação. Sem essa competência, há risco de subaproveitamento das informações.

3.5 Influência do Câmbio (Dólar) e dos Impostos de Importação na Gestão de Custos de Instrumentação (2013 × 2025)

O estudo original avaliou os custos da solução automatizada há cerca de 10 anos, quando a cotação média do dólar em 2013 era de aproximadamente R\$ 2,16. Em julho de 2025, essa mesma moeda alcança cerca de R\$ 5,55, mais que o dobro do valor anterior. Essa variação cambial, associada às elevadas alíquotas de importação que permanecem na faixa de 60% a 80%, impacta de forma significativa o investimento em reais, conforme ilustrado na Tabela 2. Em outras palavras, um sistema automatizado adquirido em 2013 teria hoje seu custo em reais mais que duplicado apenas em função do câmbio, mantendo-se ainda a elevada carga tributária. Esse cenário influencia diretamente a viabilidade de novos projetos de monitoramento e gestão de risco em encostas, especialmente em contextos de orçamento restrito. Por isso, a análise econômica deve considerar projeções cambiais desfavoráveis ou, alternativamente, estratégias como a nacionalização parcial de componentes para reduzir a exposição ao câmbio e à tributação (Silva, 2023).

Tabela 2 – Tabela comparativa de variação cambial de 2013 a 2025 entre dólar americano e Real brasileiro.

Item (estimativa)	2013 – US\$ 40 000	2025 – US\$ 40 000	Variação
Custo-base em BRL	R\$ 100 000	R\$ 257 000	+157 %
Imposto de importação (70 %)	R\$ 70 000	R\$ 180 000	acompanha o câmbio
Desembolso total	R\$ 170 000	R\$ 437 000	+157 %

4 CONCLUSÃO

A instrumentação automatizada demonstra-se como um instrumento estratégico para a gestão de encostas no Brasil, ao unir viabilidade econômica em longo prazo, alto desempenho técnico e impacto social positivo. Ao longo da análise, demonstrou-se que a automação supera significativamente os métodos manuais em termos de resolução temporal, volume de dados e custo-benefício, mesmo quando consideradas alternativas de leituras semanais ou mensais.

Do ponto de vista técnico, os dados horários e em tempo real permitiram identificar superfícies críticas de deslocamento e correlacionar eventos de instabilidade com chuvas intensas, algo inviável em campanhas manuais. Além disso, a densidade de informações viabiliza modelagens preditivas e alarmes automáticos, reduzindo substancialmente a probabilidade de falhas não detectadas.

Sob a ótica econômica, ainda que a automação demande CAPEX inicial elevado, os resultados evidenciam que o investimento se dilui rapidamente quando comparado ao custo acumulado de equipes em campo. O sistema automatizado analisado apresentou custo acumulado de cerca de R\$ 237 mil em 10 anos, frente a valores muito superiores dos métodos manuais — que chegaram a ultrapassar R\$ 4,3 milhões no cenário diário. Essa diferença mostra que a automação se paga logo nos primeiros anos de operação, gerando economias progressivas à medida que o ciclo de vida avança.

Os benefícios indiretos reforçam ainda mais sua relevância: maior segurança operacional, ao reduzir a exposição de equipes a áreas instáveis; maior velocidade da informação, com dados disponíveis em tempo real; e ganhos sociais, ao possibilitar respostas preventivas que podem salvar vidas e evitar perdas materiais incalculáveis.

Por outro lado, foram identificadas limitações e desafios que precisam ser enfrentados: barreiras de custo inicial, volatilidade cambial, tributos, falhas pontuais em sensores, vandalismo e interrupções de



2 0 2 5

telemetria. Tais fatores reforçam a importância de planos de manutenção, redundância de sensores e capacitação técnica, garantindo a confiabilidade do sistema.

Em síntese, a instrumentação automatizada não deve ser vista apenas como um aparato tecnológico, mas como um investimento estratégico em segurança, confiabilidade e responsabilidade social. Sua efetividade, contudo, depende da integração entre planejamento, análise de dados e protocolos de resposta rápida. Para maximizar esse potencial, é fundamental que a automação esteja alinhada a marcos regulatórios nacionais e internacionais, seja planejada de forma escalável para redes de monitoramento em larga escala e, sobretudo, seja incorporada aos planos de gestão de risco. Quando esses elementos se articulam, a automação transforma-se em uma ferramenta decisiva para proteger comunidades, otimizar recursos e fortalecer a cultura de prevenção em projetos geotécnicos críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, Marcos F. P. de; SILVA FILHO, Francisco C.; ALMEIDA, Márcio S. S. de. (2005) *Análise de movimentos em encostas naturais através de monitoramento por instrumentação – Caso Coroa Grande – RJ*. Tecnologia, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 46-71.
- Banco Mundial. (2012). *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro*. Janeiro 2011. 32 pp.
- Choquet, P.; Taylor, R.; Byerley, C. (2016). *Payback of Automated Geotechnical Instrumentation Monitoring for Open Pit Mines as Compared to Manual Data Collection*. In: Proceedings of the Canadian Institute of Mining (CIM) Convention 2016, Vancouver, Canadá.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., (1996). Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board. 247. 36-57.
- Kormann, Alessander C. M.; SESTREM, Liamara P.; LAZARIM, Thaís P.; PASSINI, Larissa D. B.; ASAKAWA, Sergio S. *Integração de modelos geológico-geotécnicos e dados de instrumentação: um caso desafiador de reforço de maciço na Serra do Mar brasileira*. Geotecnia, Lisboa, n. 138, p. 61-84, 2016. DOI: 10.24849/j.geot.2016.138.04.
- Mirisola, R.; Machado, L. (2023). *What Brazil can do better to protect 4 million people living in natural disaster-prone areas*. Brazil Reports (website). Disponível em: <https://brazilreports.com/what-brazil-can-do-better-to-protect-4-million-people-living-in-natural-disaster-prone-areas/4169/>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- Silva, A. (2016). *Análise técnica, operacional e económica entre a utilização de inclinômetros convencionais e automatizados*. 15º Congresso Nacional de Geotecnia, Porto, Portugal
- Silva, A. (2023). *Gestão de custos na Instrumentação e Monitorização Geotécnica*. 18º Congresso Nacional de Geotecnia, Évora, Portugal, 2023
- Souza, D.C., Crespo, N.M., da Silva, D.V. et al. *Extreme rainfall and landslides as a response to human-induced climate change: a case study at Baixada Santista, Brazil, 2020*. Nat Hazards 120, 10835–10860 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06621-1>