XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/91

Influência do Atrito em Macacos Hidráulicos no Fator de Segurança de Cortinas Atirantadas: Estudo de Caso na BR-470/RS

Daniel Murakami
Coordenador de Obras, Grupo Fg Moretti, São Paulo, Brasil, daniel.murakami@morettiengenharia.com.br;

Victor Zanata
Engenheiro Civil, Grupo Fg Moretti, São Paulo, Brasil, victor.zanata@morettiengenharia.com.br;

Fábio Jorge de Oliveira
Diretor, Grupo Fg Moretti, São Paulo, Brasil, fabio.oliveira@morettiengenharia.com.br

Jefferson de Magalhães Pacheco Colares
Engenheiro Supervisor, SD Engenharia, Passo Fundo, Brasil, jefferson.colares@sdengenharia.com.br

Adalberto Jurach
Analista de Infraestrutura, DNIT, Passo Fundo, Brasil, adalberto.jurach@gmail.com

RESUMO: A precisão na medição da carga de protensão em tirantes é um fator fundamental para a confiabilidade de obras de contenção, especialmente em cenários de obras emergenciais. No entanto, o atrito interno nos selos dos macacos hidráulicos pode introduzir divergências entre a carga indicada pelo manômetro e a carga efetivamente aplicada. Este trabalho investiga o impacto dessa variabilidade no Fator de Segurança (FS) de uma cortina atirantada executada para a estabilização de um talude na rodovia BR-470/RS, após os eventos climáticos extremos de 2024. Utilizando a metodologia de Murakami et al. (2020, 2022), foram analisados cenários de carga baseados no manômetro (MA) e em células de carga (LC). Os resultados de campo revelaram uma dispersão de 15,4% na carga máxima entre MA e LC, o que resultou em uma variação de 2,7% no FS calculado (1,52 via MA e 1,48 via LC). Essa diferença é interpretada como um refinamento do modelo de estabilidade, situando-se dentro da margem de convergência esperada para parâmetros geotécnicos. A estratégia de utilizar células de carga em seções representativas para calibrar o controle via manômetro mostrou-se eficaz, permitindo conciliar a celeridade executiva exigida pela obra emergencial com a validação técnica dos níveis de segurança. Conclui-se que a instrumentação estratégica é uma ferramenta essencial para garantir a confiabilidade dos projetos sem comprometer os cronogramas de execução em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de estabilidade de taludes, célula de carga, cortina atirantada, fator de segurança, manômetro.

ABSTRACT: Precision in measuring prestressing loads is a fundamental factor for the reliability of retention structures, particularly in emergency recovery contexts. However, internal friction in hydraulic jack seals can introduce discrepancies between the load indicated by the pressure gauge and the force effectively applied to the anchors. This study investigates the impact of this variability on the Factor of Safety (FS) of an anchored wall implemented for slope stabilization on the BR-470/RS highway following the 2024 extreme weather events. Based on the methodology proposed by Murakami et al. (2020, 2022), loading scenarios were analyzed using both manometer (MA) and load cell (LC) data. Field results revealed a 15.4% dispersion at maximum load between MA and LC, resulting in a 2.7% variation in the calculated FS (1.52 via MA and 1.48 via LC). This difference is interpreted as a refinement of the stability model, falling within the expected convergence margins for geotechnical parameters. The strategy of using load cells in representative sections to calibrate manometer-based control proved effective, balancing the rapid execution required by the emergency project with technical validation of safety levels. Strategic instrumentation is concluded to be an essential tool for ensuring project reliability without compromising field execution schedules.

KEYWORDS: Slope stability analysis, load cell, anchored wall, factor of safety, manometer.

1 INTRODUÇÃO

Os eventos pluviométricos excepcionais ocorridos no Rio Grande do Sul em maio de 2024 impuseram desafios sem precedentes à infraestrutura de transportes do estado. Na rodovia BR-470/RS, especificamente no trecho entre Veranópolis e Bento Gonçalves, a combinação de geologia complexa com a saturação do maciço resultou em escorregamentos de grande magnitude. A estabilização dessas encostas frequentemente exige o emprego de estruturas de contenção ativas, como as cortinas atirantadas.

Neste tipo de obra, a força de protensão aplicada aos tirantes é a componente fundamental para o incremento da tensão normal nas superfícies de ruptura potenciais, elevando a resistência ao cisalhamento do maciço e, consequentemente, o Fator de Segurança (FS) global. Todavia, a prática comum de canteiro muitas vezes negligencia a precisão da carga efetivamente transferida ao tirante, confiando exclusivamente na leitura do manômetro do conjunto bomba-macaco.

Estudos recentes (Murakami et al., 2020; 2022; 2024) têm demonstrado que o atrito interno no macaco hidráulico consome parte da pressão hidráulica, fazendo com que a carga real aplicada (medida por células de carga) seja inferior à carga indicada pelo manômetro. Embora esse fenômeno seja amplamente discutido em Provas de Carga Estática (PCE) em estacas, sua repercussão na análise de estabilidade de taludes atirantados ainda carece de investigação detalhada. Murakami et al. (2026) apresenta um estudo da influência do atrito interno no macaco hidráulico em ensaios em tirantes.

O presente artigo utiliza dados de uma obra de contenção na BR-470/RS para avaliar como a dispersão entre as leituras de manômetro e célula de carga impacta o cálculo do FS por métodos de equilíbrio limite. O objetivo é demonstrar que a superestimativa da carga pelo manômetro induz a um cenário não conservador, podendo comprometer a segurança real da estrutura frente aos parâmetros de projeto. Trata-se de uma obra cuja estratigrafia foi amplamente detalhada por dos Santos et al. (2025, 2026). Além disso, ocorreram visitas técnicas nesta obra durante o Cobrae (2025).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Fenômeno do Atrito em Macacos Hidráulicos

A aplicação de carga em tirantes de contenção é realizada por meio de conjuntos hidráulicos compostos por bomba e macaco de protensão. Convencionalmente, a carga é calculada de forma indireta: multiplica-se a pressão lida no manômetro (P) pela área nominal do pistão do macaco (A). No entanto, essa formulação simplista ignora as perdas internas por atrito.

Como discutido por Murakami et al. (2020, 2022), o atrito se opõe ao movimento do pistão, consumindo parte da energia hidráulica.

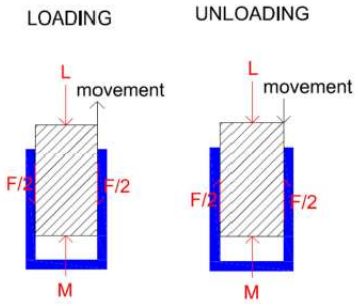


Figura 1. Atrito interno no macaco hidráulico.

Consequentemente, a carga efetivamente transmitida ao tirante é sempre inferior à carga teórica indicada pelo manômetro. Segundo Murakami et al. (2024), essa divergência não é constante e varia conforme o curso do pistão, a excentricidade da carga e o estado de conservação do equipamento.

Para sistematizar essa análise, adotam-se as definições de curvas propostas por Murakami et al. (2020, 2022, 2024):

- Curva do Manômetro (MA): Representa a carga "nominal" (P×A). É a curva que o operador visualiza em campo e que, geralmente, é registrada nos boletins de protensão.
- Curva da Célula de Carga (LC): Representa a carga real, medida por uma célula de carga posicionada entre o macaco e a placa de apoio. É a referência de maior precisão e não sofre influência do atrito do macaco hidráulico.
- Curva Teórica (TH): Obtida subtraindo-se o atrito interno do macaco da carga medida pela célula (LC). Representa um cenário onde o usuário acredita estar aplicando a carga da célula de carga (LC), porém reduzida em função do atrito interno no macaco hidráulico.

2.2 A Força do Tirante nos Métodos de Equilíbrio Limite (MEL)

Os Métodos de Equilíbrio Limite (MEL) são amplamente utilizados na prática de engenharia para o cálculo do Fator de Segurança (FS) de taludes. Independentemente da abordagem específica (seja ela baseada no equilíbrio de momentos, de forças ou ambos), a introdução de um tirante é tratada como a aplicação de uma força externa concentrada no maciço.

A física do reforço por tirantes atua em duas frentes principais dentro das equações de equilíbrio:

- Aumento do Momento Resistente (ou Força Resistente): A componente da força do tirante paralela à direção do movimento potencial opõe-se diretamente à força motriz do escorregamento.
- Incremento da Resistência ao Cisalhamento: A componente da força do tirante normal à superfície de ruptura aumenta a tensão normal (σn) na base das fatias. De acordo com o critério de Mohr-Coulomb, esse aumento de tensão normal eleva a resistência ao cisalhamento disponível ao longo da superfície de ruptura:

$$\tau = c + \sigma n \tan \phi \quad (1)$$

Matematicamente, o Fator de Segurança pode ser simplificado como a razão entre as forças (ou momentos) resistentes e as forças (ou momentos) atuantes:

$$FS = \frac{\sum(Resistência\ do\ solo) + Contribuição\ do\ Tirante\ (T)}{\sum(Ações\ Desestabiliz\quad)} \quad (2)$$

Onde T é a força de protensão. Se o valor de T inserido no modelo for o valor do manômetro (T_{MA}), que é superior à carga real (T_{LC}), o numerador da equação será superestimado.

2.3 Impacto da Incerteza de Medição na Segurança Real

O problema reside no fato de que o solo "enxerga" apenas a carga real (T_{LC}). Se o engenheiro projeta uma contenção para operar com um FS de 1,50 baseando-se na leitura do manômetro, mas o macaco apresenta um atrito de 15%, a força real de estabilização será significativamente menor.

Essa discrepância é particularmente crítica em taludes com superfícies de ruptura profundas, onde a estabilidade depende fortemente da carga ativa dos tirantes para contrabalancear o peso da massa de solo e as pressões hidrostáticas. Em cenários de retroanálise de rupturas ou em obras emergenciais, como as da BR-470/RS, a precisão na determinação de T é o que define se a estrutura está operando dentro de uma margem de segurança aceitável ou se está em um estado de equilíbrio precário, próximo à unidade (FS≈1,0).

3 METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo e Contexto Geológico

O estudo foi desenvolvido em um talude rodoviário crítico na BR-470/RS, entre os municípios de Veranópolis e Bento Gonçalves (dos Santos et al., 2025, 2026). A região é caracterizada por um relevo montanhoso com vales profundos, onde a geologia é dominada por derrames basálticos da Formação Serra Geral e espessos mantos de solos residuais e coluvionares.

Com base nas investigações geofísicas (sísmica de refração e tomografia elétrica) e sondagens mistas realizadas no local, a estratigrafia foi definida em quatro horizontes principais:

- Solo de cobertura/Coluvião: Espessura de 0 a 2 metros, material fofo e desagregado.
- Solo Residual/Saprólito: Camada argilosa laterítica com espessura variável entre 4 e 14 metros, apresentando seixos e blocos de rocha alterada.
- Rocha Alterada e Fraturada (RAM/RAD): Horizonte de transição com espessuras entre 2 e 10 metros.
- Substrato Rochoso (Rocha Sã): Basalto denso e pouco fraturado, identificado a partir de 30 metros de profundidade.

3.2. Descrição da Contenção e do Reforço

Para a estabilização do trecho, projetou-se uma cortina atirantada. Os elementos de reforço utilizados foram tirantes monobarra Dywidag DW36, com diâmetro nominal de 36 mm. Os tirantes foram instalados com inclinação de 15° em relação à horizontal, com trechos livres e ancorados dimensionados para transferir a carga para as camadas de rocha alterada e sã.

3.3. Instrumentação e Aquisição de Dados de Carga

A fase experimental consistiu no monitoramento da protensão de quatro tirantes selecionados. A metodologia de medição seguiu os preceitos de Murakami et al. (2020, 2022, 2024), utilizando leituras simultâneas de dois sistemas distintos:

- Manômetro (MA): Leitura da pressão hidráulica no painel da bomba, convertida em força (tf) através da área do pistão do macaco.
- Célula de Carga (LC): Instrumento de medição direta posicionado na cabeça do tirante, devidamente calibrado em laboratório, servindo como o padrão de carga real.

A partir desses dados, foi possível identificar o erro sistemático introduzido pelo atrito do macaco e gerar a Curva Teórica (TH), que representa a carga descontando-se as perdas por atrito estimadas.

3.4. Modelagem Numérica e Cenários de Análise

A análise de estabilidade global foi realizada através do software Slide 5.0 (Rocscience), utilizando o método de equilíbrio limite de Morgenstern-Price. O modelo geométrico foi construído com base na seção transversal mais crítica do talude, integrando a estratigrafia obtida nas sondagens.

Para avaliar o impacto da precisão da carga no Fator de Segurança (FS), foram simulados três cenários distintos de carga aplicada nos tirantes, conforme os dados obtidos em campo:

- Cenário 1 - Real (LC): Utiliza a carga efetivamente medida pela célula de carga (40,56 tf). Representa a condição real de estabilidade da obra.
- Cenário 2 - Teórico (TH): Utiliza a carga teórica descontando o atrito (36,27 tf). Representa um cenário conservador de análise.
- Cenário 3 - Manômetro (MA): Utiliza a carga indicada pelo manômetro (44,86 tf). Representa a prática comum de campo sem instrumentação adicional.

Os parâmetros de resistência do solo (coesão e ângulo de atrito) foram adotados com base na retroanálise dos escorregamentos ocorridos em maio de 2024, garantindo que o modelo refletisse a vulnerabilidade real do maciço sob condições de saturação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Dispersão entre Manômetro e Célula de Carga

Os ensaios de protensão realizados nos quatro tirantes da BR-470/RS confirmaram a tese de Murakami et al. (2020, 2022, 2024) sobre a não linearidade do atrito nos macacos hidráulicos. A comparação entre a

carga indicada pelo manômetro (MA) e a carga real medida pela célula de carga (LC) revelou discrepâncias sistemáticas em todos os estágios de carregamento.

Observou-se que, nos estágios iniciais de protensão (cargas baixas), a divergência entre MA e LC atingiu valores de até 34,8%. Nota-se que o valor obtido pelo manômetro foi inferior ao da célula de carga (LC). Uma explicação seria a menor graduação do manômetro (10 kgf/cm^2) que seria incapaz de realizar leituras com precisão em cargas baixas. Este assunto já foi amplamente discutido por Murakami (2020, 2022,0 2024). À medida que a carga se aproximava da capacidade máxima de projeto, a diferença percentual tendia a diminuir, estabilizando-se em torno de 15,4%.

A tabela 1 mostram as leituras simultâneas MA e LC realizadas durante a instalação de uma das células de carga da seção crítica estudada. É interessante observar que para a mesma carga de trabalho de 40,56 tf, o manômetro indicou duas pressões diferentes de 190 e 220 kgf/cm^2, reforçando a tese de Murakami (2020, 2022, 2024) em relação ao comportamento imprevisível do atrito no cilindro hidráulico.

No

Tabela 1. Comparação entre as cargas LC, MA e TH.

Estágio	Carga (tf)	Pressão kgf/cm2	MA (tf)	MA (%)	TH (tf)	TH (%)	Deslocamento Total (cm)
F0	5,85	30	6,12	4,54	5,59	-4,54	0,00
0,30Ft	12,51	40	8,16	-34,79	16,86	34,79	0,27
0,60Ft	24,57	110	22,43	-8,72	26,72	8,72	0,65
0,80Ft	32,50	150	30,59	-5,90	34,42	5,90	0,91
1,00Ft	40,56	190	38,74	-4,49	42,39	4,49	1,07
1,20Ft	48,60	250	50,98	4,89	46,22	-4,89	1,58
1,40Ft	56,55	320	65,25	15,37	47,86	-15,37	2,13
1,20Ft	48,00	260	53,01	10,45	42,99	-10,45	1,98
1,00Ft	40,56	210	42,82	5,56	38,31	-5,56	1,70
0,80Ft	33,08	170	34,66	4,80	31,49	-4,80	1,39
0,60Ft	24,52	120	24,47	-0,22	24,57	0,22	1,04
0,30Ft	11,65	60	12,23	5,01	11,07	-5,01	0,51
F0	5,88	30	6,12	4,07	5,64	-4,07	0,27
0,30Ft	12,51	60	12,23	-2,19	12,78	2,19	0,48
0,60Ft	24,57	120	24,47	-0,43	24,68	0,43	0,90
0,80Ft	32,50	170	34,66	6,64	30,34	-6,64	1,25
F incorp.	40,56	220	44,86	10,59	36,27	-10,59	1,54

Embora a redução do erro percentual em cargas elevadas possa sugerir uma convergência, o erro absoluto em termos de força (tf) permanece significativo. Para o tirante Dywidag DW36 analisado, uma diferença de 15,4% na carga máxima representa uma força que o projetista acredita estar atuando no maciço, mas que, na realidade, foram dissipadas sob forma de atrito nos componentes internos do macaco.

4.2. Impacto no Fator de Segurança (FS)

O cerne deste estudo reside na transposição desses erros de medição para o modelo de estabilidade global desenvolvido no software Slide 5.0. A Tabela 2 resume os resultados obtidos para os três cenários analisados, evidenciando como a percepção da segurança do talude é alterada pela forma de medição da carga.

Tabela 2. Comparação de FS em função do método de medição da carga.

Cenário	Carga no tirante (tf)	FS
1) Real (curva LC)	40,56	FS 1,48
2) À favor da segurança (curva TH)	36,27	FS 1,44
3) Contra a segurança (curva MA)	44,86	FS 1,52

A análise dos dados demonstra que o uso do manômetro (Cenário 3) resulta em um FS de 1,52, valor que atende plenamente aos requisitos normativos usuais para condições permanentes (FS≥1,50). Ao refinar o modelo com a carga real medida pela célula de carga (Cenário 1), observa-se um FS de 1,48. Essa variação de apenas 2,7% entre os cenários evidencia a precisão do monitoramento e demonstra que a estrutura opera em um patamar de estabilidade e compatível com as premissas de projeto.

A figura 2 mostra a análise de estabilidade através do software Slide 5.0 para a curva da célula de carga (LC), enquanto que as figuras 3 e 4 mostram as análises para as curvas teóricas (TH) e manômetro (MA), respectivamente.

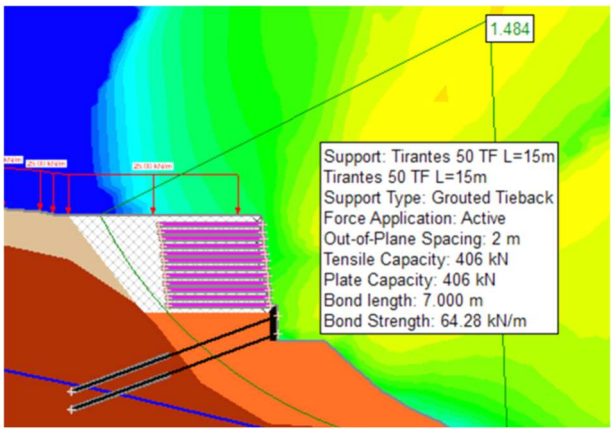


Figura 2. Análise de estabilidade através do software Slide 5.0 para a curva LC

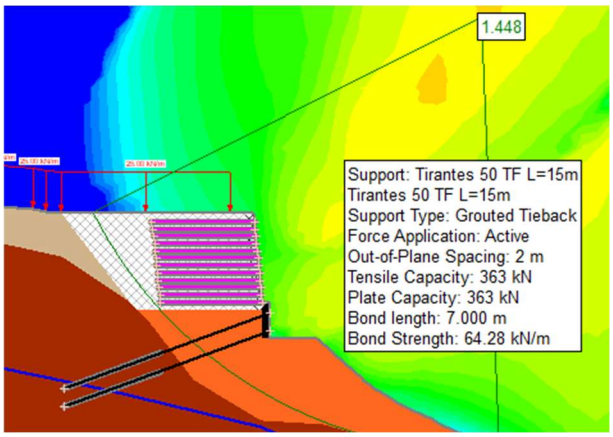


Figura 3. Análise de estabilidade através do software Slide 5.0 para a curva TH

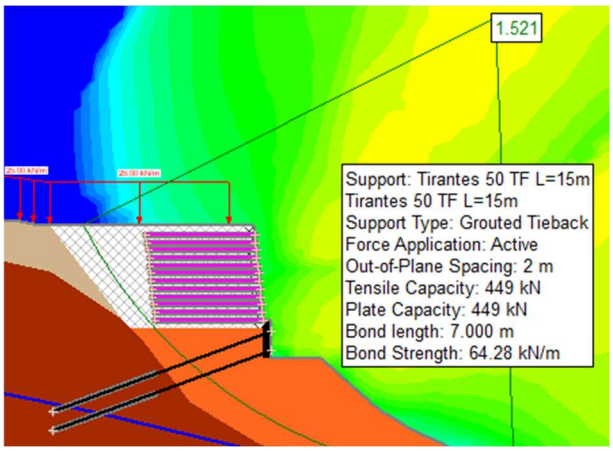


Figura 4. Análise de estabilidade através do software Slide 5.0 para a curva MA

4.3. Discussão sobre a Segurança das Contenções

A variação de 0,04 no Fator de Segurança (de 1,52 para 1,48) ilustra a sensibilidade do modelo matemático frente às incertezas de medição da carga. Em engenharia geotécnica, uma oscilação de 2,7% no FS situa-se dentro da zona de convergência esperada, especialmente quando se considera a variabilidade intrínseca dos parâmetros de resistência do solo e as condições severas de contorno impostas pelos eventos climáticos na BR-470/RS.

Longe de representar um risco à integridade da estrutura — que se encontra concluída, estável e em pleno funcionamento — essa diferença ressalta a importância da estratégia de instrumentação adotada. Em uma obra de caráter emergencial, onde a velocidade de execução é um fator crítico para a segurança pública e a restauração logística, a decisão de utilizar células de carga em seções representativas permitiu uma calibração precisa do sistema.

Essa amostragem estratégica (5 células em 3 seções críticas) serviu como um balizador de alta fidelidade para o controle de produção realizado via manômetro nos demais tirantes. Assim, o valor de 1,48 obtido via célula de carga funciona como um "ajuste fino" do modelo, confirmando que a contenção opera em um patamar de segurança real muito próximo ao alvo normativo, validando as escolhas técnicas feitas sob pressão de prazo e a qualificação da mão de obra disponível em campo.

4.4. Implicações Práticas para a Fiscalização e Execução

Os resultados reforçam que a calibração de laboratório do conjunto bomba-macaco, embora necessária, não é suficiente para garantir a carga em campo. As condições de canteiro — inclinação do macaco, curso do pistão e temperatura — alteram o comportamento do atrito de forma imprevisível.

Portanto, a instrumentação com células de carga em uma porcentagem representativa dos tirantes (conforme sugerido pela NBR 5629) não deve ser vista como um custo adicional, mas como um requisito de segurança indispensável. Em obras críticas de infraestrutura, como a estabilização da BR-470/RS, a precisão na leitura da carga é o que garante que o modelo matemático do Slide 5.0 corresponda o máximo possivel às condições de campo da encosta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que a precisão na medição da carga de protensão em cortinas atirantadas é fundamental, impactando diretamente o resultado das análises de estabilidade global. A transposição dos conceitos de atrito em macacos hidráulicos, amplamente discutidos por Murakami et al. (2020, 2022, 2024) para o contexto de contenções ativas, revelou-se fundamental para uma compreensão realista do Fator de Segurança (FS).

As principais conclusões deste trabalho no caso de obra estudado são:

- Magnitude do Erro Sistemático: O atrito interno nos macacos de protensão não é desprezível, apresentando uma dispersão de até 34,8% em cargas baixas e mantendo-se em patamares de 15,4% na carga máxima. Para os tirantes, essa diferença representa uma perda significativa de força estabilizadora que não é detectada pelo manômetro.
- Sensibilidade do Fator de Segurança aos Métodos de Medição: A análise demonstrou que o FS é sensível à precisão da carga de protensão, variando de 1,52 (via manômetro) para 1,48 (via célula de carga). É importante notar que essa variação de 2,7% situa-se dentro da margem de incerteza inerente aos parâmetros geotécnicos. O valor de 1,48, embora ligeiramente abaixo do alvo teórico de 1,50, reflete uma leitura pontual de alta precisão em um sistema que, em sua totalidade, demonstra desempenho satisfatório e estabilidade confirmada após a conclusão da obra.
- Postura Não Conservadora: O uso exclusivo do manômetro induz a um cenário "contra a segurança". Em obras de infraestrutura sujeitas a eventos climáticos extremos, como as chuvas de 2024 no Rio Grande do Sul, confiar em uma carga superestimada pode levar ao colapso prematuro da estrutura sob condições de saturação severa.

- Necessidade de Instrumentação: A variabilidade do atrito em campo confirma que a calibração prévia em laboratório do macaco hidráulico não substitui a necessidade de células de carga in situ. A instrumentação deve ser encarada como parte integrante do controle de qualidade e da garantia da segurança do projeto.

Em suma, recomenda-se que projetos de cortinas atirantadas em encostas críticas adotem critérios mais rigorosos de verificação de carga, preferencialmente utilizando células de carga em uma amostra representativa de tirantes, para assegurar que o Fator de Segurança projetado seja, de fato, o Fator de Segurança executado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao DNIT, a autorização para publicação do presente artigo. Agradecem igualmente as equipes FG Fundações e Geotecnica, Moretti Engenharia Consultiva e Neovia Infraestrutura Rodoviária que executam os trabalhos descritos e tornaram possível a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629: Tirantes ancorados no terreno — Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

COBRAE (2025). Visitas técnicas. Disponível em: https://www.cobrae.livera.com.br/pagina/754/visitastecnicas/ (acessado em 07/02/2026)

FELLENIUS, B. H. Ignorance is bliss — and that is why we sleep so well. Geotechnical News, Canadian Geotechnical Society and United States National Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, No. 4, pp. 14-15, 1984.

MURAKAMI, D. K.; CORGNIER, F.; SILVA, V. M.; SILVA, A.; BOZAN, G. A Comparison between the Measured Load through a Load Cell and a Manometer on the Static Load Test in Piles. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Campinas, SP, 2020.

MURAKAMI, D. K.; CORGNIER, F.; GODINHO, H.; SAITO, E. Different Possible Interpretations Depending on The Load Measurement Method on the Static Load Test in Piles. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Campinas, SP, 2022.

MURAKAMI, D. K.; CORGNIER, F. Reflexões Sobre O Uso Do Manômetro Na Prova De Carga Estática. In: XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Balneário Camboriú, SC, 2024.

Murakami, D. K., Oliveira, F. J., Carrasco, L., Vera, S. E. A., Santos, M. I. F. (2026). Comparação entre leituras de carga através do manômetro e célula de carga em tirantes. XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Brasília, DF, 2026 (artigo submetido).

ROCSCIENCE. Slide Version 5.0: 2D Limit Equilibrium Analysis of Slope Stability. User's Guide. Toronto, Canada.

SANTOS, M. I. F.; MORETTI, G. V.; JURACH, A.; COLARES, J. M. P. Avaliação estratigráfica de um talude localizado na BR-470/RS a partir de ensaios geofísicos e sondagens mistas. In: IX Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas (COBRAE), Garibaldi, RS, 2025.

SANTOS, M. I. F.; MORETTI, G. V.; JURACH, A.; COLARES, J. M. P. Caracterização estratigráfica de talude rodoviário por ensaios sísmicos de refração, eletrorresistividade e sondagens mistas. In: XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Brasília, DF, 2026 (artigo submetido).