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/COBRAMSEG2026.4/71

ESTABILIZAÇÃO DE UM CANAL DE ADUÇÃO POR MEIO DE UMA SOLUÇÃO COM TERRAMESH SYSTEM®

Isabelle Pipper
Geóloga, G5 Engenharia, Curitiba, Brasil, ipr@g5engenharia.com.br

Isabela Grossi da Silva
Engenheira civil, G5 Engenharia, Curitiba, Brasil, igs@g5engenharia.com.br

Milena Arruda Silva
Geóloga, G5 Engenharia, Curitiba, Brasil, mas@g5engenharia.com.br

Joaquim Duarte
Engenheiro civil, G5 Engenharia, Curitiba, Brasil, jd@g5engenharia.com.br

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a verificação geotécnica de uma contenção em solo reforçado associado à geogrelhas de alta resistência para estabilização da margem da direita hidráulica do canal de adução de uma PCH no estado de Santa Catarina, cuja instabilidade representava risco à operação. Foram realizadas as verificações de estabilidade externa, incluindo capacidade de carga da fundação, tombamento, deslizamento e análise de estabilidade global da estrutura. Adicionalmente, foram avaliadas as verificações internas, analisando a estabilidade quanto à ruptura do elemento de reforço e à ruptura do sistema do solo reforçado. As análises foram realizadas por meio de métodos de equilíbrio limite e softwares especializados (Slide2 e Macstars 4.0). As análises abrangeram diferentes cenários: final de construção, operação e condição excepcional. As definições de geometria foram realizadas com base na topografia objetivando a melhor utilização dos recursos. As geogrelhas empregadas na solução foram do tipo WG40 e WG30, com tração longitudinal última de 400 e 300, respectivamente, ambas com 12 m de comprimento. Visando recompor a geometria do canal e atingir a elevação necessária da margem direita do canal, foi considerado um aterro com inclinação de 1V:1,5H e 5,4 m de altura apoiado na região superior da contenção. Para as análises globais, obteve-se FS de 1,59 para final de construção, 1,55 para operação e 1,36 para cenário excepcional. A partir dos resultados obtidos, a solução demonstrou desempenho satisfatório frente às solicitações atuantes e aos critérios normativos, garantindo estabilidade global e integridade funcional da estrutura.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Reforçado; Terramesh System®; Geogrelhas; Estabilidade de Taludes; Contenção; Canal de Adução.

ABSTRACT: This study aims to present the development and geotechnical verification of a reinforced soil retaining structure associated with high-strength geogrids for stabilizing the hydraulic right bank of the intake channel of a small hydroelectric power plant in the state of Santa Catarina, whose instability represented a risk to operation. External stability verifications were performed, including foundation bearing capacity, overturning, sliding, and global stability analysis of the structure. Additionally, internal verifications were evaluated, analyzing the stability regarding the rupture of the reinforcement element and the rupture of the reinforced soil system. The analyses were performed using limit equilibrium methods and specialized software (Slide2 and Macstars 4.0). The analyses covered different scenarios: end of construction, operation, and exceptional conditions. The geometry definitions were based on the topography aiming at the best use of resources. The geogrids adopted in the solution were WG40 and WG30, with ultimate longitudinal tensile strengths of 400 kN/m and 300 kN/m, respectively, both with a length of 12 m. To restore the original canal geometry and achieve the required elevation, a fill with a slope inclination of 1V:1.5H and a height of 5.4 m supported on the upper portion of the retaining structure was considered. Global stability analyses resulted in factors of safety (FS) of 1.59 for the end-of-construction condition, 1.55 for the operational condition, and 1.36 for the exceptional scenario. Based on the obtained results, the proposed solution demonstrated satisfactory

performance under the acting loads and in accordance with the applicable design criteria, ensuring the global stability and functional integrity of the structure.

KEYWORDS: Reinforced Soil; Terramesh System®; Geogrids; Slope Stability; Retaining Wall; Water Intake Channel.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a verificação interna e externa da contenção de solo reforçado do tipo Terramesh System® associado à geogrelhas de alta resistência para estabilização de um trecho de 50 m da margem direita de um canal de adução revestido com manta PEAD de uma PCH no estado de Santa Catarina.

O canal de adução, construído em meia encosta, apresenta desde o início de operação, histórico de instabilidades. Em dezembro de 2022, devido às chuvas intensas, ocorreram diversos deslizamentos ao longo de toda extensão do canal, sendo que o deslizamento de maior proporção é objeto de estudo.

O sistema do solo reforçado é composto por painéis de malha metálica de dupla torção que formam a face do muro e painéis horizontais da malha se estendem para dentro do aterro, e funcionam como reforço. A face é geralmente é revestida por gabião e as caixas podem ter entre 0,5 a 1 m de altura. Referente às geogrelhas, podem ser de poliéster ou polietileno de alta densidade, dispostas horizontalmente em camadas no interior do aterro com espaçamento entre si para complementar os reforços metálicos.

A contenção estudada busca viabilidade construtiva, eficiência estrutural, baixo impacto hidráulico e ambiental. A verificação da condição de segurança com relação aos possíveis cenários e carregamentos durante a implantação e operação do empreendimento tem o objetivo de assegurar a segurança da estrutura considerando situações diversas durante sua vida útil.

2 METODOLOGIA UTILIZADA NAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

2.1 Análise de estabilidade externa

A análise de estabilidade externa tem como objetivo verificar a segurança global da estrutura frente às ações que possam comprometer seu desempenho ao longo da vida útil.

2.1.1 Estabilidade Global

As análises de estabilidade global foram realizadas no *software Slide2*, da Rocscience®. A teoria utilizada foi a do Equilíbrio Limite, a qual considera o solo como um material rígido e indeformável, com resistência ao cisalhamento representada pelo critério de ruptura de Mohr-Coulomb em termos de tensões efetivas (Equação 1) que utiliza os parâmetros de resistência compostos por coesão, ângulo de atrito e peso específico como valores de entrada. Para esta análise, adotou-se a base de cálculo de Spencer.

$$\tau = \sigma' \tan \varphi' + c' \quad (1)$$

Em que:

τ = tensão cisalhante (kPa); σ' = tensão normal efetiva (kPa); φ' = ângulo de atrito efetivo (°); c' = intercepto coesivo efetivo (kPa).

2.1.2 Capacidade de carga da fundação, tombamento e deslizamento

A avaliação da estabilidade da estrutura de contenção de solo reforçado com geogrelhas e face metálica frente ao tombamento, deslizamento da base e capacidade de carga da fundação foi realizada por meio do *software Macstar 4.0*, desenvolvido pela empresa Maccaferri®. Quanto as verificações de estabilidade realizadas neste programa, também é utilizado o Método do Equilíbrio Limite sendo a base de cálculo de Bishop.

2.2 Análise de estabilidade interna

A análise de estabilidade interna tem como objetivo verificar a capacidade da estrutura reforçada em resistir às solicitações atuantes, assegurando que os elementos de reforço estejam devidamente dimensionados para manter o equilíbrio interno da estrutura.

A NBR 16920-1:2021 preconiza que a resistência à tração longitudinal última (T_{ULTMD}) das geogrelhas deve ser minorada através da divisão resultante do produto dos fatores de redução para se determinar a resistência de projeto a longo prazo (LTDS) do material. A norma define os fatores de redução a serem considerados em efeitos de fluência (RF_{CR}), de danos mecânicos durante a instalação (RF_{ID}) e de degradação ambiental (RF_D). Estes fatores consideram as incertezas inerentes à fabricação, transporte, armazenamento e instalação, garantindo que os valores adotados em projeto representem uma estimativa segura da resistência efetiva que poderá ser mobilizada na estrutura de solo reforçado. A Tabela 1 apresenta os valores considerados para obtenção da resistência de projeto a longo prazo (LTDS) dos materiais utilizados no projeto.

Tabela 1. Elementos de reforço e obtenção de sua resistência de projeto a longo prazo.

Geogrelha	T_{ULTMD} (kN/m)	RF_{CR}	RF_{ID}	RF_D	LTDS (kN/m)
WG 300®	300	1,63	1,12	1,05	156,5
WG 400®	400	1,63	1,12	1,05	208,7

Fonte: Maccaferri (2010)

A avaliação da estabilidade interna de cada bloco da estrutura de contenção foi realizada por meio do *software Macstar 4.0.*

2.2.1 Análise de Estabilidade à Ruptura do Elemento de Reforço

A análise de estabilidade à ruptura por tração tem como objetivo verificar se a resistência última do reforço é suficiente para suportar os esforços de tração impostos pela estrutura do aterro e pelas sobrecargas consideradas, sendo que quando a força solicitante no reforço excede sua resistência disponível à tração, ocasiona a falha do elemento por cisalhamento das fibras.

A verificação consiste na comparação entre a tensão de tração máxima solicitante ($T_{máx}$) e a resistência à tração de cálculo disponível do reforço ($T_{disponível}$) para cada camada da geogrelha. A Equação 2 apresenta a equação adotada para determinação do $T_{máx}$:

$$T_{máx} = (\sigma' \cdot Ka - 2 \cdot c' \cdot (Ka)^{0,5}) \cdot (z_n - z_{n-1}) \quad (2)$$

Em que:

$T_{máx}$= tensão máxima solicitante no reforço (kN); σ' = tensão efetiva normal ao reforço (kPa); Ka = coeficiente de empuxo ativo (adimensional); c'= coesão efetiva do solo do aterro (kPa); z_n = profundidade da camada "n" (m).

2.2.2. Análise de Estabilidade ao Arrancamento

A análise de estabilidade ao arrancamento tem por finalidade assegurar que o comprimento de reforço situado além da superfície potencial de ruptura seja suficiente para resistir aos esforços de tração transmitidos pelo maciço de solo. O mecanismo de arrancamento ocorre quando o reforço é deslocado por não dispor de comprimento ancorado capaz de mobilizar resistência por atrito solo-geogrelha.

Para esta verificação, o comprimento total de inclusão é dividido em duas etapas, o comprimento de ancoragem, inserido na zona resistente (Le) e o comprimento inserido na zona ativa (Lr). O comprimento Lr pode ser obtido através da seguinte equação 4:

$$Lr = (H - z) \cdot \left[tan\left(45° - \frac{\theta}{2}\right) - tg(\beta)\right] \quad (4)$$

Em que:

H = altura da estrutura (m); z = profundidade da camada analisada, medida a partir do topo da estrutura (m); θ = ângulo de atrito interno do solo do aterro (°); β = inclinação do talude em relação à horizontal (°).

O comprimento Le é encontrado estimando-se o fator de segurança a ser considerado no cálculo, conforme a equação 5:

$$Le = \frac{S_v . \sigma h . FS}{2 . (\gamma . z . \tan(\delta))} \quad (5)$$

Em que:

Sv = espaçamento vertical entre reforços (m); γ = peso específico do solo que compõe o aterro reforçado (kN/m³); z = profundidade da camada analisada, medida a partir do topo da estrutura (m); δ = coeficiente de atrito entre o solo e a inclusão (°); σh = tensão total horizontal na profundidade considerada (kPa).

Sendo que a tensão total horizontal pode ser calculada conforme a equação 6:

$$\sigma h = (K_a . \gamma . z) + (K_a . q) \quad (6)$$

Em que:

Ka = coeficiente de empuxo ativo (adimensional); γ = peso específico do solo que compõe o aterro reforçado (kN/m³); z = profundidade da camada analisada, medida a partir do topo da estrutura (m); q = sobrecarga (kN/m).

Por fim, o empuxo ativo foi calculado com a fórmula 7, conforme a Teoria de Rankine de 1857.

$$Ka = tg^2\left(45° - \frac{\theta}{2}\right) \quad (7)$$

Em que:

θ = ângulo de atrito interno que compõe o aterro reforçado;

2.3 Estratigrafia e Parâmetros Geotécnicos Adotados

O perfil geológico-geotécnico da seção foi definido com base nos resultados das sondagens realizadas próxima ao talude analisado. Com relação ao lençol freático, não foi encontrado nível de água nas sondagens. O canal de adução é revestido com manta PEAD, dessa forma, também não há nível d'água no talude em condições adequada de operação.

Os parâmetros de resistência adotados para os materiais presentes na estratigrafia foram definidos com base nas sondagens realizadas na região e retroanálise de uma ruptura ocorrida próximo da região de estudo. Os parâmetros utilizados nas análises de estabilidade são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de Resistencia Adotados.

Material Geotécnico	γ (kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Aterro	18	10	30
Solo residual maduro	17	10	25
Solo residual jovem	18	20	30
Saprólito	18	25	32
Rocha sã granítica	27	500	50

2.4 Fatores de Segurança Mínimos

A norma brasileira NBR 11682:2009 apresenta os requisitos a serem atendidos para estabilidade de encostas e de taludes. Para o fator de segurança mínimo de ruptura interna ou global deve-se avaliar o nível de

segurança contra perdas de vidas humanas e danos materiais e ambientais. Para a situação do empreendimento, o nível contra vida humana foi adotado como alto devido à população a jusante do canal de adução e, contra danos materiais e ambientais foi adotado alto, resultando, assim, em um fator de segurança mínimo de 1,50.

A NBR 16920-1:2021 estabelece os fatores de segurança mínimos a serem atendidos para aterros em solos reforçados. O fator de segurança mínimo para a verificação de segurança referente ao tombamento e a capacidade de carga da fundação é igual a 2,00 e, para as condições de deslizamento da base, ruptura estrutural e arrancamento do reforço é igual a 1,50.

Com relação à situação de condição provisória, o fator de segurança mínimo foi de 1,30, de acordo com Eletrobrás (2003), que também foi o valor mínimo considerado para a condição excepcional.

2.5 Características da solução empregada

As definições de geometria foram realizadas com base na topografia objetivando a melhor utilização dos recursos. Os blocos se referem a distinção de altura do segmento do sistema de reforço e para análise de estabilidade interna, essa divisão é unicamente didática, o muro de contenção se comporta como uma estrutura monolítica.

Os blocos 1 e 2 possuem 3,0 m, o bloco 3 possui 2,5 m e os blocos 4 e 5 possuem 4,0 m de altura. Todos com inclinação da face de 2º. O Terramesh System® possui 4,0 metros de comprimento e 2,0 m de largura, sendo que para os blocos 1 ao 3 a altura é da caixa é de 0,5 m e para os blocos 4 e 5 é 1,0 m. O comprimento definido das geogrelhas foi de 12 m. Para o bloco 1, foi considerada a geogrelha WG40® com espaçamento vertical de 0,5 m. Para os demais blocos a WG30®, com espaçamento de 1,0 m, com exceção do bloco 2, com espaçamento de 0,5 m. Por tanto, a contenção resultou em 16,5 m de altura.

Visando recompor a geometria do canal e atingir a elevação necessária da margem direita do canal, foi considerado um aterro com inclinação de 1V:1,5H e 5,4 m de altura apoiado na região superior da contenção.

3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ESTABILIDADE

3.1 Resultados da Estabilidade Interna

A Tabela 3 apresenta resultados obtidos nas análises de estabilidade à ruptura dos elementos de reforço. Observa-se que os fatores de segurança à ruptura obtidos atenderam os requisitos mínimos (FS≥1,5) para todas as camadas, confirmando que os elementos de reforço especificados para cada camada apresentam capacidade resistente suficiente para suportar as solicitações atuantes.

Tabela 3. Análise de estabilidade interna quanto à ruptura dos elementos de reforço

Camada	Espaçamento s (m)	Profundidade z (m)	σv estático (kN/m)	$T_{máx}$ (kN/m)	Geogrelha adotada	$T_{disponível}$ (kN/m)	FS à ruptura da geogrelha
1	1,00	1,00	128,00	31,12	WG 300	156,50	5,03
2	1,00	2,00	146,00	37,12	WG 300	156,50	4,22
3	1,00	3,00	164,00	43,12	WG 300	156,50	3,63
4	1,00	4,00	182,00	49,12	WG 300	156,50	3,19
5	1,00	5,00	200,00	55,12	WG 300	156,50	2,84
6	1,00	6,00	218,00	61,12	WG 300	156,50	2,56
7	1,00	7,00	236,00	67,12	WG 300	156,50	2,33
8	1,00	8,00	254,00	73,12	WG 300	156,50	2,14
9	0,50	8,50	263,00	38,06	WG 300	156,50	4,11
10	1,00	9,50	281,00	82,12	WG 300	156,50	1,91
11	1,00	10,50	299,00	88,12	WG 300	156,50	1,78
12	0,50	11,00	308,00	45,56	WG 300	156,50	3,44
13	0,50	11,50	317,00	47,06	WG 300	156,50	3,33
14	0,50	12,00	326,00	48,56	WG 300	156,50	3,22
15	0,50	12,50	335,00	50,06	WG 300	156,50	3,13
16	0,50	13,00	344,00	51,56	WG 300	156,50	3,04
17	0,50	13,50	353,00	53,06	WG 300	156,50	2,95
18	0,50	14,00	362,00	54,56	WG 400	208,67	3,82
19	0,50	14,50	371,00	56,06	WG 400	208,67	3,72
20	0,50	15,00	380,00	57,56	WG 400	208,67	3,63
21	0,50	15,50	389,00	59,06	WG 400	208,67	3,53
22	0,50	16,00	398,00	60,56	WG 400	208,67	3,45
23	0,50	16,50	407,00	62,06	WG 400	208,67	3,36

Os resultados obtidos nas verificações de estabilidade à ruptura do sistema de solo reforçado para os blocos 01 a 05 estão apresentados na Figura 1. Observa-se que os fatores de segurança à ruptura interna obtidos atenderam o fator de segurança mínimo de 1,5 para cada bloco analisado, sendo FS de 2,26, 2,25, 2,00, 2,15 e 2,18 respectivamente.

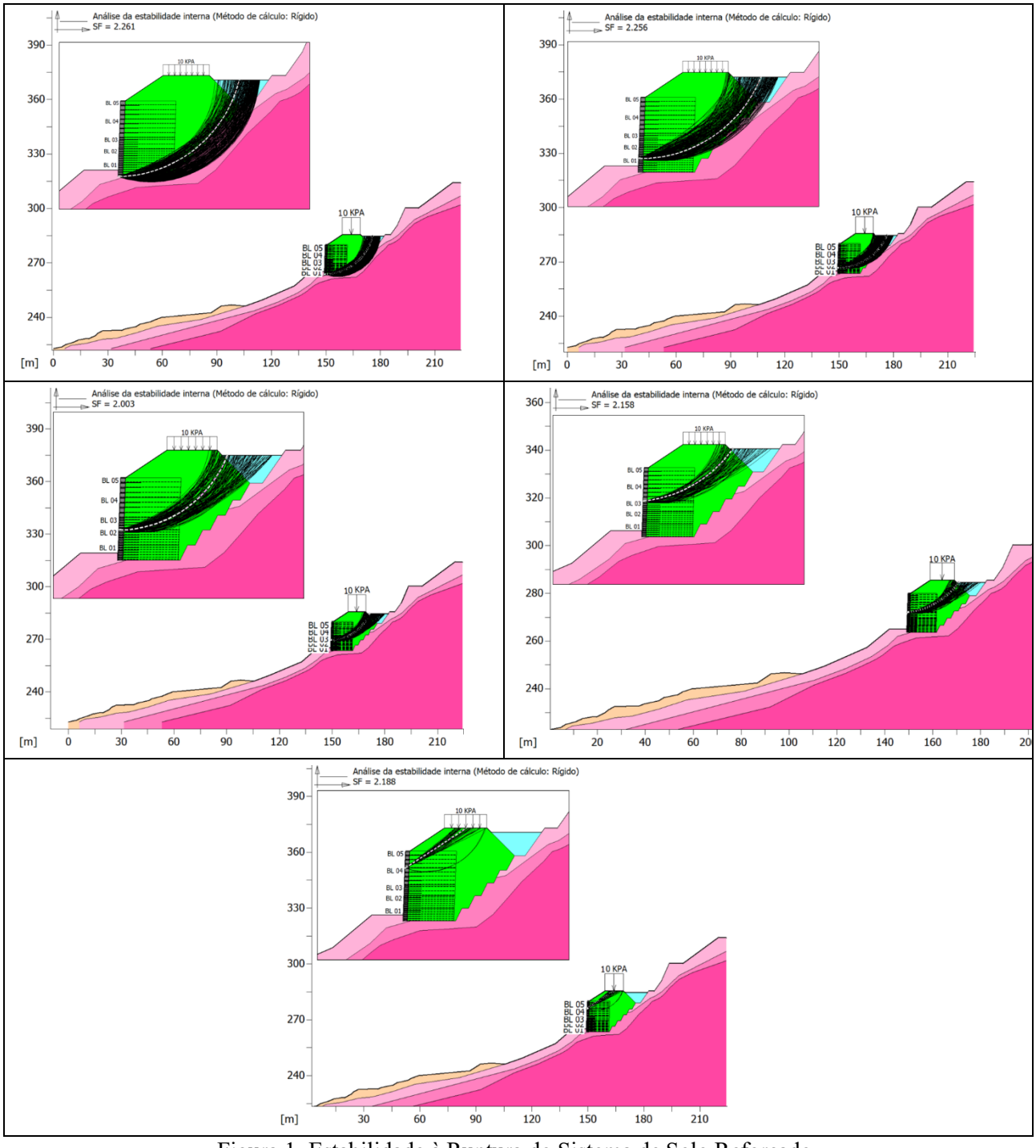


Figura 1. Estabilidade à Ruptura do Sistema de Solo Reforçado.

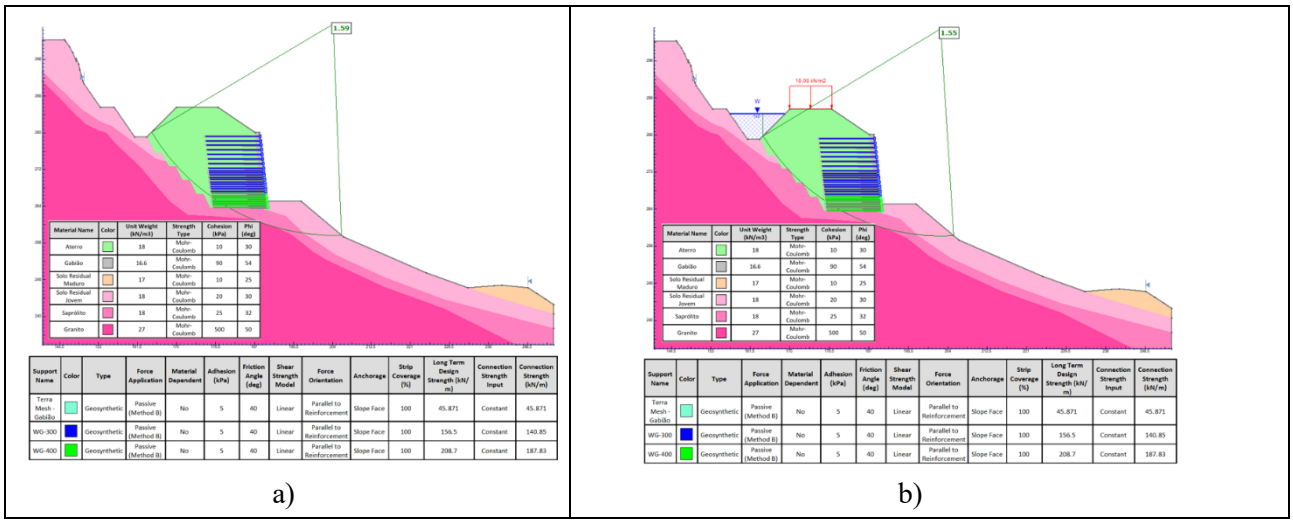
Em relação a análise de estabilidade do reforço quanto ao arrancamento, obtida pela interação solo-reforço, apresentados na Tabela 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, conclui-se que o reforço está estável em toda sua profundidade, pois a resistência ao arrancamento é superior à tensão máxima atuante nos esforços.

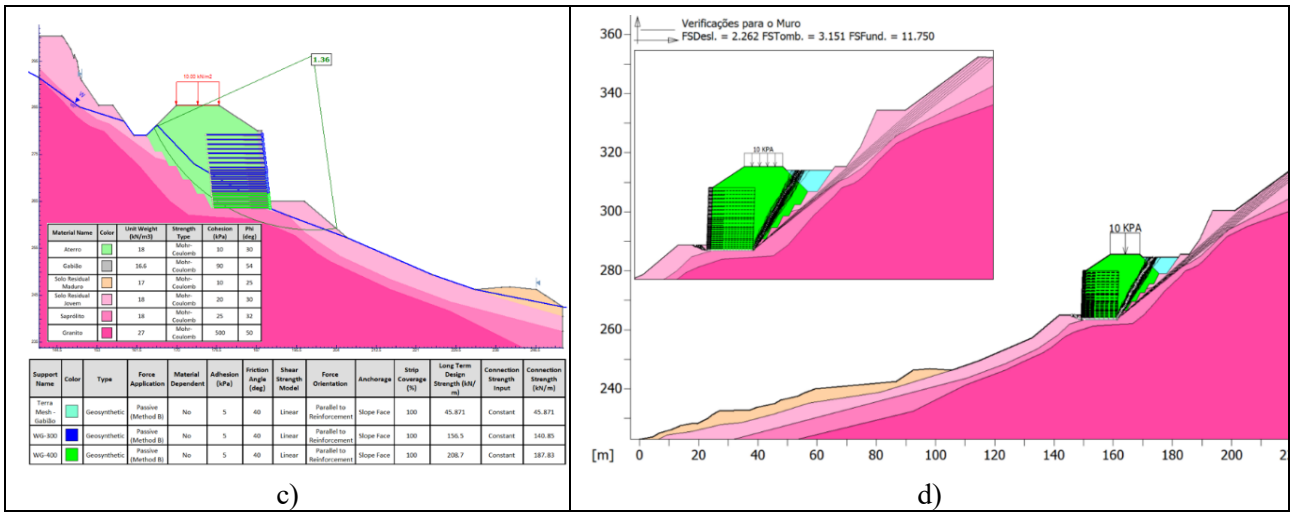
Tabela 4. Análises de estabilidade interna quanto ao arrancamento elementos de reforço

H (m)	reforço	z (m)	Beta (°)	Ø' (°)	Lr (m)	q (kPa)	Ka [tg²(45-Ø/2)]	σh	peso específico (kN/m³)	δ (°)	Sv (m)	FS	Le necessário para FS = 1,5 (m)	Lt necessário para FS = 1,5 (m)	Lt definido (m)	Le definido (m)	FS para L=12
	1,00	1,00			7,32			42,67		22,50	1,00		4,29	11,61	12,00	4,68	1,64
	2,00	2,00			6,85			48,67		22,50	1,00		2,45	9,30	12,00	5,15	3,16
	3,00	3,00			6,38			54,67		22,50	1,00		1,83	8,21	12,00	5,62	4,60
	4,00	4,00			5,90			60,67		22,50	1,00		1,53	7,43	12,00	6,10	5,99
	5,00	5,00			5,43			66,67		22,50	1,00		1,34	6,77	12,00	6,57	7,35
	6,00	6,00			4,96			72,67		22,50	1,00		1,22	6,18	12,00	7,04	8,67
	7,00	7,00			4,49			78,67		22,50	1,00		1,13	5,62	12,00	7,51	9,97
	8,00	8,00			4,01			84,67		22,50	1,00		1,06	5,08	12,00	7,99	11,25
	9,00	8,50			3,78			87,67		22,50	0,50		0,52	4,30	12,00	8,22	23,77
	10,00	9,50			3,31			93,67		22,50	1,00		0,99	4,30	12,00	8,69	13,15
	11,00	10,50			2,83			99,67		22,50	1,00		0,95	3,79	12,00	9,17	14,40
16,50	12,00	11,00	6,00	30,00	2,60	110,00	0,33	102,67	18,00	22,50	0,50	1,50	0,47	3,07	12,00	9,40	30,04
	13,00	11,50			2,36			105,67		22,50	0,50		0,46	2,82	12,00	9,64	31,29
	14,00	12,00			2,13			108,67		22,50	0,50		0,46	2,58	12,00	9,87	32,52
	15,00	12,50			1,89			111,67		22,50	0,50		0,45	2,34	12,00	10,11	33,75
	16,00	13,00			1,65			114,67		22,50	0,50		0,44	2,10	12,00	10,35	34,99
	17,00	13,50			1,42			117,67		22,50	0,50		0,44	1,86	12,00	10,58	36,21
	18,00	14,00			1,18			120,67		22,50	0,50		0,43	1,61	12,00	10,82	37,44
	19,00	14,50			0,94			123,67		22,50	0,50		0,43	1,37	12,00	11,06	38,66
	20,00	15,00			0,71			126,67		22,50	0,50		0,42	1,13	12,00	11,29	39,88
	21,00	15,50			0,47			129,67		22,50	0,50		0,42	0,89	12,00	11,53	41,10
	22,00	16,00			0,24			132,67		22,50	0,50		0,42	0,65	12,00	11,76	42,31
	23,00	16,50			0,00			135,67		22,50	0,50		0,41	0,41	12,00	12,00	43,53

3.2 Resultados da Estabilidade Externa

A Figura 2 apresenta a análise de estabilidade global do talude do com o tratamento de estabilização proposto. Para a condição de final de construção (Figura 2a), com o canal ainda vazio, o fator de segurança obtido foi de 1,59, maior que o mínimo requerido de 1,3. Para a condição de operação, considerando o enchimento do canal e a carga de 10 kPa no aterro referente ao tráfego de veículos pequenos, o FS foi de 1,55 (Figura 2b). Para a condição excepcional, considerando rompimento da manta PEAD do canal e falha do sistema de drenagem interna da estrutura, assim, com a presença de água no talude e considerando ainda a carga aplicada no acesso, obteve-se FS de 1,36 (Figura 2c) acima do mínimo adotado que para esse caso é de 1,3. Para a condição de operação (Figura 2d), obteve-se FS deslizamento de 2,26, para tombamento um FS de 3,15 e capacidade da fundação FS de 11,75, todos acima do fator de segurança mínimo requerido pela norma.





c) d)

Figura 2: Resultado análise de estabilidade externa: a) Condição provisória final de construção; b) Condição de operação; c) Condição de excepcional; d) Deslizamento, tombamento e capacidade da fundação

4 CONCLUSÕES

Para restabelecer a estabilidade e garantir a integridade da margem, visando superar a alta declividade do terreno, adotou-se uma solução de contenção em solo reforçado do tipo Terramesh System® associado a geogrelhas de alta resistência, combinando materiais geotécnicos compactados de forma controlada com elementos manufaturados de reforço e revestimento metálico.

Os cálculos de dimensionamento e das análises de estabilidade realizadas demonstram que a solução adotada apresenta desempenho satisfatório frente aos requisitos normativos e às condições geotécnicas e hidráulicas locais.

As verificações contemplaram as análises de estabilidade global, interna e externa, considerando os diferentes cenários de atuação. O primeiro cenário de final de construção da contenção, com o canal de adução ainda vazio. O segundo cenário foi referente a operação normal da usina, considerando o nível de água normal do canal e o carregamento dos veículos de operação no aterro acima da contenção. E por fim, o cenário de condição excepcional, considerando a ruptura da manta PEAD do canal e a saturação parcial do aterro. Em todas as situações avaliadas, os fatores de segurança obtidos foram superiores aos valores mínimos recomendados pelas normas ABNT NBR 11682:2009, ABNT NBR 16920-1:2021 e pelas diretrizes da Eletrobrás (2003), assegurando a estabilidade e funcionalidade da estrutura durante sua vida útil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a G5 Engenharia pela possibilidade de realização deste estudo e a Maccaferri® pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009). NBR 11682. Estabilidade de encostas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2021). NBR 11902. Estabilidade de encostas.

Eletrobrás (2003). Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas, 2ª edição.

Maccaferri (2010). Catálogo MacGrid® WG. Características técnicas.

Maccaferri. Critério Gerais para Projetos, Especificações e Aplicações de Geossintéticos Manual Técnico.

Macstars 4.0 (2000). *Stability Analysis of Reinforced Slopes*. Guia para Elaboração de Projetos.