



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES EEEFM PROFESSOR PEDRO SIMÃO

MEMÓRIA DE CÁLCULO

2026



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



1. INTRODUÇÃO.....	4
2. NORMAS APLICÁVEIS.....	4
2.1. ABNT.....	4
2.2. MET – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO.....	4
3. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO	4
3.1. CLASSE DE AGRESSIVIDADE	4
3.2. MATERIAIS	4
3.3. PESO ESPECÍFICO.....	5
3.4. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	5
3.4.1. SOLO GRAMPEADO SG-01 – SP-04	11
3.4.2. SOLO GRAMPEADO SG-02 – SP-02	12
3.4.3. SOLO GRAMPEADO SG-03/SG-04 – SP-03	12
3.5. CARREGAMENTO	13
3.6. SOFTWARE UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO	13
3.7. CRITÉRIO DE PROJETO.....	13
4. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-01	14
4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
4.1.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	14
4.1.2. RESISTÊNCIA LATERAL DO GRAMPO COM O SOLO	15
4.1.3. DETERMINAÇÃO DO TIPO DE GRAMPO	16
4.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE	16
5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-02	22
5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	22
5.1.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	22
5.1.2. RESISTÊNCIA LATERAL DO GRAMPO COM O SOLO	22
5.1.3. DETERMINAÇÃO DO TIPO DE GRAMPO	23
5.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE	24
6. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-03	31
6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	31
6.1.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	31
6.1.2. RESISTÊNCIA LATERAL DO GRAMPO COM O SOLO	31
6.1.3. DETERMINAÇÃO DO TIPO DE GRAMPO	32



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



6.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE	33
7. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-04	40
7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	40
7.1.1. PRÉ-DIMENSIONAMENTO	40
7.1.2. RESISTÊNCIA LATERAL DO GRAMPO COM O SOLO	40
7.1.3. DETERMINAÇÃO DO TIPO DE GRAMPO	41
7.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE	42



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



1. INTRODUÇÃO

O presente documento tem por finalidade apresentar os critérios e conceitos a serem utilizados para o dimensionamento das estruturas de contenções da EEEFM Professor Pedro Simão, localizada na Rua Celso Luís Barbosa, S/N, Charqueada, município de Alegre, ES.

2. NORMAS APLICÁVEIS

2.1. ABNT

- NBR-5629:2006 - Execução de Tirantes Acorados no Terreno.
- NBR-6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- NBR-6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.
- NBR-6122:2019 – Projeto e execução de fundações.
- NBR-7188:2013 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.
- NBR 8681:2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.
- NBR-11682:2009 – Estabilidade de taludes.

2.2. MET – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO

- NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI;
- NR 16 – Atividades e operações perigosas;
- NR 21 – Trabalho a Céu Aberto;

3. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO

3.1. CLASSE DE AGRESSIVIDADE

Classe de agressividade ambiental III conforme a NBR 6118.

3.2. MATERIAIS

- **Concreto Estrutural (C30):** $f_{ck}=30 \text{ MPa} / E_{cs}=26.991 \text{ MPa}$.
- Coeficiente de Minoração da Resistência: $\gamma_c = 1,4$.
- Abertura de Fissuras: $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$.
- Cobrimento da Armadura: $5,0 \text{ cm}$.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



- Fator água cimento $A/C \leq 0,50$
- Aço CA-50 / CA-60
 - Resistência Característica ao Escoamento CA-50 $f_{yk} = 500 \text{ MPa.}$
 - Resistência Característica ao Escoamento CA-60 $f_{yk} = 600 \text{ MPa.}$
 - Módulo de Elasticidade $E_s = 210.000 \text{ MPa.}$
 - Coeficiente de Minoração da Resistência $\gamma_s = 1,15$

3.3. PESO ESPECÍFICO

- Concreto Estrutural = $25,00 \text{ kN/m}^3$;
- Concreto Simples = $24,00 \text{ kN/m}^3$;
- Alvenaria de blocos cerâmico = $13,00 \text{ kN/m}^3$;
- Alvenaria de blocos de concreto = $22,00 \text{ kN/m}^3$;
- Água = $10,00 \text{ kN/m}^3$;
- Solo = $18,00 \text{ kN/m}^3$.

3.4. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Para determinação dos parâmetros geotécnicos do solo foram utilizados os boletins da campanha de sondagem realizada em 2020 para o projeto de ampliação da EEEFM Professor Pedro Simões. Foram executados 6 furos conforme planta de locação (Figura 1). Para as análises de estabilidade serão utilizados os furos SP-02, SP-03 e SP-04.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Figura 1 – Locação dos furos de sondagem – EEEFM Professor Pedro Simões.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



ÍCONE ESTUDOS E SONDAGENS LTDA ME										CLIENTE: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU)			
CNPJ: 15.064.293/0001-48										Obra: EEEFM PROFESSOR PEDRO SIMÃO			
Av. Eudes Scherrer de Souza 975 - Ed. Ative - Sala 705 - Parque Resid. Laranjeiras - Serra - ES CEP: 29165-032 Tel.: (027) 3238-9035 (027) 99941-4453 email: icone@iconeprojetos.eng.br										Local: Rua Camosina Dias do Nascimento, s/nº - Clério Moulin - Alegre - ES			
										Contrato: 108/2019			
Revestimento	Método cravação	Cota relação RN	Cota do NA	Amostras	Índice de SPT Iniciais 15cm	Índice de SPT Iniciais 30cm	Índice de SPT finais 45cm	Amostras	Prof. Camadas	RELATÓRIO DE SONDAGEM		Nº 2663	
										FURO SPT	2	COTA	0,00
										SPT - Standard Penetration Test			
										Camadas - Classificação dos Solos			
2				1	TRADO			1,00		SILTE ARGILOSO, RÍO A DURO, COR VARIEGADA			
					1,48	5	7						8
					2,48	5	8	9					
					3,48	5	9	10					
					4,48	6	10	13					
					5,48	6	9	12					
					6,48	7	9	12					
					7,48	7	10	13					
					8,48	8	12	14					
					9,48	9	12	15					
					10,48	27	30						
					11,48	16	15	20/3					
					12,48								
					13,48								
					14,48								
					15,48								
					16,48								
					17,48								
					18,48								
					19,48								
					20,48								
					21,48								
					22,48								
					23,48								
					24,48								
					25,48								
					26,48								
					27,48								
					28,48								
					29,48								
					30,48								
					31,48								
					32,48								
					33,48								
					34,48								
NÍVEL D'ÁGUA		DATA		HORA		PARALISAÇÃO				Data da Execução			
SECO		06/05/2020		7:35		SONDAGEM PARALISADA AOS 11,36m IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO (ROCHA OU MATAÇÃO)				Início	05/05/2020		
										Término	05/05/2020		
OBS:													
Sondador: IVANILDO				Engº: Rojaira S. Coutinho				FLs: 02/06					

Figura 2 – Boletim de sondagem SP-02 – EEEFM Professor Pedro Simões.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



ÍCONE ESTUDOS E SONDAJENS LTDA ME										Cliente: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU)			
CNPJ: 15.064.293/0001-48										Obra: EEEFM PROFESSOR PEDRO SIMÃO			
Av. Eudes Scherrer de Souza 975 - Ed. Ative - Sala 705 - Parque Resid. Laranjeiras - Serra - ES CEP: 29165-032 Tel: (027) 3238-9035 (027) 99941-4453 email: icone@iconeprojetos.eng.br										Local: Rua Carmosina Dias do Nascimento, s/nº - Clério Moulin - Alegre - ES			
										Contrato: 108/2019			
Revestimento	Método cravação	Cota relação RN	Cota do NA	Amostras	Índice de SPT Iniciais 15cm	Índice de SPT Iniciais 30cm	Índice de SPT finais 45cm	Amostras	Prof. Camadas	RELATÓRIO DE SONDAGEM		Nº 2664	
										FURO SPT	3	COTA	0,00
SPT - Standard Penetration Test										Camadas - Classificação dos Solos			
2					TRADO				1,00				
					1	4	6						8
					1,45								
					2,45	5	7	7					
					3,45	5	7	8					
					4,45	5	6	9					
					5,45	6	8	10		5,80			
					6,45	6	8	11					
					7,45	7	10	12					
					8,45	8	10	13					
					9,45	9	11	14					
					10,45	10	12	15					
					11,45	10	12	14					
					12,45	10	13	14					
					13,45	11	13	15					
					14,45	12	14	15		15,00			
					15,45								
					16,45								
					17,45								
					18,45								
					19,45								
					20,45								
					21,45								
					22,45								
					23,45								
					24,45								
					25,45								
					26,45								
					27,45								
					28,45								
					29,45								
					30,45								
					31,45								
					32,45								
					33,45								
					34,45								
NÍVEL D'ÁGUA		DATA		HORA		PARALISAÇÃO				Data da Execução			
SECO		06/05/2020		7:50		SONDAGEM PARALISADA AOS 15,00m CONFORME SOLICITAÇÃO DA CONTRATANTE				Início	04/05/2020		
										Término	05/05/2020		
OBS:													
Sondador: IVANILDO				Engº: Rojaira S. Coutinho				FLs: 03/06					

Figura 3 – Boletim de sondagem SP-03 – EEEFM Professor Pedro Simões.

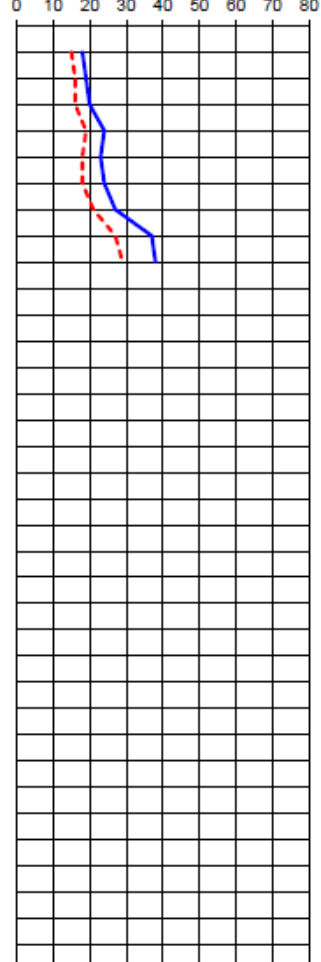
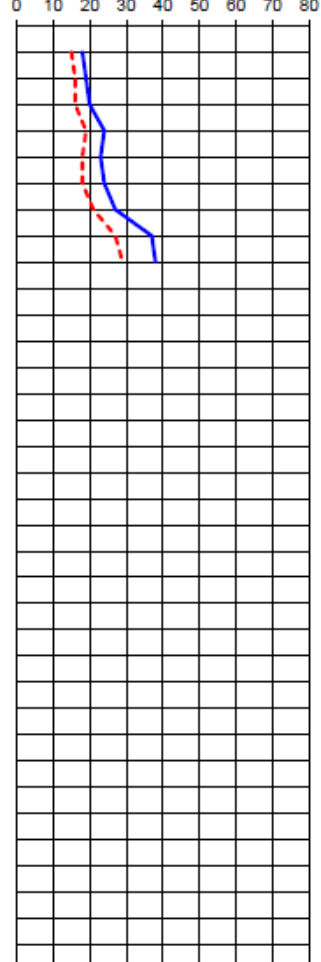
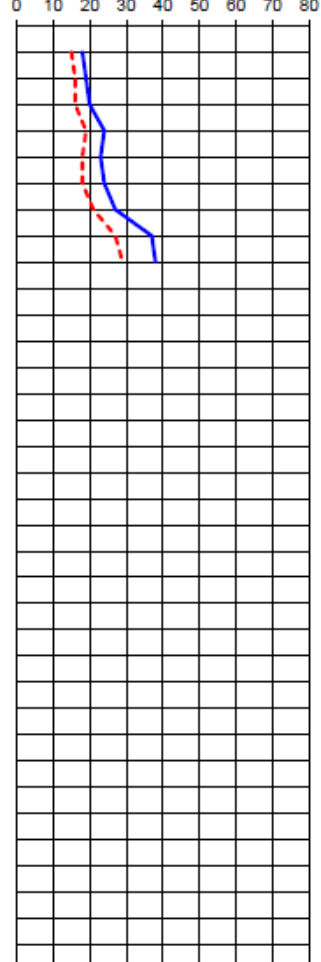
 ÍCONE ESTUDOS E SONDAENS LTDA ME CNPJ : 15.064.293/0001-48 Av. Eudes Scherrer de Souza 975 - Ed. Ative - Sala 705 - Parque Res. Laranjeiras - Serra - ES CEP : 29165-032 Tel.: (027) 3238-9035 (027) 99941-4433 email: icone@iconeprojetos.eng.br										Cliente: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU) Obra: EEEFM PROFESSOR PEDRO SIMÃO Local: Rua Carmosina Dias do Nascimento, s/nº - Clério Moulin - Alegre - ES Contrato: 108/2019																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>Revestimento</td> <td>Método cravado</td> <td>Cota relação RN</td> <td>Cota do NA</td> <td>Amostras</td> <td>Índice de SPT iniciais 15cm</td> <td>Índice de SPT iniciais 30cm</td> <td>Índice de SPT finais 45cm</td> <td>Amostras</td> <td>Prof. Camadas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>-5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7,80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9,55</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-35</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Revestimento	Método cravado	Cota relação RN	Cota do NA	Amostras	Índice de SPT iniciais 15cm	Índice de SPT iniciais 30cm	Índice de SPT finais 45cm	Amostras	Prof. Camadas	2		-5							1,00			-10							7,80			-15							9,55			-20										-25										-30										-35								<table border="1"> <tr> <th colspan="2">RELATÓRIO DE SONDAAGEM</th> <th>Nº 2665</th> </tr> <tr> <td>FURO SPT</td> <td>4</td> <td>COTA 0,00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">SPT - Standart Penetration Test</td> <td>30cm Finais</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Camadas - Classificação dos Solos</td> <td>30cm Iniciais</td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="2"> SILTE ARGILOSO, RIO A DURO, COR VERMELHA ALTERAÇÃO DE ROCHA </td> <td>  </td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>										RELATÓRIO DE SONDAAGEM		Nº 2665	FURO SPT	4	COTA 0,00	SPT - Standart Penetration Test		30cm Finais	Camadas - Classificação dos Solos		30cm Iniciais	SILTE ARGILOSO, RIO A DURO, COR VERMELHA ALTERAÇÃO DE ROCHA			
Revestimento	Método cravado	Cota relação RN	Cota do NA	Amostras	Índice de SPT iniciais 15cm	Índice de SPT iniciais 30cm	Índice de SPT finais 45cm	Amostras	Prof. Camadas																																																																																																										
2		-5							1,00																																																																																																										
		-10							7,80																																																																																																										
		-15							9,55																																																																																																										
		-20																																																																																																																	
		-25																																																																																																																	
		-30																																																																																																																	
		-35																																																																																																																	
RELATÓRIO DE SONDAAGEM		Nº 2665																																																																																																																	
FURO SPT	4	COTA 0,00																																																																																																																	
SPT - Standart Penetration Test		30cm Finais																																																																																																																	
Camadas - Classificação dos Solos		30cm Iniciais																																																																																																																	
SILTE ARGILOSO, RIO A DURO, COR VERMELHA ALTERAÇÃO DE ROCHA																																																																																																																			
<table border="1"> <tr> <td>NÍVEL D'ÁGUA</td> <td>DATA</td> <td>HORA</td> <td>PARALISAÇÃO</td> <td colspan="2">Data da Execução</td> </tr> <tr> <td>SECO</td> <td>08/05/2020</td> <td>7:20</td> <td>SONDAGEM PARALISADA AOS 9,58m IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO (ROCHA OU MATAÇÃO)</td> <td>Início</td> <td>07/05/2020</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Término</td> <td>07/05/2020</td> </tr> </table>										NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PARALISAÇÃO	Data da Execução		SECO	08/05/2020	7:20	SONDAGEM PARALISADA AOS 9,58m IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO (ROCHA OU MATAÇÃO)	Início	07/05/2020					Término	07/05/2020	OBS:																																																																																							
NÍVEL D'ÁGUA	DATA	HORA	PARALISAÇÃO	Data da Execução																																																																																																															
SECO	08/05/2020	7:20	SONDAGEM PARALISADA AOS 9,58m IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO (ROCHA OU MATAÇÃO)	Início	07/05/2020																																																																																																														
				Término	07/05/2020																																																																																																														
Sondador: IVANILDO										Engº: Rojaira S. Coutinho										FLs: 04/06																																																																																															

Figura 4 – Boletim de sondagem SP-04 – EEEFM Professor Pedro Simões.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Os parâmetros calculados em função no número N_{SPT} para cada local foram a tensão admissível e o coeficiente de recalque vertical, determinados pelas seguintes equações:

$$\sigma_{adm} = N_{SPT}/5 = \text{kgf/cm}^2 \text{ (Alonso 1989)}$$

Para a interação solo estrutura o coeficiente de recalque vertical será determinado pela relação empírica de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996).

$$s = 0.2SPT_{\text{médio}} (\text{kgf/cm}^2)$$

Os parâmetros comuns adotados para todas as estruturas são peso específico ($\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$) e coeficiente de empuxo determinado pela equação abaixo, considerado o ângulo de atrito $\varphi = 30^\circ$:

$$K = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi^2/2) = \text{tg}^2(45^\circ - 30^\circ/2) = 0,333$$

Os parâmetros calculados em função no número N_{SPT} para cada local foram a tensão admissível e o coeficiente de recalque vertical, determinados pelas seguintes equações:

Os parâmetros geotécnicos necessários para a análise de estabilidade são:

- Peso específico γ (kN/m^3);
- Ângulo de atrito ϕ' ($^\circ$);
- Coesão c' (kPa)

Estes parâmetros serão determinados através de correlações com o número N_{SPT} e tipo de solo e estrutura. A Figura 5 apresenta a planilha de correlações para a camada de argila arenosa rija dura cujo $N_{SPT\text{médio}} = 23$.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



			SPT	23								
			Módulo de Deformabilidade (MPa)				Ângulo de Atrito (°)			Coesão de Intercepto (kPa)		
N	Tipo de Solo	Descrição	qc (kPa)	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio
1	Areia	Compacto	23000	46,0	92,0	69,0	33	40	36	10	24	17
2	Areia siltosa	Compacto	18400	36,8	73,6	55,2	32	39	36	11	25	18
3	Areia silto-argilosa	Compacto	16100	32,2	64,4	48,3	32	39	35	11	25	18
4	Areia argilosa	Compacto	13800	27,6	55,2	41,4	31	38	34	11	25	18
5	Areia argilo-siltosa	Compacto	11500	23,0	46,0	34,5	30	37	34	11	26	18
6	Silte	Duro	9200	36,8	55,2	46,0	30	37	33	22	52	37
7	Silte arenoso	Compacto	12650	50,6	75,9	63,3	31	38	35	22	50	36
8	Silte areno-argiloso	Compacto	10350	41,4	62,1	51,8	31	38	34	22	51	37
9	Silte argiloso	Duro	5290	21,2	31,7	26,5	29	35	32	23	53	38
10	Silte argilo-arenoso	Duro	5750	23,0	34,5	28,8	30	36	33	23	53	38
11	Argila	Duro	4600	27,6	36,8	32,2	27	34	30	32	74	53
12	Argila arenosa	Duro	8050	48,3	64,4	56,4	30	36	33	30	70	50
13	Argila areno-siltosa	Duro	6900	41,4	55,2	48,3	29	35	32	31	72	51
14	Argila siltosa	Duro	5060	30,4	40,5	35,4	28	34	31	31	73	52
15	Argila silto-arenosa	Duro	7590	45,5	60,7	53,1	29	36	32	30	71	51



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



3.4.2. Solo Grampeado SG-02 – SP-02

a) Silte argiloso rija a dura $N_{SPT_{medio}} = 19$

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 31^\circ$;
- $c' = 32 \text{ kPa}$

b) Silte arenoso muito compacto $N_{SPT_{medio}} = 25$

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 38^\circ$;
- $c' = 31 \text{ kPa}$

c) Aterro compactado

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 25^\circ$;
- $c' = 44 \text{ kPa}$

3.4.3. Solo Grampeado SG-03/SG-04 – SP-03

a) Silte argiloso rija a dura $N_{SPT_{medio}} = 15$

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 30^\circ$;
- $c' = 26 \text{ kPa}$

b) Silte arenoso muito compacto $N_{SPT_{medio}} = 23$

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 35^\circ$;
- $c' = 36 \text{ kPa}$

c) Aterro compactado

- $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 25^\circ$;
- $c' = 44 \text{ kPa}$



3.5. CARREGAMENTO

a) Cargas Permanente

- Peso próprio dos muros de divisa sobre as contenção;
- Peso próprio do piso pavimentado a montante dos muros;
- Carga da edificação existente considerando $12,00 \text{ kN/m}^2$ por pavimento.

b) Cargas Acidentais

- Sobrecarga = $4,00 \text{ kN/m}^2$.
- Carga de multidão sobre os passeios $5,00 \text{ kN/m}^2$.
- Sobrecarga retangular devido ao tráfego de veículos para estradas vicinais TB-240 veículo de $240,00 \text{ kN}$.

3.6. SOFTWARE UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO

- Geoslope;
- Planilhas próprias do Excel que atendem as normas vigentes.

3.7. CRITÉRIO DE PROJETO

A análise de estabilidade do talude será feita através do software Geoslope. Devido as particularidades do empreendimento, a solução a ser adotada será em cortinas atirantadas. As cortinas serão executadas na face externa preservando o muro existente. Conforme a NBR 11628, o fator de segurança deverá ser maior ou igual a 1,5 para garantir a estabilidade geotécnica.

A figura 5 apresenta a região que necessita de novas estruturas de contenções. Conforme Relatório Técnico da Defesa Civil, levantamento topográfico e visita de campo serão necessário 3 seções típicas de cortina atirantada (verde) e 1 seção de muro de concreto ciclópico (vermelho) e contenções da escada de acesso (azul).

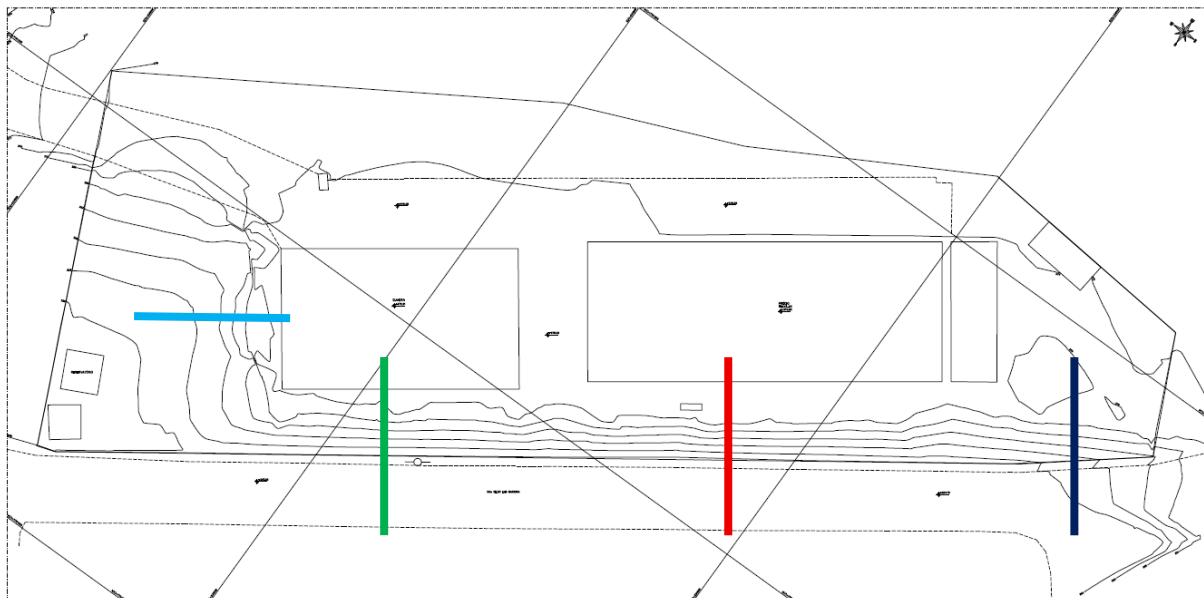


Figura 6 – Região a ser protegida com novos muros de contenções.

4. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-01

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1.1. Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento do espaçamento dos grampos será em função da relação entre a largura e altura conforme tabela a seguir, considerando os grampos injetados.

(Bruce et al., 1986, citado em NGS, 2004)

RELAÇÃO	GRAMPO INJETADO	GRAMPO CRAVADO
L/H	0,5 a 0,8	0,5 a 0,6
$\pi.D.L/Sv.Sh$	0,3 a 0,6	0,6 a 1,1

Na seção mais crítica temos $H = 4,52 \text{ m}$, logo;

$L = 0,5 \text{ a } 0,8 H \rightarrow 2,26 \text{ m a } 3,61 \text{ m}$ adotar $L = 3,00 \text{ m}$



Fazendo $S_V = S_H$ tem-se o espaçamento dos grampos, considerando:

$$D = 0,10m \times 1,2 (20\%) = 0,12m.$$

$$S = \sqrt{\frac{\pi x D x L}{0,3 a 0,6}} = \sqrt{\frac{\pi x 0,12 x 3}{0,6}} = 2,61 m$$

Adotar $S_V = 2,00 m$ e $S_H = 3,00 m$.

4.1.2. Resistência Lateral do Grampo com o Solo

A resistência lateral do grampo com o solo será determinada com o auxílio da tabela a seguir:

Material	Método Construtivo	Tipo de Solo	q_s (kPa)
Solos arenosos	Rotativa Grampos injetados	areia/pedregulho	100-180
		areia siltosa	100-150
		silte	60-75
		colúvio	75-150
	Grampos cravados	areia/pedregulho (raso)	190-240
		areia/pedregulho (profundo)	280-430
		colúvio	100-180
	Trado	aterro de areia siltosa	20-40
		areia fina siltosa	55-90
		areia silto argilosa	60-140
	Jet grouting	areia	380
		areia/pedregulhos	700
Solos finos	Grampos injetados	argila siltosa	35-50
	Grampos cravados	silte argiloso	90-140
	Trado	loess	25-75
		argila mole	20-30
		argila rija	40-60
		silte argiloso rijo	40-60
		argila arenosa (calcária)	90-140

(Elias e Juran, 1991, citado em FHWA, 2003).



Como o solo é predominante silte argiloso rija será adotado entre $90 < q_s < 140$. Será adotado $q_s = 110 \text{ KPa}$.

4.1.3. Determinação do Tipo de Grampo

O grampo será em vergalhão CA-50, cujas cargas de trabalho em função do diâmetro será determinado pela tabela a seguir.

Aço 50	Área (cm ²)	σ_y (MPa)	Carga de Escoamento (kN)	Carga de Trabalho (kN)
10mm	0,79	500	39	25
12,5mm	1,23	500	61	39
16mm	2,01	500	101	65
20mm	3,14	500	157	101
22mm	3,80	500	190	122
25mm	4,91	500	245	158
32mm	8,04	500	402	258

Carga de trabalho:

$$Q = \frac{\text{Carga de Escoamento}}{FS} \times 0,9$$

será adotado $FS = 1,4$.

Será adotado o grampo $\varnothing 20\text{mm}$ cuja carga de trabalho é 101 kN.

4.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A Figura 7 apresenta os dados de entrada do solo grampeado no Geoslope.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

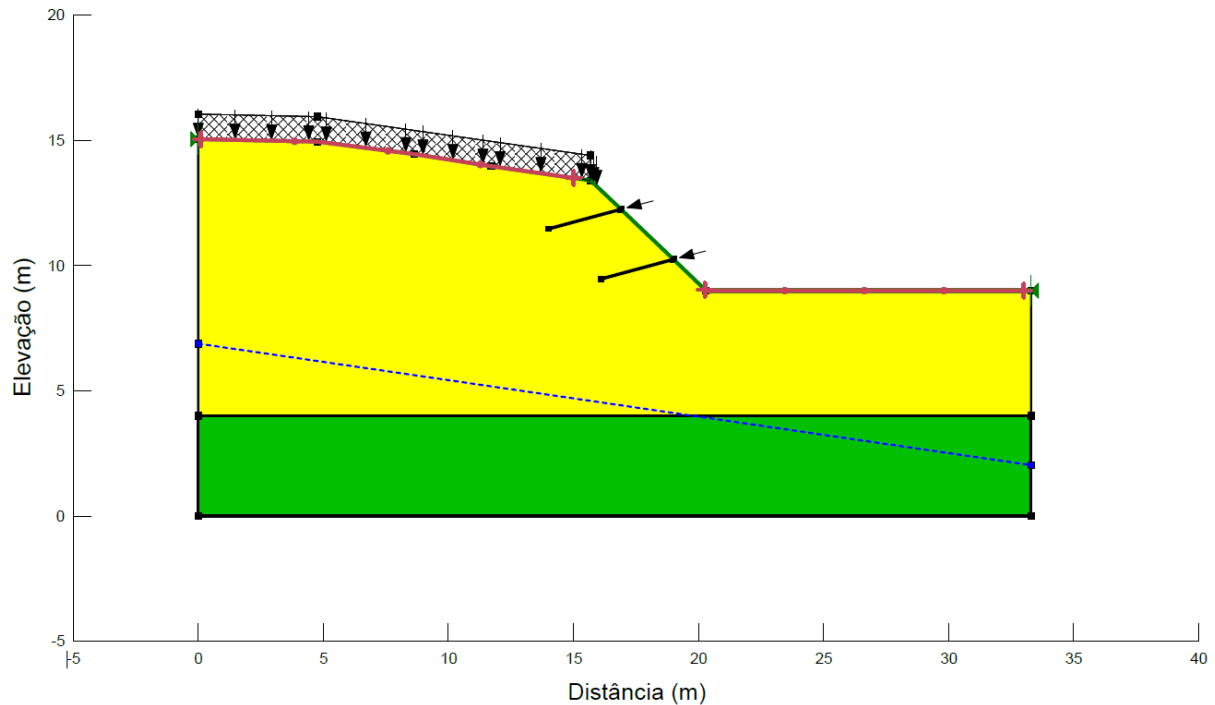


Figura 7 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-01 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.

Analysis Settings

Pedro Simoes - SG-01

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

Settings

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Apply Phreatic Correction: **No**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Slip Surface

Direction of movement: **Left to Right**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

F of S Distribution

F of S Calculation Option: **Constant**

Advanced

Number of Slices: **30**

F of S Tolerance: **0,001**

Minimum Slip Surface Depth: **0,1 m**

Search Method: **Root Finder**

Tolerable difference between starting and converged F of S: **3**

Maximum iterations to calculate converged lambda: **20**

Max Absolute Lambda: **2**

Materials

Silte Argiloso Rija a Duro

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **37 kPa**

Phi': **32 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Silte Arenoso Compacto

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **32 kPa**

Phi': **31 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): **4 kN/m³**

Direction: **Vertical**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Nail

Outside Point: (16,904363; 12,243282) m

Inside Point: (14,006586; 11,466825) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 2,9999995 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 47,848865 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 0 kN

Pullout Force per Length: 0 kN/m

Available Length: 0 m

Required Length: 0 m

Governing Component: (none)



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 2

Type: Nail

Outside Point: (19,002811; 10,243399) m

Inside Point: (16,105034; 9,466942) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 2,9999995 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 47,848865 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 0 kN

Pullout Force per Length: 0 kN/m

Available Length: 0 m

Required Length: 0 m

Governing Component: (none)

Current Slip Surface

Slip Surface: 79

F of S: 3,983

Volume: 23,681919 m³

Weight: 426,27453 kN

Resisting Moment: 4.895,3225 kN-m

Activating Moment: 1.228,8959 kN-m

Resisting Force: 566,84985 kN

Activating Force: 142,30404 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces

Exit: (20,273108; 9,032769) m

Entry: (11,287102; 14,033773) m

Radius: 7,1277333 m

Center: (18,180502; 15,846401) m



A Figura 8 apresenta os resultados da análise de estabilidade.

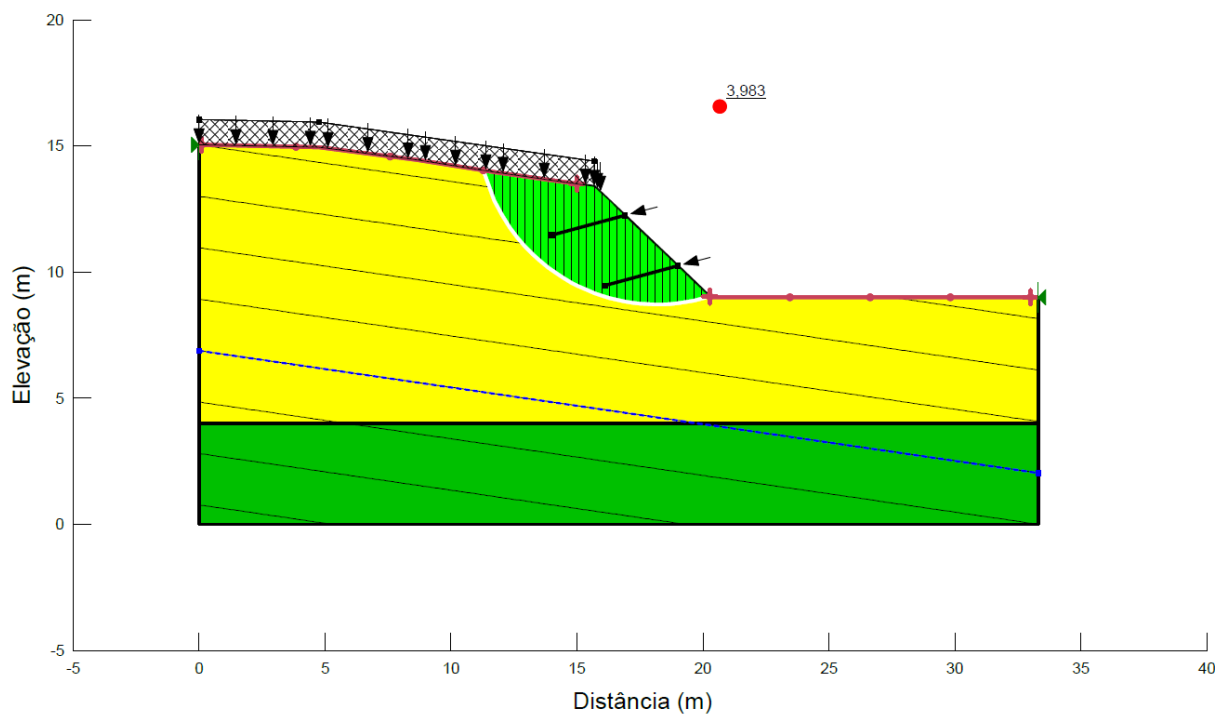


Figura 8 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-01 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 3,983$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.



5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-02

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1.1. Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento do espaçamento dos grampos será em função da relação entre a largura e altura conforme tabela a seguir, considerando os grampos injetados.

(Bruce et al., 1986, citado em NGS, 2004)

RELAÇÃO	GRAMPO INJETADO	GRAMPO CRAVADO
L/H	0,5 a 0,8	0,5 a 0,6
$\pi.D.L/S_v.Sh$	0,3 a 0,6	0,6 a 1,1

Na seção mais crítica temos $H = 5,79 \text{ m}$, logo;

$L = 0,5 \text{ a } 0,8 H \rightarrow 2,90 \text{ m a } 4,63 \text{ m}$ adotar $L = 4,00 \text{ m}$

Fazendo $S_v = S_H$ tem-se o espaçamento dos grampos, considerando:

$D = 0,10 \text{ m} \times 1,2 (20\%) = 0,12 \text{ m}$.

$$S = \sqrt{\frac{\pi x D x L}{0,3 \text{ a } 0,6}} = \sqrt{\frac{\pi x 0,12 x 4}{0,6}} = 1,58 \text{ m}$$

Adotar $S_v = 2,00 \text{ m}$ e $S_H = 3,00 \text{ m}$.

5.1.2. Resistência Lateral do Grampo com o Solo

A resistência lateral do grampo com o solo será determinada com o auxílio da tabela a seguir:



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Material	Método Construtivo	Tipo de Solo	q_s (kPa)
Solos arenosos	Rotativa	areia/pedregulho	100-180
		areia siltosa	100-150
		silte	60-75
		colúvio	75-150
	Grampos cravados	areia/pedregulho (raso)	190-240
		areia/pedregulho (profundo)	280-430
		colúvio	100-180
	Trado	aterro de areia siltosa	20-40
		areia fina siltosa	55-90
		areia silto argilosa	60-140
Solos finos	Jet grouting	areia	380
		areia/pedregulhos	700
	Grampos injetados	argila siltosa	35-50
	Grampos cravados	silte argiloso	90-140
	Trado	loess	25-75
		argila mole	20-30
		argila rija	40-60
		silte argiloso rijo	40-60
		argila arenosa (calcária)	90-140

(Elias e Juran, 1991, citado em FHWA, 2003).

Como o solo é predominante silte argiloso rija será adotado entre $90 < q_s < 140$. Será adotado $q_s = 110 \text{ KPa}$.

5.1.3. Determinação do Tipo de Grampo

O grampo será em vergalhão CA-50, cujas cargas de trabalho em função do diâmetro será determinado pela tabela a seguir.

Aço 50	Área (cm ²)	σ_y (MPa)	Carga de Escoamento (kN)	Carga de Trabalho (kN)
10mm	0,79	500	39	25
12,5mm	1,23	500	61	39
16mm	2,01	500	101	65
20mm	3,14	500	157	101
22mm	3,80	500	190	122
25mm	4,91	500	245	158
32mm	8,04	500	402	258



Carga de trabalho:

$$Q = \frac{\text{Carga de Escoamento}}{FS} \times 0,9$$

será adotado $FS = 1,4$.

Será adotado o grampo $\varnothing 20\text{mm}$ cuja carga de trabalho é 101 kN.

5.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A Figura 9 apresenta os dados de entrada do solo grampeado no Geoslope.

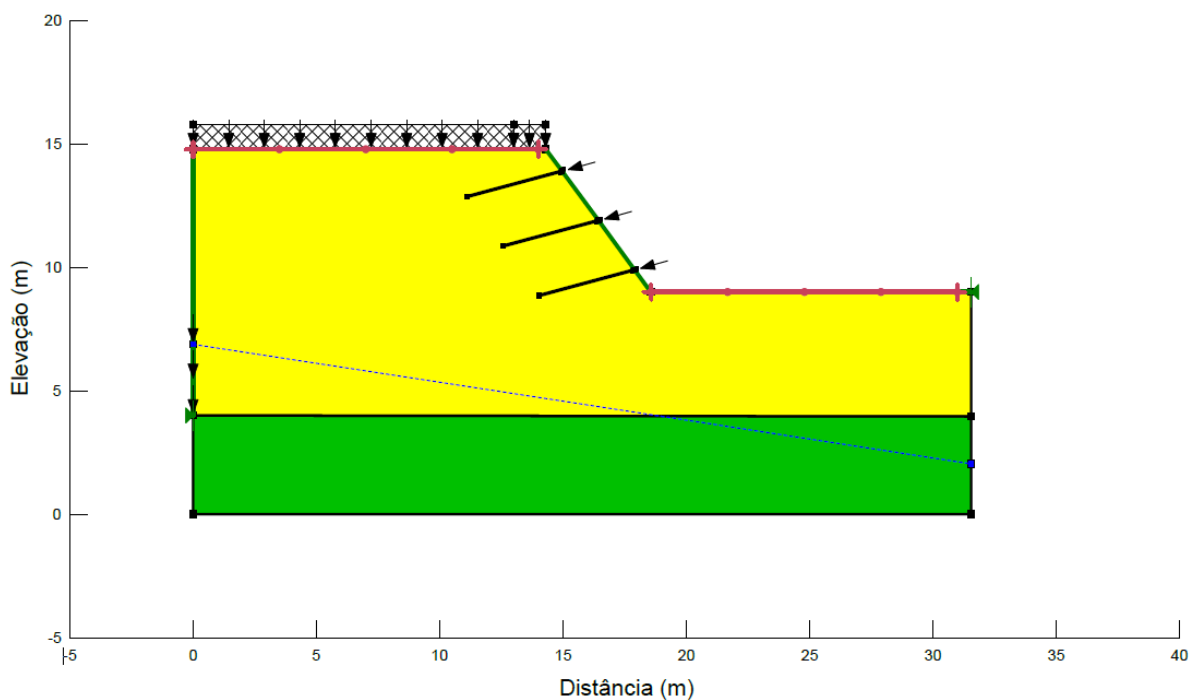


Figura 9 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-02 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Analysis Settings

Pedro Simoes - SG-02

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

Settings

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Apply Phreatic Correction: **Yes**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**

Slip Surface

Direction of movement: **Left to Right**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

F of S Distribution

F of S Calculation Option: **Constant**

Advanced

Number of Slices: **30**

F of S Tolerance: **0,001**

Minimum Slip Surface Depth: **0,1 m**

Search Method: **Root Finder**

Tolerable difference between starting and converged F of S: **3**

Maximum iterations to calculate converged lambda: **20**

Max Absolute Lambda: **2**

Materials

Silte Argiloso Rija a Duro

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **37 kPa**

Phi': **32 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Silte Arenoso Compacto

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **32 kPa**

Phi': **31 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): **25 kN/m³**

Direction: **Vertical**

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): **5 kN/m³**

Direction: **Vertical**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcements

Reinforcement 1

Type: **Nail**

Outside Point: **(14,959012; 13,894882) m**

Inside Point: **(11,095309; 12,859606) m**

Slip Surface Intersection: **(11,240108; 12,898405) m**

Length: **3,9999997 m**

Direction: **15 °**

F of S Dependent: **No**

Pullout Resistance: **110 kPa**

Resistance Reduction Factor: **1,3**

Bond Diameter: **0,12 m**

Nail Spacing: **2 m**

Force Distribution: **Distributed**

Anchorage: **Yes**

Tensile Capacity: **101 kN**

Reduction Factor: **1**

Shear Force: **0 kN**

Shear Reduction Factor: **1**

Shear Option: **Parallel to Slip**

Factored Pullout Resistance: **15,949624 kN/m**

Max. Pullout Force: **50,5 kN**

Factored Tensile Capacity: **50,5 kN**

Pullout Force: **2,3909609 kN**

Pullout Force per Length: **15,949624 kN/m**

Available Length: **0,14990704 m**

Required Length: **0,14990704 m**

Governing Component: **Pullout Resistance**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 2

Type: Nail

Outside Point: (16,431857; 11,894882) m

Inside Point: (12,568154; 10,859606) m

Slip Surface Intersection: (12,80397; 10,922793) m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 3,8938541 kN

Pullout Force per Length: 15,949624 kN/m

Available Length: 0,24413454 m

Required Length: 0,24413454 m

Governing Component: Pullout Resistance



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 3

Type: Nail

Outside Point: (17,904703; 9,894882) m

Inside Point: (14,041; 8,859606) m

Slip Surface Intersection: (15,678545; 9,2983847) m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 27,039573 kN

Pullout Force per Length: 15,949624 kN/m

Available Length: 1,695311 m

Required Length: 1,695311 m

Governing Component: Pullout Resistance

Current Slip Surface

Slip Surface: 79

F of S: 2,987

Volume: 23,521137 m³

Weight: 423,38047 kN

Resisting Moment: 5.225,781 kN-m

Activating Moment: 1.749,5673 kN-m

Resisting Force: 539,45261 kN

Activating Force: 180,59919 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces

Exit: (18,583333; 9) m

Entry: (10,500791; 14,789765) m

Radius: 7,5988794 m

Center: (17,888897; 16,567082) m

A Figura 10 apresenta os resultados da análise de estabilidade.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

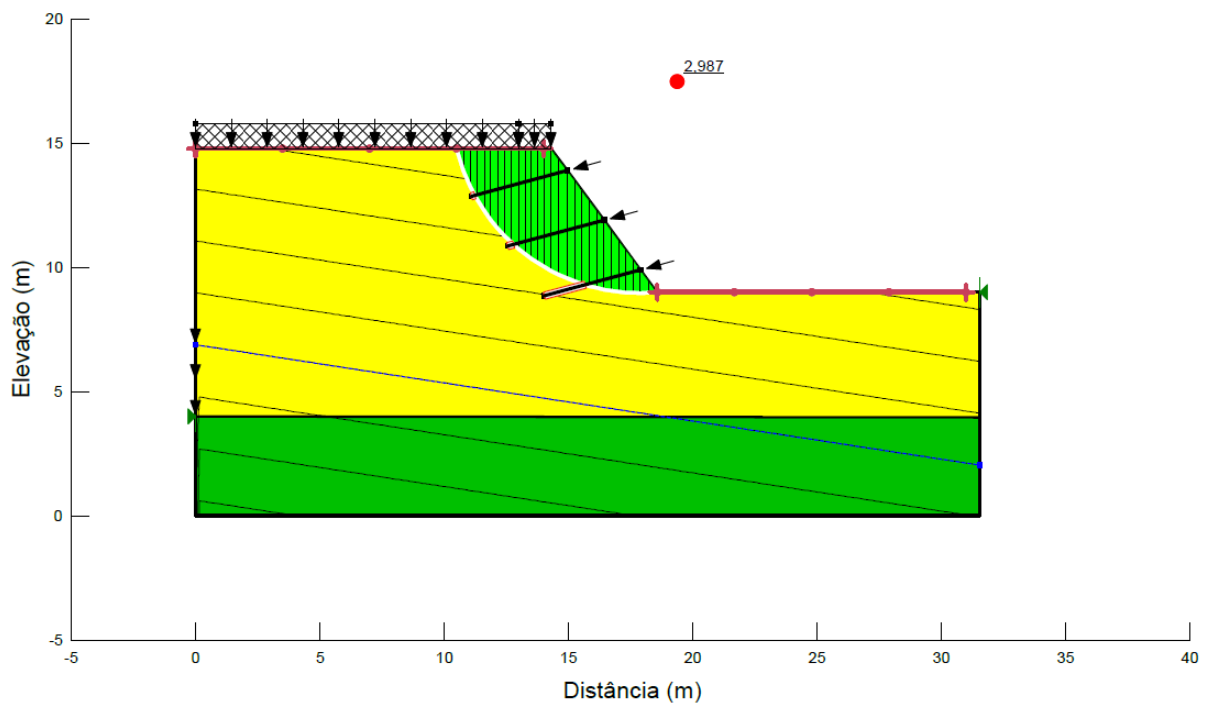


Figura 10– Modelo Geoslope solo grampeado SG-02 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 2,987$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.



6. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-03

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

6.1.1. Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento do espaçamento dos grampos será em função da relação entre a largura e altura conforme tabela a seguir, considerando os grampos injetados.

(Bruce et al., 1986, citado em NGS, 2004)

RELAÇÃO	GRAMPO INJETADO	GRAMPO CRAVADO
L/H	0,5 a 0,8	0,5 a 0,6
$\pi.D.L/S_v.Sh$	0,3 a 0,6	0,6 a 1,1

Na seção mais crítica temos $H = 5,77 \text{ m}$, logo;

$L = 0,5 \text{ a } 0,8 H \rightarrow 2,89 \text{ m a } 4,61 \text{ m}$ adotar $L = 4,00 \text{ m}$

Fazendo $S_v = S_H$ tem-se o espaçamento dos grampos, considerando:

$D = 0,10 \text{ m} \times 1,2 (20\%) = 0,12 \text{ m}$.

$$S = \sqrt{\frac{\pi x D x L}{0,3 \text{ a } 0,6}} = \sqrt{\frac{\pi x 0,12 x 4}{0,6}} = 1,58 \text{ m}$$

Adotar $S_v = 2,00 \text{ m}$ e $S_H = 3,00 \text{ m}$.

6.1.2. Resistência Lateral do Grampo com o Solo

A resistência lateral do grampo com o solo será determinada com o auxílio da tabela a seguir:



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Material	Método Construtivo	Tipo de Solo	q_s (kPa)
Solos arenosos	Rotativa	areia/pedregulho	100-180
		areia siltosa	100-150
		silte	60-75
		colúvio	75-150
	Grampos injetados	areia/pedregulho (raso)	190-240
		areia/pedregulho (profundo)	280-430
		colúvio	100-180
	Trado	aterro de areia siltosa	20-40
		areia fina siltosa	55-90
		areia silto argilosa	60-140
Solos finos	Jet grouting	areia	380
		areia/pedregulhos	700
	Grampos injetados	argila siltosa	35-50
	Grampos cravados	silte argiloso	90-140
	Trado	loess	25-75
		argila mole	20-30
		argila rija	40-60
		silte argiloso rijo	40-60
		argila arenosa (calcária)	90-140

(Elias e Juran, 1991, citado em FHWA, 2003).

Como o solo é predominante silte argiloso rija será adotado entre $90 < q_s < 140$. Será adotado $q_s = 110 \text{ KPa}$.

6.1.3. Determinação do Tipo de Grampo

O grampo será em vergalhão CA-50, cujas cargas de trabalho em função do diâmetro será determinado pela tabela a seguir.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Aço 50	Área (cm ²)	σ_y (MPa)	Carga de Escoamento (kN)	Carga de Trabalho (kN)
10mm	0,79	500	39	25
12,5mm	1,23	500	61	39
16mm	2,01	500	101	65
20mm	3,14	500	157	101
22mm	3,80	500	190	122
25mm	4,91	500	245	158
32mm	8,04	500	402	258

Carga de trabalho:

$$Q = \frac{\text{Carga de Escoamento}}{FS} \times 0,9$$

será adotado $FS = 1,4$.

Será adotado o grampo $\varnothing 20\text{mm}$ cuja carga de trabalho é 101 kN.

6.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A Figura 11 apresenta os dados de entrada do solo grampeado no Geoslope.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

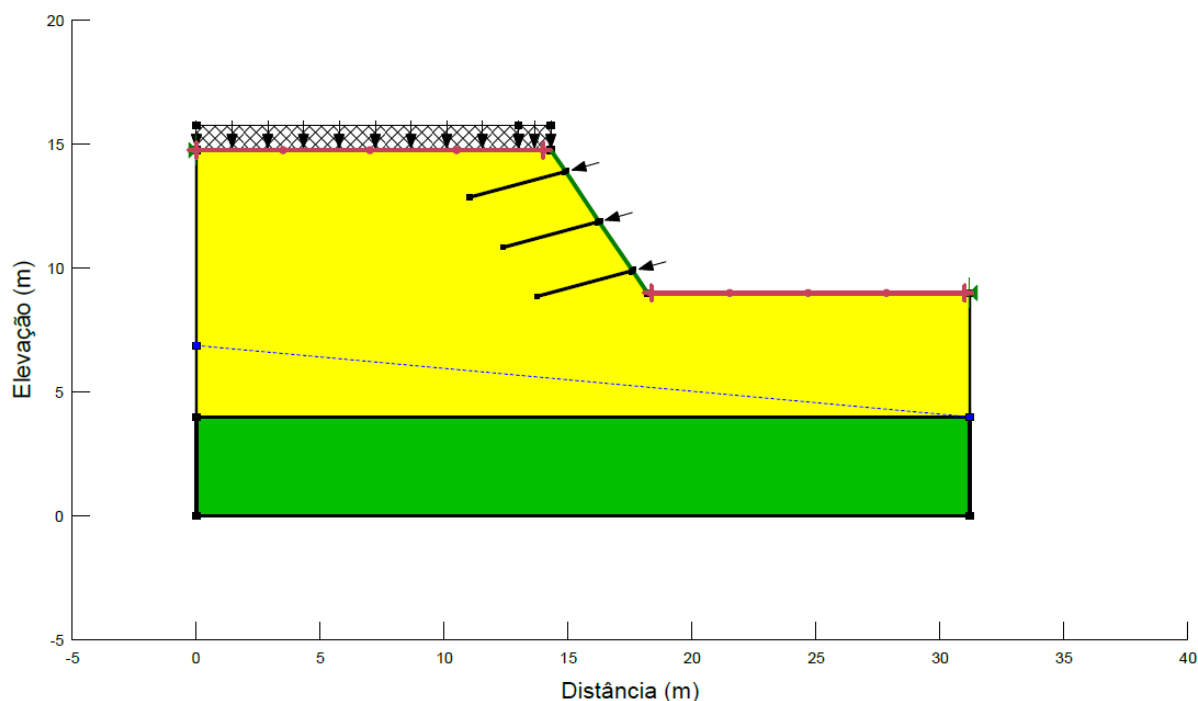


Figura 11 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-03 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.

Analysis Settings

Pedro Simoes - SG-03

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

Settings

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Apply Phreatic Correction: **Yes**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Slip Surface

Direction of movement: **Left to Right**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

F of S Distribution

F of S Calculation Option: **Constant**

Advanced

Number of Slices: **30**

F of S Tolerance: **0,001**

Minimum Slip Surface Depth: **0,1 m**

Search Method: **Root Finder**

Tolerable difference between starting and converged F of S: **3**

Maximum iterations to calculate converged lambda: **20**

Max Absolute Lambda: **2**

Materials

Silte Argiloso Rija a Duro

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **37 kPa**

Phi': **32 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Silte Arenoso Compacto

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **32 kPa**

Phi': **31 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): **25 kN/m³**

Direction: **Vertical**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 5 kN/m³

Direction: Vertical

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Nail

Outside Point: (14,891208; 13,894882) m

Inside Point: (11,027505; 12,859606) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 0 kN

Pullout Force per Length: 0 kN/m

Available Length: 0 m

Required Length: 0 m

Governing Component: (none)



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 2

Type: Nail

Outside Point: (16,249481; 11,884882) m

Inside Point: (12,385778; 10,849606) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 0 kN

Pullout Force per Length: 0 kN/m

Available Length: 0 m

Required Length: 0 m

Governing Component: (none)



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 3

Type: Nail

Outside Point: (17,594239; 9,894882) m

Inside Point: (13,730536; 8,859606) m

Slip Surface Intersection: (14,711438; 9,1224378) m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 16,196911 kN

Pullout Force per Length: 15,949624 kN/m

Available Length: 1,0155043 m

Required Length: 1,0155043 m

Governing Component: Pullout Resistance

Current Slip Surface

Slip Surface: 80

F of S: 2,965

Volume: 26,367564 m³

Weight: 474,61614 kN

Resisting Moment: 4.535,1171 kN-m

Activating Moment: 1.529,6044 kN-m

Resisting Force: 561,42 kN

Activating Force: 189,33099 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces

Exit: (18,366667; 9) m

Entry: (10,5; 14,769765) m

Radius: 6,2407847 m

Center: (16,735609; 15,023873) m

A Figura 12 apresenta os resultados da análise de estabilidade.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

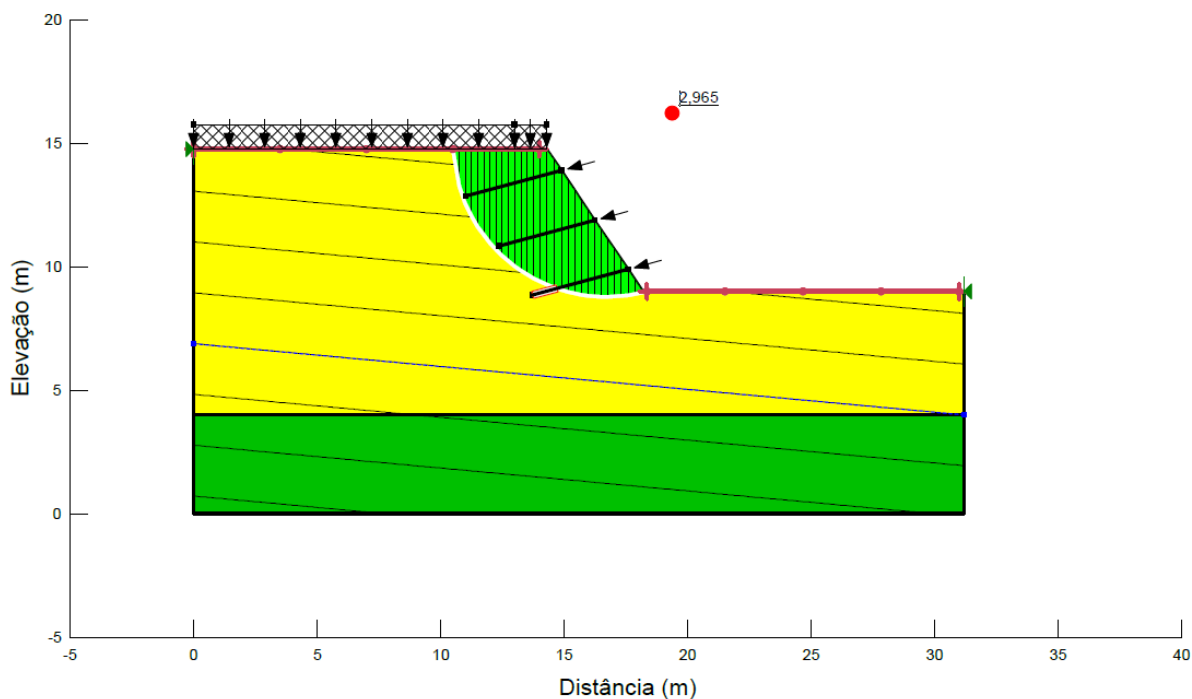


Figura 12 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-03 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 2,965$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.



7. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – SOLO GRAMPEADO SG-04

7.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

7.1.1. Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento do espaçamento dos grampos será em função da relação entre a largura e altura conforme tabela a seguir, considerando os grampos injetados.

(Bruce et al., 1986, citado em NGS, 2004)

RELAÇÃO	GRAMPO INJETADO	GRAMPO CRAVADO
L/H	0,5 a 0,8	0,5 a 0,6
$\pi.D.L/S_v.Sh$	0,3 a 0,6	0,6 a 1,1

Na seção mais crítica temos $H = 5,03 \text{ m}$, logo;

$L = 0,5 \text{ a } 0,8 H \rightarrow 2,52 \text{ m a } 4,02 \text{ m}$ adotar $L = 4,00 \text{ m}$

Fazendo $S_v = S_H$ tem-se o espaçamento dos grampos, considerando:

$D = 0,10 \text{ m} \times 1,2 (20\%) = 0,12 \text{ m}$.

$$S = \sqrt{\frac{\pi x D x L}{0,3 \text{ a } 0,6}} = \sqrt{\frac{\pi x 0,12 x 4}{0,6}} = 1,58 \text{ m}$$

Adotar $S_v = 2,00 \text{ m}$ e $S_H = 3,00 \text{ m}$.

7.1.2. Resistência Lateral do Grampo com o Solo

A resistência lateral do grampo com o solo será determinada com o auxílio da tabela a seguir:

**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

Material	Método Construtivo	Tipo de Solo	q_s (kPa)
Solos arenosos	Rotativa	areia/pedregulho	100-180
		areia siltosa	100-150
		silte	60-75
		colúvio	75-150
	Grampos cravados	areia/pedregulho (raso)	190-240
		areia/pedregulho (profundo)	280-430
		colúvio	100-180
	Trado	aterro de areia siltosa	20-40
		areia fina siltosa	55-90
		areia silto argilosa	60-140
Solos finos	Jet grouting	areia	380
		areia/pedregulhos	700
	Grampos injetados	argila siltosa	35-50
	Grampos cravados	silte argiloso	90-140
	Trado	loess	25-75
		argila mole	20-30
		argila rija	40-60
		silte argiloso rijo	40-60
		argila arenosa (calcária)	90-140

(Elias e Juran, 1991, citado em FHWA, 2003).

Como o solo é predominante silte argiloso rija será adotado entre $90 < q_s < 140$. Será adotado $q_s = 110 \text{ KPa}$.

7.1.3. Determinação do Tipo de Grampo

O grampo será em vergalhão CA-50, cujas cargas de trabalho em função do diâmetro será determinado pela tabela a seguir.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Aço 50	Área (cm ²)	σ_y (MPa)	Carga de Escoamento (kN)	Carga de Trabalho (kN)
10mm	0,79	500	39	25
12,5mm	1,23	500	61	39
16mm	2,01	500	101	65
20mm	3,14	500	157	101
22mm	3,80	500	190	122
25mm	4,91	500	245	158
32mm	8,04	500	402	258

Carga de trabalho:

$$Q = \frac{\text{Carga de Escoamento}}{FS} \times 0,9$$

será adotado $FS = 1,4$.

Será adotado o grampo $\varnothing 20\text{mm}$ cuja carga de trabalho é 101 kN.

7.2. ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A Figura 13 apresenta os dados de entrada do solo grampeado no Geoslope.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL

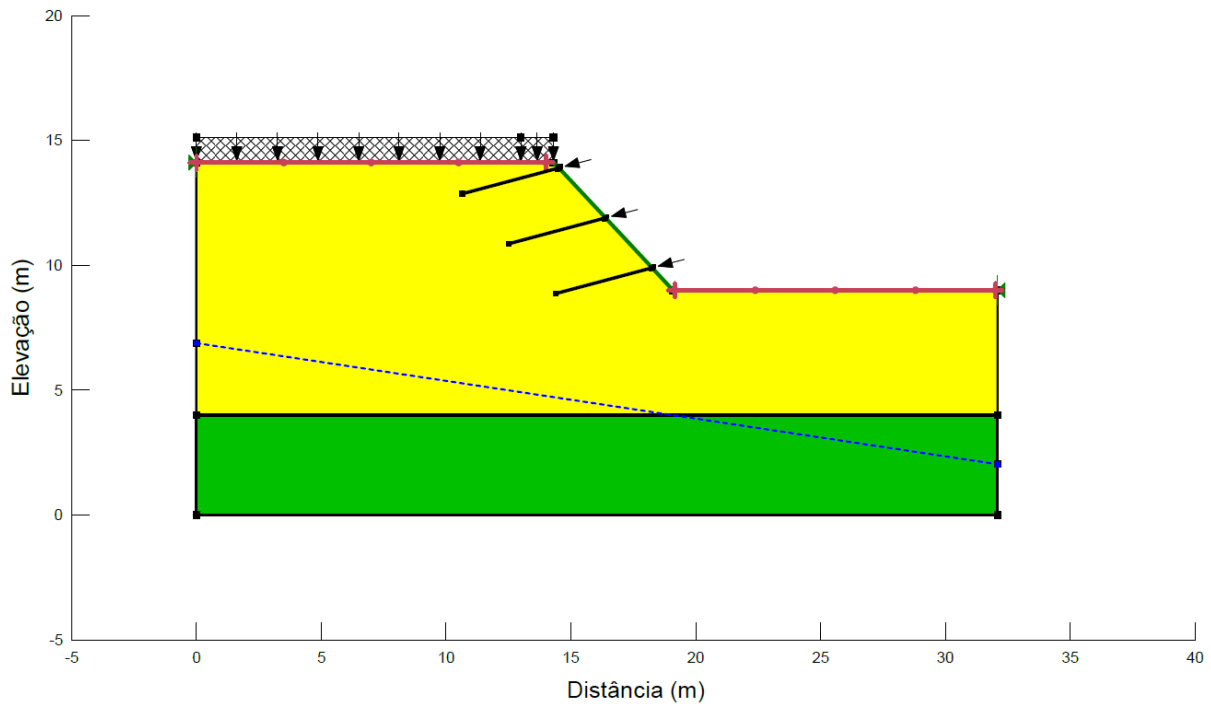


Figura 13 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-04 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.

Analysis Settings

Pedro Simoes - SG-04

Kind: **SLOPE/W**

Method: **Morgenstern-Price**

Settings

Side Function

Interslice force function option: **Half-Sine**

PWP Conditions Source: **Piezometric Line**

Apply Phreatic Correction: **Yes**

Use Staged Rapid Drawdown: **No**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Slip Surface

Direction of movement: **Left to Right**

Use Passive Mode: **No**

Slip Surface Option: **Entry and Exit**

Critical slip surfaces saved: **1**

Resisting Side Maximum Convex Angle: **1 °**

Driving Side Maximum Convex Angle: **5 °**

Optimize Critical Slip Surface Location: **No**

Tension Crack

Tension Crack Option: **(none)**

F of S Distribution

F of S Calculation Option: **Constant**

Advanced

Number of Slices: **30**

F of S Tolerance: **0,001**

Minimum Slip Surface Depth: **0,1 m**

Search Method: **Root Finder**

Tolerable difference between starting and converged F of S: **3**

Maximum iterations to calculate converged lambda: **20**

Max Absolute Lambda: **2**

Materials

Silte Argiloso Rija a Duro

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **37 kPa**

Phi': **32 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Silte Arenoso Compacto

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **32 kPa**

Phi': **31 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): **25 kN/m³**

Direction: **Vertical**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 5 kN/m³

Direction: Vertical

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Nail

Outside Point: (14,510165; 13,894882) m

Inside Point: (10,646462; 12,859606) m

Slip Surface Intersection: (10,928887; 12,935281) m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 4,6634697 kN

Pullout Force per Length: 15,949624 kN/m

Available Length: 0,29238744 m

Required Length: 0,29238744 m

Governing Component: Pullout Resistance



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 2

Type: **Nail**

Outside Point: **(16,379271; 11,894882) m**

Inside Point: **(12,515568; 10,859606) m**

Slip Surface Intersection: **() m**

Length: **3,9999997 m**

Direction: **15 °**

F of S Dependent: **No**

Pullout Resistance: **110 kPa**

Resistance Reduction Factor: **1,3**

Bond Diameter: **0,12 m**

Nail Spacing: **2 m**

Force Distribution: **Distributed**

Anchorage: **Yes**

Tensile Capacity: **101 kN**

Reduction Factor: **1**

Shear Force: **0 kN**

Shear Reduction Factor: **1**

Shear Option: **Parallel to Slip**

Factored Pullout Resistance: **15,949624 kN/m**

Max. Pullout Force: **50,5 kN**

Factored Tensile Capacity: **50,5 kN**

Pullout Force: **0 kN**

Pullout Force per Length: **0 kN/m**

Available Length: **0 m**

Required Length: **0 m**

Governing Component: **(none)**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



Reinforcement 3

Type: Nail

Outside Point: (18,248378; 9,894882) m

Inside Point: (14,384675; 8,859606) m

Slip Surface Intersection: (15,281806; 9,0999915) m

Length: 3,9999997 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 110 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,3

Bond Diameter: 0,12 m

Nail Spacing: 2 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 101 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip

Factored Pullout Resistance: 15,949624 kN/m

Max. Pullout Force: 50,5 kN

Factored Tensile Capacity: 50,5 kN

Pullout Force: 14,813668 kN

Pullout Force per Length: 15,949624 kN/m

Available Length: 0,92877849 m

Required Length: 0,92877849 m

Governing Component: Pullout Resistance

Current Slip Surface

Slip Surface: 79

F of S: 3,303

Volume: 23,933141 m³

Weight: 430,79653 kN

Resisting Moment: 5.082,9003 kN-m

Activating Moment: 1.538,6967 kN-m

Resisting Force: 577,41786 kN

Activating Force: 174,80027 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces

Exit: (19,166667; 9) m

Entry: (10,5; 14,119765) m

Radius: 7,1231336 m

Center: (17,397128; 15,899838) m



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

Subsecretaria de Estado de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE CIVIL



A Figura 14 apresenta os resultados da análise de estabilidade.

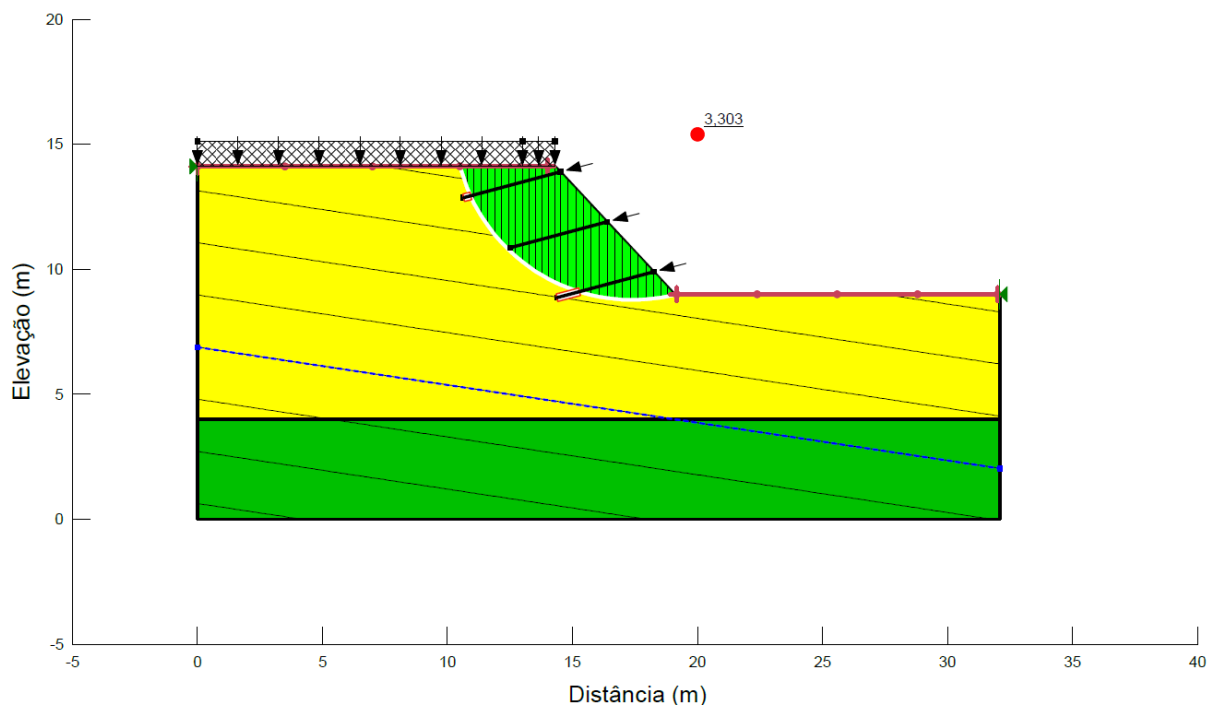


Figura 14 – Modelo Geoslope solo grampeado SG-04 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 3,303$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.

Laerte Junior Baptista
Engenheiro Civil
CREA 7616/D-ES
GERFE/SEDU

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

WILSON RODRIGUES GONÇALVES
COORDENADOR SETORIAL DE DIAGNÓSTICO - MAIA MELO
ENGENHARIA
GERFE - SEDU - GOVES
assinado em 17/04/2026 07:47:48 -03:00

ROGERIO GIGLIO
ENGENHEIRO COORDENADOR GERAL - MAIA MELO ENGENHARIA
GERFE - SEDU - GOVES
assinado em 17/04/2026 09:56:58 -03:00

LAERTE JUNIOR BAPTISTA
CIDADÃO
assinado em 16/04/2026 17:20:32 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 17/04/2026 09:56:58 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por KIARA CHAGAS (ENGENHEIRO CIVIL JUNIOR - MAIA MELO ENGENHARIA - GERFE - SEDU - GOVES)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2026-1R97HM>