



Desafios e obstáculos do monitoramento geotécnico no Brasil: Tendências e soluções

Andre Silva

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

RESUMO: O monitoramento geotécnico e estrutural apresentou uma evolução significativa nos últimos anos, não só pelos seus comprovados benefícios, mas também pelo salto tecnológico que possibilitou o acesso a uma maior oferta de instrumentos e diferentes formas de transmissão, com especial destaque para equipamentos de transmissão wireless de médio e longo alcance. No entanto, apesar dos avanços tecnológicos e de uma maior oferta a nível mundial, o mercado de instrumentação brasileiro continua apresentando um déficit face ao praticado no exterior. Este trabalho propõe-se a expor os principais fatores que explicam essas diferenças. A abordagem adotada para este trabalho irá focar na apresentação e análise dos diferentes fatores que explicam a ausência ou falta de projetos adequados de instrumentação. Serão abordados os pontos essenciais de cada um dos fatores econômicos, sociais, legais e até normativos do contexto brasileiro e ponderados os seus impactos de forma individual ou até conjunta. A exposição será baseada em literatura existente acerca do tema e experiência acumulada do autor no setor a nível nacional e internacional.

PALAVRAS-CHAVE: instrumentação geotécnica, monitoramento geotécnico, método observacional

ABSTRACT: Geotechnical and structural monitoring has made a significant evolution in recent years, not only for its proven benefits but also for the technological leap that has enabled access to a greater offer of instruments and different forms of transmission, with particular emphasis on medium and long-range wireless transmission equipment. However, despite this technological and supply leap worldwide, the Brazilian instrumentation market shows a deficit compared to that practiced abroad. This paper aims to expose the main factors that explain these differences. The approach adopted for this work will focus on presenting and analyzing the different factors that explain the absence or lack of adequate instrumentation projects. The essential points of each of the Brazilian context's economic, social, or even legal aspects will be addressed and their impacts considered individually or combined. The exhibition will be based on the existing literature theme and the author's accumulated experience in the sector at local and international level.

KEYWORDS: geotechnical instrumentation, geotechnical monitoring, observational method

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



1 Introdução

O avanço da instrumentação na engenharia geotécnica é notável, evoluindo de uma função complementar para um setor altamente especializado. Ela abrange áreas como geotecnia, elétrica, eletrônica, mecânica e tecnologia de informação. Apesar dos avanços tecnológicos, há um alerta sobre a tendência preocupante de priorizar a tecnologia em detrimento do conhecimento técnico. A proliferação de equipamentos e softwares pode enfraquecer a análise crítica e a experiência prática dos tomadores de decisão.

Destaca-se que projetos de instrumentação ainda são limitados em áreas como infraestrutura, contrastando com o setor de mineração, que foi impulsionado por regulamentações rigorosas após acidentes graves. Uma visão ampla é sugerida para entender os altos custos da instrumentação no Brasil, abordando normas, capacitação técnica e análise detalhada de origens de custos em comparação com padrões internacionais.

Resumindo, a importância crescente da instrumentação na engenharia geotécnica é enfatizada, com ênfase na necessidade de equilibrar tecnologia e expertise técnica. Além disso, aponta-se para a investigação das razões por trás dos custos elevados no país e a promoção do monitoramento em setores como infraestrutura.

2 Orçamento

2.1 Gestão contratual

A importância do orçamento no planejamento de projetos de instrumentação é clara, e suas consequências quando não é bem considerado são significativas. Dois resultados negativos em particular merecem atenção:

- Revisões de projeto: Em projetos públicos, subestimar a alocação de recursos para instrumentação são comuns e podem levar a dificuldades e burocracia acrescidas caso seja necessário revisar o orçamento posteriormente. Isso pode comprometer a análise técnica adequada e impactar a qualidade da execução do projeto. É ainda muito comum tabelas públicas (SICRO, DNIT, entre outras) não possuírem itens específicos contemplando soluções automatizadas, o que dificulta muito a sua adoção
- Redução adicional pelo empreiteiro geral: Se o orçamento inicial já for insuficiente, o empreiteiro geral pode diminuí-lo ainda mais, resultando em maior discrepância entre o plano original e a implementação real. Isso aumenta o risco de escolher empresas menos capacitadas apenas por critérios de custo mais baixo.

No mercado brasileiro, o orçamento está diretamente ligado ao setor do projeto. Por exemplo, projetos de mineração costumam ter orçamentos maiores que os de infraestrutura, possivelmente devido a regulamentações e riscos específicos de cada setor.

Apesar da mineração implementar projetos complexos e caros, essa abordagem não é tão prontamente adotada em outros setores, sugerindo desafios adicionais na gestão de orçamentos em diferentes áreas.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



2.2 Mão de obra

O custo de mão-de-obra é um aspecto que merece destaque, pois no Brasil, a mão-de-obra é relativamente barata em comparação com países desenvolvidos. Essa situação parcialmente explica a persistência na utilização de métodos de monitoramento mais tradicionais, nos quais uma equipe de campo composta por três membros é responsável por realizar a aquisição manual de leituras (por exemplo, inclinômetro, nivelamento, piezômetros, etc). O custo médio mensal dessa equipe é de aproximadamente 35.000 reais (6.800 USD). Essa realidade dificulta ou posterga a consideração da adoção de novas soluções, como as automatizadas. Além disso, é importante ressaltar que a manter da abordagem com equipes de campo, nem sempre capacitadas para um serviço tão específico, somente porque é mais barato e não porque é a melhor solução para o projeto pode resultar em menor precisão e confiabilidade nos dados obtidos.

2.3 Taxa de câmbio e impostos

A grande maioria dos instrumentos adquiridos pelo mercado brasileiro são provenientes do exterior, mais precisamente EUA, Canadá e Europa. Logo, fica sujeito a variações cambiais entre o real brasileiro para com dólar, euro e libra, os quais sofreram variações médias nos últimos 5 anos entre 20% a 25% e máximas entre 50% a 60%, tal como indicado na Figura 1. Se a série temporal for estendida a 10 anos podemos encontrar variações de até 150%. Podendo até, chegar a valores mais elevados dependendo das taxas aplicadas pelos bancos envolvidos na transação financeira.

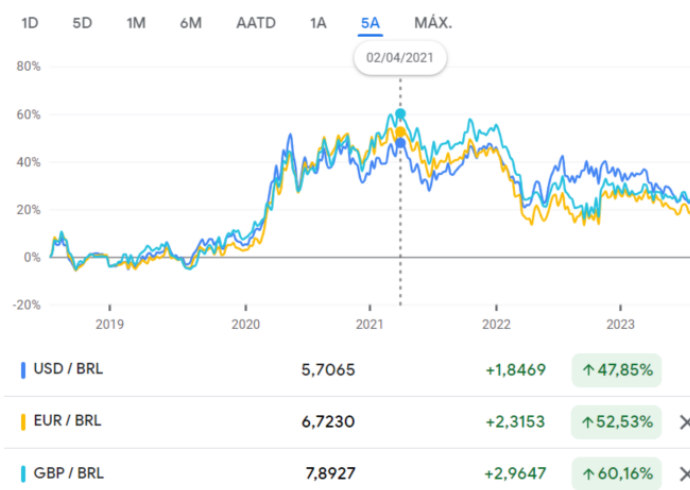


Figura 1 - Variação cambial entre Real Brasileiro face ao Euro, Dólar e Libra entre Agosto de 2018 a Agosto 2023

O Brasil é notório pela sua legislação tributária complexa, pesada e protecionista, especialmente em relação a produtos importados, como os equipamentos de instrumentação geotécnica. Esses itens são normalmente taxados em valores que variam entre 60% e 80% do preço convertido em dólar (USD), acrescido do frete aéreo ou marítimo. Em uma cadeia de distribuição, se os equipamentos forem repassados por uma empresa de instrumentação, o cliente final pode acabar pagando de 2 a 2.5 vezes o valor original.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





O cerne da questão aqui é a evolução dos preços desses equipamentos nos últimos 5 anos, partindo de 10.000 USD até chegar ao cliente final, com uma variação aproximada entre 100 mil a 130 mil reais. Essa oscilação gera dificuldades adicionais durante o planejamento e aquisição dos equipamentos.

Em resumo, as flutuações cambiais e o cenário tributário resultam em custos significativamente mais altos em moeda local para os equipamentos no Brasil em comparação com outros países. Isso leva a um pagamento cerca de duas vezes e meia maior, ou até mais, pelo mesmo equipamento em relação a países como os Estados Unidos. A complexidade tributária de cada país é reconhecida, mas essa realidade impacta negativamente a viabilidade de certos projetos e causa estagnação técnica, especialmente na infraestrutura, que já enfrenta limitações orçamentárias. Isso impede o desenvolvimento pleno e o progresso necessário nesse setor crucial para o país.

2.4 Tempo de entrega (Lead time)

O problema do tempo de entrega de equipamentos de instrumentação geotécnica decorre do fato de serem fabricados, na sua grande maioria, no exterior. Essa situação demanda planejamento antecipado para lidar com os prazos de fabricação, transporte e procedimentos alfandegários. A falta de planejamento adequado pode inviabilizar até mesmo a compra desses equipamentos, levando a atrasos significativos. Com os prazos de entrega variando de uma semana a um mês, ou até mais, dependendo do equipamento, é essencial uma estratégia bem planejada para garantir que os projetos não sejam prejudicados e que as necessidades de instrumentação geotécnica sejam atendidas de forma eficiente.

Além disso, é importante destacar que o setor de mineração se mostrou mais bem-sucedido em lidar com esse desafio, devido ao fato de suas operações envolverem projetos de maior envergadura, orçamento e risco. Essa indústria aprendeu a antecipar e planejar cuidadosamente os prazos de entrega dos equipamentos de instrumentação geotécnica fabricados no exterior, garantindo assim a continuidade das atividades. Por outro lado, o setor de infraestrutura ainda enfrenta dificuldades nesse aspecto, com uma tendência a pecar pela falta de planejamento prévio. Essa lacuna muitas vezes acarreta atrasos, comprometendo a eficiência e o sucesso dos projetos de infraestrutura.

2.5 Soluções automatizadas VS Soluções manuais

Como é de conhecimento generalizado, dois dos fatores mais importantes na tomada de decisão nos projetos de engenharia são: o custo e o tempo.

As questões de custo se colocam mais especificamente no momento de decidir entre a implantação de soluções automatizadas e convencionais. Esse tipo de discussão é parte integrante da fase de concepção do projeto de instrumentação. Nessa fase devem ser ponderados os prós e contras de cada solução, não só de um ponto de vista econômico, mas principalmente de um ponto de vista técnico onde se destacam a quantidade e qualidade dos dados coletados.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Tanto Silva (2016) quanto Choquet et al (2018) elaboraram estudos comparando o custo-benefício de ambas as soluções e chegaram a conclusões semelhantes, ou seja, a solução automatizada possui um custo superior inicial à sua equivalente convencional, mas que acabam se equalizando em termos de custo entre o período de um ano a um ano e meio de monitoramento. Este facto aplicado a um contexto de obras de longa duração, na ordem de 2 ou mais anos, possui um reflexo económico impactante no momento da tomada de decisão.

Normalmente, as análises comparativas restringem-se à comparação direta, descontextualizada, entre os custos das soluções automáticas e convencionais sem uma análise holística de custo-benefício, onde devem ser ponderados os seguintes fatores:

- Quantidade de instrumentos (Q)
- Frequência de leitura (F)
- Tempo total de obra (TTO)
- Logística e operacional

Nesta abordagem mais abrangente, é possível obter uma visão completa e integrada das implicações e vantagens de ambas as soluções de instrumentação geotécnica.

Os fatores citados quando combinados entre si em obras de médio/longo prazo com frequência de leitura significativa, resultam no gráfico ilustrado na Figura 2, porque as exigências logísticas e operacionais trazem consigo um acréscimo de custos proporcionais ao tempo total de obra (TTO).

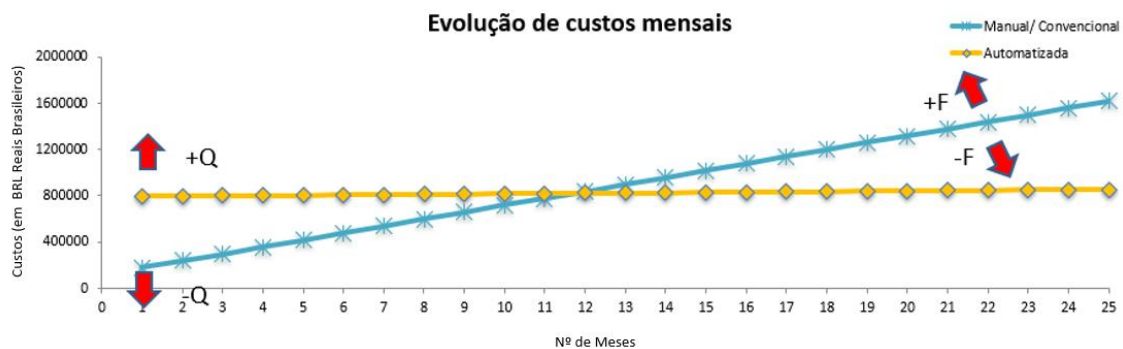


Figura 2 - Comparação de custos entre solução automatizada e uma solução manual/convencional equivalente ao longo de 2 anos de obra. (Q- quantidade de instrumentos influencia o custo inicial das soluções no geral / F – frequência de leitura influencia o declive da linha de custo da solução manual)

As exigências logísticas e operacionais são inerentes e consequência dos dois primeiros fatores e tem uma incidência expressiva nas soluções convencionais porque necessitam de considerar a quantidade de equipes de técnicas dedicadas, deslocamentos, transmissão de dados, erros de leitura, processamento de informação, entre outros itens que levam ao aumento da complexidade logística e da probabilidade de falha humana, gerando custos, na sua maioria, inoportáveis no longo prazo.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





A decisão entre as alternativas deverá ser sempre contextualizada com o tempo total de obra (TTO) para verificar se o custo acumulado da solução convencional ultrapassa, ou não, a automatizada. Logo, casos de curto prazo, sem exigentes frequências de leitura não justificam uma alternativa automatizada. Mas por outro lado, casos com maior duração, usual no monitoramento de encostas, barragens, túneis oferecem a oportunidade de amortização do investimento numa solução automatizada. (Silva, 2016)

Apesar das considerações operacionais e económicas anteriores, deve ser destacado que a aplicação de recursos em equipamentos de monitoramento deve ser encarada como investimento em segurança e não como um simples custo. Além de que um custo preventivo sempre será menor que um custo paleativo ou corretivo de uma eventual falha da estrutura.

3 Normas e Supervisão

Em termos de regulatórios, o Brasil vive duas realidades distintas entre setores. Uma delas relacionada com área da barragens onde a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) sofreu recentes mudanças com a entrada em vigor da nova Lei 14.066/2020 que veio alterar e atualizar a anterior Lei 12.334/2010.

O monitoramento de barragens passou a ser uma prioridade pelas próprias mineradoras e pelos órgãos fiscalizadores, principalmente após os eventos de rompimento da Barragem do Fundão (Mariana, MG) em 2015 e da Barragem 1 da Mina do Córrego do Feijão (Brumadinho, MG) em 2019.

A atualização reforça que o monitoramento dessas estruturas é obrigatório e dependendo do contexto chega até a exigir o monitoramento automatizado como é o caso de barragens de rejeito (Resolução ANM 95). Destaca-se também a ação efetiva e presencial da entidade de fiscalização que em caso de incumprimento aplica sanções pesadas.

A regulamentação destaca a necessidade de implementação de sistemas de monitoramento em estruturas conforme a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), cuja complexidade está vinculada ao Dano Potencial Associado (DPA). Para barragens de mineração com DPA alto, população a jusante, características técnicas específicas e método construtivo com alta pontuação, é obrigatório manter um sistema automatizado de monitoramento de instrumentação adequado à complexidade da estrutura, com monitoramento em tempo real e período integral, seguindo critérios do projetista. Além disso, barragens com DPA Alto devem manter vigilância por vídeo 24 horas por dia, armazenando os registros por pelo menos 90 dias (Paniago, 2021).

“Art.17 XX - armazenar os dados de instrumentação da barragem e fornecê-los ao órgão fiscalizador periodicamente e em tempo real, quando requerido;”

Já por outro lado, setores como o de infraestrutura não possuem uma lei e uma entidade fiscalizadora específica que enquadre a necessidade de monitoramento como obrigatória. Apesar das orientações da norma NBR 8044/2018- Projeto Geotécnico nos pontos referentes à instrumentação e monitoramento serem feitas nesse sentido - “Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados e a frequência das

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



leituras. Devem ser informados os valores estimados para as grandezas a serem medidas.” – estas são genéricas podendo ser alvo de diferentes interpretações de acordo com o projetista ou empreiteiro. Em muitos casos, a exigência de automatização é somente feita por entidades externas e independentes como por exemplo Metrô de SP, que exige monitoramento rigorosos em projetos que ocorram nas proximidades das suas infraestrutura metroferroviárias.

Como consequência, o setor de barragens, com destaque para o de mineração apresenta uma desenvolvimento técnico expressivo nos últimos anos promovido pelo ambiente regulatório e maiores orçamentos disponibilizados enquanto que, outros setores onde a legislação é ambígua, tendem a adotar práticas que atendam as condições mínimas necessárias protocolares, sem vista à adequação técnica e, de onde resultam, a grande maioria das não conformidades entre o projeto de instrumentação previsto e o realmente necessário.

4 Expertise técnica

4.1 Planejamento e controle de qualidade

O planejamento de um programa de monitoramento geotécnico segue passos lógicos similares a qualquer projeto de engenharia. Começa com a definição de objetivos e termina com a análise dos parâmetros medidos. Franklin (1977) compara esse programa a uma corrente de elos frágeis. O planejamento envolve várias etapas (elos), incluindo definição de condições, questões geotécnicas, seleção de parâmetros, previsão de variações, ações corretivas, escolha de instrumentos, entre outras. A enumeração detalhada dos itens anteriores, serve como exemplo ilustrativo da complexidade do planejamento de um projeto de instrumentação e de como as várias etapas se relacionam entre si, estabelecendo uma corrente de eventos que deve ser regido por um escrupuloso controle de qualidade para resultar numa solução de monitoramento precisa e, acima de tudo, confiável.

O planejamento sistemático requer especial empenho e dedicação de cada equipe responsável. A cada falha no controle de qualidade de uma fase (elo quebrado) está-se introduzindo um percentual erro no resultado final. O que sucede em muitas ocasiões é os diferentes intervenientes no projeto, sejam eles consultores, empreiteiras ou empresas de serviços de instalação e leitura não seguirem as boas práticas implícitas nas fases supracitadas introduzindo erros em diferentes fases do projeto. Algo que só pode ser mitigado através de gestores responsáveis e com expertise técnica no assunto.

4.2 Projetistas, consultores e cursos de engenharia

A implementação de projetos de instrumentação exige um planejamento antecipado, começando na fase de projeto, para garantir o monitoramento geotécnico e estrutural eficaz antes, durante e após a obra. Algumas equipes técnicas de projetistas cometem o erro de selecionar instrumentos sem critério e só depois considerar como usar os dados (consultores), levando a atrasos e custos desnecessários. Isso leva à frustração dos envolvidos e à percepção equivocada de que a instrumentação é desperdício de recursos.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Para resolver isso, é crucial que os projetistas e consultores tenham experiência ou busquem formação contínua para preencher lacunas na concepção e interpretação de dados. Essa formação pode ser obtida por meio de tutoriais, cursos e suporte de fabricantes de equipamentos e, até mesmo, as escolas de engenharia têm um papel fundamental nesse aspecto. A conscientização sobre a importância desse processo deve ser constante, seguindo exemplos de campanhas de segurança e saúde no local de trabalho.

4.3 Serviços especializados de instalação

A natureza altamente especializada desse setor, envolvendo uma convergência de diversos conhecimentos como geologia, geotecnia, eletrônica, mecânica, entre outros, demanda a condução por parte de empresas especializadas com histórico comprovado. Surge uma série de desafios, desde a instalação de equipamentos e manutenção em campo até o controle da qualidade dos dados e a capacidade técnica. Essas dificuldades contribuem para a complexidade do monitoramento geotécnico, o que se traduz em um desafio substancial para os profissionais da área.

O desafio crítico (não apenas no âmbito brasileiro) reside na seleção baseada no menor custo, que frequentemente não garante os melhores resultados operacionais e técnicos, conforme amplamente constatado. Como mencionado anteriormente, essa abordagem gera uma frustração generalizada entre os envolvidos no projeto, criando uma falsa percepção de que a instrumentação é um desperdício de recursos. Esse cenário alimenta um ciclo prejudicial em que os orçamentos disponibilizados não atendem às reais necessidades do projeto.

4.4 Barreira linguística

A barreira linguística apresenta desafios significativos para o setor da instrumentação geotécnica, especialmente devido à predominância do inglês como idioma principal para a maioria dos conteúdos relevantes. Isso pode dificultar o acesso a informações cruciais para profissionais não fluentes no idioma, limitando sua capacidade de compreender e aplicar eficazmente os princípios e avanços nesse campo. A falta de compreensão completa de manuais, tutoriais, cursos e documentação técnica em inglês pode resultar em erros na seleção, instalação e interpretação de instrumentos geotécnicos, comprometendo a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Portanto, a superação dessa barreira linguística é fundamental para garantir uma implementação bem-sucedida dos projetos de instrumentação geotécnica, promovendo a troca eficaz de conhecimentos e avanços tecnológicos em todo o setor.

4.5 Cursos de capacitação

A falta de cursos de formação acessíveis na área de instrumentação geotécnica é uma preocupação que impacta negativamente o desenvolvimento profissional nesse campo. Muitas vezes, quando tais cursos estão disponíveis, eles são oferecidos principalmente em inglês, o que exclui uma parcela significativa de profissionais que não possuem proficiência nesse idioma. Além disso, mesmo quando cursos são oferecidos em outros idiomas, os custos associados muitas vezes são elevados, dificultando o acesso para profissionais com recursos limitados. Essa lacuna na disponibilidade de formação abrangente e acessível limita a capacidade dos profissionais de se

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



atualizarem com as mais recentes práticas e tecnologias na instrumentação geotécnica, prejudicando o avanço e a qualidade desse setor crucial para a engenharia e construção.

4.6 Disseminação do “know-how”

No contexto da instrumentação geotécnica no Brasil, é notável a escassez de um espírito colaborativo de compartilhamento de conhecimento, evidenciado pela reduzida quantidade de publicações, palestras, simpósios ou mesas-redondas abordando o tema em diversas conferências. A limitada divulgação e troca de informações entre profissionais desse campo resulta em uma lacuna significativa na disseminação de melhores práticas, avanços técnicos e inovações. No entanto, é importante ressaltar que esse cenário está passando por uma reversão gradual, principalmente impulsionado pelo setor de mineração. A crescente atenção à regulamentação e a supervisão criteriosa nesse setor têm desempenhado um papel crucial em estimular uma mudança positiva. A conscientização sobre a importância da partilha de conhecimento está aumentando, resultando em um aumento progressivo no número de publicações, palestras, simpósios e mesas-redondas focados na instrumentação geotécnica em várias conferências. Esse impulso no compartilhamento de informações está contribuindo para uma disseminação mais eficaz de experiências, técnicas avançadas e lições aprendidas, não apenas no setor de mineração, mas também em outras áreas da engenharia geotécnica, promovendo uma melhoria geral na qualidade e na inovação desses projetos.

4 Conclusões

O mercado brasileiro apresenta condicionantes importantes para a elaboração de um projeto adequado de instrumentação.

O contexto regulatório condiciona determinados setores a uma maior, ou menor, adoção de medidas para suprir as demandas dos projetos de instrumentação. Por sua vez, essas demandas exigem planejamento prévio e orçamentos preliminares mais robustos. Por outro lado, o inverso também se verifica, isto é, legislação sem um direcionamento claro tende ao surgimento de projetos desadequados em termos de custo e qualidade, gerando a percepção errada acerca da inutilidade do monitoramento, dificultando assim a generalização e interesse pela melhoria contínua desta área.

A questão orçamentária tem um peso crucial na tomada de decisão, principalmente pelo facto do Brasil estar dependente da importação dos equipamentos e se sujeitar à variação cambial e uma legislação tributária protecionista e onerosa. O artigo expôs a variação de custo até 60% num espaço de 5 anos, somente causada pela variação cambial. Além do mais, soma-se a existência de mão-de-obra relativamente barata a qual aumenta a resistência a adotar novas tecnologias e a necessidade de renovar o setor de acordo com as melhores práticas nacionais e internacionais.

A tomada de decisão económica deve-se basear numa análise custo-benefício ponderada e encarar a instrumentação como um investimento, reconhecendo os benefícios daí resultantes para um bom projeto.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Finalmente, por se tratar de um setor de nicho, com alto grau de especialização e impactado fortemente por avanços tecnológicos recentes, exige aqueles que trabalham no setor (consultores, engenheiros, técnicos de campo) se instruíam e se renovam constantemente de modo a alcançar soluções de monitoramento precisas e, acima de tudo, confiáveis. Projetos desadequados conceitualmente ou pobremente geridos e instalados resultam em perda de recursos desnecessária. E isso, só poderá ser superado na formação constante dos quadros técnicos envolvidos. Essa formação facilitaria consideravelmente a discussão entre a adoção de soluções manuais ou automatizadas, onde o planejamento a médio-longo prazo pode ser economicamente mais interessante.

Apesar das diferentes realidades, o caminho das melhores práticas é conhecido e já aplicado no mercado brasileiro, contudo para o tornar transversal a todos os setores econômicos é necessário resolver e contornar os desafios elencados ao longo do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Choquet, P., Taylor, R. e Byerley, C. (2016). Payback of Automated Geotechnical Instrumentation Monitoring for Open Pit Mines as Compared to Manual Data Collection, Canada Institute of Mining Proceedings (CIM2016). Vancouver, Canada.

Dunncliff, J. (1993). *Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA

Franklin, J.A. (1977). Some practical considerations in the planning field instrumentation. Proceedings of International symposium on application of rock characterization techniques in mining design, M. Karmis, NY, USA

Paniago, Luiz (2021), *Segurança de Barragens – Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada*, Editora Insight, Brasília, Brasil

Silva, A. (2016). Análise técnica, operacional e econômica entre a utilização de inclinômetros convencionais e automatizados. 15º CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, Porto, Portugal

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

