



Projetos Básicos Emergenciais de Estabilização da Curva da Miséria – Juiz de Fora, MG

Projeto Básico

GPHI-PJ194-MC-415-03-001-R0

Setembro. 2026

Projetos Básicos Emergenciais de
Estabilização da Curva da Miséria
Juiz de Fora, MG

GPHI-PJ194-MC-415-03-001-R0



ÍNDICE

RESUMO.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 LOCALIZAÇÃO DA CURVA DA MISÉRIA.....	3
3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA.....	5
3.1 Caracterização Geológico-Geomorfológica	5
3.2 Caracterização Hidrológica.....	7
4 MOVIMENTOS DE MASSA NA CURVA DA MISÉRIA	11
4.1 Características dos Movimentos de Massa.....	11
4.2 Resumo dos Problemas.....	20
4.3 Soluções Propostas.....	20
5 PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO.....	21
5.1 Premissas e Condições de Projeto	21
5.2 Análises de Estabilidade.....	23
5.2.1 Análises na Condição Natural de Ruptura	25
5.2.1 Análises na Condição Natural.....	27
5.2.2 Análises na Condição Estabilizada	29
5.3 Resumo da Intervenção Geotécnica.....	34
6 PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL	36
6.1 Dimensionamento da Drenagem Superficial	36
6.2 Precipitação e Vazão	37
6.3 Dimensionamento das Canaletas	38
6.4 Dimensionamento da Escada Hidráulica	40
7 PROJETO DE DRENAGEM PROFUNDA.....	43
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
9 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	45
ANEXOS.....	47
ANEXO 1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS – MACMAT HS 100 8127R8C8.....	48
ANEXO 2 MÉTODO EXECUTIVO DO CHUMBADOR – INJEÇÃO DE CIMENTO.....	51

RESUMO

A encosta da Curva da Miséria sofreu 2 deslizamentos translacionais rasos e longos correspondentes à ruptura da camada de solo residual maduro sobre camada de solo residual jovem/saprólito, movimentando elevado volume de material de colapso e a destruição completa de 1 moradia, deflagrados pelas chuvas extremas de fevereiro de 2026. A encosta é composta de solo residual jovem com estruturas reliquias, destacando-se dobras e planos de foliação, além de blocos rochosos na base. Além da susceptibilidade à ruptura, apresenta também elevado potencial erosivo promovido pelo lançamento direto de águas servidas na encosta. As análises de estabilidade na condição natural das seções críticas indicaram a necessidade de reforço do talude, realizada com a técnica de solo grampeado com face verde em função da tela metálica que permite o crescimento de vegetação, resultando em fatores de segurança variando de 1,5 a 1,8 para as seções críticas analisadas. As intervenções técnicas a serem realizadas são: 1. Execução de solo grampeado verde com grampos com barra de aço com carga de trabalho de 200kN em diâmetro de furo nominal de 100,0mm, inclinados de 15° com a horizontal e com comprimentos iguais 12,0m e espaçamentos horizontal e vertical iguais a 2,0m, conforme especificações de projeto; 2. Instalação de revestimento em tela metálica de alta resistência MACMAT HS 100; 3. Implantação de sistema de drenagem superficial composto por 2 canaletas trapezoidais de coroamento com 0,30cm de base e 0,30cm de altura em taludes 1V:1H e 2 escadas hidráulicas com deságue no sistema de drenagem pluvial da Av. Olavo Bilac; e 4. Implantação de sistema de drenagem profunda com drenos horizontais profundos DHPs, executados em furos de 75,0mm, inclinados de 5° com a horizontal, instalados em única linha na base do talude com espaçamento horizontal de 10,0m e comprimento de 25,0m, conforme especificações de projeto. Recomenda-se a completa execução das obras, conforme os projetos e detalhamentos apresentados nos desenhos para a garantia das condições de estabilidade da encosta da Curva da Miséria.

Rio de Janeiro, 28 de Setembro de 2026



Anna Laura L. S. Nunes
PhD Engenharia Civil e Minas
CREA 198510211



Marcelo Gomes Rios Filho
M.Sc. Engenharia Geotécnica
CREA 2007136558

1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta os projetos básicos para estabilização da encosta na Curva da Miséria, localizada na Avenida Olavo Bilac, Bairro Cerâmica, Município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A encosta sofreu 2 deslizamentos translacionais rasos e extensos, os quais foram deflagrados com as fortes chuvas de 23/24 de fevereiro, totalizando cerca de 200mm em 10 horas.

Os Projetos Básicos Emergenciais de estabilização da encosta da Curva da Miséria foram desenvolvidos considerando:

- i. Inspeções técnicas das áreas realizadas em 25 de março e 29 de abril pela GEOPHI Engenharia;
- ii. Registros fotográficos aéreos (VANT) e de detalhe (Canon profissional);
- iii. Avaliação geotécnica das encostas e infraestruturas dos entornos;
- iv. Levantamento topográfico disponibilizado pela Secretaria de Obras JF.

2 LOCALIZAÇÃO DA CURVA DA MISÉRIA

A encosta da Curva da Miséria se localiza na Avenida Olavo Bilac no Bairro Cerâmica, Município de Juiz de Fora, Estado de Minas Gerais, distante 266 Km pela Rodovia BR-040 da Capital Belo horizonte. As Figuras 1 a 3 mostram a área em imagens de satélite.



Figura 1. Imagem de satélite da localização da Curva da Miséria em Juiz de Fora, a cerca de 266 km de Belo Horizonte (Google Earth).

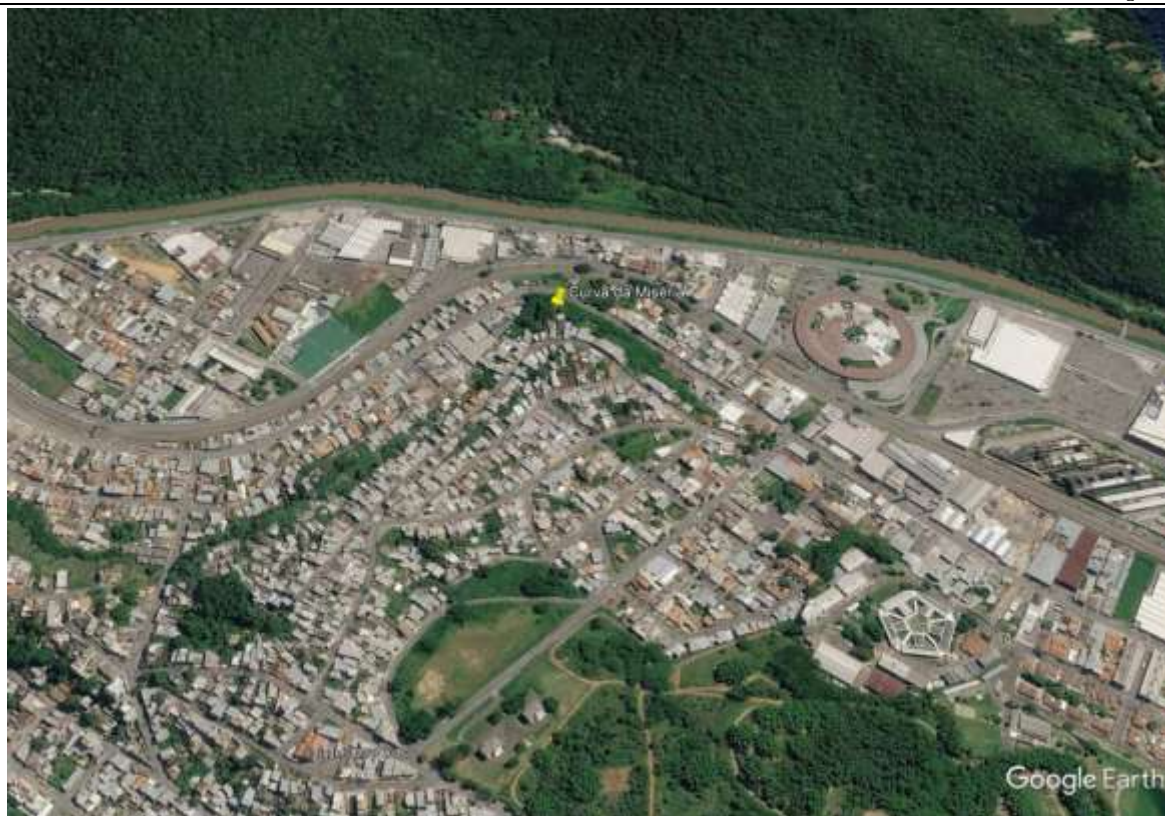


Figura 2. Imagem de satélite da Curva da Miséria no Bairro Cerâmica em Juiz de Fora (Google Earth).



Figura 3. Detalhe da imagem de satélite da Curva da Miséria no Bairro Cerâmica em Juiz de Fora (Google Earth).

3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A encosta da Curva da Miséria se localiza na Avenida Olavo Bilac, no Bairro Cerâmica, região norte de Juiz de Fora e constitui importante via de mobilidade da cidade com muitos estabelecimentos comerciais.

3.1 Caracterização Geológico-Geomorfológica

O município de Juiz de Fora está inserido no segmento setentrional da Faixa Ribeira, com rochas paleoproterozóicas do Complexo Mantiqueira, do Complexo Juiz de Fora e Complexo da Piedade, conforme indicado no mapa geológico do estado de Minas Gerais da Figura 4. A região é constituída por ortogneisse charno-enderbítico (PP2jfc) e tonalito (PP2jft) com intercalações de granulito básico e ortogneisse (PP2pi), podendo ocorrer intercalações de intracrustais e de ortogneisse do embasamento mesoarqueano.

A área da Curva da Miséria apresenta litologia dominante do Complexo Piedade, constituída por anfíbolito, hornblenda-biotita gnaisse (Figura 5).

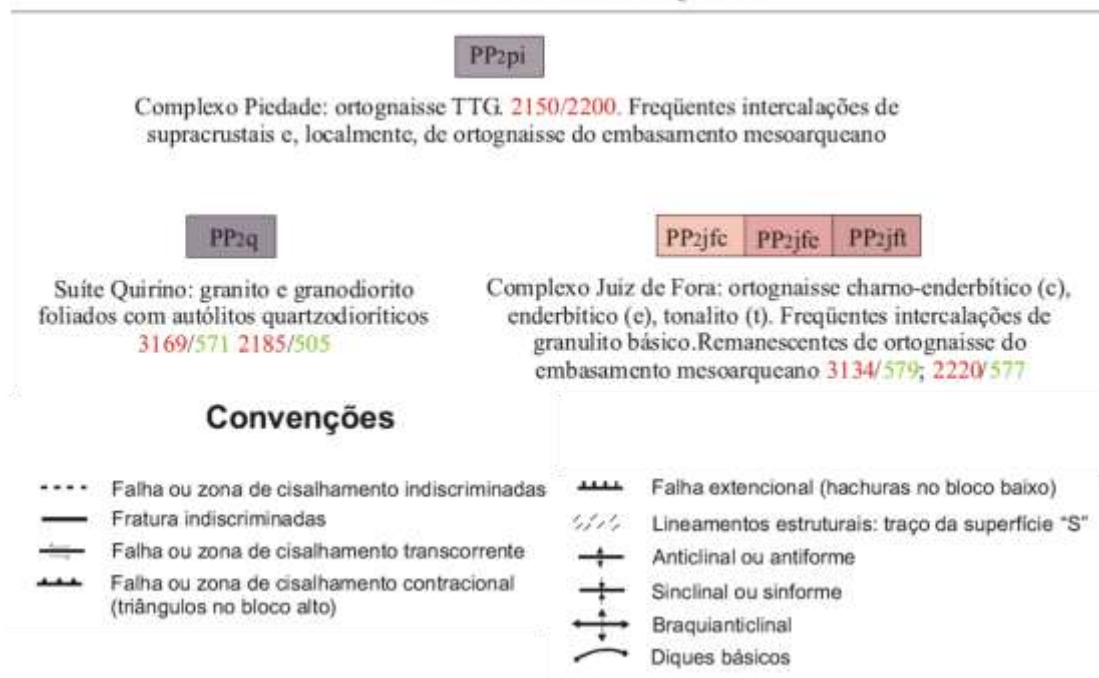
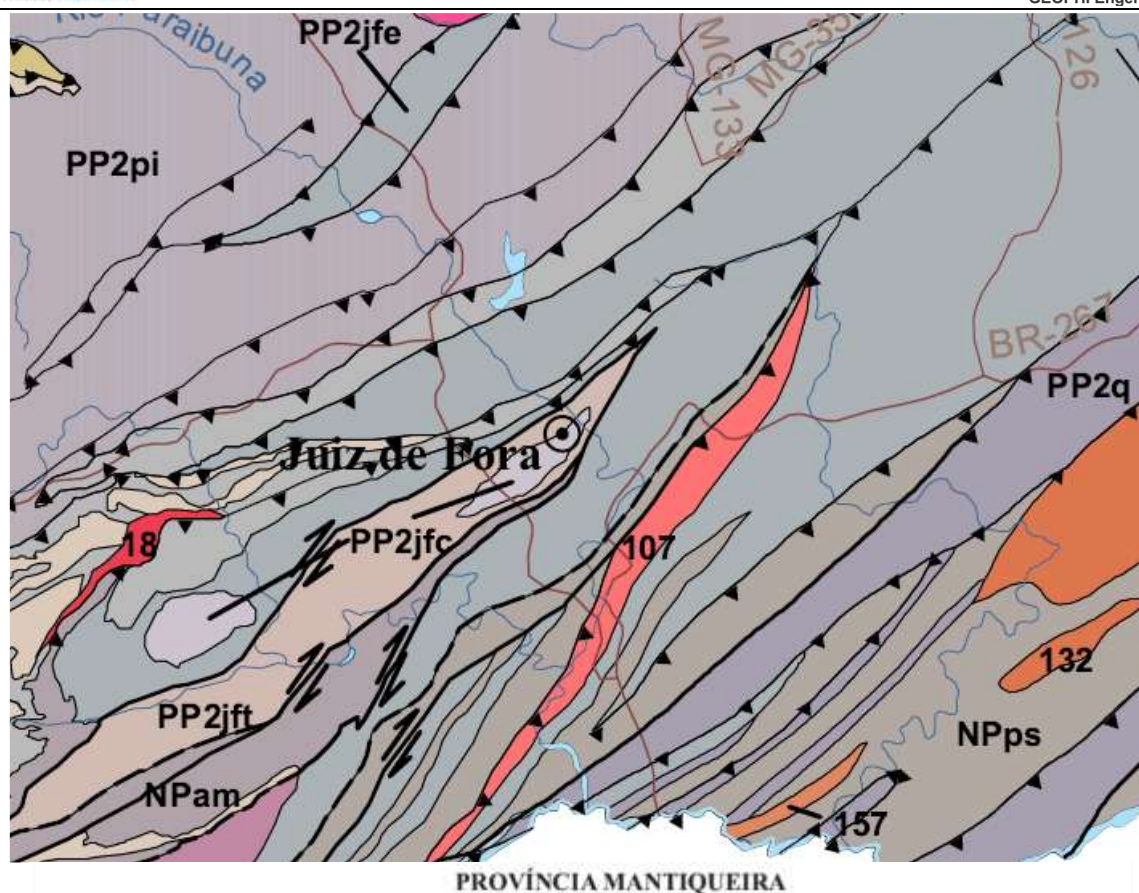


Figura 4. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais com destaque para Juiz de Fora (CPRM, 2003).

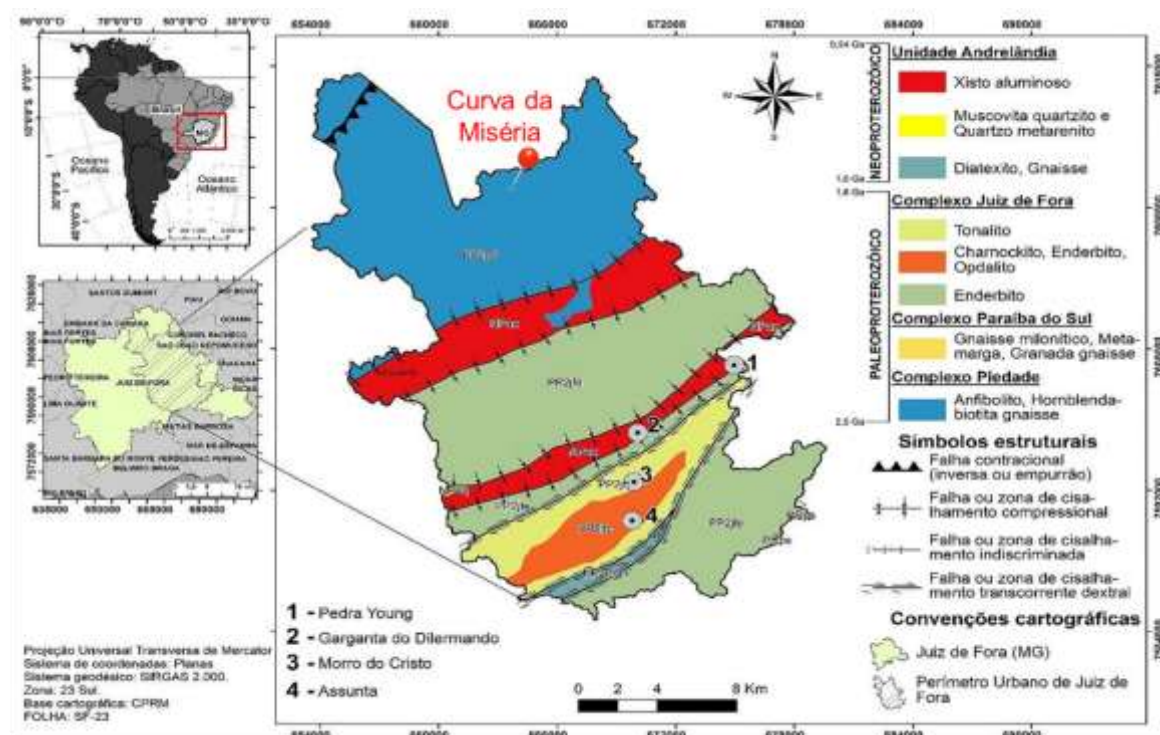


Figura 5. Mapa geológico do perímetro urbano de Juiz de Fora Estado de Minas Gerais com destaque da área da Curva da Miséria (Adapt. Moraes et al, 2022).

3.2 Caracterização Hidrológica

A caracterização hidrológica da área da Curva da Miséria se resume às precipitações locais, estimadas com o auxílio do programa numérico PLUVIO 2.1 (2005) do GPRH da UFV.

O Programa PLUVIO foi desenvolvido para minimizar as dificuldades existentes para a obtenção das equações de chuvas intensas, visto que esta determinação tem limitações referentes aos dados disponíveis, seja em termos de densidade da rede pluviográfica, seja em relação ao pequeno período de observação disponível.

Em adição, vale lembrar os eventos de chuvas extremas ocorridas nos últimos anos no Brasil, tais como Santa Catarina em 2008, Angra dos Reis em 2010, Serra Fluminense do RJ em janeiro de 2011, Itaoca (SP) em 2014, Angra dos Reis (RJ) novamente em abril de 2021, Petrópolis (RJ) em fevereiro de 2022, São Sebastião (SP) em fevereiro de 2023 e Serra das Antas (RS) e Porto Alegre (RS) em maio de 2024 e atualmente Juiz de Fora.

Diante desta realidade, torna-se muito difícil o entendimento de que séries históricas de chuvas consigam representar as atuais e futuras condições de precipitação. Por esta razão, a GEOPHI tem adotado método de determinação de contribuição de chuvas mais conservador com resultados sempre superiores aos outros métodos existentes, representado pelo programa PLUVIO associado ao Método Racional.

O software PLUVIO 2.0 (www.ufv.br/dea/gprh/pluvio) possibilita a obtenção da equação de chuvas intensas para qualquer localidade dos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins. Para os demais estados, o programa permite a sua obtenção para as localidades onde já existem as equações de chuvas.

O programa adota a equação da intensidade de precipitação dada por:

$$i = \frac{[k \cdot (TR)^a]}{(t_d + b)^c}$$

Onde:

i: Intensidade de precipitação (mm/h);

TR: Tempo de recorrência (anos);

t_d: Duração da precipitação (minutos);

k, a, b e c: Constantes específicas de cada posto pluviométrico.

A definição da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação depende exclusivamente dos 4 parâmetros k, a, b e c, os quais já foram determinados para diversas localidades brasileiras, o que permite o desenvolvimento de metodologia para a obtenção dos 15 tipos de equações de chuvas intensas em locais em que a equação não é conhecida.

A metodologia é fundamentada no uso de interpolador que determina cada um dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação a partir das informações disponíveis para o Estado.

Desta forma, é possível quantificar os parâmetros da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para qualquer localidade desses Estados e, conseqüentemente, obter a própria equação de chuvas intensas para um local específico.

A determinação da intensidade-duração-frequência da precipitação para a Área da Curva da Miséria foi realizada pelo PLUVIO considerando:

- i. Dados pluviométricos das estações do Estado de Minas Gerais localizadas próximas e em Juiz de Fora;
- ii. Tempo de recorrência igual a 100 anos para o cálculo das vazões de projeto, conforme recomendado pela ABNT para dimensionamento do sistema de drenagem definitivo de estruturas principais, tais como canaletas de drenagem, descidas em escada e canais periféricos;
- iii. Duração da precipitação considerada igual ao tempo de concentração inicial, adotado igual a 10 minutos devido à extensão da área e do sistema de drenagem superficial.

A Figura 6 apresenta os resultados do PLUVIO com a localização e os dados de pluviometria interpolados para as coordenadas de Juiz de Fora.

Desta forma, tem-se que a intensidade de precipitação é:

$$i = [k \cdot (T_R)^a] / (t_d + b)^c = [1035,654 \cdot (100)^{0,19}] / (10 + 11.657)^{0,771}$$

$$i = 225,595 \text{ mm/h}$$



Plúvio 2.1

Copyright (2005) © GPRH



RELATÓRIO

Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Não definida **Estado:** Minas Gerais

Latitude: 21°45'51"

Longitude: 43°21'01"

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 3000,000

a: 0,173

b: 23,965

c: 0,960

MAPA DE LOCALIZAÇÃO:

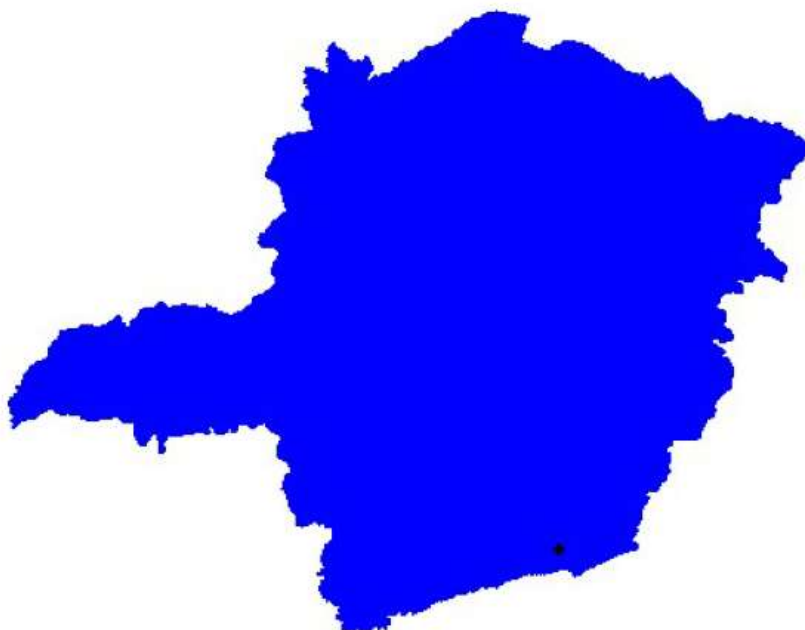


Figura 6. Determinação das constantes de intensidade de precipitação para Juiz de Fora com programa PLUVIO.

4 MOVIMENTOS DE MASSA NA CURVA DA MISÉRIA

A encosta da Curva da Miséria na região norte de Juiz de Fora foi cenário de ocorrência de 2 deslizamentos translacionais massa de grandes proporções, cujas cicatrizes se estendem ao longo da altura do talude. Os movimentos mobilizaram elevado volume de material natural e destruíram algumas residências localizadas na crista do talude.

Os movimentos de massa do Morro do Cristo foram deflagrados por chuvas prolongadas anteriores às chuvas torrenciais dos dias 23 e 24 de fevereiro, totalizando cerca de 229,9mm apenas entre os dias 22 e 24, com acumulado de chuva na cidade de 579,3mm, volume 240% acima da média climatológica de fevereiro que é de 170,3 mm em Juiz de Fora (INMET, Publicado em 24/02/2026 15h14).

4.1 Características dos Movimentos de Massa

A inspeção da área da Curva da Miséria e os registros fotográficos tomados logo após as ocorrências possibilitam destacar 2 deslizamentos translacionais rasos de grande extensão, desde a crista até a base da encosta na Avenida Olavo Bilac (Figuras 7 a 9).

A cicatriz na lateral direita hidráulica da encosta se inicia em ruptura circular localizada na crista (provavelmente em aterro) e se desenvolve por deslizamento translacional da camada de solo sobreposta ao topo rochoso até a base da encosta. Esta ruptura provocou a destruição total de uma moradia localizada na crista (Figuras 10 a 12). A cicatriz expõe solo residual jovem com estruturas reliquias da rocha mãe metamórfica, inclusive dobras e planos de foliação (Figuras 13 e 14).

As Figuras 15 a 20 apresentam as características da cicatriz na lateral esquerda hidráulica da encosta. A ruptura se desenvolve por deslizamento translacional da camada de solo sobreposta ao topo rochoso até a base da encosta. A cicatriz também expõe solo residual jovem com estruturas reliquias dos planos de foliação da rocha mãe metamórfica. Observa-se diversas tubulações de águas servidas com lançamento direto na encosta, inclusive formando sulcos de erosão superficial com chegada na avenida.

Os 2 deslizamentos translacionais da encosta da Curva da Miséria apresentam características comuns representadas pela ruptura da camada superficial de solo sotoposta a camada rochosa. Ainda é possível observar uma pequena cicatriz de ruptura similar vizinha ao deslizamento na lateral direita hidráulica com exposição de blocos de rocha na base (Figuras 21 e 22).



Figura 7. Vista aérea geral das rupturas na Curva da Miséria.



Figura 8. Vista área frontal das rupturas na Curva da Miséria.



Figura 9. Cicatrizes dos 2 deslizamentos translacionais rasos de grande extensão.



Figura 10. Cicatriz do deslizamento translacional na lateral direita hidráulica com destruição da moradia na crista.



Figura 11. Detalhe da crista da cicatriz da lateral direita hidráulica com início em ruptura circular seguido por deslizamento translacional do solo residual.



Figura 12. Detalhe da cicatriz do deslizamento translacional raso e extenso da lateral direita hidráulica.



Figura 13. Exposição de solo residual jovem com estruturas reliquias da rocha matriz metamórfica na base da cicatriz da lateral direita hidráulica.



Figura 14. Detalhe da dobra reliquiar da rocha matriz metamórfica na base da cicatriz da lateral direita hidráulica.



Figura 15. Cicatriz do deslizamento translacional iniciado a jusante da moradia na lateral esquerda hidráulica.



Figura 16. Crista da cicatriz do deslizamento translacional na lateral esquerda hidráulica com exposição das tubulações de águas servidas diretamente na encosta.



Figura 17. Detalhe da crista da cicatriz do deslizamento da lateral esquerda hidráulica com as tubulações de esgoto na encosta.



Figura 18. Detalhe da cicatriz do deslizamento translacional raso e extenso da lateral esquerda hidráulica com estruturas reliquias de foliação da rocha matriz gnáissica.



Figura 19. Detalhe das estruturas reliquias de foliação da rocha matriz gnáissica na base da cicatriz do deslizamento translacional raso e extenso da lateral esquerda hidráulica.



Figura 20. Lançamento de esgoto diretamente na encosta promovendo erosões e atingindo a avenida (água esverdeada na calçada).



Figura 21. Cicatriz de ruptura de pequenas dimensões vizinha a cicatriz da lateral direita hidráulica com exposição de blocos rochosos.



Figura 22. Blocos rochosos expostos na cicatriz de ruptura de pequenas dimensões.

4.2 Resumo dos Problemas

A inspeção e análise da encosta da Curva da Miséria permite identificar que os principais problemas são:

- i. Deslizamentos translacionais rasos e longos ocorridos em fevereiro de 2026;
- ii. Deslizamentos translacionais potenciais das camadas de solo remanescentes nos setores já estabilizados em fevereiro de 2026;
- iii. Ausência de sistema de esgoto com lançamento de águas servidas diretamente na encosta;
- iv. Ausência de sistema de drenagem superficial para ordenamento das águas de chuvas.

4.3 Soluções Propostas

Considerando as características das rupturas ocorridas e das rupturas potenciais, material dominante da encosta da Curva da Miséria, além das infraestruturas existentes na área, as intervenções geotécnicas mais adequadas são:

- i. Instalação de sistema de estabilização com tela metálica de alta resistência e grampos sistemáticos em toda área instável da encosta;
- ii. Implantação de sistema de drenagem superficial;
- iii. Ordenação do sistema de águas servidas para eliminar o lançamento direto na encosta.

5 PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO

5.1 Premissas e Condições de Projeto

As análises de estabilidade do talude foram desenvolvidas com o objetivo de verificar as condições críticas e a eficiência da técnica

O projeto básico para as obras emergenciais de estabilização foi desenvolvido para a área instável da encosta da Curva da Miséria e considera as seguintes premissas e condições:

- i. Permanência de todas as moradias na situação atual;
- ii. Aproveitamento do sistema de drenagem de águas pluviais já existente na área;
- iii. Seleção de intervenções de engenharia de estabilização reconhecidas pela rapidez e facilidade de execução para desinterdição da área no menor período de tempo possível.

O projeto básico de estabilização foi elaborado a partir da identificação dos problemas atuais e potenciais na encosta da Curva da Miséria, já apresentados no Item 4, correspondentes a:

- i. Deslizamentos translacionais ocorridos em fevereiro de 2026;
- ii. Deslizamentos translacionais das camadas de solo remanescentes nos setores já instabilizados em fevereiro de 2026.

A intervenção geotécnica mais adequada consiste na estabilização com a técnica de revestimento com tela metálica de alta resistência e grampos sistemáticos em toda área instável da encosta, obedecendo às diretrizes da ABNT.

O projeto foi elaborado observando o Escopo Básico EB-112: Projetos Executivos de Engenharia para Estabilização dos Taludes de Rodovias das Diretrizes Básicas para Elaboração dos Estudos e Projetos Rodoviários – Edição 2005 e atendendo às normativas nacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT.

A verificação da segurança foi realizada conforme as disposições regulamentares da NBR11682:2009, que recomenda fator de segurança mínimo aceitável para um talude calculado em função do impacto da ruptura nas vidas humanas e bens materiais/ambientais. As Tabelas 1 a 3 apresentam os níveis de segurança desejados conforme a normativa brasileira de taludes.

Foi considerada a importância da área e níveis de segurança associados à perda de vidas humanas e danos materiais/ambientais e, desta forma, o nível foi classificado alto e o fator de segurança mínimo adotado igual a 1,5.

Tabela 1. Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas (NBR11682:2009).

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Tabela 2. Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais (NBR11682:2009).

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Tabela 3. Nível Fatores de segurança mínimos para deslizamentos (NBR11682:2009).

Nível de segurança contra danos a vidas humanas
GPHI-PJ194-MC-415-03-001-R0 ESTABILIZAÇÃO – CURVA DA MISÉRIA 22/53

Nível de danos materiais e ambientais	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Nota 1: No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança devem ser majorados em 10%.

Nota 2: No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

Nota 3: Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

5.2 Análises de Estabilidade

As análises de estabilidade do talude foram desenvolvidas com o objetivo de verificar as condições críticas e a eficiência da técnica de revestimento metálico com grampos sistemáticos como intervenção de estabilização. As análises foram realizadas pelo Método de Equilíbrio Limite, utilizando o Método de Spencer, por meio do programa numérico Slope/W do pacote GeoStudio 2007. A metodologia de definição de superfícies admite limites para entrada e saída das superfícies no terreno, a partir das quais forma 10.000 superfícies de cálculo. Foi considerada a sobrecarga de utilização de 20kPa, conforme preconizado pela NBR11682:2009.

Tendo em vista a otimização do projeto e considerando a variabilidade de altura do talude na Curva da Miséria, foram analisadas 7 seções e adotadas 3 seções críticas representativas, Seção S 2-2, S 4-4 e S 6-6, apresentadas na Figura 23.

Estudadas as seções 2, 4 e 6



Figura 23. Locação das 7 seções transversais na encosta da Curva da Miséria.

As análises consideram 3 condições:

- i. **Condição Natural de ruptura (retro-análise)**, representada pelo talude com a ruptura para interpretação dos parâmetros de resistência do solo para fator de segurança menor ou igual a 1,0;
- ii. **Condição Natural**, representada pelo talude sem qualquer intervenção com os parâmetros de resistência determinados na condição de ruptura;
- iii. **Condição Estabilizada**, representada pelas obras de contenção a serem executadas em condição drenada.

5.2.1 Análises na Condição Natural de Ruptura

As análises de estabilidade do talude na condição natural de ruptura foram realizadas para a determinação dos parâmetros de resistência das camadas de solo e da superfície de ruptura observada em campo.

As Figuras 24 a 26 apresentam os resultados das retro-análises de estabilidade global por equilíbrio limite na condição de ruptura do terreno natural para as seções transversais críticas, Seção S 2-2, Seção S 4-4 e Seção S 6-6 com fator de segurança menor ou igual 1,0.

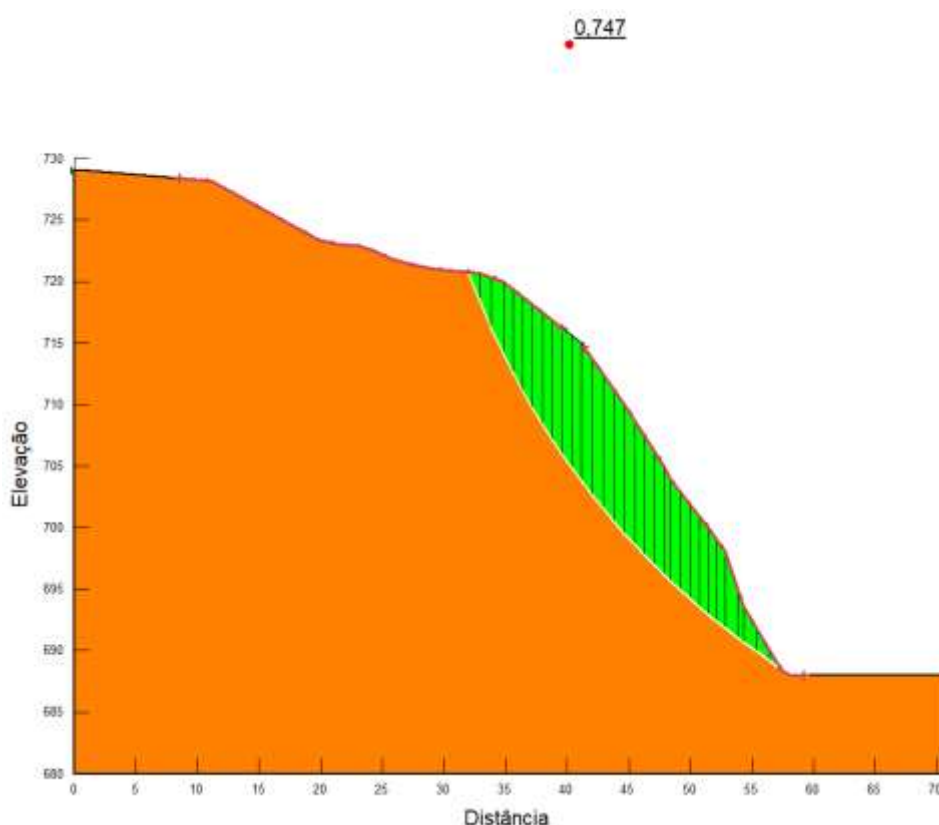


Figura 24. Análise de estabilidade da Seção S 2-2 na condição natural de ruptura $FS \leq 1,0$ – $FS = 0,747$ com $c = 25\text{kPa}$ e $\phi = 35^\circ$.

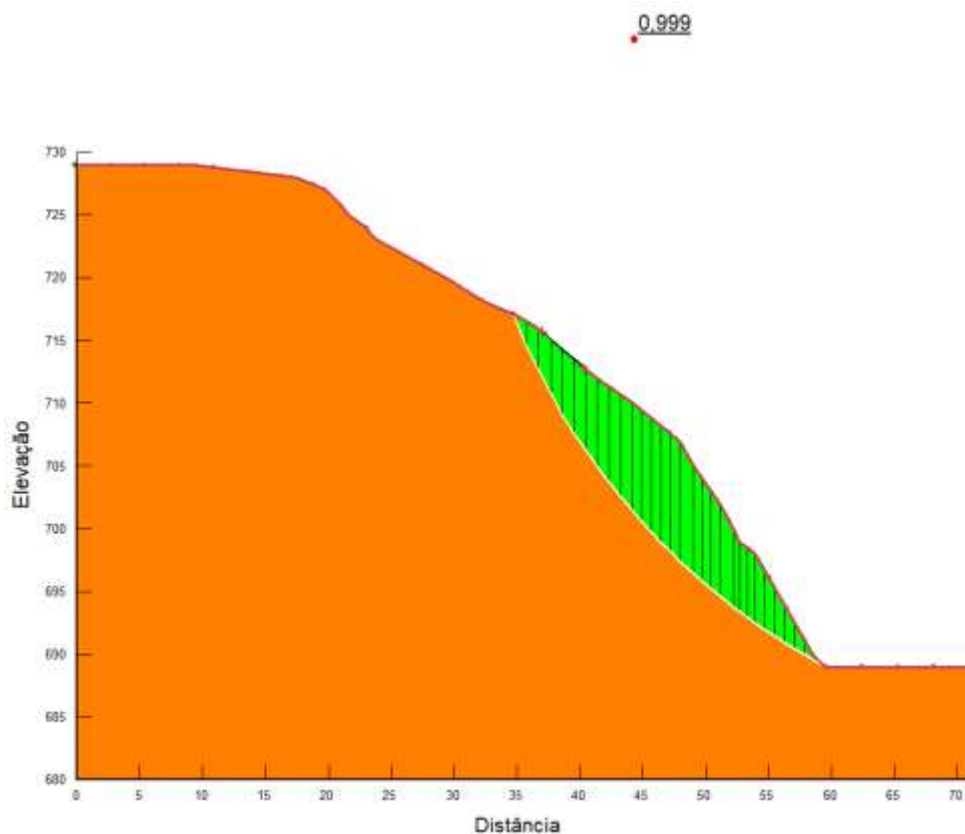


Figura 25. Análise de estabilidade da Seção S 4-4 na condição natural de ruptura $FS \leq 1,0$ – $FS = 0,999$ com $c = 15\text{kPa}$ e $\phi = 35^\circ$.

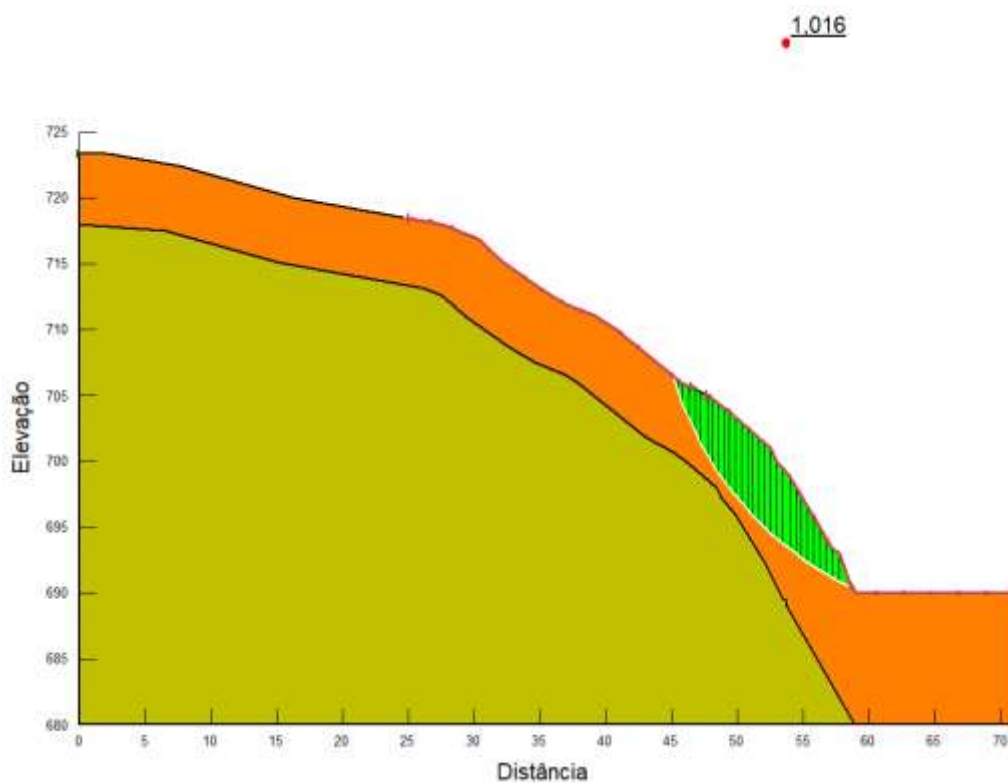


Figura 26. Análise de estabilidade da Seção S 6-6 na condição natural de ruptura $FS \leq 1,0$ – $FS = 1,016$ com $c = 15\text{kPa}$ e $\phi = 30^\circ$.

As retro-análises de ruptura indicam que os parâmetros de resistência variam de 15kPa a 25kPa para a coesão e de 30° a 35° para o ângulo de atrito, sendo adotados coesão igual a 15kPa e ângulo de atrito igual a 30° para o solo residual maduro.

A Tabela 4 resume os parâmetros adotados para as análises de estabilidade na condição natural sem e com medida de estabilização.

Tabela 4. Parâmetros geotécnicos dos materiais para as análises de estabilidade.

Material	Parâmetros			
	Peso Específico (kN/m ³)	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)	
Solo Residual Maduro	18,0	15	30	
Solo Residual Jovem	19,0	30	40	

5.2.1 Análises na Condição Natural

As análises de estabilidade do talude na condição natural foram realizadas com os parâmetros de resistência das camadas de solo determinados pela retro-análises de ruptura.

As Figuras 27 a 29 apresentam os resultados das análises de estabilidade global por equilíbrio limite na condição drenada do terreno natural. Os Fatores de Segurança obtidos para as seções S 2-2, S 4-4 e S 6-6 são iguais a 1,07, 1,00 e 1,02, respectivamente, confirmando que na condição crítica de menores valores de coesão e ângulo de atrito da camada de solo, o fator de segurança é próximo da ruptura e exige intervenção de estabilização.

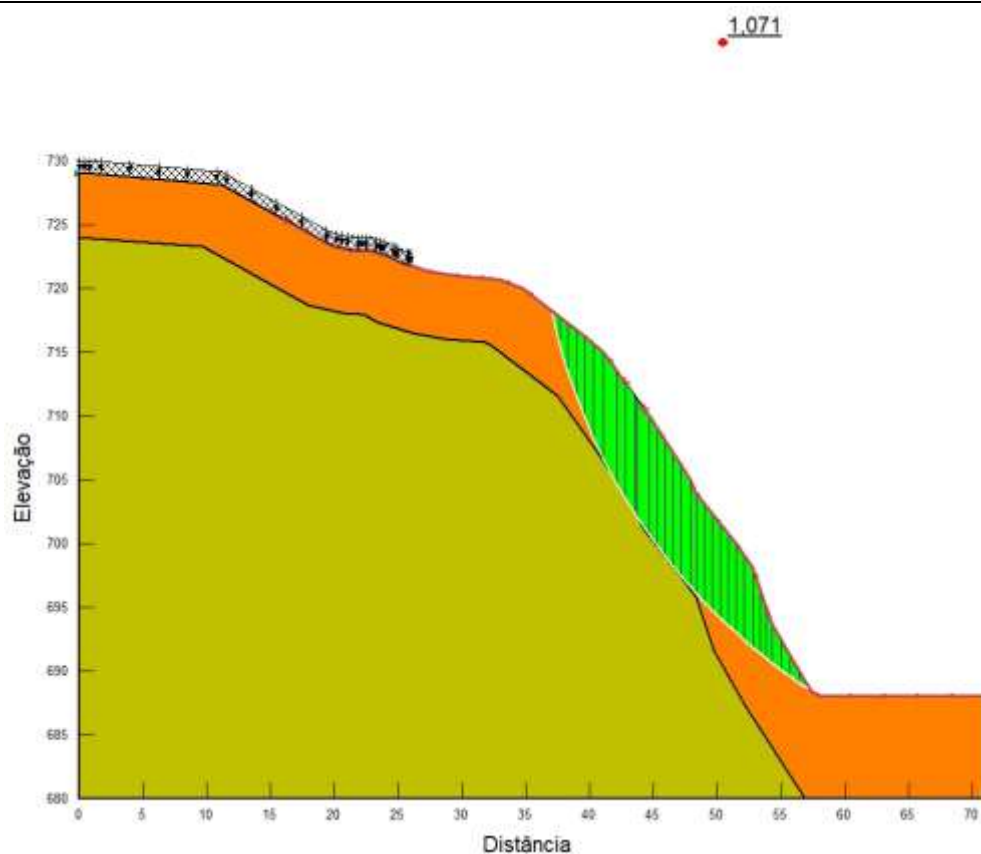


Figura 27. Análise de estabilidade da Seção S 2-2 na condição natural - FS = 1,07.

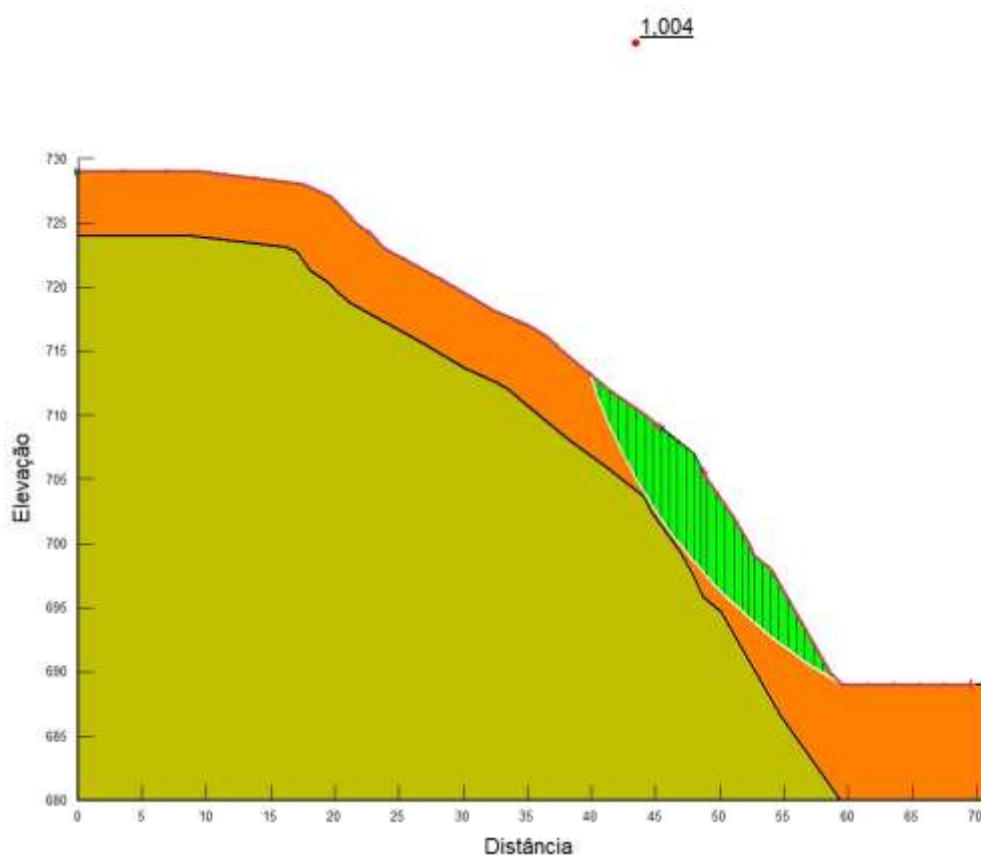


Figura 28. Análise de estabilidade da Seção S 4-4 na condição natural - FS = 1,00.

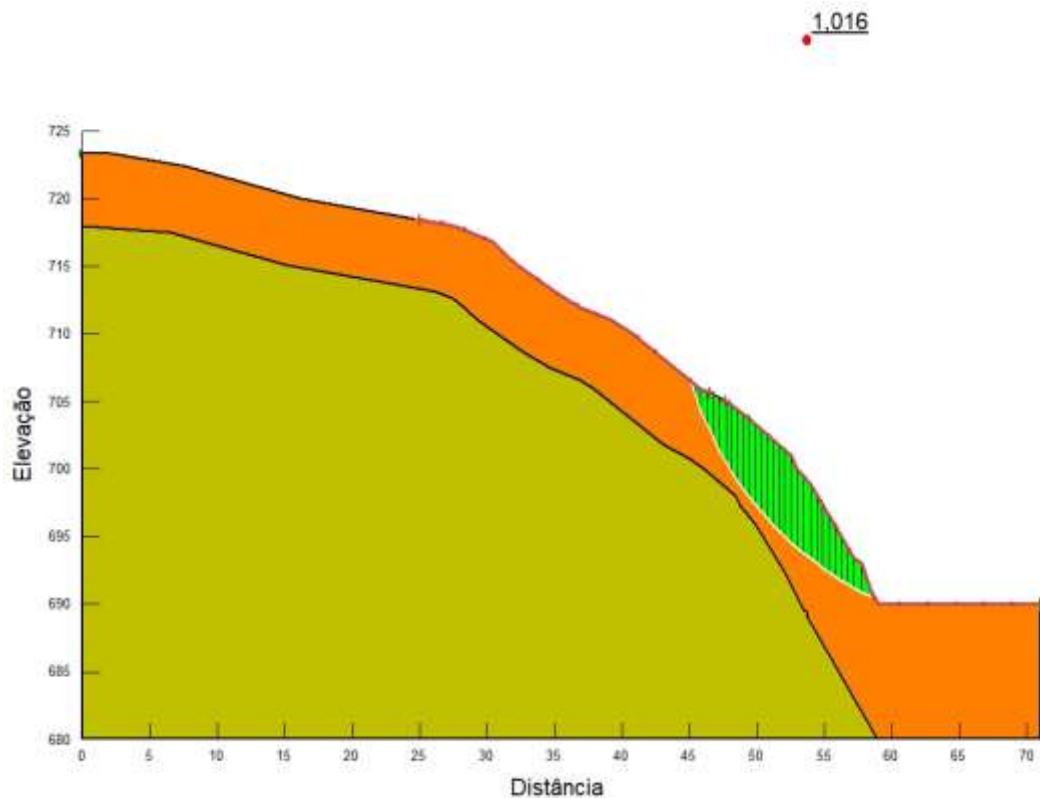


Figura 29. Análise de estabilidade da Seção S 6-6 na condição natural - FS = 1,02.

5.2.2 Análises na Condição Estabilizada

As análises de estabilidade do talude na condição estabilizada das Seções S33, S33 e S33 foram realizadas considerando a técnica de solo grampeado verde, dimensionada com grampos sistemáticos e tela metálica MACMAT HS 100 (MACCAFERRI) ou similar. Os resultados das análises de estabilidade são apresentados nas Figuras 30 a 32.

A Tabela 5 resume os valores de fatores de segurança obtidos das análises na condição estabilizada com solo grampeado para as Seções S2-2, S 4-4 e S 6-6. Observa-se que os valores dos Fatores de Segurança das 3 seções variam de 1,5 a 1,8, atendendo ao valor mínimo de 1,5 recomendado pela normativa brasileira de estabilidade de taludes.

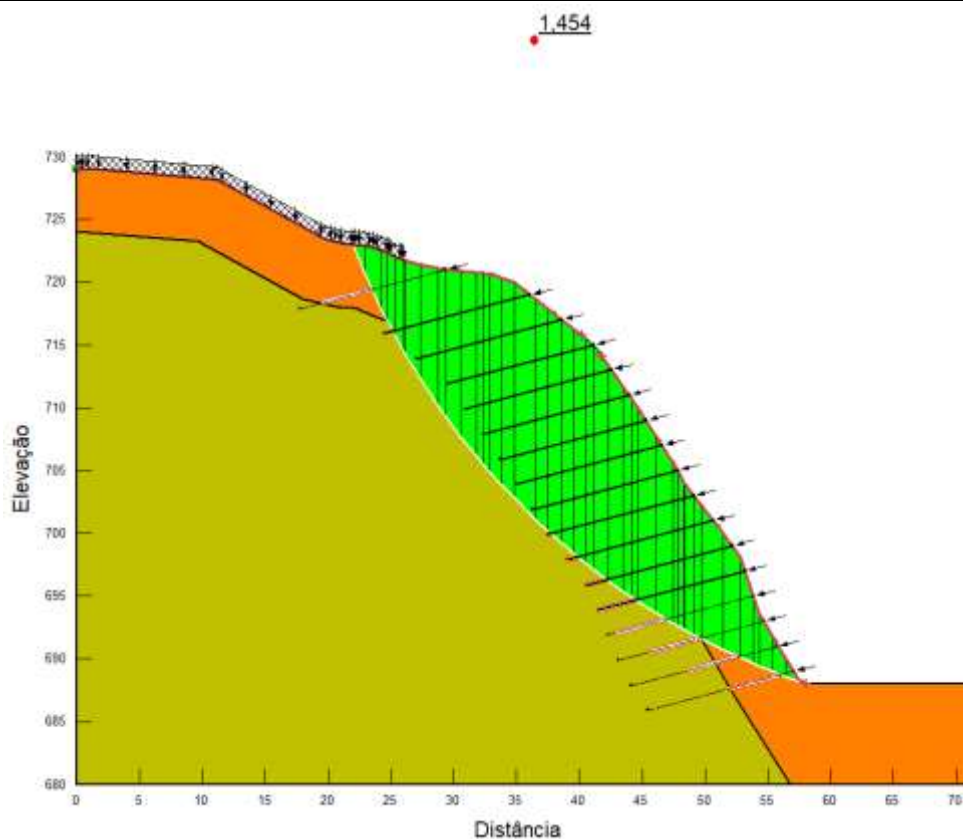


Figura 30. Análise de estabilidade da Seção S 2-2 na condição estabilizada - FS = 1,45.

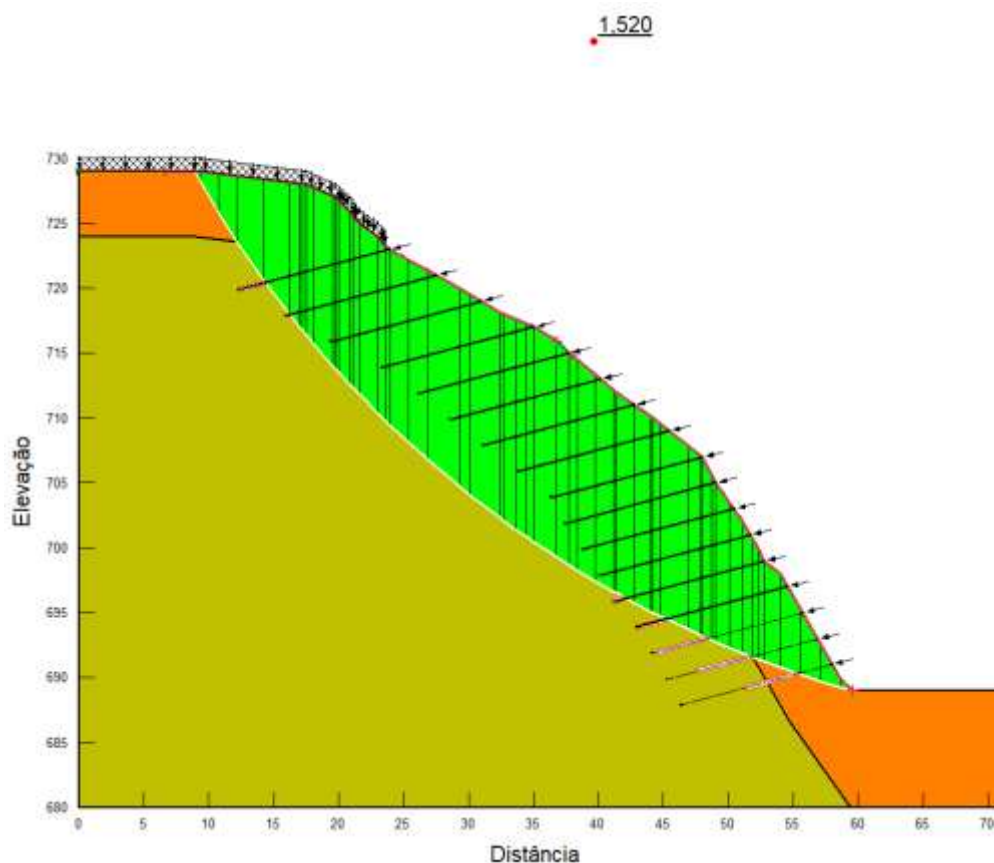


Figura 31. Análise de estabilidade da Seção S 4-4 na condição estabilizada - FS = 1,52.

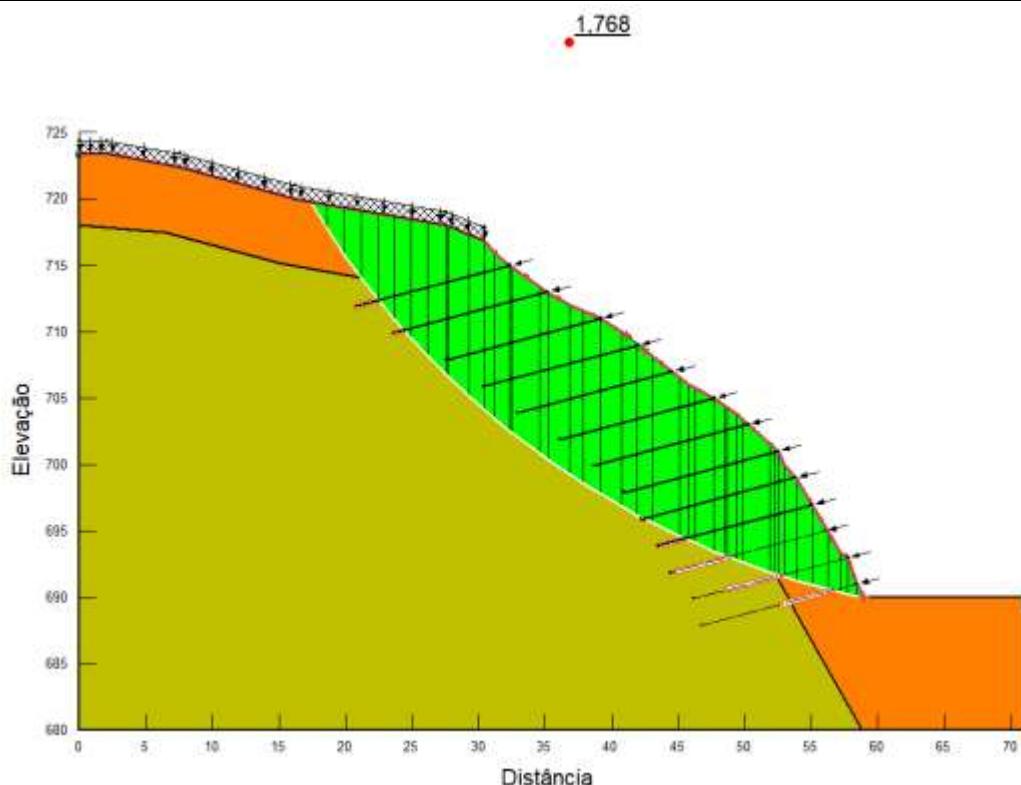


Figura 32. Análise de estabilidade da Seção S 6-6 na condição estabilizada - FS = 1,77.

Tabela 5. Fatores de segurança das seções na condição estabilizada com solo grampeado verde.

Seção	Fator de Segurança
S 2-2	1,45
S 4-4	1,52
S 6-6	1,77

Obs.: Análises de estabilidade com peso específico igual a 18,0kN/m³ e ângulo de atrito igual a 30° e grampos com CT = 200kN e comprimento de 12,0m.

Desta forma, a estabilização da encosta da Curva da Miséria consiste na execução de solo grampeado verde com revestimento metálico de alta resistência, conforme indicado nas Figuras 33 a 35.

A tela MACMAT HS100 LINK CMP-GalMac® 4R-P é um geocomposto formado pela associação de cabos de aço à malha hexagonal de dupla torção, produzida com arames com liga GalMac® 4R (adicionalmente revestidos com polímero especialmente desenvolvido para obras de engenharia) e a uma geomanta soldada em todos os pontos de contato, com a

finalidade de revestir taludes, evitando o desprendimento e queda de rochas, minimizar erosões e favorecer o desenvolvimento de vegetação.

O entrelaçamento longitudinal dos cabos de aço à malha de alta resistência de dupla torção, é realizado durante o processo de fabricação, produzindo um único produto. Os cabos se encontram entrelaçados na malha, proporcionando resistência e rigidez excepcionais (alta resistência a baixa deformação).

A tela MACMAT HS100 apresenta resistência longitudinal a tração de $75 \pm 5\text{kN/m}$ (Norma de referência EM 10223-3), tensão de ruptura do cabo de 1770MPa (DIN 3060 e ISSO 2408), tensão de ruptura do arame da malha de 380 a 500MPa (NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709), resistência ao puncionamento máxima de $80 \pm 10\text{kN/m}$ e deslocamento máximo de $450 \pm 50\text{mm}$ (UNI 11437). O produto tem certificação da Comunidade Europeia CE 1301-CPR-1228, ETA n. 16/0758. O Anexo 1 apresenta as especificações técnicas do fabricante MACCAFERRI.

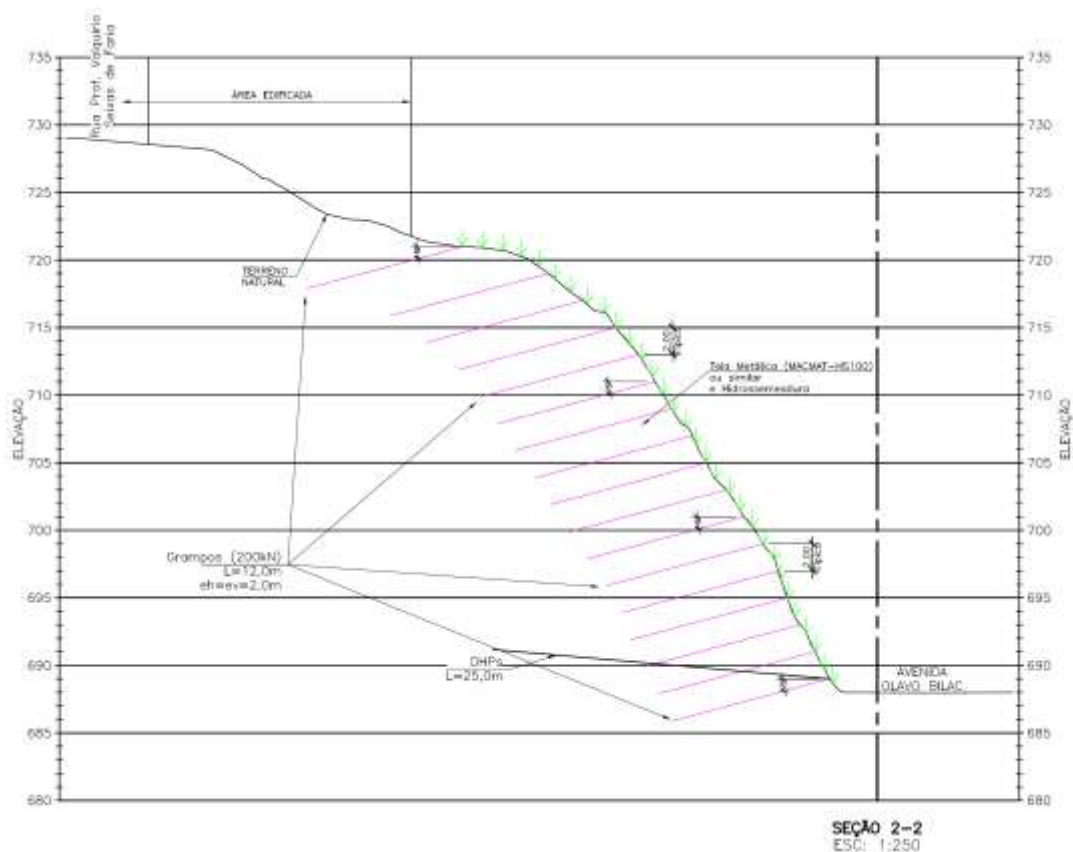


Figura 33. Estabilização do talude com a técnica de solo grampeado verde – Seção S 2-2.

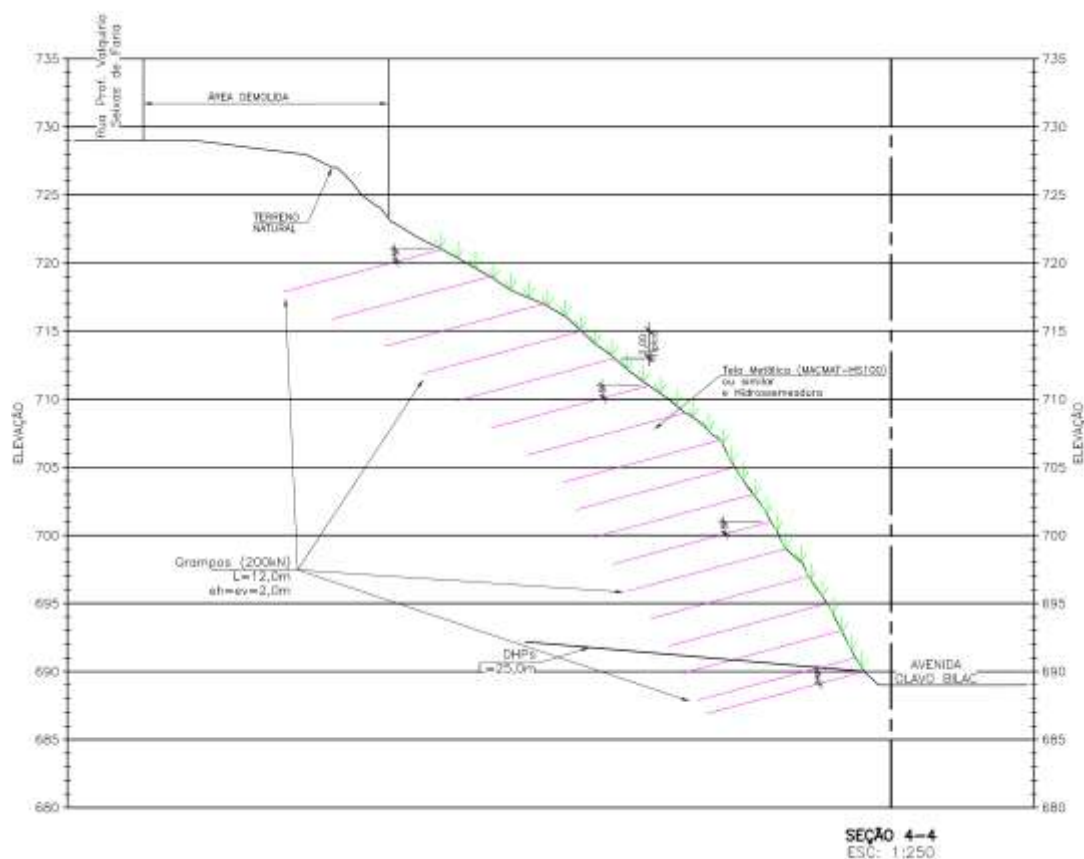


Figura 34. Estabilização do talude com a técnica de solo grampeado verde – Seção S 4-4.

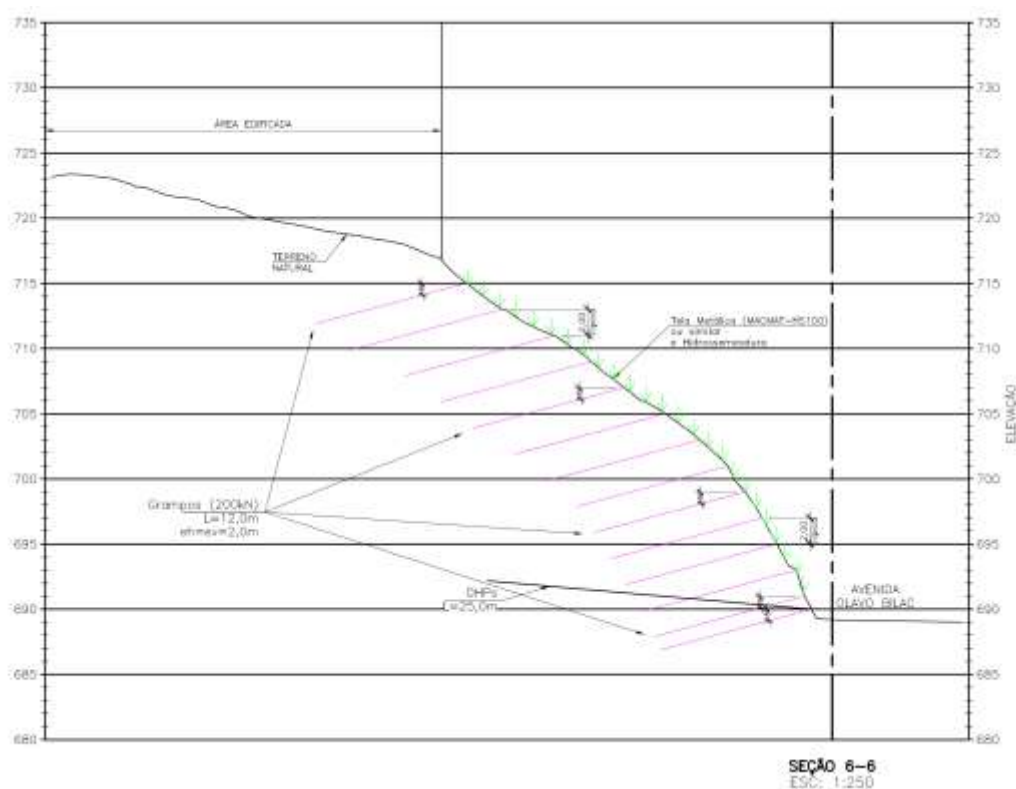


Figura 35. Estabilização do talude com a técnica de solo grampeado verde – Seção S 6-6.

O sistema é ancorado por grampos compostos de barras de aço com carga de trabalho igual a 200kN, com comprimento igual a 12,0m e espaçamentos horizontal e vertical de 2,0m. As barras são tratadas contra a corrosão e rosqueadas para facilitar a fixação da porca de aperto da placa ao chumbador.

Os grampos são executados em furos com diâmetro mínimo de 100,0mm, inclinados de 15° com a horizontal. A injeção dos grampos é realizada com calda (nata) de cimento (fck igual ou superior a 20MPa).

Recomenda-se o fator água/cimento de 0,5 e injeções ascendentes até vazamento da nata na boca do furo e realizadas em 2 etapas: bainha e reinjeção, a qual é realizada por meio de tubo com válvulas manete a cada 50cm, e após 3 horas de cura da nata de cimento da bainha. O projeto executivo para bainha e reinjeção dos grampos com nata de cimento é apresentado em detalhes no Anexo 2.

Em associação à estabilização com solo grampeado e tela, também foi dimensionado o sistema de drenos horizontais profundos DHP's com a finalidade de reduzir a altura do nível d'água no interior do maciço do talude. Esta intervenção permite a realização de análises de estabilidade em condição seca (drenada).

5.3 Resumo da Intervenção Geotécnica

As intervenções geotécnicas adotadas para a estabilização da encosta da Curva da Miséria são as seguintes:

- i. Execução de solo grampeado com face verde com grampos compostos de barras de aço com carga de trabalho igual a 200kN, em furos com diâmetro mínimo de 100,0mm, inclinados de 15° com a horizontal e com comprimento de 12,0m e espaçamentos horizontal e vertical iguais a 2,0m, conforme especificações de projeto.
- ii. Instalação de revestimento em tela MACMAT HS100 ou similar.

As Figuras 36 e 37 apresentam a planta e vista frontal da estabilização com solo grampeado e revestimento metálico.



Figura 36. Estabilização da Curva da Miséria com a técnica de solo grampeado verde.

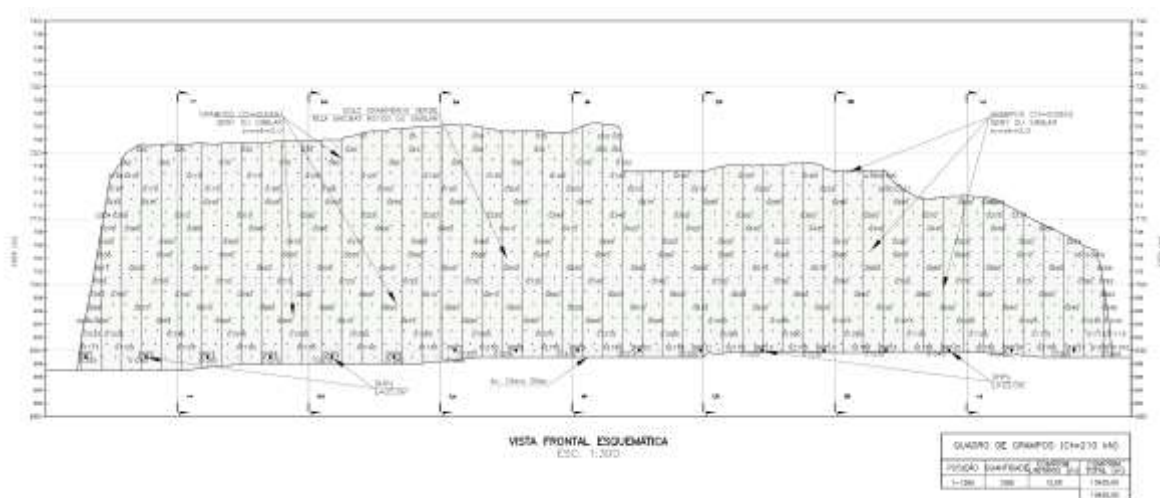


Figura 37. Vista frontal esquemática da estabilização da Curva da Miséria com a técnica de solo grampeado verde.

6 PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL

O sistema de drenagem superficial foi projetado com a finalidade de coletar as águas pluviais da área da contenção em solo grampeado verde, afim de evitar seu escoamento de forma desordenada sanando problemas de erosões superficiais e infiltração de água no terreno.

6.1 Dimensionamento da Drenagem Superficial

O projeto de drenagem da área a montante da contenção em revestimento metálico e grampos foi concebido e desenvolvido com 2 canaletas trapezoidais de coroamento e 2 escadas hidráulicas, a saber:

- i. Canaleta 01 com deságue na escada hidráulica 01 (direita hidráulica) que por sua vez deságua no sistema de drenagem pluvial da Av. Olavo Bilac;
- ii. Canaleta 02 com deságue na escada hidráulica 02 (esquerda hidráulica) que por sua vez desagua no sistema de drenagem pluvial da Av. Olavo Bilac.

Desta forma, o projeto de drenagem superficial da estrutura em solo grampeado verde apresenta as seguintes características (Figura 38):

- i. Execução de canaleta trapezoidal de coroamento com 0,30cm de base e 0,30cm de altura em taludes 1V:1H;
- ii. Execução de 2 escadas hidráulicas com deságue no sistema de drenagem pluvial da Av. Olavo Bilac.



Figura 38. Sistema de drenagem e áreas de contribuição das Canaletas 01 (Direita hidráulica) e 02 (esquerda hidráulica) na Curva da Miséria.

6.2 Precipitação e Vazão

A obtenção das precipitações locais foi realizada com o auxílio do programa numérico PLUVIO 2.1 (2005) do GPRH da UFV, conforme apresentado no Item 3.2.

A intensidade de precipitação é:

$$i = \frac{[k \cdot (T_R)^a]}{(t_d + b)^c} = \frac{[1035,654 \cdot (100)^{0,19}]}{(10 + 11,657)^{0,771}}$$

$$i = 225,595 \text{ mm/h}$$

As vazões foram determinadas adotando-se o Método Racional, cuja equação em unidades métricas é:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Onde:

Q: Vazão (m³/s);

- C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional), expresso pela razão entre o volume de água que escoar e o volume precipitado. Foi considerado $C = 1,0$ para área a montante da cortina;
- I: Intensidade de precipitação (mm/h);
- A: Área de contribuição (ha).

Considerando a área de contribuição determinada por levantamento topográfico para cada canaleta, a vazão é expressa por:

- i. Para Canaleta 01 (Área = $750,0 \text{ m}^2 = 0,075 \text{ ha}$)

$$Q = 0,00278 \cdot 1,0 \cdot 225,595 \cdot 0,075 = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ii. Para Canaleta 02 (Área = $2400,0 \text{ m}^2 = 0,240 \text{ ha}$)

$$Q = 0,00278 \cdot 1,0 \cdot 225,595 \cdot 0,240 = 0,151 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.3 Dimensionamento das Canaletas

O dimensionamento das canaletas de drenagem superficial para a área a montante da contenção em solo grampeado verde foi realizado com o auxílio do programa CANAL (2000) do GPRH da UFV, desenvolvido para projetos de condutos livres com seção regular e irregular.

As seguintes premissas foram consideradas:

- i. Intensidade de precipitação de $225,595 \text{ mm/h}$ e respectivas vazões, conforme calculado para a área de contribuição de cada canaleta;
- ii. Inserção de divisor de águas por meio de declividade nas canaletas projetadas na crista da contenção em solo grampeado verde condicionam o fluxo superficial da área a montante;
- iii. Total de 2 áreas de contribuições que definem as estruturas de captação na crista da contenção em solo grampeado verde, conforme já indicado na Figura 49.

Os dimensionamentos e verificações das seções das canaletas necessárias para as vazões foram realizados com o programa CANAL e a memória de cálculo é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Dimensionamento e verificação da Canaletas 01 e 02.



Canal

Copyright (2000) © GPRH



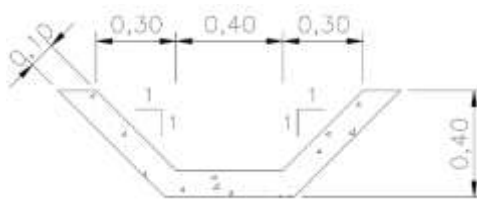
RELATÓRIO

Dimensionamento de Canais Trapezoidais

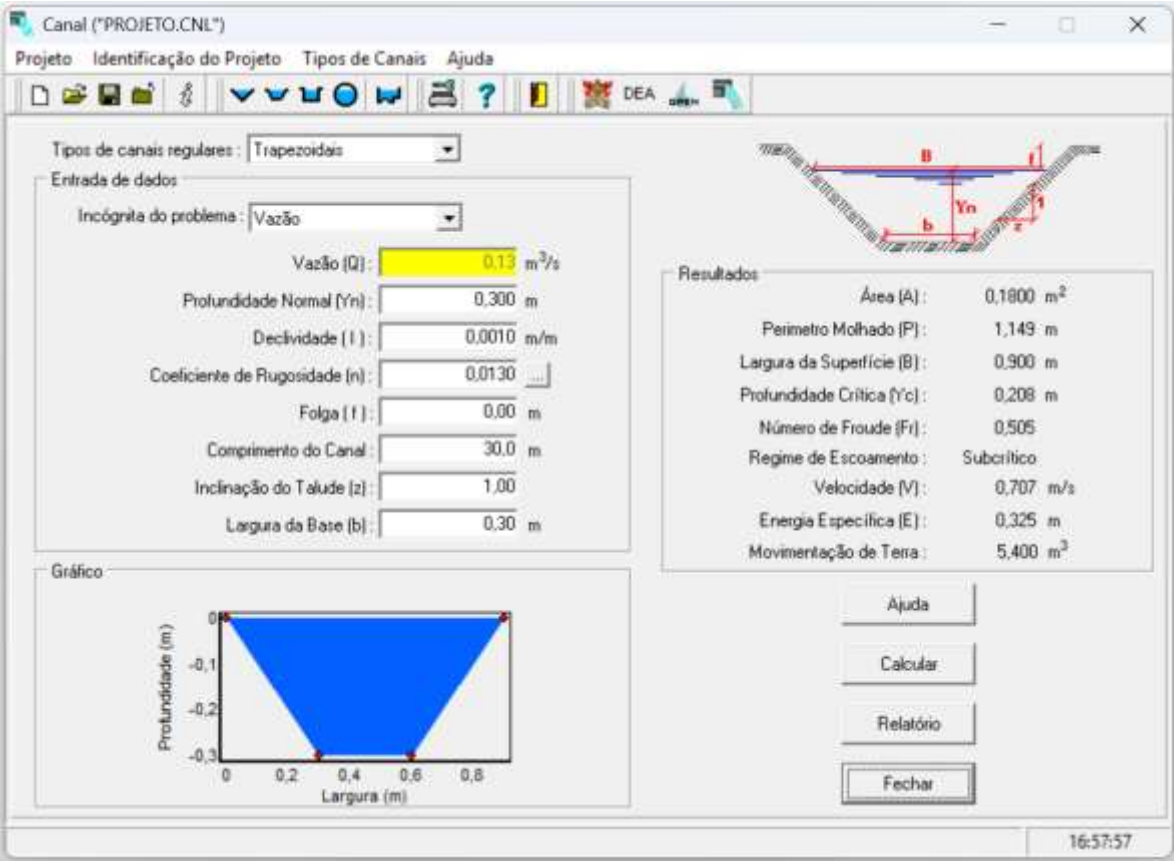
IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Nome: **Canaleta 1 e 2** Empresa: **Prefeitura de Juiz de Fora/MG**
 Técnico: **GEOPHI** Local: **Av. Olavo Bilac**
 Estado: **Minas Gerais** Data: **11/05/2026**

Seção projetada da canaleta de pé 1



Verificação da vazão da Canaleta de pé 1 Trecho 01



Desta forma, o sistema de drenagem superficial apresenta 2 trechos, a saber:

- i. Trecho 01 - Canaleta 01: com área de contribuição específica de 750,0m² e canaleta com geometria trapezoidal com dimensões de 0,30 x 0,30m;
- ii. Trecho 02 - Canaleta 02: com área de contribuição específica de 2400,0m² e canaleta com geometria trapezoidal com dimensões de 0,30 x 0,30m.

6.4 Dimensionamento da Escada Hidráulica

A escada hidráulica conduz o volume coletado pelas Canaletas 01 e 02 da área a montante da contenção em solo grampeado verde e, portanto, a escada hidráulica 01 deve ter capacidade de vazão igual a 0,047 e escada hidráulica 02 deve ter capacidade de vazão igual a 0,151m³/s.

Para o dimensionamento das escadarias hidráulicas foi utilizada a equação proposta pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR, 2006), conforme abaixo:

$$Q = 2,07 \times L^{0,9} \times H^{1,6}$$

Onde:

Q: vazão de escoamento (m³/s);

L: largura da escada (m);

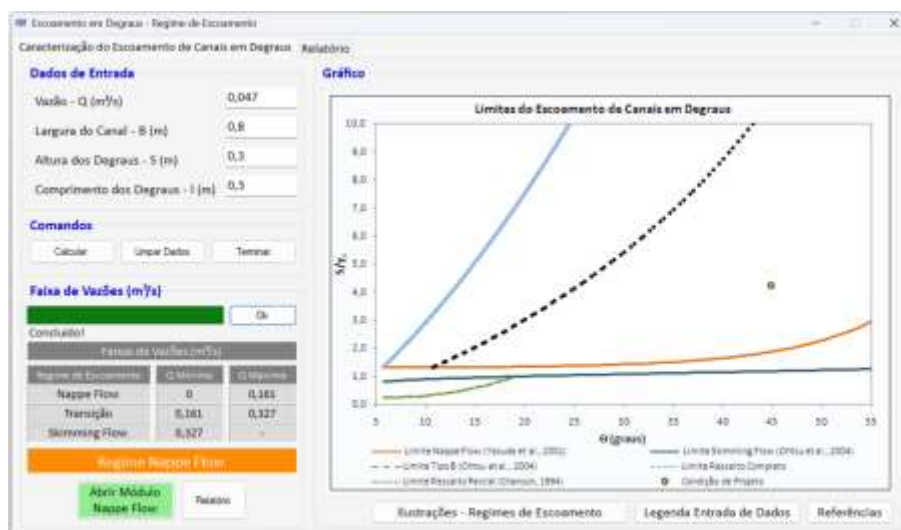
H: altura da parede, contada a partir do bordo do degrau (m).

Considerou-se as escadas hidráulicas com 0,80m de largura e 0,30m de altura dos degraus e 0,30m de altura para as paredes da escada. A verificação do dimensionamento das escadas hidráulicas foi realizada através do *software* SisCCoH, desenvolvido pela UFMG, que permite a análise de escadas hidráulicas. Os memoriais de cálculo são apresentados nos Quadros 2 e 3.

A vazão máxima calculada para a Escada Hidráulica 01 (direita hidráulica) é de 0,059m³/s e de 0,151m³/s para Escada Hidráulica 02 (esquerda hidráulica).

A escada hidráulica apresenta seção retangular com 0,80m de largura e 0,30m de altura dos degraus e 0,50m de altura para as paredes da escada em concreto armado.

Quadro 2. Dimensionamento e verificação da Escada Hidráulica 01 (direita hidráulica).



Regime Nappe Flow

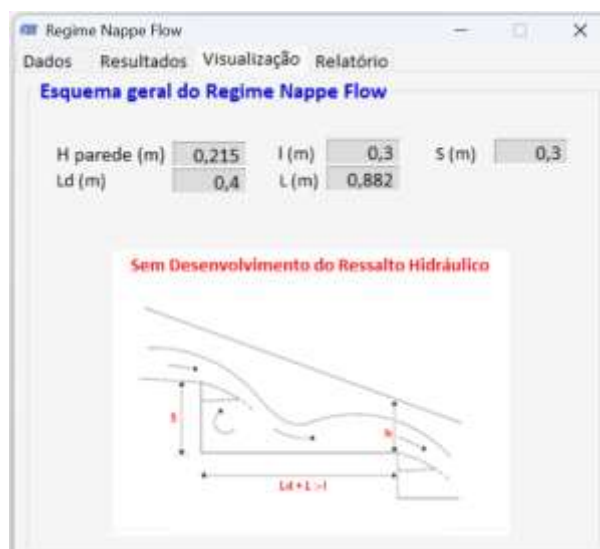
Dados Resultados Visualização Relatório

Parâmetros Hidráulicos

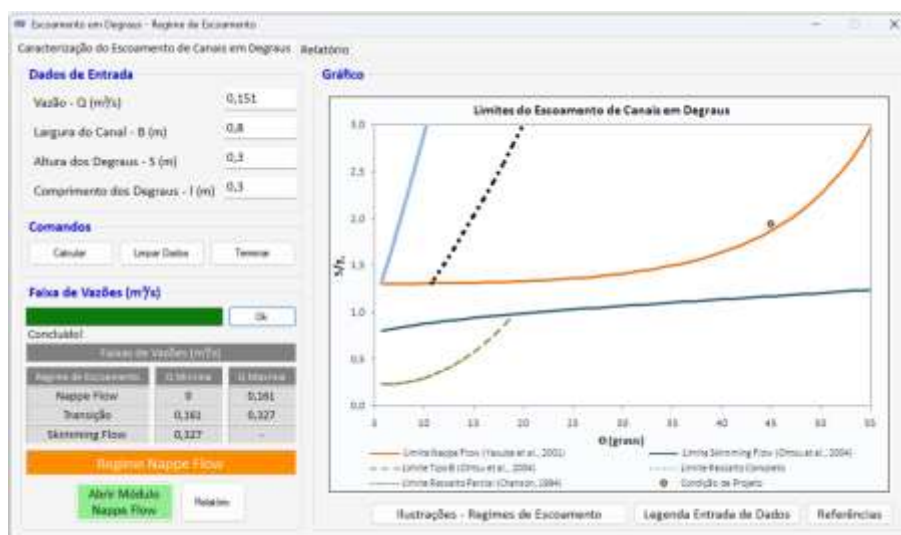
Ângulo com a Horizontal (graus)	45
Vazão (m³/s.m)	0,059
Profundidade Crítica (m)	0,071
Número de Queda	0,013

Dados para Dimensionamento

Altura da Parede (m)	0,215
Energia Residual (m)	0,355
Energia Dissipada (m)	39,751
Energia Máxima (m)	40,106
Eficiência (%)	99,116
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,023
Velocidade Final (m/s)	2,55
Froude Final	5,364



Quadro 3. Dimensionamento e verificação da Escada Hidráulica 02 (esquerda hidráulica).



Regime Nappe Flow

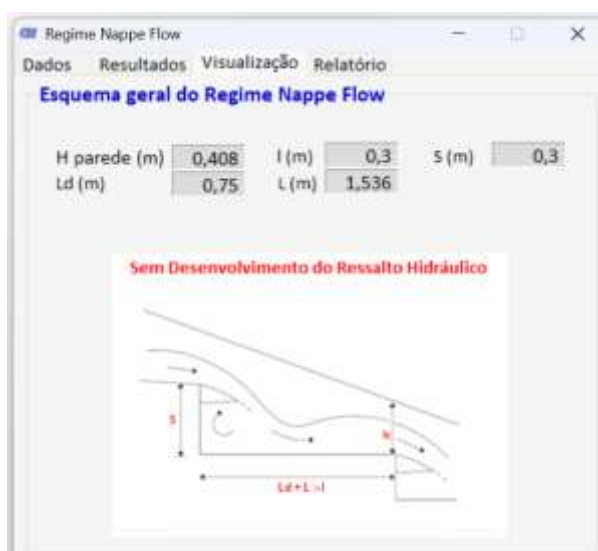
Dados Resultados Visualização Relatório

Parâmetros Hidráulicos

Ângulo com a Horizontal (graus)	45
Vazão (m³/s.m)	0,189
Profundidade Crítica (m)	0,154
Número de Queda	0,135

Dados para Dimensionamento

Altura da Parede (m)	0,408
Energia Residual (m)	1,323
Energia Dissipada (m)	38,908
Energia Máxima (m)	40,231
Eficiência (%)	96,712
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,038
Velocidade Final (m/s)	5,021
Froude Final	8,269



7 PROJETO DE DRENAGEM PROFUNDA

A encosta da Curva da Miséria deve ter garantida a eliminação/redução de água no interior do maciço por meio da execução de sistema de drenagem profunda. O sistema consiste em 1 linha de drenos sub-horizontais profundos (DPH) sistemáticos, instalados conforme especificações de projeto. Os DHPs são executados em furos de 75,0mm, inclinados de 5° com a horizontal e posicionados na base do talude com espaçamento horizontal de 10,0m e comprimento igual a 25,0m.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais conclusões e recomendações desta memória de cálculo são:

1. A encosta da Curva da Miséria sofreu 2 deslizamentos translacionais rasos e longos correspondentes à ruptura da camada de solo residual maduro sobre a camada de solo residual jovem/saprólito, movimentando elevado volume de material de colapso e a destruição completa de 1 moradia, deflagrados pelas chuvas extremas de fevereiro de 2026. A encosta é composta de solo residual jovem com estruturas reliquias, destacando-se dobras e planos de foliação, além de blocos rochosos na base. Além da susceptibilidade à ruptura, apresenta também elevado potencial erosivo promovido pelo lançamento direto de águas servidas na encosta;
2. As análises de estabilidade na condição natural das seções críticas indicaram a necessidade de reforço do talude, realizada com a técnica de solo grampeado com face verde em função da tela metálica que permite o crescimento de vegetação, resultando em fatores de segurança variando de 1,5 a 1,8 para as seções críticas analisadas;
3. As intervenções técnicas a serem realizadas são:
 - i. Execução de solo grampeado verde com grampos com barra de aço com carga de trabalho de 200kN em diâmetro de furo nominal de 100,0mm, inclinados de 15° com a horizontal e com comprimentos iguais 12,0m e espaçamentos horizontal e vertical iguais a 2,0m, conforme especificações de projeto;
 - ii. Instalação de revestimento em tela metálica de alta resistência MACMAT HS 100;
 - iii. Implantação de sistema de drenagem superficial composto por 2 canaletas trapezoidais de coroamento com 0,30cm de base e 0,30cm de altura em taludes 1V:1H e 2 escadas hidráulicas com deságue no sistema de drenagem pluvial da Av. Olavo Bilac;
 - iv. Implantação de sistema de drenagem profunda com drenos horizontais profundos DHPs, executados em furos de 75,0mm, inclinados de 5° com a horizontal, instalados em única linha na base do talude com espaçamento horizontal de 10,0m e comprimento de 25,0m, conforme especificações de projeto.

Recomenda-se a completa execução das obras, conforme os projetos e detalhamentos apresentados nos desenhos para a garantia das condições de estabilidade da encosta da Curva da Miséria.

9 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos considerados para elaboração do presente relatório técnico são os seguintes:

ABNT (1983) NBR 8044:1983. Projeto geotécnico - Procedimento.

ABNT (2009) NBR 11682:2009. Estabilidade de encostas.

ABNT (2021) NBR 16920-1. Muros e taludes em solos reforçados, Parte 1: Solos reforçados em aterros.

AB'Saber, A.N. (1972) Participação das Depressões Periféricas e superfícies aplainadas na Compartimentação do Planalto Brasileiro. Geomorfologia, São Paulo, V. 28, pp. 01-38.

Alkmim, F. F.; Marshak, S. (1998) Guide to the Geology of the Southern Quadrilátero Ferrífero - Mid Conference Field Trip. Ouro Preto: Internat. Conf. on Precambrian and Craton Tectonics, Dept. Geologia, Escola de Minas.

Almeida, F. F. M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. (1977) Províncias estruturais brasileiras. In: 8º Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande, p. 12-13.

Bustamante, M.; Doix, B. (1985) Une méthode pour le calcul des tyrants et des micropieux injectés. Bulletin des Liaison des Laboratoire des Ponts et Chaussées, no 140.

Cavalcante Filho, E.C.; Vidal, D.H.F.; Farias Jr, J.E.F.; Pereira, V.S.A.; Ferreira, M.A.; Santos, M.O.R.; Johnsson, R.M.F. (2011) Tragédia Climática e Ambiental na Região Serrana/RJ 2011: Diagnóstico, Desafios e Ações. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRHidro, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Maceió, 18 p.

Clouterre (1991) Projet National Clouterre, Recommendations Clouterre 1991. Presses de l'Ecole National des Ponts et chaussees, Paris, France.

CPRM (2003) Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, 1:1.000.000. Serviço Geológico do Brasil.

DNIT (2006) EB-112 - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários - Escopos Básicos/Instruções de Serviço.

DNIT 017/2006 (2006) ES. Drenagem – Drenos sub-horizontais – Especificação de Serviço.

DNIT 017/2006- ES (*) - Drenagem - Dreno sub-horizantal.

Duarte, B. P. (1998) Evolução tectônica dos ortognaisses dos complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, MG: Geologia, petrologia e geoquímica. Tese DSc, Instituto de Geociências, USP, São Paulo.

EUROCODE (2004) EN 1997-1:2004, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rule.

EUROCODE (2007) EN 1997-2:2007, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing

Gair, J.E. (1962) Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geological Survey Professional Paper, 341 A: 1-67.

GEORIO (2000) Manual de Encostas, 1ª ed. Ortigão, J.A & Sayão, A.S.F.J.

Heilbron, M.; Pedrosa-Soare, S; A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J.; Janasi, V.A. (2016) Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto et al. (Org.) – Geologia do Continente Sul-Americano, São Paulo, UNESP, Geociências, v. 35, n. 4, p.495-511.

Heilbron, M.; Valeriano, C.M.; Tassinari, C.C.G.; Almeida, J.C.H.; Tupinambá, M.; Siga Junior, O.; Trouw, R.J.A. (2008) Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J., West Gondwana Pre-

Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region, 294. The Geological Society of London, London, p. 211-237.

Ortigão, J.A.R.; Sayão, A.S.F.J. (2004). Handbook of Slope Stabilization. Ed. Springer Verlag, Alemanha, 478p.

King, L.C. (1956) A geomorfologia do Brasil Oriental. Rio de Janeiro, IBGE, 1975, R. Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, V. 18, n.2.

O'Rourke, J.E. (1957) The stratigraphy of the metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Wisconsin, 106. (PhD. Thesis. University of Wisconsin, USA).

Tupinambá, M.; Heilbron, M.; Valeriano, C.; Porto Júnior, R.; Blanco De Dios, F.; Machado, N.; Eirado Silva, L.G.; Almeida, J.C.H. (2012) Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): Implications for Western Gondwana Amalgamation. Gondwana Research 21, p. 422-438.

UNI 11437 (2012) Rockfall Protection Measures: Tests on Meshes for Slope Coverage. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Italia.

.

ANEXOS

Anexo 1 Especificações Técnicas – MACMAT HS100

Anexo 2 Método Executivo do Chumbador – Injeção de Cimento

ANEXO 1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS – MACMAT HS 100 8127R8C8

Anexo 1 Especificações Técnicas – MACMAT HS100 8127R8C8

MACCAFERRI

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

E-8.2.2-413 - rev. 03; Data 26.02.2021

MAC.RO. SYSTEM - MACMAT® HS LINK CMP- GALMAC® 4R-P

EM MALHA HEXAGONAL DE DUPLA TORÇÃO COM REVESTIMENTO GALMAC® 4R E POLÍMERO

O MacMat® HS⁽¹⁾ Link CMP - GalMac® 4R-P consiste na associação de cabos de aço à malha hexagonal de dupla torção, produzida com arames com liga GalMac® 4R (adicionalmente revestidos com polímero especialmente desenvolvido para obras de engenharia) e, a uma geomanta soldada em todos os pontos de contato, com a finalidade de revestir taludes, evitando o desprendimento e queda de rochas, minimizar erosões e favorecer o desenvolvimento de vegetação.

O entrelaçamento longitudinal dos cabos de aço à malha de alta resistência de dupla torção, é realizado durante o processo de fabricação, formando assim um único produto. Os cabos se encontram entrelaçados na malha, proporcionando resistência e rigidez excepcionais (alta resistência a baixa deformação).

As variantes do MacMat® HS Link CMP - GalMac® 4R-P, além de proporcionar diferentes resistências, proporcionam uma alta rigidez (baixo deslocamento) sendo uma solução adequada para uma ampla gama de aplicações.

O sistema MacMat® HS-Link CMP - GalMac® 4R-P, inclui o elemento HR Link, para conexão entre painéis e devem ser utilizados em conjunto, para formar um sistema completo, pronto para ser instalado.



Propriedades físicas e mecânicas dos reforços metálicos (malha e cabo de aço)						Normas de referência
MacMat® HS		30 8127R8 C8	50 8127R8 C8	100 8127R8 C8	MO 8127R8 C8	
Resistência longitudinal a tração da solução ⁽²⁾	kN/m	120±10	90±10	75±5	55±5	EN 10223-3
Tensão de ruptura do cabo de aço	MPa	1770				DIN 3060 / ISO 2408
Tensão de ruptura do arame da malha ⁽³⁾	MPa	380 a 500 - Classe A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Alongamento na ruptura do arame da malha ⁽³⁾	%	13 - Classe A				NBR 8964 / EN 10223-3 / NB 709
Tipo de malha		8x10				NBR 10514 / EN 10223-3
Diâmetro do arame da malha	mm	2,7				NBR 10514 / EN 10223-3
Diâmetro do cabo de aço ⁽⁴⁾	mm	6,0				EN 10264-2
Carga mínima de ruptura do cabo de aço	kN	22,8				ISO 2408

Propriedades de durabilidade dos arames da malha		Normas de referência
Revestimento metálico	Zn90Al10-MM	NBR 8964 / EN 10223-3
Quantidade de revestimento metálico ⁽⁵⁾	245 g/m²	NBR 8964 / EN 10223-3
Aderência do revestimento metálico ⁽⁶⁾	De acordo com a definição das normas vigentes	NBR 8964 / EN 10223-3
Resistência à corrosão e envelhecimento (Ensaio Kesternich)	Menos de 5% de oxidação do aço após 56 ciclos	EN ISO 6988 (0,2 dm³ SO₂ para 2 dm² água)
Resistência à névoa salina	Menos de 5% de oxidação do aço após 2000 horas	EN ISO 9227

Propriedades geométricas MacMat® HS - GalMac® 4R. p ⁽³⁾					
MacMat® HS	30 8127R8 C8	50 8127R8 C8	100 8127R8 C8	MO 8127R8 C8	
Espaçamento entre cabos (longitudinal)	m	0,30	0,50	1,00	2,00
Largura do rolo	m	2			
Comprimento do rolo	m	25			

Propriedades do revestimento polimérico da malha ⁽⁸⁾		
Espessura mínima	mm	0,40
Dureza	shore D	50 a 60
Resistência à tração	MPa	20,6
Módulo de elasticidade	MPa	18,6
Temperatura de fragilidade	°C	-9
Resistência à abrasão	% de perda	< 12

Propriedades físicas e mecânicas da geomanta		Normas de referência
Espessura nominal (geomanta + reforço)	mm	≥18 ASTM D5199
Gramatura	g/m²	≥450 ABNT NBR ISO 9864 / ASTM D5261
Índice de vazios	%	>90
Peso específico do polímero	kg/m³	900 ASTM D792
Ponto de fusão do polímero	°C	150 ASTM D1505
Resistência UV do polímero	Estabilizado	ASTM D4355
Polímero da geomanta	Polipropileno	
Cor ⁽⁹⁾	Verde	

Performance de uma amostra de 3m x 3m (UNI 11437)			
MacMat® HS	Deslocamento a uma força de 50kN	Resistência ao punção final	Deslocamento final
30 8127R8 C8	< 340 mm	135±12 kN	430±50 mm
50 8127R8 C8	< 370 mm	110±10 kN	450±50 mm
100 8127R8 C8	< 420 mm	80±10 kN	450±50 mm
MO 8127R8 C8	-	70±5 kN	514±50 mm

Propriedades do HR-Link ⁽¹⁰⁾		
Diâmetro	mm	4
Comprimento	mm	51
Largura	mm	20
Abertura	mm	8
Dobra	mm	17

⁽¹⁾ MacMat® HS é igual ao antigo MacSteel®.

⁽²⁾ Sentido paralelo às torções.

⁽³⁾ Ensaios realizados a cada 3 toneladas de material produzido.

⁽⁴⁾ Diâmetro do cabo de aço: 6mm, (medidos através do maior diâmetro, de acordo com a norma relevante).

⁽⁵⁾ Diâmetro total do cabo com revestimento de PVC: 8mm.

⁽⁶⁾ Outras medidas disponíveis mediante consulta e solicitação prévia.

⁽⁷⁾ O revestimento polimérico deve atender as exigências das normas NBR 8964 e EN 10223-3. Tal revestimento não pode variar mais que 25% suas características mecânicas (alongamento e resistência a tração) após submetido a 2500hrs em ensaio de envelhecimento acelerado QUV-A (ISO 4892-3 "Exposure mode 1").

⁽⁸⁾ Cores preto e marrom disponíveis mediante consulta e solicitação prévia.

⁽⁹⁾ A solução completa inclui 150 peças de HR Link, para a conexão entre painéis.

Nota 1: Os cabos de aço e os acessórios para a ancoragem superior e inferior são vendidos separadamente.

ETA n. 16/0758



MACCAFERRI
AMERICA LATINA

A Maccaferri reserva-se o direito de revisar estas especificações em qualquer momento, de acordo com as características dos produtos fabricados.

www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestão de Qualidade
Certificado de Conformidade com a
Norma ISO 9001



Especificações Técnicas – HR - PLATE

MACCAFERRI

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
E-8.2.2-430 - rev. 00 ; Data 19.10.2018

MAC.RO™ SYSTEM - HR-PLATE PLACA DE ANCORAGEM DE ALTA PERFORMANCE

Características técnicas

A placa de ancoragem HR-Plate é um acessório de alta especificação, projetado para uso em conjunto com o Sistema Mac.RO™, para estabilização superficial de encostas.

O desempenho individual e combinado com a malha foram verificados através de testes extensos e rigorosos, realizados por respeitadas instituições de testes independentes.

A placa foi precisamente adaptada para trabalhar com as malhas do Sistema Mac.RO™, aumentando a rigidez do sistema.

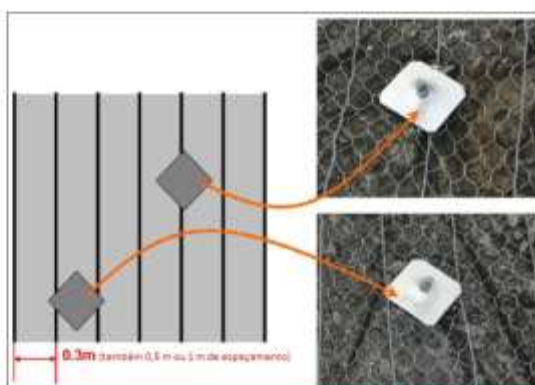


Dados do acessório HR-Plate:

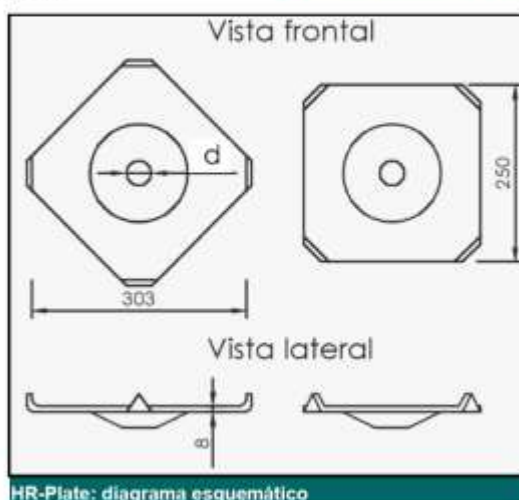
- Forma: Placa quadrada com garras
- Dimensões: 250 mm x 250 mm*
- Espessura: 8 mm*
- Opções de diâmetro do furo: 25 e 37 mm*
- Material: Aço SAE 1020
- Tensão de escoamento do aço: 21 kgf/mm²
- Tensão de ruptura do aço: 38 kgf/mm²
- Proteção contra corrosão: Zincagem por imersão a quente conforme NBR 6323 e ASTM A123
- Proteção contra corrosão: Zinco ≥600 g/m² (≥85 microns)

* Todas as dimensões são nominais, podendo ocorrer variações regionais. Detalhes específicos podem ser obtidos ao contatar o escritório Maccaferri local.

HR-Plate



HR-Plate: aplicado em conjunto com SteelGrid® HR30



HR-Plate: diagrama esquemático

MACCAFERRI

AMERICA LATINA

A Maccaferri reserva-se o direito de revisar estas especificações em qualquer momento, de acordo com as características dos produtos fabricados.

www.maccaferri.com/br

Sistema de Gestão de Qualidade
Certificado de Conformidade com a
Norma ISO 9001

2001

ANEXO 2 MÉTODO EXECUTIVO DO CHUMBADOR – INJEÇÃO DE CIMENTO

ANEXO 2 Método Executivo do Chumbador – Injeção de Cimento

Os chumbadores ou ancoragens dimensionadas neste projeto deverão ser executados conforme as recomendações descritas neste Anexo:

1. Os chumbadores são compostos por barra de aço nervurada tipo GEWI, com tensão de escoamento de 500MPa, carga de trabalho de 210kN, com tratamento anticorrosivo e diâmetro nominal e comprimento conforme especificações de projeto.
2. Cada chumbador deve apresentar, no mínimo, 2 espaçadores distribuídos uniformemente ao longo da barra, do tipo carambola ou similar e 1 mangueira de re-injeção com válvulas de injeção (manchete) a cada 0,50m. A mangueira de re-injeção deve ser executada com tubo de polietileno de 0,010m de diâmetro e 1mm de espessura, fixada ao longo da barra de aço. As válvulas manchete são executadas por meio de um pequeno corte, com alicate, na mangueira, e vedação com fita crepe, dando-se apenas uma volta no diâmetro. Com a pressão da re-injeção estas fitas são rompidas, permitindo a passagem da nata de cimento. Observa-se que a mangueira de injeção é um tubo perdido e pode apresentar diâmetro maior desde que compatível com o diâmetro do furo e da barra de aço.
3. O furo do chumbador de diâmetro e comprimento iguais aos especificados em projeto, inclinados de 15° com a horizontal é executado com perfuratriz rotativa hidráulica por via seca e, após a perfuração procede-se à limpeza do furo com ar e, se necessário, proceder à limpeza com água (hidratação do furo).
4. Após a introdução do sistema do chumbador (barra de aço, tubo manchete e espaçadores) no furo, realiza-se a primeira injeção (bainha) com uma tubulação auxiliar, que é posicionada no fundo do furo. O método de injeção (bainha) é ascendente, correspondendo à injeção de fluido realizada do fundo do furo para a boca do furo, por meio da tubulação acessória, de maneira que todo o furo seja devidamente preenchido (bombeamento da nata é realizado até a drenagem pela boca do furo). A mangueira de injeção é removida após o procedimento de injeção (bainha).
5. A reinjeção é realizada após 3 horas (no caso de Cimento ARI e/ou acelerador de cura) até no máximo 12 horas a cura da nata, cujo tempo deverá ser informado pela empresa responsável pela definição do traço da nata. A reinjeção é realizada em tubo manchete de modo ascendente com uso de uma bomba de injeção com manômetro e de obturador.

ANEXO 2 Método Executivo do Chumbador – Injeção de Cimento

6. O obturador é introduzido no interior do tubo até a válvula mais profunda da zona de ancoragem. A reinjeção inicia-se sob pressão controlada e a válvula manchete abrirá quando atingida a pressão determinada, de modo que a nata saia do tubo e preencha os possíveis vazios existentes. A injeção de cada estágio será encerrada quando o manômetro não acusar mais uma redução na pressão. O procedimento é repetido até que toda a zona de ancoragem seja devidamente reinjetada.

7. As operações de injeção (bainha) e re-injeção do chumbador são realizadas com nata de cimento cujo Fator Água/Cimento (em peso) é igual a 0,5, sob pressão de aproximadamente 5 a 10 kgf/cm².