



MEMÓRIA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES MURO DE DIVISA EEEFM MARIA ORTIZ VITÓRIA – ES

MARÇO 2022



SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. OBJETO | 3 |
| 2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES..... | 3 |
| 3. NORMAS APLICÁVEIS | 3 |
| 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA O DIMENSIONAMENTO | 3 |
| 4.1 CLASSE DE AGRESSIVIDADE | 3 |
| 4.2 MATERIAIS..... | 3 |
| 4.3 PESO ESPECÍFICO..... | 4 |
| 4.4 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS..... | 4 |
| 4.5 CARREGAMENTO..... | 9 |
| 4.6 SOFTWARE UTILIZADOS NO DIMENSIONAMENTO..... | 9 |
| 4.7 CRITÉRIO DE PROJETO | 9 |
| 5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINA ATIRANTADA CA-01 | 10 |
| 5.1 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DA CORTINA ATIRANTADA..... | 10 |
| 5.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE..... | 14 |
| 6. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINA ATIRANTADA CA-02 | 21 |
| 6.1 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DA CORTINA ATIRANTADA..... | 21 |
| 6.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE..... | 24 |
| 7. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINAS ATIRANTADAS CA-03/CA-04 | 29 |
| 7.1 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DA CORTINA ATIRANTADA..... | 29 |
| 7.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE..... | 32 |



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

1. OBJETO

O presente documento tem por finalidade apresentar os critérios e conceitos a serem utilizados para o dimensionamento das estruturas de contenções do muro de divisa dos fundos da EEEFM Maria Ortiz, localizada na Rua Franciso Araújo, Nº 35, Centro, município de Vitória, ES.

O Projeto de estruturas de contenções foi idealizado levando-se em consideração os detalhes do Projeto de Levantamento Arquitetônico, VIX14-P04-AQ-C-R1, e o Relatório Técnico, VIX14-RT-2022_01_18, na qual identificou-se uma série de patologias no muro de contenção existente, com risco eminente de colapso.

2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

- PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES

3. NORMAS APLICÁVEIS

- NBR-5629:2006 - Execução de Tirantes Ancorados no Terreno.
- NBR-6118:2014 – 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 8681:2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.
- NBR-11682:2009 – Forças devidas ao vento em edificações.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS PARA O DIMENSIONAMENTO

4.1 Classe de Agressividade

Classe de agressividade ambiental III conforme a NBR 6118.

4.2 Materiais

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



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

- 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 $\gamma_s = 1,15$

4.3 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 = $18,00 \text{ kN/m}^3$.

4.4 Parâmetros Geotécnicos

Para determinação dos parâmetros geotécnicos do solo foram utilizados os boletins da campanha de sondagem realizada em 2018. Foram executados 9 furos conforme planta de locação (figura 1). Para as análises de estabilidade serão utilizados os furos SP-04A e SP08A.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

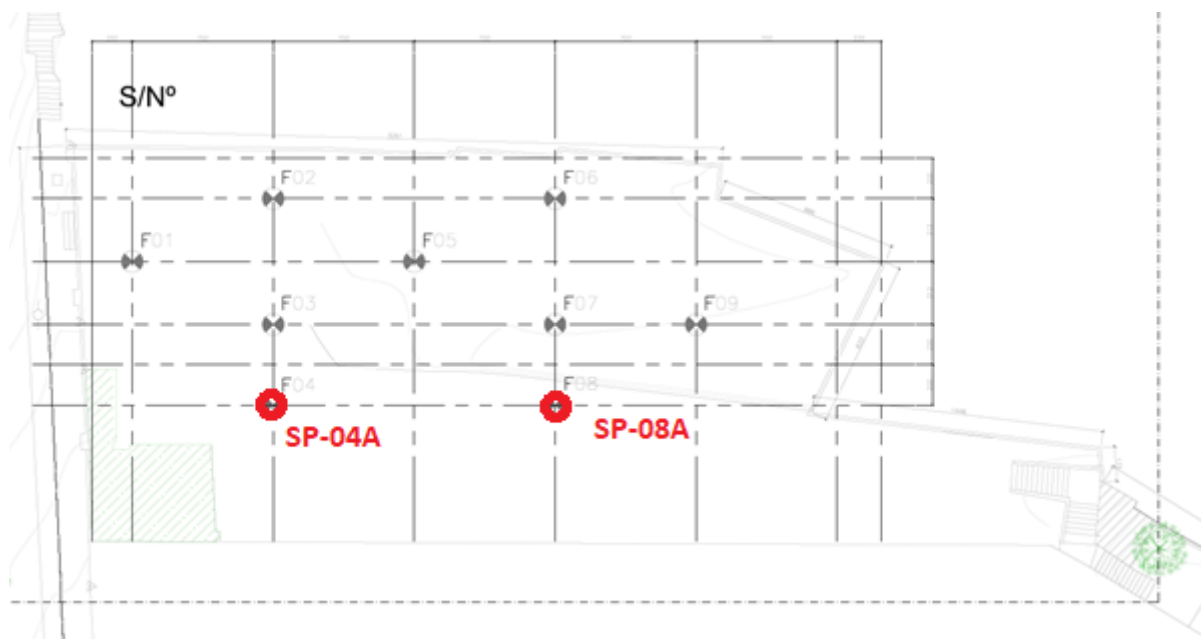


Figura 1 – Localização dos furos de sondagem – EEEFM Maria Ortiz.

Os parâmetros calculados em função no número NSPT 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 $\varphi = 30^\circ$:

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

Em função dos boletins de sondagem foram determinadas as seguintes tensões admissíveis:

- | | | |
|---------------------------------|--|---------------------------------|
| • Cortinas CA-01 e CA-02 SP-08A | $\sigma_{adm} = 0,80 \text{ kgf/cm}^2$ | $k_v = 1,84 \text{ kgf/cm}^3$; |
| • Cortinas CA-03 e CA-04 SP-04A | $\sigma_{adm} = 0,80 \text{ kgf/cm}^2$ | $k_v = 1,84 \text{ kgf/cm}^3$; |



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

ÍCONE

ÍCONE ESTUDOS E SONDAJENS LTDA ME

CNPJ : 15.064.293/0001-48

Av. Eudes Scherrer de Souza 975 - Ed. Ative - Salas 705/706 - Parque Resid. Laranjeiras - Serra - ES CEP : 29165-032 Tel : (027) 3238-9035 / 99941-4453 email :
icone@iconeprojetos.eng.br

Cliente:

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO (SEDU)

Obra:

EEEM MARIA ORTIZ

Local:

CENTRO - VITÓRIA - ES

Contrato

068/2017

Revestimento

Método cravação

Cota relação RN

Cota do NA

Amostragem

Índice de SPT Iniciais 15cm

Índice de SPT Iniciais 30cm

Índice de SPT finais 45cm

Amostragem

Prof. Camadas

2

</

Figura 2 – Boletim de sondagem SP-04A – EEEFM Maria Ortiz.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

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 NSPT e tipo de solo e estrutura. A figura 4 apresenta a planilha de correlações para a camada de argila arenosa cujo NSPTmedio = 4.

| | | SPT | | Módulo de Deformabilidade (MPa) | | | Ângulo de Atrito ($^\circ$) | | | Coesão de Intercepto (kPa) | | |
|----|----------------------|----------------|----------|---------------------------------|--------|-------|-------------------------------|--------|-------|----------------------------|--------|-------|
| N | Tipo de Solo | Descrição | qc (kPa) | Mínimo | Máximo | Médio | Mínimo | Máximo | Médio | Mínimo | Máximo | Médio |
| 1 | Areia | Pouco Compacto | 4000 | 8,0 | 16,0 | 12,0 | 25 | 31 | 28 | 2 | 5 | 4 |
| 2 | Areia siltosa | Pouco Compacto | 3200 | 6,4 | 12,8 | 9,6 | 25 | 30 | 28 | 2 | 5 | 4 |
| 3 | Areia silto-argilosa | Pouco Compacto | 2800 | 5,6 | 11,2 | 8,4 | 24 | 30 | 27 | 2 | 5 | 4 |
| 4 | Areia argilosa | Pouco Compacto | 2400 | 4,8 | 9,6 | 7,2 | 24 | 29 | 26 | 2 | 5 | 4 |
| 5 | Areia argilo-siltosa | Pouco Compacto | 2000 | 4,0 | 8,0 | 6,0 | 23 | 28 | 26 | 2 | 5 | 4 |
| 6 | Silte | Mole | 1600 | 6,4 | 9,6 | 8,0 | 23 | 28 | 25 | 5 | 11 | 8 |
| 7 | Silte arenoso | Pouco Compacto | 2200 | 8,8 | 13,2 | 11,0 | 24 | 29 | 26 | 4 | 10 | 7 |
| 8 | Silte areno-argiloso | Pouco Compacto | 1800 | 7,2 | 10,8 | 9,0 | 23 | 28 | 26 | 5 | 11 | 8 |
| 9 | Silte argiloso | Mole | 920 | 3,7 | 5,5 | 4,6 | 22 | 26 | 24 | 5 | 11 | 8 |
| 10 | Silte argilo-arenoso | Mole | 1000 | 4,0 | 6,0 | 5,0 | 22 | 27 | 25 | 5 | 11 | 8 |
| 11 | Argila | Mole | 800 | 4,8 | 6,4 | 5,6 | 20 | 24 | 22 | 6 | 15 | 11 |
| 12 | Argila arenosa | Mole | 1400 | 8,4 | 11,2 | 9,8 | 22 | 26 | 24 | 6 | 15 | 10 |
| 13 | Argila areno-siltosa | Mole | 1200 | 7,2 | 9,6 | 8,4 | 21 | 25 | 23 | 6 | 15 | 11 |
| 14 | Argila siltosa | Mole | 880 | 5,3 | 7,0 | 6,2 | 20 | 25 | 23 | 6 | 15 | 11 |
| 15 | Argila silto-arenosa | Mole | 1320 | 7,9 | 10,6 | 9,2 | 21 | 26 | 23 | 6 | 15 | 10 |

qc - calculado por correlação de Aoki-Veloso.

Figura 4 – Planilha de correlações com NSPT.

Os parâmetros adotados são:

a) Argila arenosa mole

- $\gamma = 18,00 kN/m^3$;
- $\phi' = 24^\circ$;
- $c' = 10 kPa$

b) Rocha Alterada

- $\gamma = 20,00 kN/m^3$;
- $\phi' = 35^\circ$;
- $c' = 50 kPa$



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

c) Concreto Estrutural

- $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 40^\circ$;
- $c' = 200 \text{ kPa}$

d) Muro de Pedra

- $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$;
- $\phi' = 40^\circ$;
- $c' = 50 \text{ kPa}$

4.5 Carregamento

a) Cargas Permanente

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

b) Cargas Acidentais

- Sobrecarga = $4,00 \text{ kN/m}^2$.

4.6 Software Utilizados no Dimensionamento

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

4.7 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, VIX14-RT-2022_01_18, levantamento topográfico e visita de campo serão necessário 4 seções típicas de cortina atirantada.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

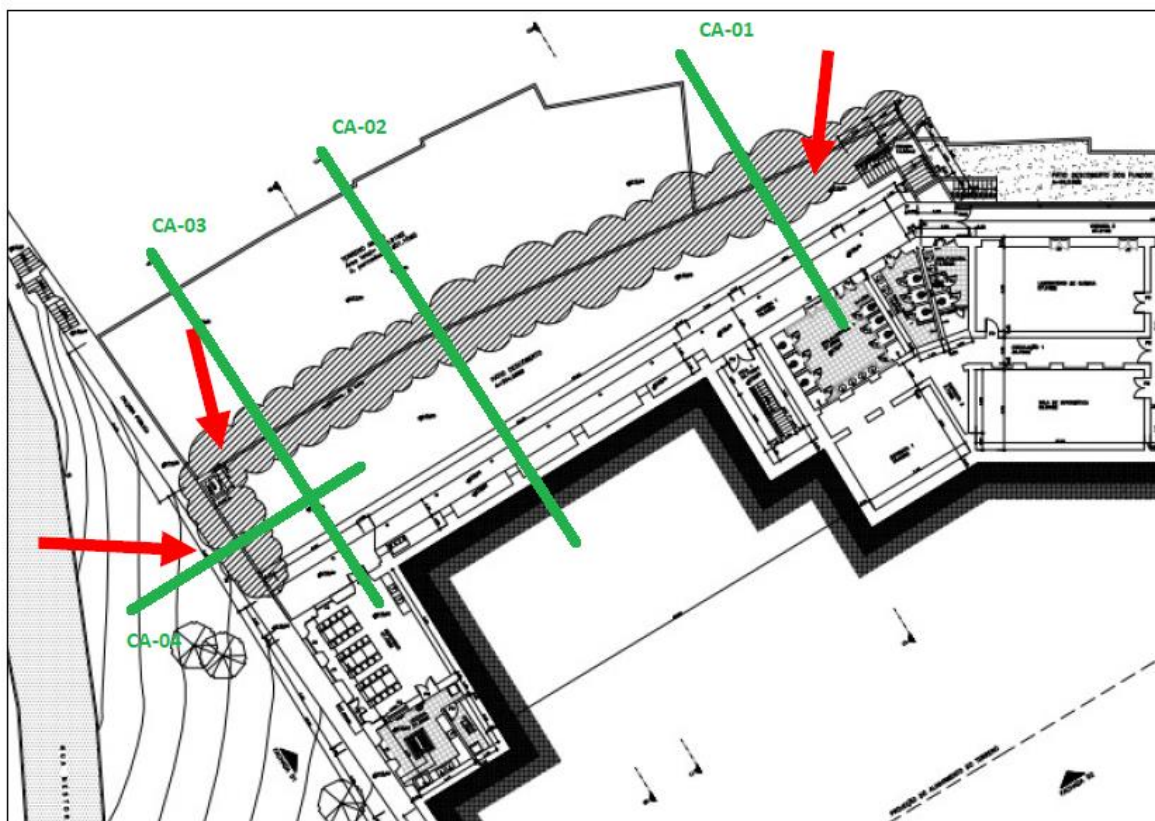


Figura 5 – Região a ser protegida com novos muros de contenções.

5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINA ATIRANTADA CA-01

5.1 Determinação dos Componentes da Cortina Atirantada

5.1.1 Espaçamento Vertical dos Tirantes

A cortina CA-01 possui 8,08 m de altura. Será adotado o espaçamento vertical de 2,00 m. A figura 6 apresenta o perfil com a locação dos tirantes.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

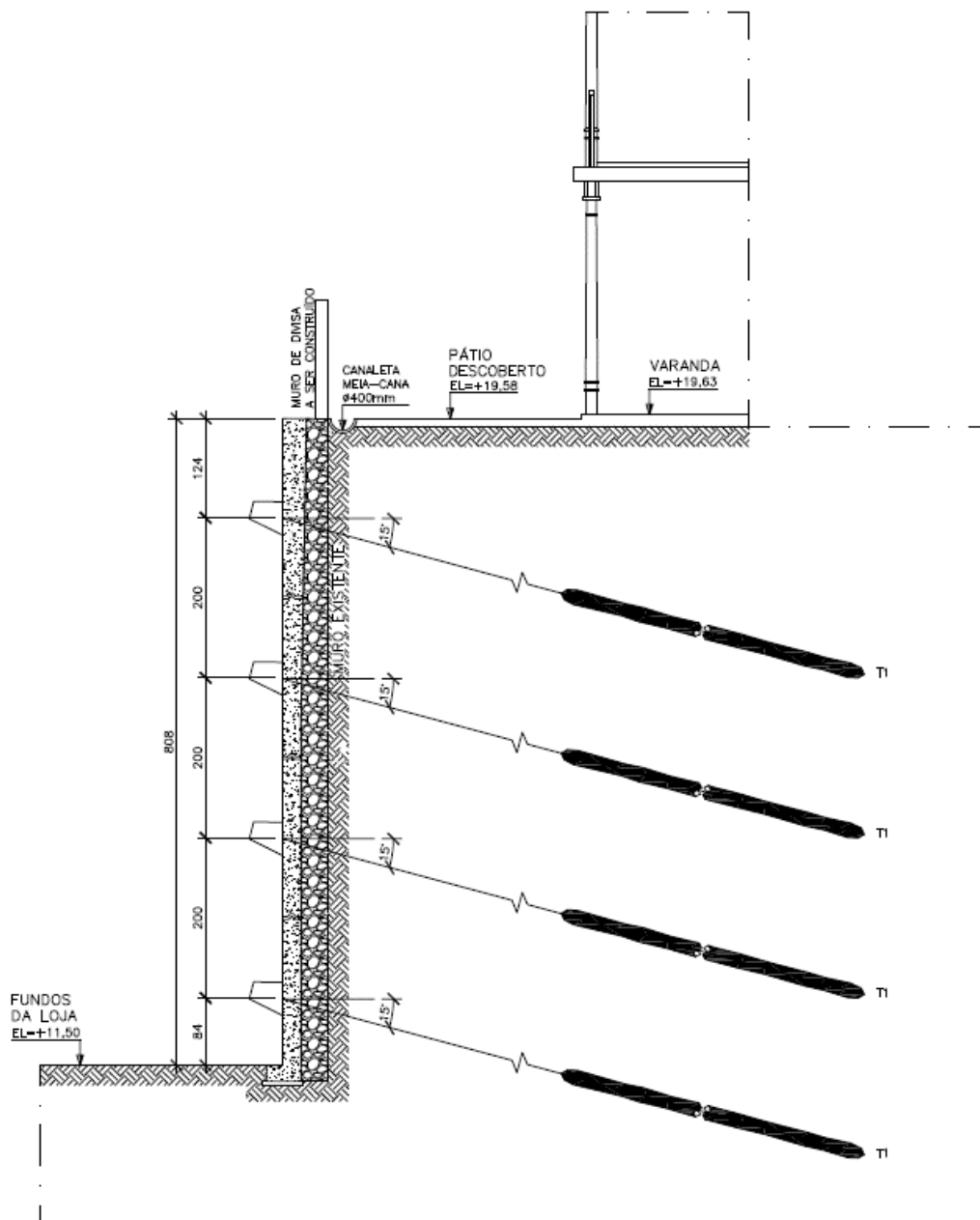


Figura 6 – Seção típica CA-01.

5.1.2 Espaçamento Horizontal dos Tirantes

A tabela a seguir apresenta as cargas em função dos tipos e diâmetros dos tirantes.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Tabela de Tirantes - Barra

| Barras | Diâmetro (mm) | Designação | Carga (KN) | | | |
|-----------|------------------|----------------------------|------------|-------|----------|-------|
| | | | Rupt. | Teste | Definit. | Prov. |
| ST 42/50 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 400 | 240 | 170 | 200 |
| ST 50/55 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 440 | 280 | 200 | 240 |
| ST 85/105 | 19 | Diwi - Barra Lisa | 290 | 170 | 120 | 140 |
| | 32 | Diwi - Duplo Filetado Dir. | 840 | 490 | 350 | 410 |

Será adotado a barra DW32 cuja a carga de trabalho é de 350 kN. Considerando a carga de trabalho no Geoslope de 110 kN o espaçamento horizontal será determinado:

$$S_h = \frac{T_t}{T_{t,slope}} \rightarrow S_h = \frac{350}{110} \rightarrow S_h = 3,18m$$

Adotar $S_h = 3,00m$.

5.1.3 Cálculo da Resistência Lateral do Tirante com o Solo e do Bulbo

O cálculo da resistência lateral do tirante com o solo, q_s , baseou-se na proposta de Bustamante e Doix (1985).

$$T_L = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot q_s \quad D_s = \alpha \cdot D_d$$

Onde: T_L = capacidade de carga do bulbo

L_s = comprimento do bulbo

q_s = aderência na ruptura (resistência ao cisalhamento unitária)

D_s = diâmetro da perfuração

α = coeficiente para cálculo do diâmetro final

A determinação do parâmetro q_s e L_B realizada pelos métodos de Ortigão 1997 ou Springer 2006. A figura 7 apresenta o cálculo de q_s e L_B .



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

| LOCAL: Maria Ortiz - CA-01 SPT - 08A H (m) 8,08 | | MÉTODOS | | |
|---|--------------|---------------------------|-----------|--------|
| PROF. (M) | GOLPES - SPT | ORTIGÃO - 1997 | Qs (Kpa) | 253,18 |
| 1 | 5 | | | |
| 2 | 4 | | | |
| 3 | 5 | | | |
| 4 | 14 | Ortigão e Springer - 2006 | Qs (Kpa) | 172,43 |
| 5 | 30 | | | |
| 6 | 30 | Springer - 2006 | Qs (Kpa) | 133,87 |
| 7 | 30 | | | |
| 8 | 30 | | | |
| 9 | 30 | | | |
| 10 | 30 | | | |
| 11 | 30 | | | |
| 12 | 30 | | | |
| 13 | 30 | | | |
| Somatório | 298 | | | |
| média | 27,09 | | | |
| | | | MÉDIA | 186,50 |
| | | Diâmetro (m) | 0,15 | |
| | | T (Kpa) | 180 | |
| | | Lb (m) | 2,049196 | |
| | | Adotar Lb (m) | 3 | |

Figura 7 – Determinação de q_s e L_B .

Serão adotados:

- $q_s = 180 \text{ kPa}$
- $L_B = 3,0 \text{ m}$

O valor de D_s foi obtido a partir dos gráficos a seguir, considerando a ancoragem injetada em múltiplos estágios (IRS).

$$D_d = 0,1 \text{ m e } \alpha = 1,5$$

$$D_s = 1,5 \times 0,1 = 0,15 \text{ m}$$

5.1.4 Cálculo do Trecho Livre

Conforme norma o trecho livre deve ser $\geq 3,00 \text{ m}$, logo será adotado na primeira linha $L_l = 3,00 \text{ m}$.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

5.2 Análise de Estabilidade

A figura 8 apresenta os dados de entrada da cortina atirantada CA-01 no Geoslope.

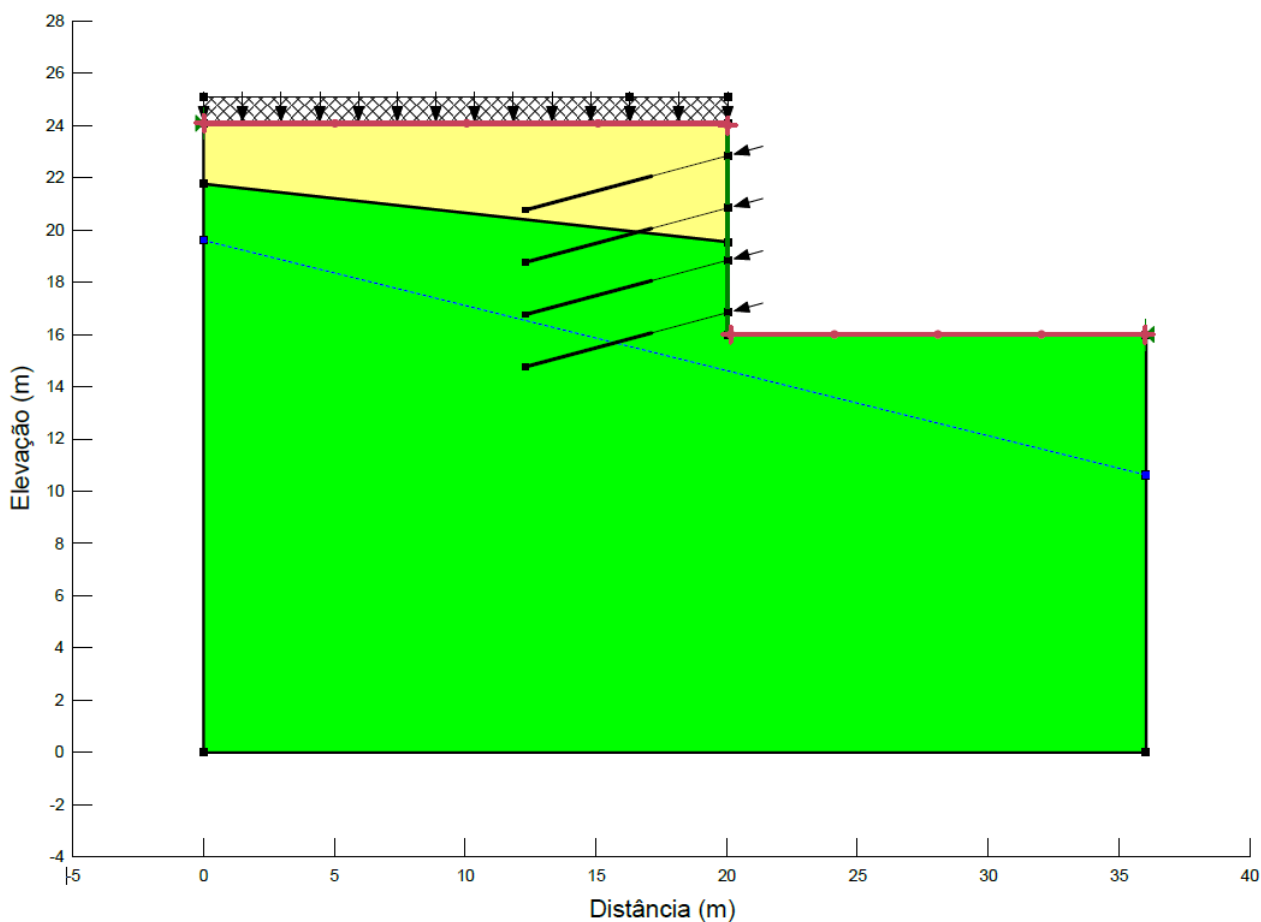


Figura 8 – Modelo Geoslope cortina CA-01 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Analysis Settings

Cortina CA-01 - Estabilidade Interna

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**

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

Argila Arenosa Mole

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **10 kPa**

Phi': **24 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Rocha Alterada

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion': 50 kPa

Phi': 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³

Direction: Vertical

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 36 kN/m³

Direction: Vertical

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Anchor

Outside Point: (20,03; 22,83) m

Inside Point: (12,302593; 20,759448) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 8,0000003 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 180 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,75

Bond Length: 5 m

Bond Diameter: 0,15 m

Anchor Spacing: 3 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 350 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 0 kN
Pullout Force per Length: 0 kN/m
Available Length: 0 m
Required Length: 0 m
Governing Component: (none)

Reinforcement 2

Type: Anchor
Outside Point: (20,03; 20,83) m
Inside Point: (12,302593; 18,759448) m
Slip Surface Intersection: (12,98667; 18,942746) m
Length: 8,0000003 m
Direction: 15 °
F of S Dependent: No
Pullout Resistance: 180 kPa
Resistance Reduction Factor: 1,75
Bond Length: 5 m
Bond Diameter: 0,15 m
Anchor Spacing: 3 m
Force Distribution: Distributed
Anchorage: Yes
Tensile Capacity: 350 kN
Reduction Factor: 1
Shear Force: 0 kN
Shear Reduction Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 11,442355 kN
Pullout Force per Length: 16,156762 kN/m
Available Length: 0,70820843 m
Required Length: 0,70820843 m
Governing Component: Pullout Resistance



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (20,03; 18,83) m
Inside Point: (12,302593; 16,759448) m
Slip Surface Intersection: (14,830029; 17,436672) m
Length: 8,0000003 m
Direction: 15 °
F of S Dependent: No
Pullout Resistance: 180 kPa
Resistance Reduction Factor: 1,75
Bond Length: 5 m
Bond Diameter: 0,15 m
Anchor Spacing: 3 m
Force Distribution: Distributed
Anchorage: Yes
Tensile Capacity: 350 kN
Reduction Factor: 1
Shear Force: 0 kN
Shear Reduction Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 42,27569 kN
Pullout Force per Length: 16,156762 kN/m
Available Length: 2,6165942 m
Required Length: 2,6165942 m
Governing Component: Pullout Resistance

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (20,03; 16,83) m
Inside Point: (12,302593; 14,759448) m
Slip Surface Intersection: (17,498453; 16,151674) m
Length: 8,0000003 m
Direction: 15 °
F of S Dependent: No
Pullout Resistance: 180 kPa
Resistance Reduction Factor: 1,75
Bond Length: 5 m



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Bond Diameter: 0,15 m
Anchor Spacing: 3 m
Force Distribution: Distributed
Anchorage: Yes
Tensile Capacity: 350 kN
Reduction Factor: 1
Shear Force: 0 kN
Shear Reduction Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 80,783811 kN
Pullout Force per Length: 16,156762 kN/m
Available Length: 5 m
Required Length: 5 m
Governing Component: Pullout Resistance

Current Slip Surface

Slip Surface: 59
F of S: 3,091
Volume: 61,779148 m³
Weight: 1.160,9672 kN
Resisting Moment: 19.489,949 kN-m
Activating Moment: 6.306,9603 kN-m
Resisting Force: 1.477,8969 kN
Activating Force: 478,12601 kN
F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces
F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces
Exit: (24,12; 16) m
Entry: (10,055; 24,08) m
Radius: 11,365488 m
Center: (21,053707; 26,944047) m

A figura 9 apresenta os resultados da análise de estabilidade.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

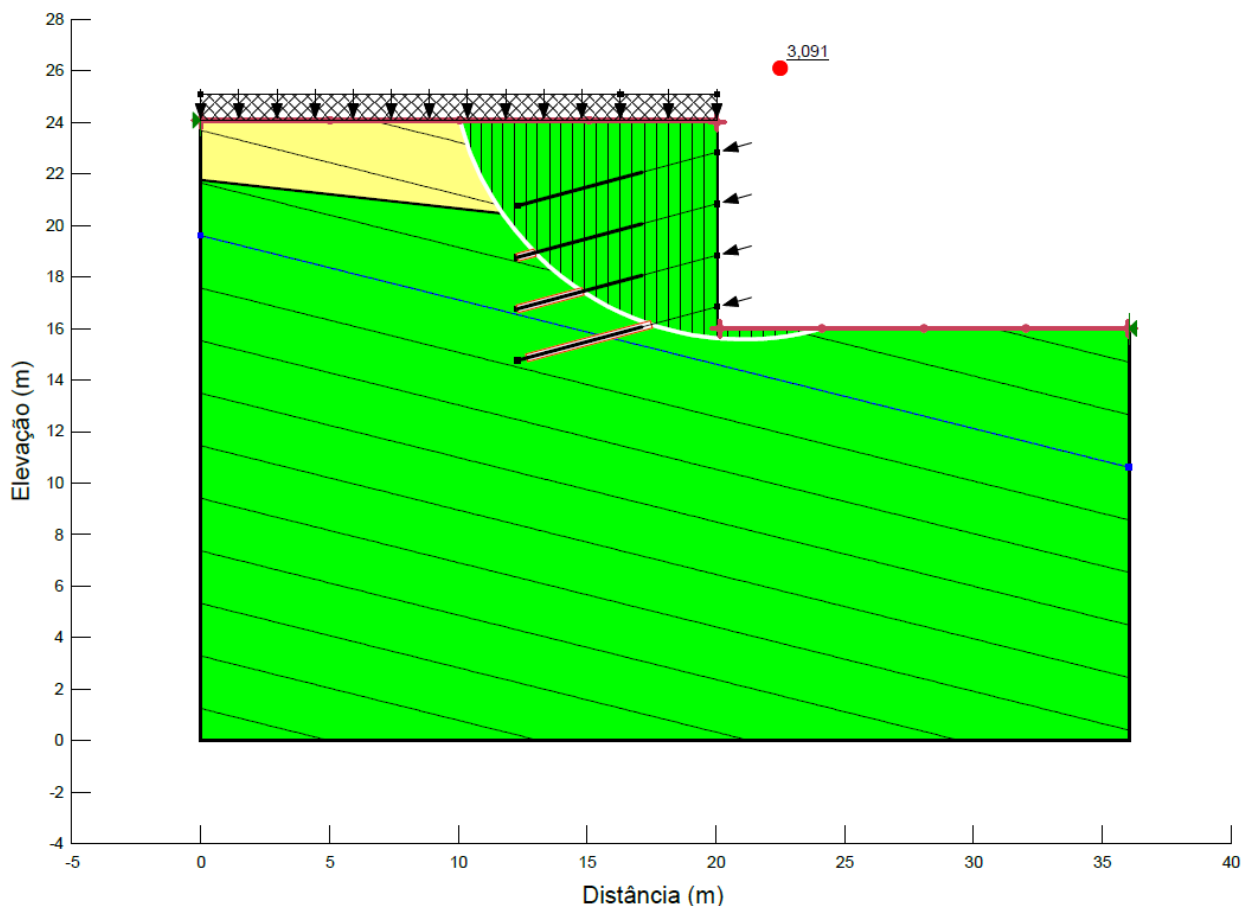


Figura 9 – Modelo Geoslope cortina CA-01 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 3,091$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

6. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINA ATIRANTADA CA-02

6.1 Determinação dos Componentes da Cortina Atirantada

6.1.1 Espaçamento Vertical dos Tirantes

A cortina CA-02 possui 2,50 m de altura. Será adotado o espaçamento vertical de 2,00 m. A figura 10 apresenta o perfil com a locação dos tirantes.

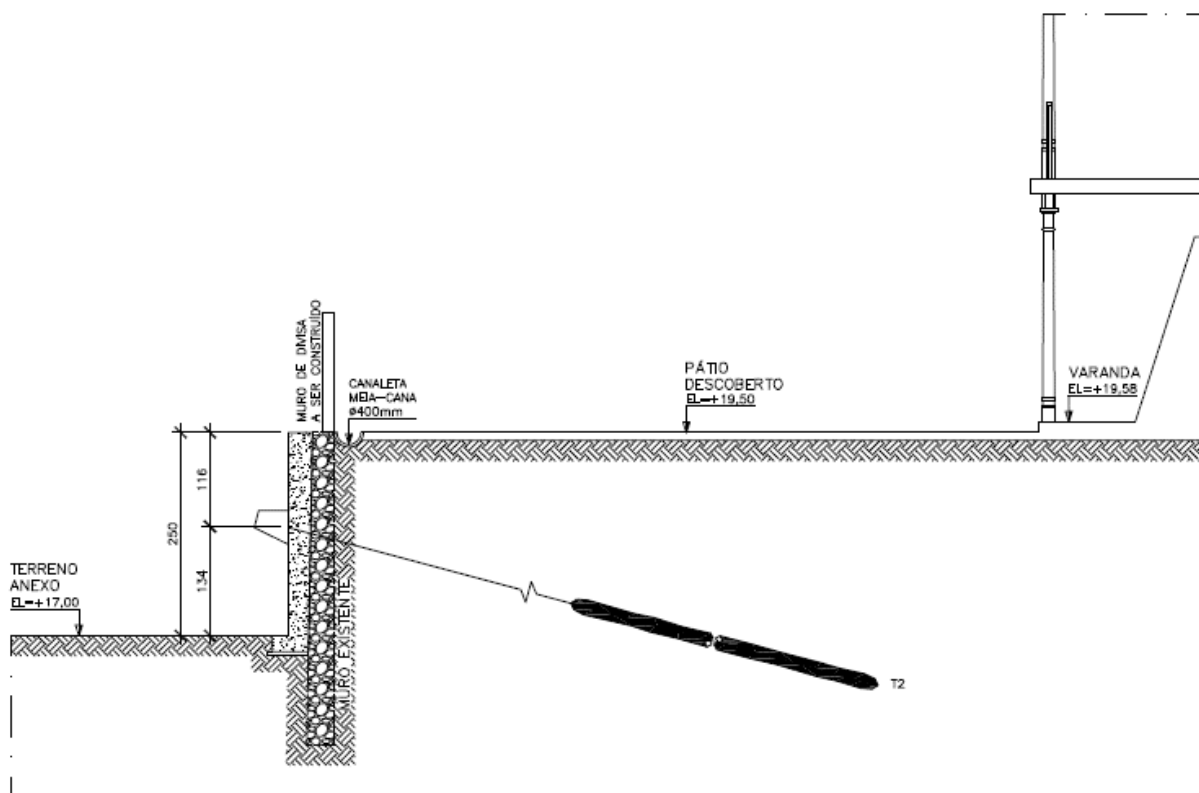


Figura 10 – Seção típica CA-02.

6.1.2 Espaçamento Horizontal dos Tirantes

A tabela a seguir apresenta as cargas em função dos tipos e diâmetros dos tirantes.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Tabela de Tirantes - Barra

| Barras | Diâmetro (mm) | Designação | Carga (KN) | | | |
|-----------|------------------|----------------------------|------------|-------|----------|-------|
| | | | Rupt. | Teste | Definit. | Prov. |
| ST 42/50 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 400 | 240 | 170 | 200 |
| ST 50/55 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 440 | 280 | 200 | 240 |
| ST 85/105 | 19 | Diwi - Barra Lisa | 290 | 170 | 120 | 140 |
| | 32 | Diwi - Duplo Filetado Dir. | 840 | 490 | 350 | 410 |

Será adotado a barra DW32 cuja a carga de trabalho é de 350 kN. Considerando a carga de trabalho no Geoslope de 110 kN o espaçamento horizontal será determinado:

$$S_h = \frac{T_t}{T_{t,slope}} \rightarrow S_h = \frac{350}{110} \rightarrow S_h = 3,18m$$

Adotar $S_h = 3,00m$.

6.1.3 Cálculo da Resistência Lateral do Tirante com o Solo e do Bulbo

O cálculo da resistência lateral do tirante com o solo, q_s , baseou-se na proposta de Bustamante e Doix (1985).

$$T_L = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot q_s \quad D_s = \alpha \cdot D_d$$

Onde: T_L = capacidade de carga do bulbo

L_s = comprimento do bulbo

q_s = aderência na ruptura (resistência ao cisalhamento unitária)

D_s = diâmetro da perfuração

α = coeficiente para cálculo do diâmetro final

A determinação do parâmetro q_s e L_B realizada pelos métodos de Ortigão 1997 ou Springer 2006. A figura 7 apresenta o cálculo de q_s e L_B .



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

| LOCAL: Maria Ortiz - CA-02 SPT - 08A H (m) 2,5 | | MÉTODOS | |
|--|--------------|---------------------------|------------------|
| PROF. (M) | GOLPES - SPT | ORTIGÃO - 1997 | Qs (Kpa) 253,18 |
| 1 | 5 | | |
| 2 | 4 | | |
| 3 | 5 | | |
| 4 | 14 | Ortigão e Springer - 2006 | Qs (Kpa) 172,43 |
| 5 | 30 | | |
| 6 | 30 | Springer - 2006 | Qs (Kpa) 133,87 |
| 7 | 30 | | |
| 8 | 30 | | |
| 9 | 30 | | |
| 10 | 30 | | |
| 11 | 30 | | |
| 12 | 30 | | |
| 13 | 30 | | |
| Somatório | 298 | | |
| mèdia | 27,09 | MÉDIA | 186,50 |
| | | Diâmetro (m) | 0,15 |
| | | T (Kpa) | 180 |
| | | Lb (m) | 2,049196 |
| | | Adotar Lb (m) | 3 |

Figura 11 – Determinação de q_s e L_B .

Serão adotados:

- $q_s = 180 \text{ kPa}$
- $L_B = 3,0 \text{ m}$

O valor de D_s foi obtido a partir dos gráficos a seguir, considerando a ancoragem injetada em múltiplos estágios (IRS).

$$D_d = 0,1 \text{ m e } \alpha = 1,5$$

$$D_s = 1,5 \times 0,1 = 0,15 \text{ m}$$

5.1.4 Cálculo do Trecho Livre

Conforme norma o trecho livre deve ser $\geq 3,00 \text{ m}$, logo será adotado na primeira linha $L_l = 3,00 \text{ m}$.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

6.2 Análise de Estabilidade

A figura 12 apresenta os dados de entrada da cortina atirantada CA-01 no Geoslope.

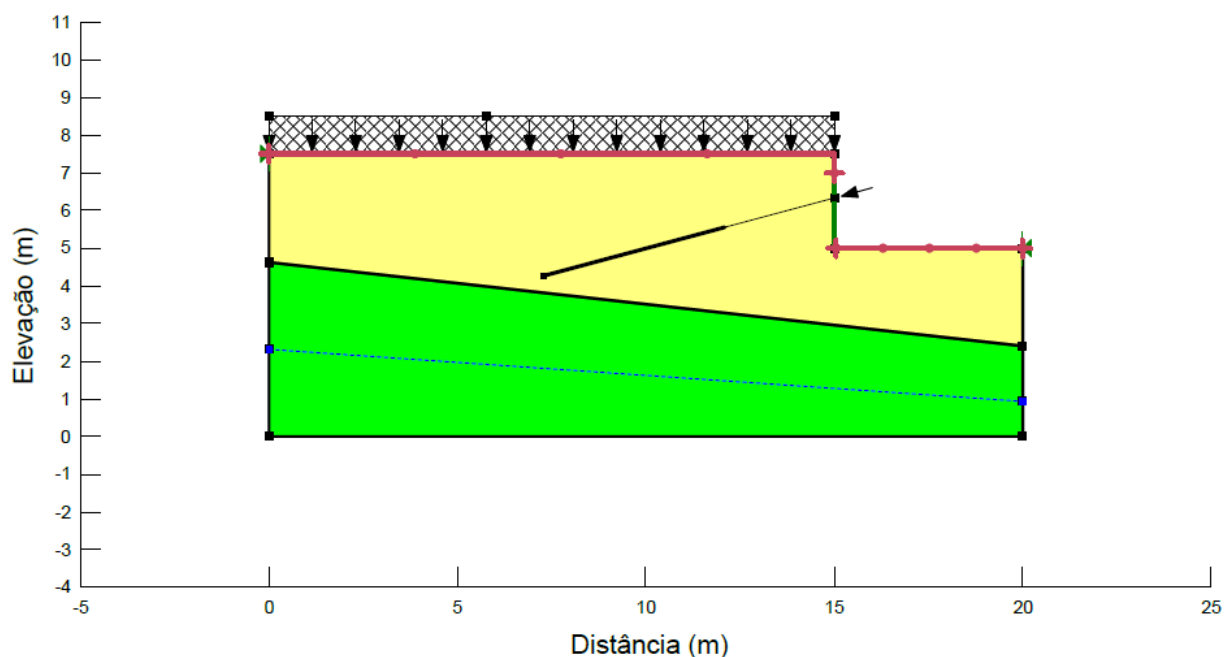


Figura 12 – Modelo Geoslope cortina CA-02 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Analysis Settings

Cortina CA-02 - Estabilidade Interna

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**
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

Argila Arenosa Mole

Model: **Mohr-Coulomb**
Unit Weight: **18 kN/m³**
Cohesion': **10 kPa**
Phi': **24 °**
Phi-B: **0 °**
Pore Water Pressure
Piezometric Line: **1**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Rocha Alterada

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion': 50 kPa

Phi': 35 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³

Direction: Vertical

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 36 kN/m³

Direction: Vertical

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Anchor

Outside Point: (15; 6,331259) m

Inside Point: (7,272593; 4,260707) m

Slip Surface Intersection: (7,2863819; 4,2644017) m

Length: 8,0000003 m

Direction: 15 °

F of S Dependent: No

Pullout Resistance: 180 kPa

Resistance Reduction Factor: 1,75

Bond Length: 5 m

Bond Diameter: 0,15 m

Anchor Spacing: 3 m

Force Distribution: Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity: 350 kN

Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor: 1



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 0,23064307 kN
Pullout Force per Length: 16,156762 kN/m
Available Length: 0,014275327 m
Required Length: 0,014275327 m
Governing Component: Pullout Resistance

Current Slip Surface

Slip Surface: 22
F of S: 3,521
Volume: 45,726949 m³
Weight: 823,08508 kN
Resisting Moment: 15.167,573 kN-m
Activating Moment: 4.307,7283 kN-m
Resisting Force: 661,54084 kN
Activating Force: 187,89289 kN
F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces
F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces
Exit: (20; 5) m
Entry: (0; 7,501259) m
Radius: 21,980986 m
Center: (12,424167; 25,634207) m

A figura 13 apresenta os resultados da análise de estabilidade.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

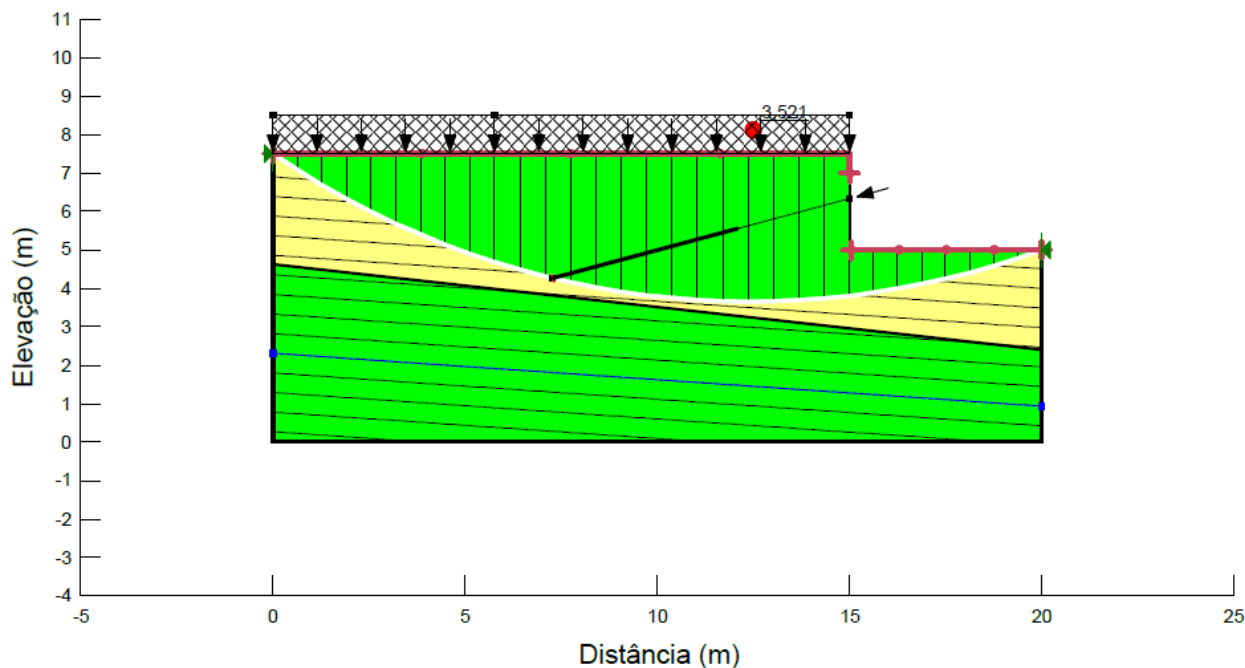


Figura 13 – Modelo Geoslope cortina CA-02 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 3,521$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

7. ANÁLISE DE ESTABILIDADE – CORTINAS ATIRANTADAS CA-03/CA-04

7.1 Determinação dos Componentes da Cortina Atirantada

7.1.1 Espaçamento Vertical dos Tirantes

A cortina CA-03 possui 5,41 m de altura. A cortina CA-04 possui seção variável, cuja a altura máxima é igual à da CA-03. Será adotado o espaçamento vertical de 2,00 m. A figura 14 apresenta o perfil com a locação dos tirantes.

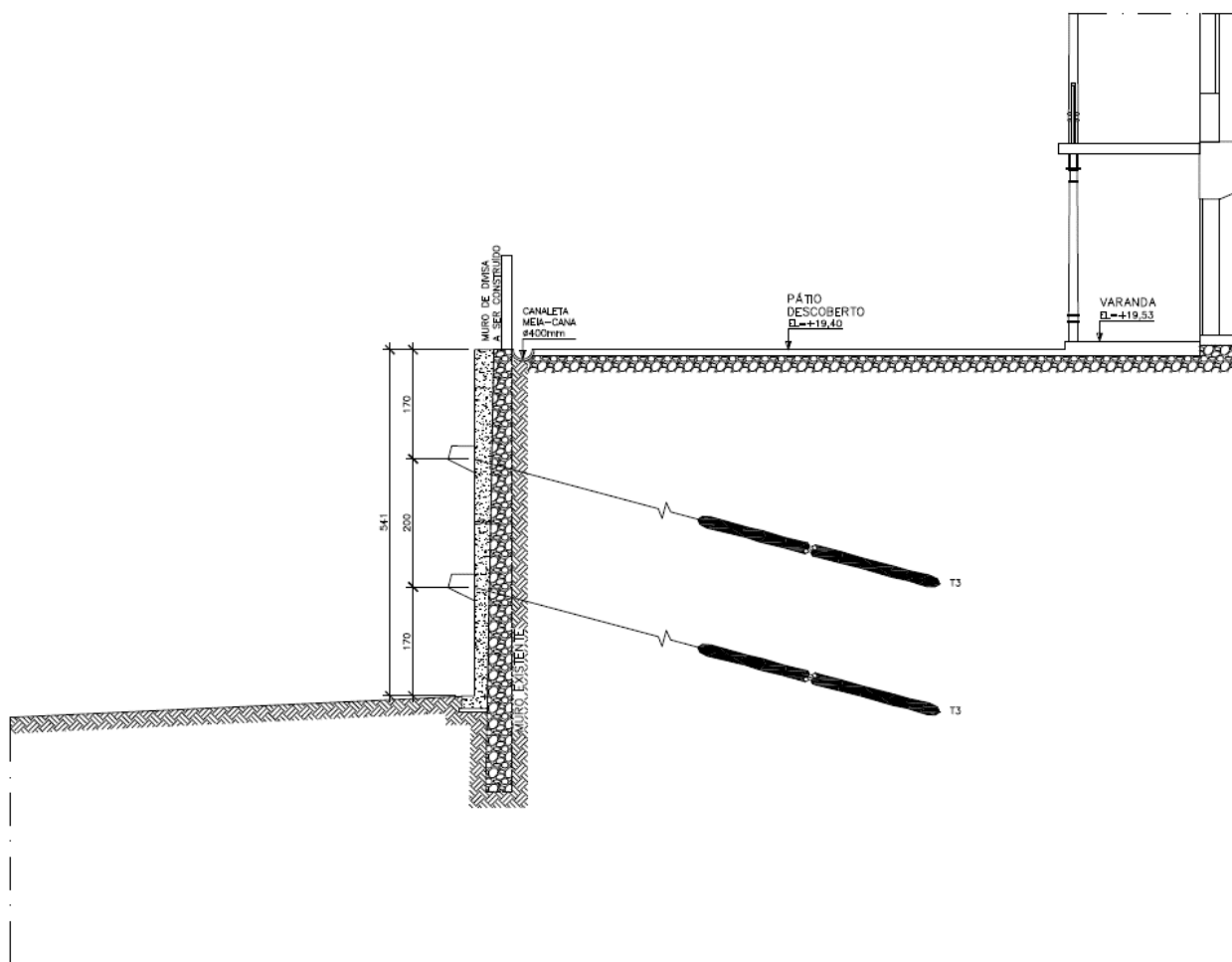


Figura 14 – Seção típica CA-03.



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

7.1.2 Espaçamento Horizontal dos Tirantes

A tabela a seguir apresenta as cargas em função dos tipos e diâmetros dos tirantes.

| Tabela de Tirantes - Barra | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|----------------------------|------------|-------|----------|-------|--|
| Barras | Diâmetro (mm) | Designação | Carga (KN) | | | | |
| | | | Rupt. | Teste | Definit. | Prov. | |
| ST 42/50 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 400 | 240 | 170 | 200 | |
| ST 50/55 | 32 | Gewi - Duplo Filetado Esq. | 440 | 280 | 200 | 240 | |
| ST 85/105 | 19 | Diwi - Barra Lisa | 290 | 170 | 120 | 140 | |
| | 32 | Diwi - Duplo Filetado Dir. | 840 | 490 | 350 | 410 | |

Será adotado a barra DW32 cuja a carga de trabalho é de 350 kN. Considerando a carga de trabalho no Geoslope de 110 kN o espaçamento horizontal será determinado:

$$S_h = \frac{T_t}{T_{t,slope}} \rightarrow S_h = \frac{350}{110} \rightarrow S_h = 3,18m$$

Adotar $S_h = 3,00m$.

7.1.3 Cálculo da Resistencia Lateral do Tirante com o Solo e do Bulbo

O cálculo da resistência lateral do tirante com o solo, q_s , baseou-se na proposta de Bustamante e Doix (1985).

$$T_L = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot q_s \quad D_s = \alpha \cdot D_d$$

Onde: T_L = capacidade de carga do bulbo

L_s = comprimento do bulbo

q_s = aderência na ruptura (resistência ao cisalhamento unitária)

D_s = diâmetro da perfuração

α = coeficiente para cálculo do diâmetro final



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

A determinação do parâmetro q_s e L_B realizada pelos métodos de Ortigão 1997 ou Springer 2006.
A figura 15 apresenta o cálculo de q_s e L_B .

| LOCAL: Maria Ortiz - CA-03 SPT - 04A H (m) 5,41 | | MÉTODOS | | |
|---|--------------|---------------------------|-------------|--------|
| PROF. (M) | GOLPES - SPT | ORTIGÃO - 1997 | Q_s (Kpa) | 247,73 |
| 1 | 5 | Ortigão e Springer - 2006 | Q_s (Kpa) | 171,87 |
| 2 | 5 | | | |
| 3 | 5 | | | |
| 4 | 5 | | | |
| 5 | 30 | Springer - 2006 | Q_s (Kpa) | 132,64 |
| 6 | 30 | | | |
| 7 | 30 | | | |
| 8 | 30 | | | |
| 9 | 30 | MÉDIA | | 184,08 |
| 10 | 30 | | | |
| 11 | 30 | | | |
| 12 | 30 | | | |
| 13 | 30 | Diâmetro (m) | 0,15 | |
| Somatório | 290 | T (Kpa) | 180 | |
| média | 26,36 | Lb (m) | 2,076069 | |
| | | Adotar Lb (m) | 3 | |

Figura 15 – Determinação de q_s e L_B .

Serão adotados:

- $q_s = 180 \text{ kPa}$
- $L_B = 3,0 \text{ m}$

O valor de D_s foi obtido a partir dos gráficos a seguir, considerando a ancoragem injetada em múltiplos estágios (IRS).

$$D_d = 0,1 \text{ m e } \alpha = 1,5$$

$$D_s = 1,5 \times 0,1 = 0,15 \text{ m}$$



| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

7.1.4 Cálculo do Trecho Livre

Conforme norma o trecho livre deve ser $\geq 3,00\text{ m}$, logo será adotado na primeira linha $L_t = 3,00\text{ m}$.

7.2 Análise de Estabilidade

A figura 16 apresenta os dados de entrada da cortina atirantada CA-03 no Geoslope.

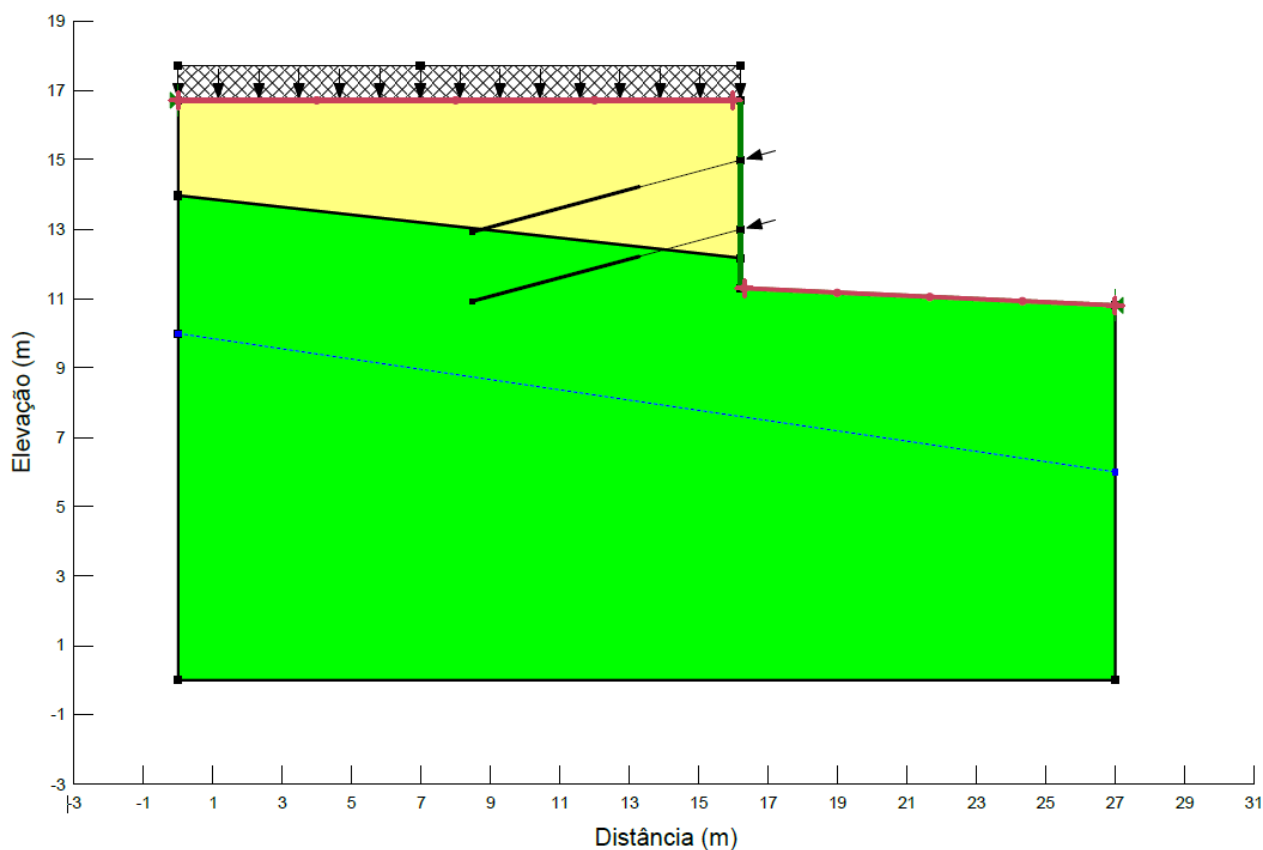


Figura 16 – Modelo Geoslope cortina CA-03 – Dados de entrada

As imagens a seguir apresenta a modelagem.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Analysis Settings

Cortina CA-03 - Estabilidade Interna

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**

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

Argila Arenosa Mole

Model: **Mohr-Coulomb**

Unit Weight: **18 kN/m³**

Cohesion': **10 kPa**

Phi': **24 °**

Phi-B: **0 °**

Pore Water Pressure

Piezometric Line: **1**



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Rocha Alterada

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion': 50 kPa
Phi': 35 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³
Direction: Vertical

Surcharge Load 2

Surcharge (Unit Weight): 36 kN/m³
Direction: Vertical

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Anchor
Outside Point: (16,2; 14,995104) m
Inside Point: (8,472593; 12,924552) m
Slip Surface Intersection: () m
Length: 8,0000003 m
Direction: 15 °
F of S Dependent: No
Pullout Resistance: 180 kPa
Resistance Reduction Factor: 1,75
Bond Length: 5 m
Bond Diameter: 0,15 m
Anchor Spacing: 3 m
Force Distribution: Distributed
Anchorage: Yes
Tensile Capacity: 350 kN
Reduction Factor: 1



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

MEMÓRIA DE CÁLCULO

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Shear Force: 0 kN
Shear Reduction Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 0 kN
Pullout Force per Length: 0 kN/m
Available Length: 0 m
Required Length: 0 m
Governing Component: (none)

Reinforcement 2

Type: Anchor
Outside Point: (16,2; 12,995104) m
Inside Point: (8,472593; 10,924552) m
Slip Surface Intersection: (10,052972; 11,348013) m
Length: 8,0000003 m
Direction: 15 °
F of S Dependent: No
Pullout Resistance: 180 kPa
Resistance Reduction Factor: 1,75
Bond Length: 5 m
Bond Diameter: 0,15 m
Anchor Spacing: 3 m
Force Distribution: Distributed
Anchorage: Yes
Tensile Capacity: 350 kN
Reduction Factor: 1
Shear Force: 0 kN
Shear Reduction Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Factored Pullout Resistance: 16,156762 kN/m
Max. Pullout Force: 80,783811 kN
Factored Tensile Capacity: 116,66667 kN
Pullout Force: 26,434535 kN
Pullout Force per Length: 16,156762 kN/m
Available Length: 1,6361282 m
Required Length: 1,6361282 m
Governing Component: Pullout Resistance



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

Current Slip Surface

Slip Surface: 38
F of S: 4,158
Volume: 62,634312 m³
Weight: 1.167,3152 kN
Resisting Moment: 24.597,987 kN-m
Activating Moment: 5.915,8036 kN-m
Resisting Force: 1.576,5361 kN
Activating Force: 379,20418 kN
F of S Rank (Analysis): 1 of 125 slip surfaces
F of S Rank (Query): 1 of 125 slip surfaces
Exit: (21,663461; 11,048167) m
Entry: (4; 16,710228) m
Radius: 14,403723 m
Center: (16,19579; 24,373774) m

A figura 17 apresenta os resultados da análise de estabilidade.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONSÓRCIO
CONTROL TEC | SETEC

| | |
|--|--------------------|
| OBJETO: EEEFM MARIA ORTIZ | |
| ASSUNTO: ESTRUTURAS DE CONTENÇÕES | REVISÃO: 00 |
| RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Laerte Junior Baptista – CREA-ES 7616/D | ARQUIVO: |

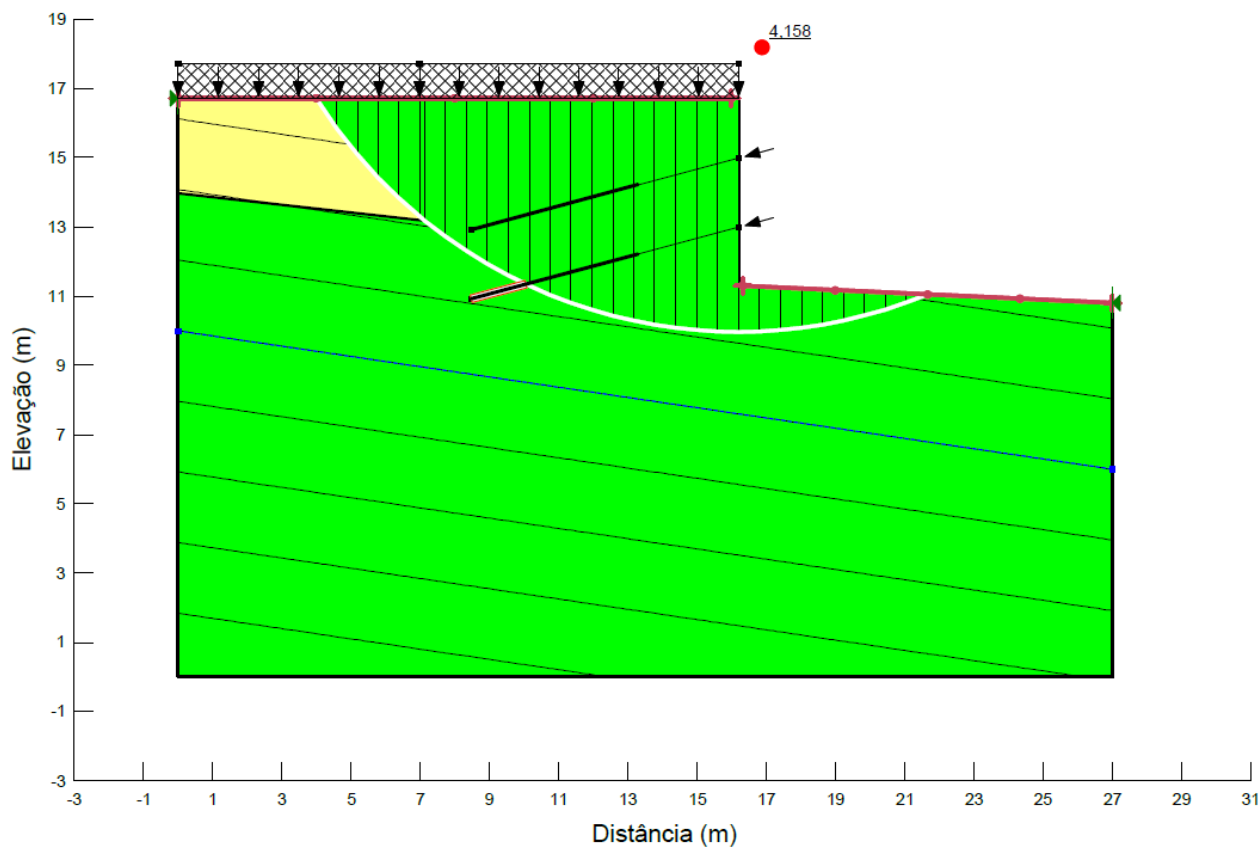


Figura 17 – Modelo Geoslope cortina CA-03 – Resultados

Conforme resultados o fator de segurança determinado foi $FS = 3,091$ acima de 1,5. Conforme NBR 11628, o talude na situação atual encontra-se estável e seguro.

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

LAERTE JUNIOR BAPTISTA

CIDADÃO

assinado em 21/05/2025 15:53:58 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 21/05/2025 15:53:58 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)

por FERNANDA SHAILA LOSS BRANDÃO (TÉCNICO EDIFICAÇÕES JR - 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/2025-6SCRB7>