

Ensaio dinâmico não destrutivo de ancoragens ao solo – método da impedância mecânica

K. O. Santos¹; K. H. P. Rodrigues¹; H. N. Pitanga²; N. A. Brasil³; T. B. Porto⁴; P. J. N. Beno⁵.

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil;

² Departamento de Transportes e Geotecnia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil;

³ Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil, Computação, Automação, Telemática e Humanidades, Universidade Federal de São João Del-Rei, Ouro Branco, Brasil;

⁴ Departamento de Engenharia Civil e Meio Ambiente, Centro Federal de Educação Tecnológica, Curvelo, Brasil;

⁵ Rincent BTP Brasil, Recife, Brasil.

Karine.o.santos@ufv.br; klaus@ufv.br; heraldo.pitanga@ufv.br; natalia.brasil@ufs.edu.br; thiago.porto@cefetmg.br; diretor@rincent.com.br.

Palavras-chave: tirantes, cortina atirantada, ensaio dinâmico, impedância mecânica, rigidez dinâmica.

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura

ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis

ODS 17 – Parcerias e Meios de Implementação

Categoria: Pesquisa

Introdução

As cortinas atirantadas consistem em paredes de contenção (frequentemente de concreto ou estacas-prancha) fixadas ao maciço por meio de ancoragens pré-tensionadas [1]. O resultado é um sistema estrutural rígido, que resiste ao empuxo do solo e minimiza deslocamentos. Nesse cenário, tornam-se instrumentos fundamentais para a mitigação dos riscos geotécnicos, sendo amplamente empregadas em obras subterrâneas, encostas urbanas e escavações profundas [2]. Este estudo analisou a integridade de uma cortina atirantada em um trecho ferroviário de Minas Gerais através do ensaio dinâmico não destrutivo via impedância mecânica.

Objetivos

Análise do ensaio dinâmico (não destrutivo) via impedância mecânica para verificar a integridade de ancoragens protendidas.

Metodologia

O método consiste na aplicação de um golpe de martelo na cabeça do tirante, gerando uma onda mecânica que percorre todo o comprimento da ancoragem, permitindo avaliar a integridade estrutural dos tirantes, incluindo seus comprimentos livres (Ll), totais (Lt) e ancorados. Através da rigidez dinâmica (Rd), define-se a carga de trabalho atual (T). Além disso, utilizam-se dois valores de velocidade, 4.200 m/s e 4.700 m/s, que são considerados aceitáveis para a propagação da onda em elementos de concreto [3].

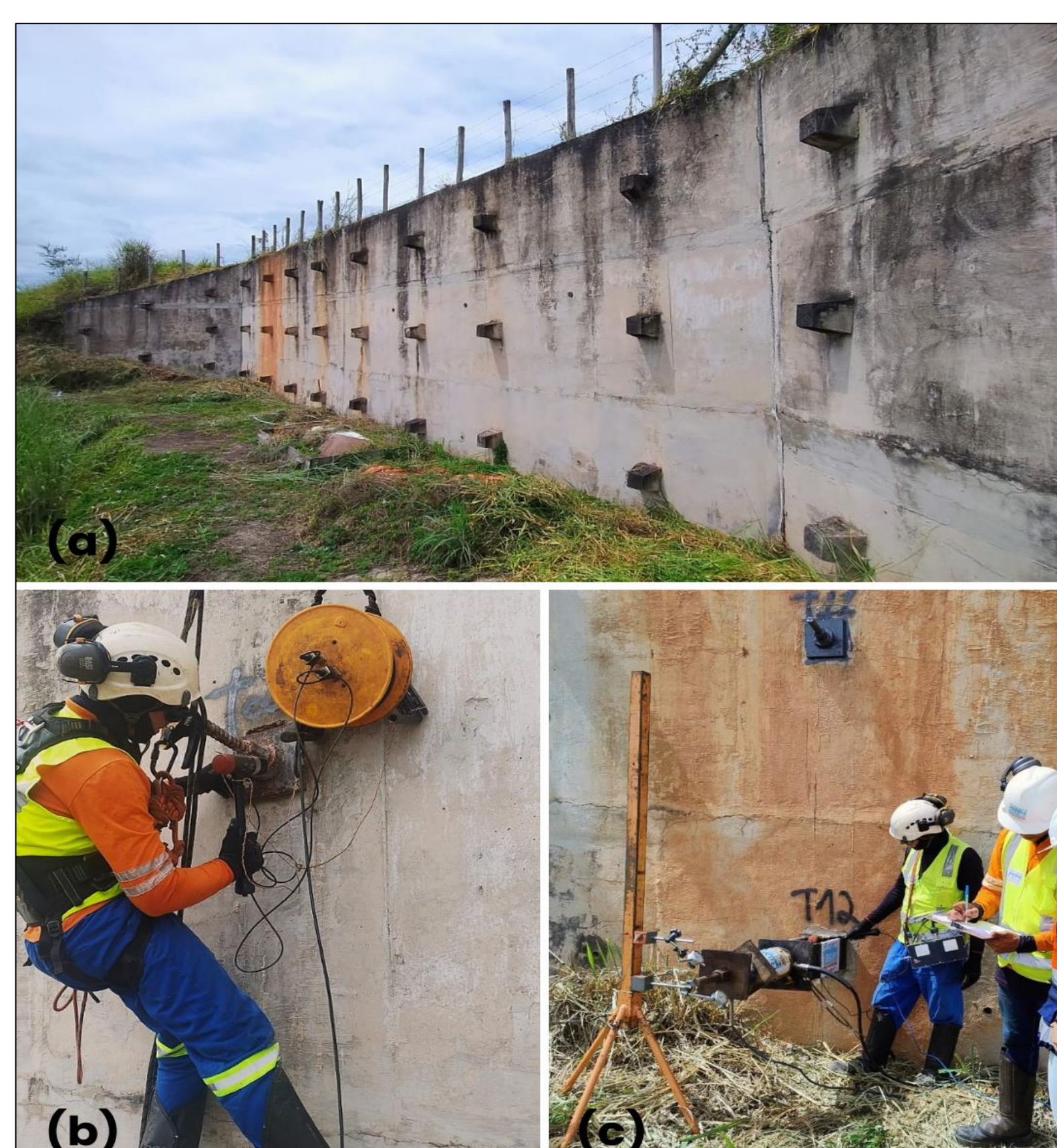


Figura 1. (a) Cortina atirantada. (b) Ensaio dinâmico. (c) Ensaio estático.

Resultados e Discussão

A cortina atirantada analisada é composta por 32 tirantes protendidos, dos quais 16 foram submetidos ao ensaio dinâmico. Os resultados indicaram que a rigidez dinâmica dos tirantes apresentou variações ao longo da cortina, evidenciando uma distribuição não uniforme das forças. Os tirantes T27, T28 e T34 apresentaram cargas abaixo do esperado, e, portanto, recomenda-se a reprotensão. A carga de incorporação esperada é de 35 Tf ou 343,35 kN.

Tabela 1. Resultados obtidos (Adaptado Rincent, 2025).

Tirante	Ll (m)	Lt (m)	Ll (m)	Lt (m)	Rd E8 (N/m)	T (kN)
	4200 m/s	4700 m/s	4200 m/s	4700 m/s		
T02	9,90	22,00	11,00	24,60	6,73	80,22
T03	8,20	20,00	9,20	22,30	8,83	96,20
T10	10,10	20,90	11,30	23,40	5,32	68,16
T11	11,30	21,60	12,60	24,20	7,61	87,18
T12	9,30	22,70	10,40	25,40	10,65	108,76
T13	9,90	20,00	11,10	22,40	6,73	80,22
T14	10,50	20,50	11,70	23,00	8,57	94,34
T15	11,60	19,50	13,00	21,90	12,72	121,11
T19	9,00	22,20	10,10	24,80	6,48	78,16
T20	8,80	22,00	9,90	24,60	7,61	87,18
T24	10,40	20,80	11,60	23,30	7,94	89,73
T27	10,40	19,50	12,10	21,80	2,43	36,58
T28	9,90	19,20	11,00	21,50	4,32	58,55
T29	8,20	18,60	9,20	20,90	6,21	75,90
T34	7,60	19,00	8,50	21,30	4,14	56,68
T35	9,50	22,10	10,60	24,70	9,10	98,07

Conclusões

O método demonstrou-se prático tanto na execução quanto na análise dos resultados, consolidando-se como uma ferramenta eficiente e não destrutiva para avaliação estrutural. No entanto, o estudo ressalta que, apesar da simplicidade geral do procedimento, é fundamental contar com experiência técnica para interpretar corretamente etapas específicas do processo.

Bibliografia

- [1] Liu Y. Stability analysis of an expansive soil slope under heavy rainfall conditions with different anchor reinforcements. Scientific Reports. 2025;15(1):819.
- [2] Hsu, C.-F. (2023). Rainfall-Induced Landslide Susceptibility Assessment and the Establishment of Early Warning Techniques at Regional Scale. *Sustainability*, 15(24). doi:10.3390/su152416764
- [3] Rincent JJ. Static and Dynamic Tests—Simultaneous Tests. In: Rincent JJ, editor. *Anchor—Tests Procedures and Vibratory Analysis*. Singapore: Springer Nature Singapore; 2025. p. 25–33.