DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/69

Estabilização de Talude Rodoviário Crítico Pós-Eventos Pluviais Extremos: Interceptação de Galeria e Controle Erosivo com Colchão Reno

Sergio Enrique Arguello Vera
Eng, Geotécnico, Grupo FG Moretti, São Paulo, Brasil, sergio.arguello@morettiengenharia.com.br

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

Ramon Claudino
Eng, Geotécnico, FG Moretti, São Paulo, Brasil, ramon.claudino@morettiengenharia.com.br

Geraldo Vanzolini Moretti
Engenheiro Geotécnico/Diretor, FG Moretti, São Paulo, Brasil, geraldo@morettiengenharia.com.br

Leonardo Bastos Ribeiro
Coordenador, FG Moretti, São Paulo, SP, leonardo@morettiengenharia.com.br

RESUMO: Eventos pluviais extremos em maio de 2024 no Rio Grande do Sul deflagraram a movimentação de um talude crítico numa rodovia federal nas proximidades de Novo Hamburgo. O diagnóstico pós-evento identificou que, embora as chuvas (621 mm em Nova Petrópolis) tenham sido o gatilho, o fator determinante da instabilidade era uma galeria subsuperficial preexistente, cuja descarga mantinha o pé do talude permanentemente saturado. O talude, inserido em um talvegue com 30 a 40 metros de altura e inclinação de 20° a 45°, é composto por um aterro argiloso (6 a 13 metros) sobre rocha. Este artigo apresenta a solução de drenagem executada como medida de estabilização ativa, complementar à contenção estrutural. A estratégia consistiu na interceptação da galeria com uma caixa de passagem, conduzindo o fluxo por uma descida em degraus até um canal de colchão Reno. Este canal trapezoidal, revestido com manta geotêxtil, deságua em uma bacia de amortecimento para proteger o pé do talude contra erosão. O dimensionamento hidráulico utilizou o Método Racional, com a equação IDF de Fendrich (2003) calibrada com dados do INMET para um período de retorno de 10 anos, e a Equação de Manning para os canais. O caso demonstra que o controle do fluxo hídrico subsuperficial é uma condição determinante para a estabilização permanente de taludes em talvegues sujeitos a eventos climáticos extremos.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Subsuperficial; Colchão Reno; Método Racional; Equação de Manning; Bacia de Amortecimento;

ABSTRACT: Extreme rainfall in May 2024 in Rio Grande do Sul triggered critical slope movements on a Federal highway close to Novo Hamburgo, compromising road safety. A post-event diagnosis identified that, while the rainfall (621 mm in Nova Petrópolis) was the trigger, the instability's determining factor was a pre-existing subsurface gallery. Its uncontrolled discharge kept the slope toe permanently saturated. The site is a natural thalweg with 30 to 40-meter high slopes inclined at 20° to 45°, comprising a 6 to 13-meter clayey fill over rock. This paper presents the drainage solution implemented as an active stabilization measure, complementing the structural containment. The strategy involved intercepting the gallery with a catch basin, conveying the flow via a stepped spillway into a trapezoidal, geotextile-lined Reno mattress channel, and terminating in a stilling basin at the slope toe. The hydraulic design used the Rational Method with Fendrich's (2003) IDF equation, calibrated with INMET data for a 10-year return period, and Manning's Equation for the channel. This case demonstrates that controlling subsurface flow is a determining condition for the permanent stabilization of road slopes in thalwegs subject to extreme weather events.

KEYWORDS: Subsurface Drainage; Reno Mattress; Rational Method; Manning's Equation; Stilling Basin.;

1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária do Rio Grande do Sul enfrentou, em maio de 2024, um cenário de colapso geotécnico sem precedentes na história recente do estado. Os acumulados de precipitação registrados pelas estações do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) atingiram valores de aproximadamente 500 mm em Novo Hamburgo e 621 mm em Nova Petrópolis durante aquele mês, com picos diários superiores a 110 mm em 02 de maio, 60 mm nos dias 1, 11 e 12. Esses volumes excederam largamente qualquer período de retorno usualmente adotado em projetos de drenagem rodoviária, saturando os perfis de solo e deflagrando rupturas em múltiplos pontos ao longo das rodovias da região serrana.

Num trecho de uma rodovia federal nas proximidades de Novo Hamburgo (rodovia de importância logística nacional que conecta o Nordeste ao Sul do Brasil), as consequências foram particularmente graves. O afundamento da plataforma e o padrão de trincamento severo do pavimento asfáltico, observados durante a inspeção técnica, evidenciaram a mobilização de uma massa de solo profunda no talude à jusante da rodovia.

O trecho está inserido em uma feição de talvegue natural, com altura entre 30 e 40 metros e inclinação de 20° a 45°, condição geomorfológica que favorece a convergência de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais para o interior do maciço.

A análise técnica revelou que a instabilidade não pode ser explicada exclusivamente pelo evento pluviométrico de 2024. O fator condicionante determinante era preexistente: uma galeria de drenagem subterrânea de seção retangular 1,0×1,0 m, revestida em pedra argamassada, que apresentava falhas de integridade e descarregava seu fluxo de forma desordenada no corpo do talude. Com declividade de 0,701 m/m e vazão estimada em 1,705 m³/s, essa estrutura mantinha o pé da encosta em estado crônico de saturação, elevando as pressões neutras e reduzindo sistematicamente a resistência ao cisalhamento dos materiais de aterro. As chuvas de maio de 2024 atuaram, portanto, como agravante de uma condição de vulnerabilidade estrutural já instalada.

Reconhecida essa causalidade, a solução de engenharia adotada integrou contenção estrutural: cortina atirantada em concreto armado com estacas raiz e solo grampeado, a um sistema de drenagem concebido para eliminar definitivamente a fonte de saturação.

Este artigo foca na apresentação e justificativa técnica deste sistema de drenagem, cuja eficácia é condição necessária para a perenidade de toda a estabilização implantada.

2 OBJETIVOS

Este artigo tem por objetivo apresentar a concepção e o dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem executado como medida de estabilização ativa. Especificamente, busca-se: (i) caracterizar o contexto geotécnico e hidrológico que condiciona a instabilidade; (ii) detalhar a estratégia de interceptação e condução controlada da galeria preexistente; (iii) apresentar o dimensionamento dos dispositivos hidráulicos conforme o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006); e (iv) discutir a adequação do colchão Reno como estrutura de condução final em maciços sujeitos a deformações progressivas.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada compreendeu etapas integradas de levantamento, investigação, diagnóstico e dimensionamento. O mapeamento da área foi realizado por aerofotogrametria com perfilamento LiDAR via drone Matrice 300 RTK, gerando Modelos Digitais de Terreno com precisão Classe A, essenciais para a delimitação das bacias de contribuição, definição de cotas de projeto e traçado dos dispositivos em terreno de topografia complexa.

A investigação geotécnica consistiu na execução de sondagens mistas que conjugaram ensaios de penetração padrão (SPT), conforme NBR 6484:2020, em solo, e sondagem rotativa em rocha, para caracterização dos horizontes estratigráficos e obtenção de parâmetros de resistência. O diagnóstico da galeria preexistente foi realizado por inspeção técnica com verificação dimensional e avaliação das condições de integridade, complementada pelo cálculo da capacidade hidráulica pela equação de Hazen-Williams.

O dimensionamento hidráulico utilizou o Método Racional para determinação das vazões de projeto, com a equação de intensidade-duração-frequência de Fendrich (2003), calibrada para a estação INMET de Novo Hamburgo, período de retorno de 10 anos e tempo de concentração mínimo de 5 minutos, conforme

Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006). O dimensionamento dos dispositivos de condução foi realizado pela Equação de Manning associada à Equação da Continuidade.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E DIAGNÓSTICO DE INSTABILIDADE

4.1 Localização e contexto geomorfológico

O trecho estudado localiza-se nas proximidades de Novo Hamburgo, estado do Rio Grande do Sul. A área insere-se na unidade geomorfológica dos Patamares da Borda Oriental da Bacia do Paraná, caracterizada por relevo fortemente dissecado, com encostas abruptas e vales encaixados.

O ponto específico de instabilidade está posicionado em um talvegue natural, feição que favorece a convergência de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais provenientes de uma bacia de contribuição de 117.988 m². O talude à jusante da rodovia apresenta altura entre 30 e 40 metros e inclinação variável de 20° a 45°, configuração que implica elevada energia potencial disponível para mobilização de massas e escoamento.

O clima regional é classificado como Cfb (Köppen), com distribuição de chuvas ao longo de todo o ano e ausência de estação seca pronunciada, condições que favorecem a manutenção de elevados teores de umidade nos perfis de solo.

4.2 Evento deflagrador e precipitação regional

O mês de maio de 2024 representou um marco hidrológico para a região serrana do Rio Grande do Sul. A estação CEMADEN de Nova Petrópolis, localizada a aproximadamente 20 km da área de intervenção, registrou acumulado mensal de 621 mm, com pico diário de 110 mm em 02 de maio e eventos superiores a 60 mm/dia nos dias 1, 11 e 12 do mesmo mês. A estação de Novo Hamburgo, a cerca de 15 km, registrou acumulado próximo a 500 mm no mesmo período, com múltiplos eventos acima de 50 mm/dia. No trecho em estudo, o evento pluviométrico atuou sobre uma condição de saturação crônica já induzida pela galeria subsuperficial com falhas de integridade, configurando mecanismo combinado de ruptura no qual o papel das chuvas foi essencialmente o de agravante de uma vulnerabilidade preexistente.

4.3 Investigação Geotécnica e Parâmetros de Projeto

A campanha de investigação geotécnica, composta por duas sondagens mistas que conjugaram ensaios de penetração padrão (SPT) em solo e sondagem rotativa em rocha, permitiu caracterizar três horizontes estratigráficos no maciço. O horizonte superior é composto por aterro (AT) de silte argiloso com presença de areias, de consistência média a rija, com valores de N_{SPT} entre 3 e 26 e espessura variando entre 6 e 13 metros. Subjacente a este horizonte, ocorre rocha alterada (RA) de basalto amigdaloidal extremamente fraturado, impenetrável ao trépano, com espessura em torno de 3 metros, evoluindo em profundidade para rocha sã (RS). A seção geológica interpretada, com a geometria do talude e a superfície de ruptura estimada, é apresentada na Figura 4.1.

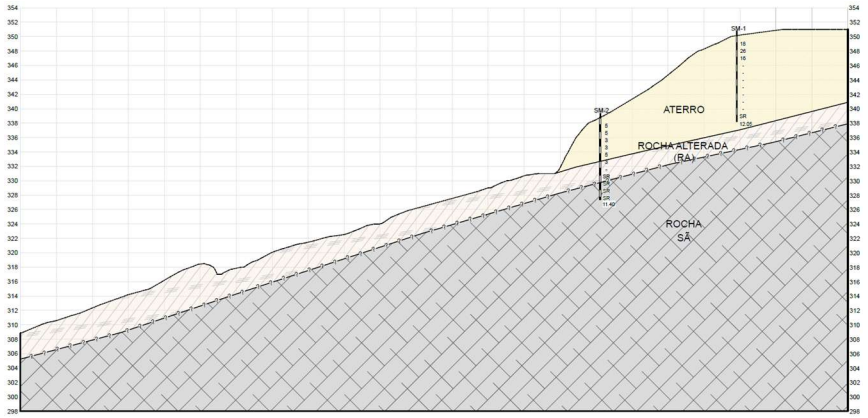


Figura 4.1. Seção geológica do talude estudado.

Os parâmetros de resistência adotados no dimensionamento foram obtidos por correlações com os ensaios de campo (Schnaid, 2000) e validados mediante retroanálise da ruptura ocorrida, conduzida até a obtenção de fator de segurança próximo da unidade (FS = 1,040) no software Slide 5.0 (Rocscience), pelo método de Morgenstern-Price. Os valores consolidados estão apresentados naTabela 4.1.

Tabela 4.1. Parâmetros de resistência de cada camada de solo considerada no estudo

DESCRIÇÃO DO SOLO	γ (kN/m³)	ϕ' (º)	c' (kN/m²)
Aterro (AT)	17	24	12
Rocha Alterada (RA)	18	26	17
Rocha Sã (Rocha Sã)	26	40	30

4.4 Diagnóstico da galeria preexistente

A inspeção técnica identificou a presença de uma galeria subterrânea de seção retangular 1,0×1,0 m, revestida em pedra argamassada, que cruzava o corpo do talude sem dispositivo de saída controlada. A aplicação da equação de Hazen-Williams, com coeficiente de rugosidade c = 50 para pedra argamassada e declividade de 0,701 m/m, resultou em vazão de 1,705 m³/s e velocidade de escoamento de 12,651 m/s. O lançamento desta vazão de forma desordenada no interior do talude constituía o principal mecanismo de elevação das pressões neutras na base do aterro, explicando a condição de instabilidade mesmo em períodos sem precipitações excepcionais. A interceptação desta galeria foi, portanto, a intervenção prioritária e insubstituível para a estabilização definitiva do talude.

5 SISTEMA DE DRENAGEM: CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO

5.1 Concepção geral

A solução de drenagem foi concebida como um sistema hierárquico de captação, condução e dissipação, estruturado em duas frentes complementares. A primeira trata dos fluxos superficiais gerados pela precipitação direta sobre a plataforma rodoviária, as bermas e os lances do talude retaludado, captados por sarjetas (SAR-01 e SAR-02) e valetas (CAN-01 a CAN-06) que convergem para caixas de passagem intermediárias. A segunda, e mais crítica do ponto de vista geotécnico, trata da interceptação da galeria subterrânea preexistente, cujo fluxo é capturado por uma caixa de passagem em concreto armado e redirecionado para fora do corpo do talude por meio de descidas d'água em degraus. Ambas as frentes confluem para um canal de colchão Reno de seção trapezoidal, que conduz a vazão total até uma bacia de amortecimento posicionada no pé do talude. Uma planta geral do sistema é apresentado na Figura 5.1.

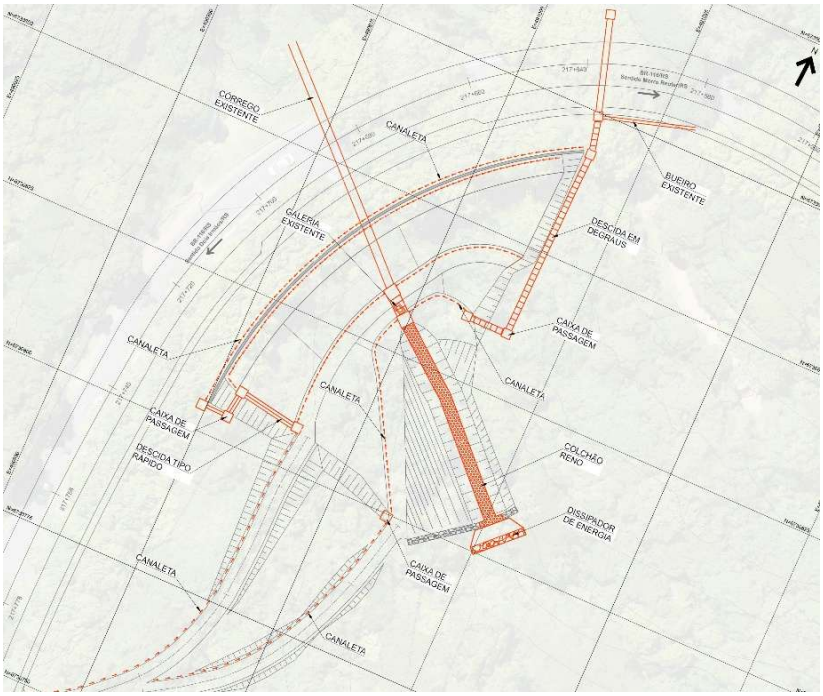


Figura 5.1 Planta geral do sistema de drenagem superficial e subsuperficial implantado no talude estudado.

5.2 Intensidades de chuva e vazões de projeto

Para a determinação das vazões de projeto foi utilizada a equação de intensidade-duração-frequência proposta por Fendrich (2003), calibrada com dados da estação INMET correspondente às coordenadas geográficas 29°40'40" S e 51°07'51" O (Novo Hamburgo/RS), com os seguintes parâmetros regionais: K = 4.732,80; m = 0,1560; t_0 = 31,80 e n = 1,0413.

$$i = \frac{K \times T_R^m}{(t + t_0)^n}$$

Adotando período de retorno T = 10 anos, conforme recomendação do item 3.3.3 do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006), e tempo de concentração mínimo t = 5 minutos para duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia, obtém-se:

$$i = \frac{4732{,}80 \times 10^{0{,}156}}{(5 + 31{,}80)^{1{,}0413}} = 158{,}71\ mm/h$$

As vazões de projeto foram calculadas pelo Método Racional, aplicável à bacia de contribuição de 117.988 m², inferior ao limite de 2 km² recomendado para o método:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360.000}$$

Os coeficientes de escoamento superficial adotados foram C = 0,90 para áreas pavimentadas, C = 0,70 para superfícies em taludes e C = 0,25 para áreas florestadas, conforme Tabela 39 do Manual DNIT (2006). A vazão de projeto para os dispositivos de grande porte, incorporando a contribuição da galeria interceptada, atingiu 1,834 m³/s no canal de colchão Reno.

5.3 Descidas d'água

A diferença de cota entre os dispositivos de captação e o canal de colchão Reno, da ordem de 20 metros no trecho mais crítico, exigiu o dimensionamento de cinco descidas d'água. As descidas AA, BB e CC, com vazões da ordem de 0,06 m³/s, foram dimensionadas como descidas rápidas do tipo DAR 60-30 (0,60×0,30 m), suficientes para as vazões provenientes das sarjetas e valetas superiores. As descidas DD e EE, responsáveis pela condução da vazão interceptada da galeria somada às contribuições das canaletas inferiores, totalizando aproximadamente 1,80 m³/s, foram dimensionadas como descidas em degraus do tipo DAD 200-40 (2,00×0,40 m). A escolha pela tipologia em degraus para os dispositivos de maior porte é tecnicamente justificada pela necessidade de dissipação progressiva da energia cinética ao longo da descida, reduzindo as velocidades de chegada ao canal receptor e minimizando o risco de erosão por impacto. O dimensionamento foi realizado pelo método do perfil de linha d'água, com cálculo por etapas da profundidade, velocidade e energia específica ao longo de cada trecho. Os resultados consolidados são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1Características hidráulicas das descidas d'água dimensionadas.

Descida	Tipo	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Q (m³/s)	B (m)	H (m)	Vf (m/s)
DESC-AA	DAR 60-30	347,2	345,5	0,0594	0,6	0,3	4,19
DESC-BB	DAR 60-30	345,0	341,2	0,0594	0,6	0,3	5,33
DESC-CC	DAR 60-30	341,0	336,3	0,0665	0,6	0,3	4,24
DESC-DD	DAD 200-40	335,0	328,1	1,7953	2,0	0,4	12,14
DESC-EE	DAD 200-40	328,0	327,0	1,8158	2,0	0,4	5,36

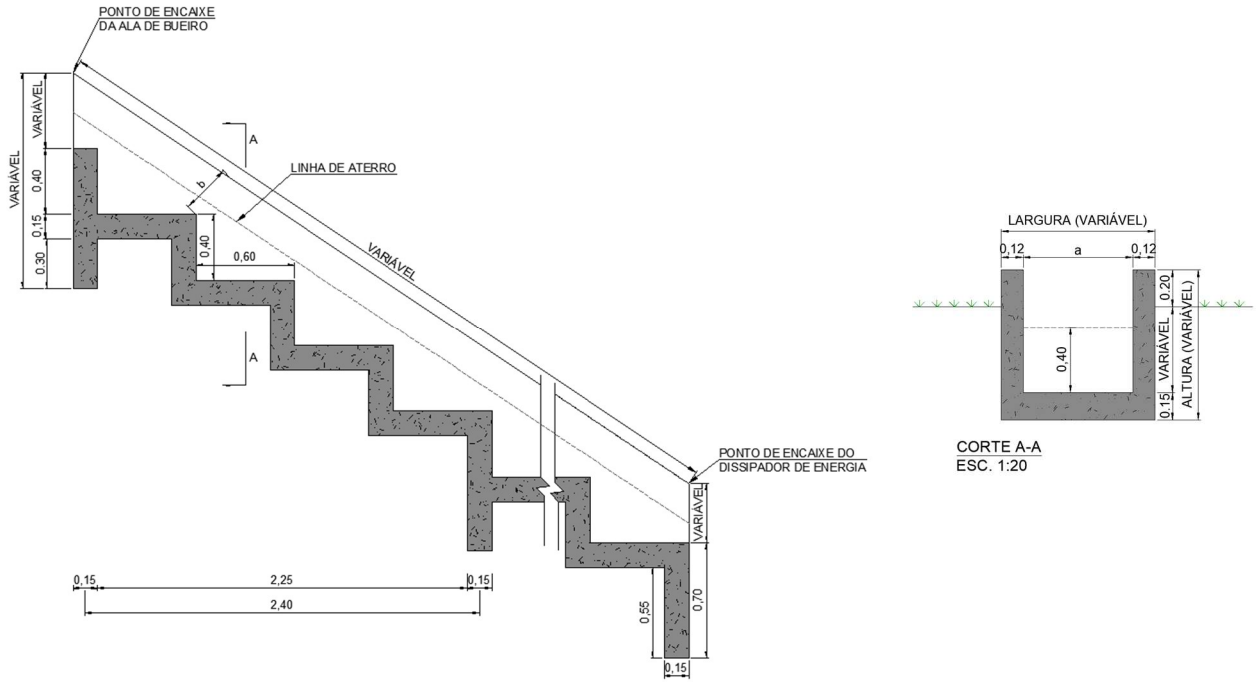


Figura 5.2 Desenho esquemático das descidas d'água DD e EE (tipo DAD 200-40) com perfil de linha d'água calculado.

5.4 Canal de colchão Reno e bacia de amortecimento

Ao final das descidas, o efluente é lançado em canal de colchão Reno de seção trapezoidal, com extensão de 35,94 metros, declividade de 0,288 m/m e revestimento interno em manta geotêxtil agulhada de poliéster. A escolha do colchão Reno como estrutura de condução final é fundamentada em três características técnicas decisivas para este contexto geotécnico específico. A flexibilidade intrínseca da estrutura permite acomodar deformações e recalques diferenciais do maciço subjacente sem perda de funcionalidade hidráulica, característica inviável em canais rígidos de concreto em taludes ainda em processo de acomodação. A manta geotêxtil atua como elemento filtrante na interface canal-solo, impedindo o carreamento de partículas finas por piping e preservando a integridade do maciço ao longo da vida útil da obra. A massa do colchão preenchido com pedras confere resistência à ação erosiva de velocidades elevadas sem necessidade de ancoragem adicional.

O dimensionamento hidráulico, realizado pela Equação de Manning com coeficiente de rugosidade n = 0,012 para manta geotêxtil, resultou em vazão de projeto de 1,834 m³/s, altura de lâmina d'água de 0,098 m e velocidade de escoamento de 9,024 m/s, dentro do limite máximo de 6,00 m/s estabelecido para o tipo de revestimento. A seção transversal do canal é apresentada na Figura 4. No extremo inferior do canal, a elevada energia cinética do escoamento (número de Froude $F_1 = 9,18$, caracterizando regime supercrítico com ressalto violento) exigiu a implantação de uma bacia de amortecimento do tipo DED 12 B, dimensionada pelo método do Bureau of Public Roads (BPR).

Os parâmetros de projeto e as dimensões resultantes estão consolidados na Tabela 3. A bacia reduz a velocidade de 9,024 m/s para 0,722 m/s na saída, com altura de lâmina passando de 0,098 m para 1,230 m após o ressalto hidráulico, protegendo efetivamente o pé do talude contra erosão de descarga e impedindo o desenvolvimento de processos erosivos regressivos que comprometeriam a base da contenção estrutural.

Tabela 5.2 Parâmetros hidráulicos do canal de colchão Reno e da bacia de amortecimento.

Dispositivo	Q (m³/s)	V_1 (m/s)	y_1 (m)	F_1	V_2 (m/s)	y_2 (m)	L (m)
Canal colchão Reno	1,834	9,024	0,098	9,18	0,722	1,23	6

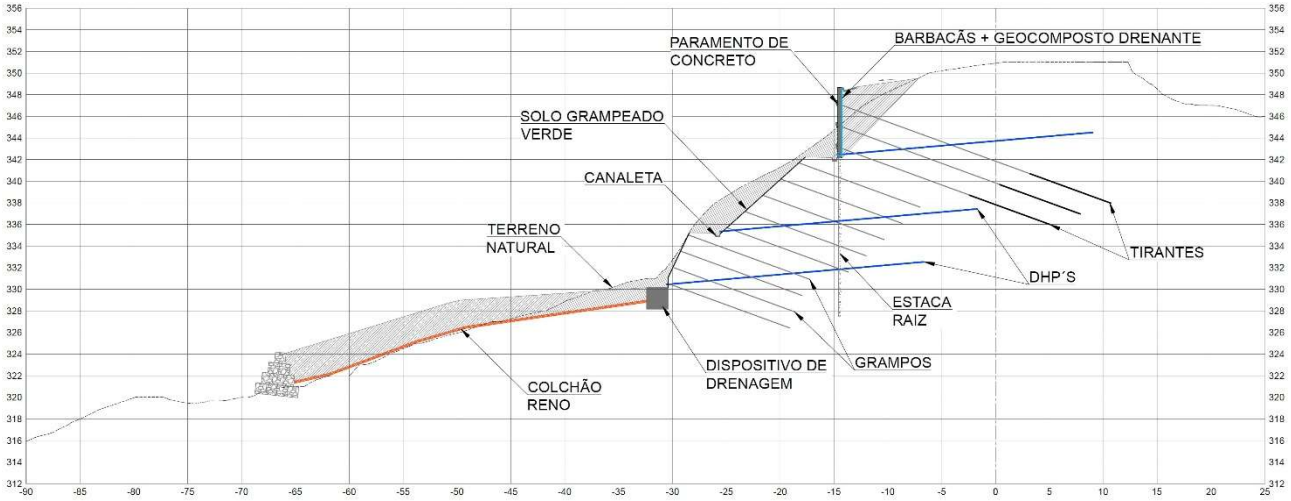


Figura 5.3 Seção transversal e perfil do canal de colchão Reno com detalhe da bacia de amortecimento tipo DED 12 B

6 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados permitem estabelecer uma relação causal entre o regime hídrico subsuperficial e a instabilidade do talude estudado. A galeria preexistente, com capacidade de conduzir 1,705 m³/s a velocidade de 12,651 m/s, representava uma fonte contínua de saturação no pé da encosta que nenhuma solução estrutural isolada seria capaz de neutralizar permanentemente. A retroanálise da ruptura, com FS = 1,040, confirma que o maciço operava próximo do equilíbrio limite mesmo antes dos eventos pluviométricos de maio de 2024, o que evidencia que a condição crítica não era eventual, mas crônica.

A decisão de adotar o colchão Reno como estrutura de condução final merece destaque do ponto de vista da engenharia de riscos. Em taludes que acabaram de sofrer ruptura rotacional profunda e estão em processo de acomodação pós-contenção, a adoção de canais rígidos de concreto implica risco considerável de fissuração por recalques diferenciais, com consequente perda de funcionalidade hidráulica precisamente no período em que o sistema é mais necessário. A flexibilidade do colchão Reno elimina esse risco, sendo esta uma vantagem que transcende o simples critério de resistência erosiva. A associação com a manta geotêxtil agulhada de poliéster agrega uma função adicional frequentemente subestimada em projetos de drenagem rodoviária: a proteção contra piping, mecanismo que pode deflagrar novos processos erosivos internos mesmo após a estabilização aparente do talude.

O número de Froude calculado para a entrada da bacia de amortecimento ($F_1 = 9{,}18$) merece atenção específica. Valores dessa magnitude, classificados pelo Bureau of Reclamation como associados a ressaltos violentos, resultam em forças de impacto significativas sobre o fundo e as paredes da bacia. O dimensionamento pelo método BPR, com comprimento de bacia de 6,00 metros e altura de parede de 0,80 metros, garante a contenção do ressalto e a dissipação da energia antes do lançamento no curso d'água natural, prevenindo erosão regressiva que poderia comprometer a base da cortina atirantada implantada a montante.

Cabe registrar uma limitação inerente ao dimensionamento adotado. O período de retorno de 10 anos, prescrito pelo Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (2006) para dispositivos de drenagem superficial em rodovias, é notoriamente conservador diante do cenário climático observado em maio de 2024, cujo acumulado mensal de 621 mm supera largamente qualquer estimativa razoável para esse período de retorno na região. A adoção desse critério normativo, portanto, deve ser acompanhada de manutenção periódica rigorosa dos dispositivos implantados, especialmente das caixas de passagem e da bacia de amortecimento, para garantir a funcionalidade do sistema diante de eventos que fujam ao espectro de projeto. Esta é uma limitação do estado da prática normativa brasileira que o presente caso ilustra com clareza e que merece reflexão pela comunidade geotécnica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O caso apresentado demonstra que a estabilização permanente de taludes rodoviários inseridos em talvegues com presença de estruturas hidráulicas subsuperficiais depende, de forma determinante, do controle do regime hídrico interno do maciço. A identificação da galeria preexistente como fator condicionante primário da instabilidade, e não as chuvas de 2024 em si, redirecionou a estratégia de intervenção para além das soluções estruturais convencionais e evidenciou que diagnósticos geotécnicos superficiais teriam resultado em obras de contenção insuficientes ou de vida útil comprometida.

O sistema de drenagem implantado, estruturado na sequência interceptação, condução em degraus, canal de colchão Reno e bacia de amortecimento, respondeu tecnicamente a cada uma das exigências impostas pelo contexto: vazões elevadas provenientes da galeria, desníveis significativos ao longo do talude, necessidade de flexibilidade estrutural do canal em maciço recém-estabilizado e proteção do pé do talude contra erosão de descarga com número de Froude supercrítico. A solução estrutural de contenção implantada em paralelo, composta por cortina atirantada com estacas raiz e solo grampeado, atingiu fator de segurança global de 1,587 pelo método de Morgenstern-Price, atendendo ao mínimo de 1,5 exigido pela NBR 11682:2009 para rodovias de tráfego intenso. Ressalta-se, contudo, que esse resultado só é sustentável no longo prazo enquanto o sistema de drenagem mantiver sua funcionalidade plena.

Por fim, o uso de levantamento LiDAR com drone Matrice 300 RTK mostrou-se indispensável para a precisão geométrica das bacias de contribuição e das cotas de projeto em terreno de topografia complexa, contribuindo diretamente para a confiabilidade dos cálculos hidráulicos. A integração entre tecnologias de mapeamento de alta precisão, investigação geotécnica clássica e dimensionamento hidráulico criterioso constitui, no entendimento dos autores, o caminho metodológico mais robusto para o enfrentamento dos desafios crescentes impostos pela intensificação dos eventos climáticos extremos sobre a infraestrutura rodoviária brasileira.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT/RS) pela autorização para publicação dos dados utilizados neste trabalho, e às equipes da FG Fundações e Geotecnica e da Moretti Engenharia Consultiva pela execução e suporte técnico às obras descritas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484: Solo — sondagens de simples reconhecimento com SPT — método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de drenagem de rodovias. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publicação, 724).

CEMADEN — Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Dados de precipitação acumulada — maio de 2024. Disponível em: www.cemaden.gov.br. Acesso em: 2025.

FENDRICH, R. Chuvas intensas e drenagem urbana. Curitiba: Ed. do Autor, 2003.

SCHNAID, F. Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.