

Análise de solo grampeado

Introduzir dados

Projeto : PROJETO DE CONTENÇÃO
Parte : SEÇÃO 01
Descrição : SOLO GRAMPEADO
Cliente : PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRACEMA
Autor : MAURÍCIO DE FREITAS FERREIRA - ENGENHEIRO CIVIL - CREA MG 151.540/D
Data : 07/10/2024
Número do projeto : SG-04-2024-PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRACEMA

Configurações

(apenas para a tarefa atual)

Materiais e Normas

Estruturas de concreto : NBR 6118-2014
Fator parcial para concreto : 1,40

Análise de muro

Metodologia de verificação : Fatores de segurança
Cálculo do empuxo de terra ativo : Coulomb
Cálculo do empuxo de terra passivo : Coulomb
Análise sísmica : Mononobe-Okabe
Forma da cunha de terra : Calcular com inclinação
Excentricidade permitida : 0,333

Fatores de segurança			
Situação permanente do projeto			
Fator de segurança para tombamento :	$SF_o =$	1,50	[-]
Fator de segurança para a resistência ao deslizamento :	$SF_s =$	1,50	[-]
Fator de segurança para a capacidade de carga :	$SF_b =$	1,50	[-]

Análise de estabilidade

Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Fatores de segurança			
Situação permanente do projeto			
Fator de segurança para deslizamentos de superfícies planas :	$SF_{pl} =$	1,50	[-]
Fator de segurança para superfície de deslizamento descontínua :	$SF_{br} =$	1,50	[-]

Geometria da estrutura

Espessura do paramento de concreto $h = 0,10$ m

No.	Prof. z [m]	Coordenada x [m]
1	0,00	0,00
2	8,00	-7,37

Tipo de grampos

No.	Nome	Tipo de grampo	Resistência à tração R_t [kN]	Resistência ao arrancamento T_p [kN/m]	Força na cabeça do grampo R_f [kN]
1	CA50 - 16mm	definidos pelo usuário	63,16	18,85	32,00

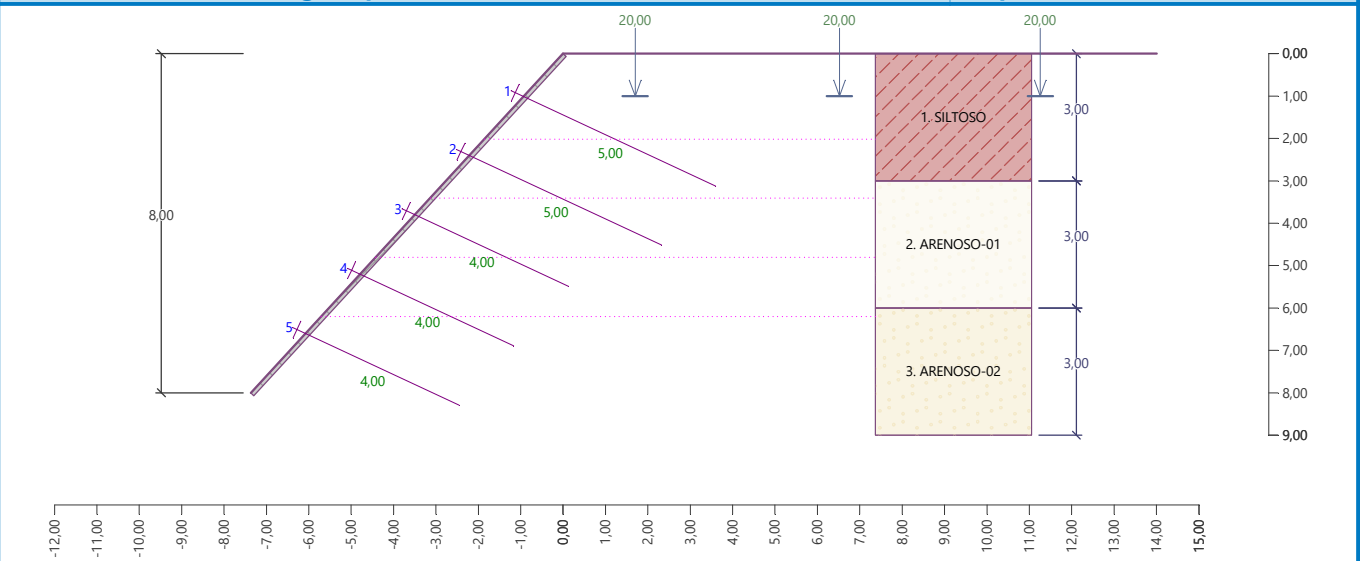
Geometria dos grampos

Número total de grampos - 5
Inclinação dos grampos em relação a horizontal = 25,00 °

Grampo	Prof. [m]	Distância até a bancada [m]	Comprimento [m]	Espaçamento [m]	Tipo de grampo
1	1,01	1,00	5,00	1,80	CA50 - 16mm
2	2,40	1,00	5,00	1,80	CA50 - 16mm
3	3,80	1,00	4,00	1,80	CA50 - 16mm
4	5,20	1,00	4,00	1,80	CA50 - 16mm
5	6,60	1,40	4,00	1,80	CA50 - 16mm

Nome : Geometria dos grampos

Etapa - análise : 1 - 0



Material da estrutura

Análise das estruturas de concreto realizadas de acordo com a norma NBR 6118-2014.

Betão: C30

Resistência à compressão característica $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Resistência à tração $f_{ct,m} = 2,90 \text{ MPa}$

Armadura longitudinal: CA-50

Tensão de escoamento $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Parâmetros do solo

SILTOSO

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Estado de tensão : efetivo

Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 26,00^\circ$

Coesão do solo : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$

Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 19,00^\circ$

Solo : coesivo

Coefficiente de Poisson : $\nu = 0,35$

Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-01

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
 Solo : não coesivo
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-02

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
 Solo : não coesivo
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-03

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
 Solo : não coesivo
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-04

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
 Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta = 24,00^\circ$
 Solo : não coesivo
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Perfil geológico e solos atribuídos

No.	Espessura da camada t [m]	Profundidade z [m]	Solo atribuído	Padrão
1	3,00	0,00 .. 3,00	SILTOSO	
2	3,00	3,00 .. 6,00	ARENOSO-01	
3	3,00	6,00 .. 9,00	ARENOSO-02	
4	3,00	9,00 .. 12,00	ARENOSO-01	
5	3,00	12,00 .. 15,00	ARENOSO-01	
6	-	15,00 .. ∞	ARENOSO-01	

Perfil do terreno

O terreno atrás da estrutura é liso.

Influência da água

Nível freático está localizado abaixo da estrutura.

Inserir sobrecargas concentradas

No.	Sobrecarga		Ação	Valor [kN]	Ord.x x [m]	Comp. l [m]	Largura b[m]	Prof. z [m]
	novo	mudar						
1	Sim		permanente	20,00	1,40	0,60	0,60	1,00
2	Sim		permanente	20,00	6,22	0,60	0,60	1,00
3	Sim		permanente	20,00	10,96	0,60	0,60	1,00

No.	Nome
1	SAPATA 01
2	SAPATA 02
3	SAPATA 03

Definições da etapa de construção

Situação do projeto : permanente

Redução do ângulo de atrito solo/solo : não reduzir

Estabilidade interna**Análises No. 1****Superfície de deslizamento plana após a otimização :**

Ângulo da superfície de deslizamento = 28,00 °

Origem da superfície de deslizamento a uma profundidade de = 8,00 m

Força da gravidade = 592,66 kN/m

Força total mobilizada pelos grampos atrás da superfície de deslizamento = 98,84 kN/m

Forças da superfície de deslizamento (força da grav.) = 278,24 kN/m

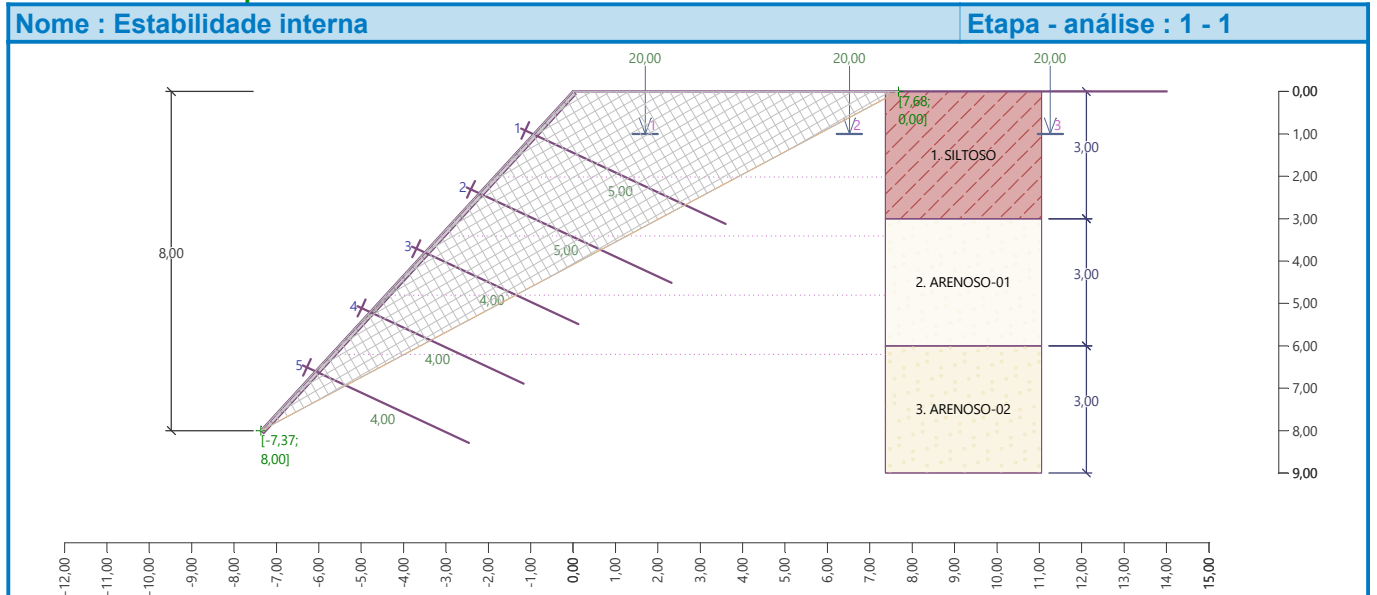
forças na superfície de deslizamento (empuxo) = 0,00 kN/m

Forças resistentes na superfície de deslizamento (solo) = 510,64 kN/m

Forças resistentes na superfície de deslizamento (grampos) = 59,48 kN/m

Fator de segurança = 2,05 > 1,50

Estabilidade da superfície de deslizamento É SATISFATÓRIA



Análises No. 2

Superfície de deslizamento descontínua depois da otimização :

Ângulo da superfície de deslizamento = 27,00 °
Origem da superfície de deslizamento a uma profundidade de = 8,00 m

Força da gravidade = 517,24 kN/m
Força total mobilizada pelos grampos atrás da superfície de deslizamento = 91,99 kN/m
Forças da superfície de deslizamento (força da grav.) = 234,82 kN/m
forças na superfície de deslizamento (empuxo) = 0,63 kN/m
Forças resistentes na superfície de deslizamento (solo) = 428,62 kN/m
Forças resistentes na superfície de deslizamento (grampos) = 56,64 kN/m

Fator de segurança = 2,06 > 1,50

Estabilidade da superfície de deslizamento É SATISFATÓRIA

Análises No. 3

Empuxo horizontal na estrutura:

Ponto	Prof. [m]	Empuxo [kPa]
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	1,00	0,00
4	1,83	0,00
5	2,32	0,00
6	3,00	0,00
7	4,40	0,00
8	6,00	0,00
9	6,21	0,00
10	7,13	0,00
11	8,00	0,00

Verificação da capacidade de carga dos grampos

Coef. de redução do empuxo ativo para verificação da capacidade de carga dos grampos $k_n = 1,00$.

Grampo	Prof. h [m]	Tipo de grampos	Capacidade de carga do grampo [kN]	Força do grampo [kN]	Verificação
1	1,01	CA50 - 16mm	63,16	0,00	é satisfatório
2	2,40	CA50 - 16mm	63,16	0,00	é satisfatório
3	3,80	CA50 - 16mm	63,16	0,00	é satisfatório
4	5,20	CA50 - 16mm	63,16	0,00	é satisfatório
5	6,60	CA50 - 16mm	63,16	0,00	é satisfatório

Grampo com mais solicitado. - Nr. 1.

Capacidade de carga do grampo = 63,16 kN > 0,00 kN = Força do grampo

Capacidade de carga dos grampos É SATISFATÓRIA

Verificação No. 1

Forças atuantes na construção

Nome	F_{hor} [kN/m]	Pt. aplic. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pt. aplic. x [m]	Projeto coeficiente
Peso - solo reforçado	0,00	-3,77	828,27	6,37	1,000
Empuxo ativo	3,77	-5,27	1,91	10,97	1,000
SAPATA 02	0,52	-5,25	0,20	11,10	1,000

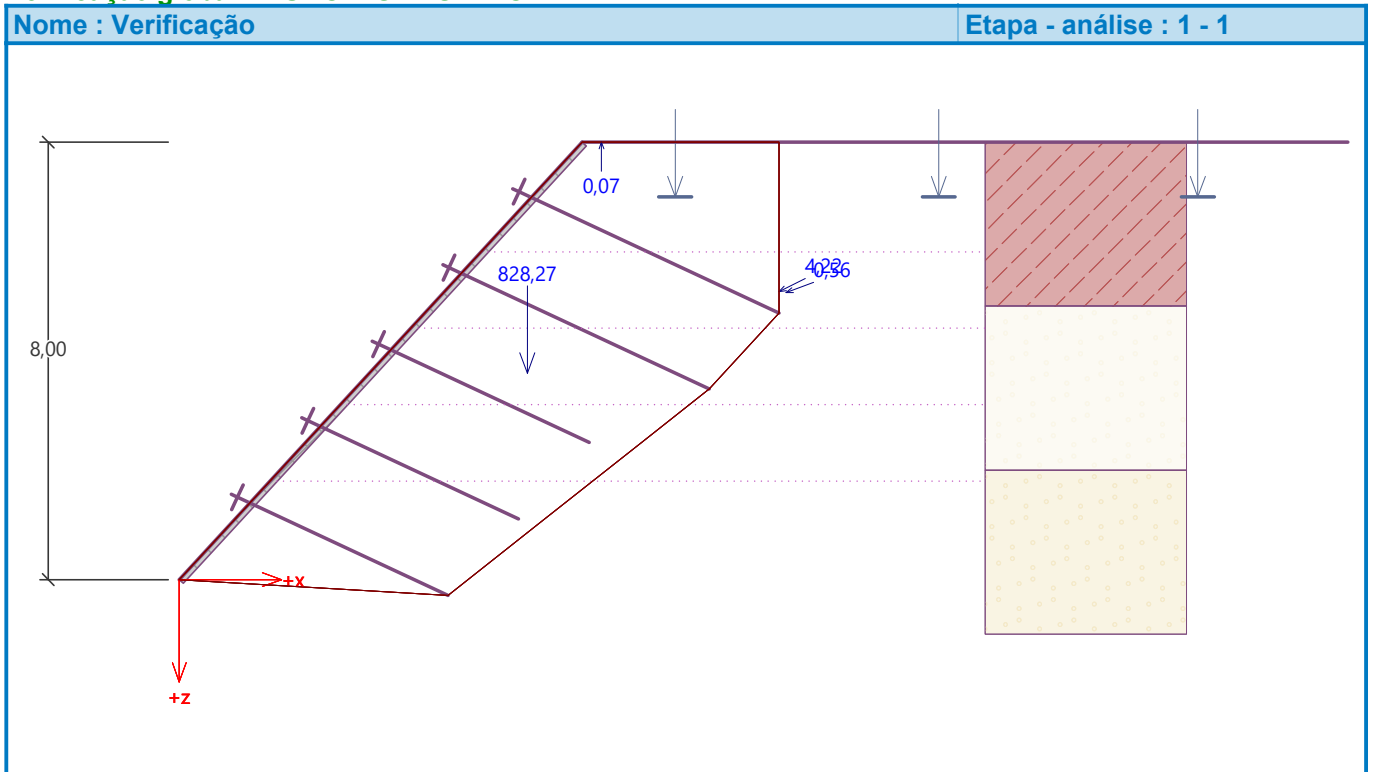
Nome	F_{hor} [kN/m]	Pt. aplic. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pt. aplic. x [m]	Projeto coeficiente
SAPATA 03	0,00	-8,00	-0,07	7,72	1,000

Verificação completa do muro**Verificação da estabilidade ao tombamento**Momento resistente $M_{res} = 5295,57 \text{ kNm/m}$ Momento de tombamento $M_{ovr} = 22,60 \text{ kNm/m}$

Fator de segurança = 234,28 > 1,50

Resistência do muro ao tombamento É SATISFATÓRIA**Verificação de deslizamento**Reação horizontal $H_{res} = 528,52 \text{ kN/m}$ Empuxo ativo horizontal $H_{act} = 4,29 \text{ kN/m}$

Fator de segurança = 123,07 > 1,50

Resistência do muro ao deslizamento É SATISFATÓRIA**Verificação global - MURO É SATISFATÓRIA**

Aviso - intervalo permitido para dados introduzidos excedido durante a análise de empuxo!

A análise é realizada com o valor modificado da inclinação α da estrutura.**Cap. de carga do solo de fundação****Forças atuantes no centro da base da sapata**

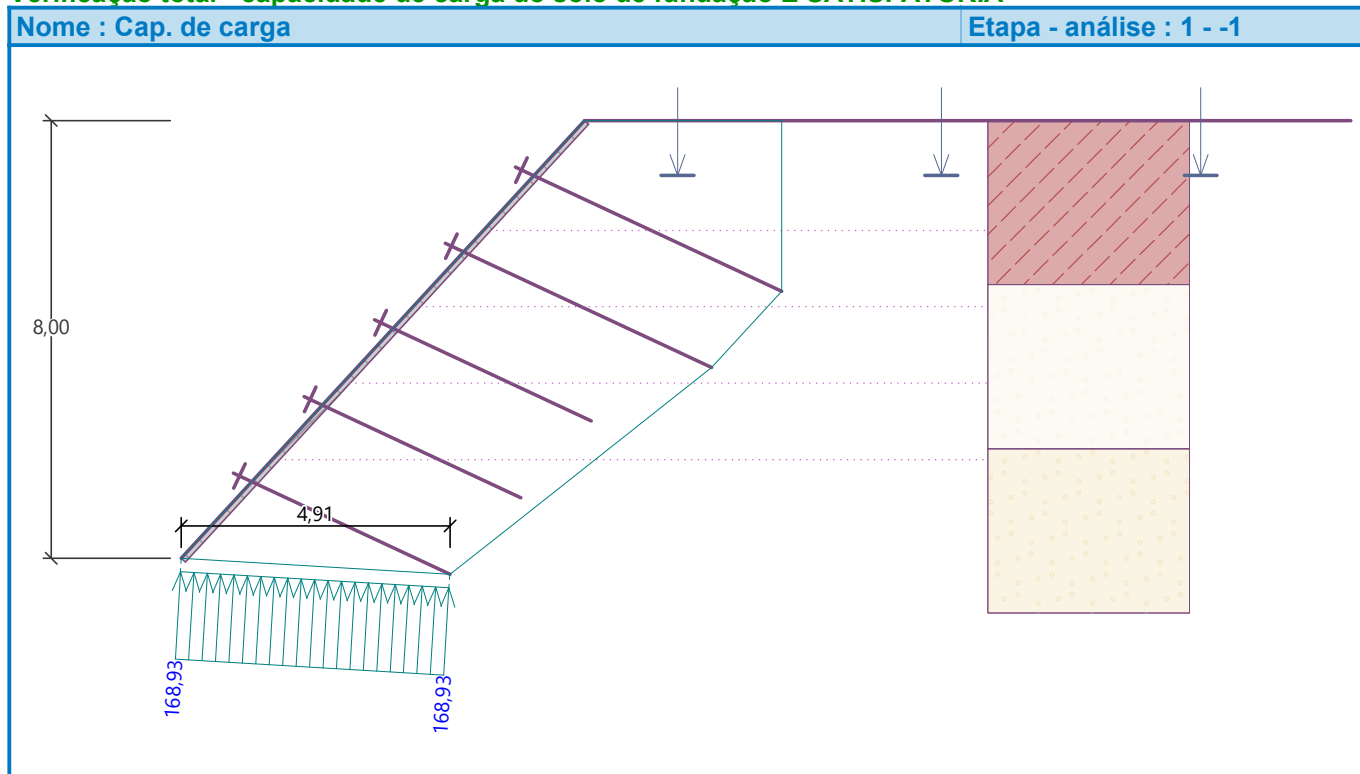
No.	Momento [kNm/m]	Força norm. [kN/m]	Esforo Transversal [kN/m]	Excentricidade [-]	Tensão [kPa]
1	-3232,51	830,30	4,29	0,000	168,93

Cargas de serviço atuantes no centro da base da sapata

No.	Momento [kNm/m]	Força norm. [kN/m]	Esforo Transversal [kN/m]
1	-3232,51	830,30	4,29

Verificação do solo de fundação

Tensão na base da sapata : retangular

Verificação de excentricidadeExcentricidade máx. da força normal $e = 0,000$ Excentricidade máx. permitida $e_{alw} = 0,333$ **Excentricidade da força normal É SATISFATÓRIA****Verificação da cap. de carga da sapata**Tensão máx. na base da sapata $\sigma = 168,93 \text{ kPa}$ Cap. de carga do solo de fundação permitida $R_d = 350,00 \text{ kPa}$ Fator de segurança $= 2,07 > 1,50$ **Cap. de carga do solo de fundação É SATISFATÓRIA****Verificação total - capacidade de carga do solo de fundação É SATISFATÓRIA****Dimensionamento No. 1****Introduzir dados**

Tipo de malha : Malha Q138 / 10x10 cm / 4.2x4.2 mm (definidos pelo usuário)

Área da armadura horiz.

$$A_{hor} = 138,0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Área da armadura vert.

$$A_{vert} = 138,0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Distância entre o centro de gravidade da malha e a extremidade mais distante $h_1 = 30,0 \text{ mm}$ Distância entre o centro de gravidade da malha e a extremidade mais próxima $h_2 = 70,0 \text{ mm}$ **Dimensionamento do paramento de concreto****Direção vertical - traseira**Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,02 \text{ m} = x_{max}$

Momento último $M_{Rd} = 4,10 \text{ kNm/m} > 0,00 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção horizontal - traseira

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,02 \text{ m} = x_{max}$

Momento último $M_{Rd} = 4,10 \text{ kNm/m} > 0,00 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção vertical - frente

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,01 \text{ m} = x_{max}$

Momento último $M_{Rd} = 1,70 \text{ kNm/m} > 0,00 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Direção horizontal - frente

Altura da linha neutra $x = 0,00 \text{ m} < 0,01 \text{ m} = x_{max}$

Momento último $M_{Rd} = 1,70 \text{ kNm/m} > 0,00 \text{ kNm/m} = M_{Sd}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Características dim.

Taxa de armadura $\rho = 0,20 \% > 0,15 \% = \rho_{min}$

A seção transversal é SATISFATÓRIA.

Verificação total É SATISFATÓRIA

Análise de estabilidade de talude

Introduzir dados (Etapa de construção 1)

Projeto

Configurações

(apenas para a tarefa atual)

Análise de estabilidade

Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Análise sísmica : Norma

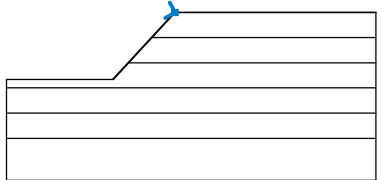
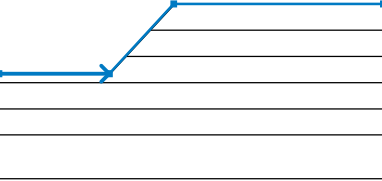
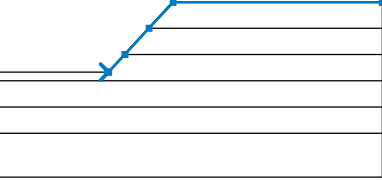
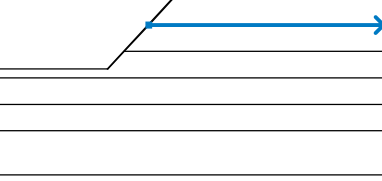
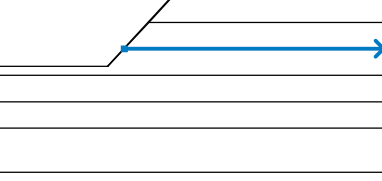
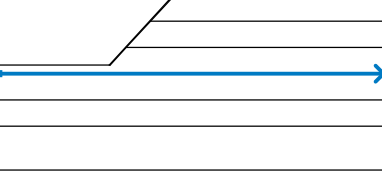
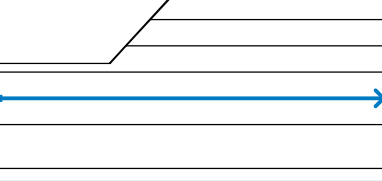
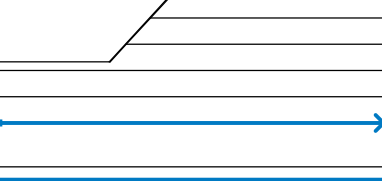
Fatores de segurança		
Situação permanente do projeto		
Fator de segurança :	$SF_s =$	1,50 [-]

Ancoragem


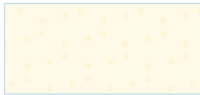



Metodologia de verificação : Fatores de segurança

Fatores de segurança		
Fator de segurança para a resistência do aço :	$SF_t =$	1,50 [-]
Fator de segurança da resistência de arrancamento (solo) :	$SF_e =$	1,50 [-]
Fator de segurança da resistência de arrancamento (argamassa) :	$SF_c =$	1,50 [-]


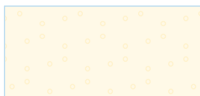


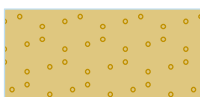
Interface

No.	Localização da interface	Coordenadas dos pontos de interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	0,10	-0,03		
2		-20,00	-8,00	-7,37	-8,00	0,00	0,00
		24,00	0,00				
3		-7,37	-8,00	-7,27	-8,00	-5,42	-6,00
		-2,65	-3,00	0,10	-0,03	24,00	-0,03
4		-2,65	-3,00	24,00	-3,00		
5		-5,42	-6,00	24,00	-6,00		
6		-20,00	-9,00	24,00	-9,00		
7		-20,00	-12,00	24,00	-12,00		
8		-20,00	-15,00	24,00	-15,00		

Parâmetros de solo - estado de tensão efetivo

No.	Nome	Padrão	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	SILTOSO		26,00	12,00	18,00
2	ARENOSO-01		30,00	10,00	18,00
3	ARENOSO-02		30,00	10,00	18,00
4	ARENOSO-03		30,00	10,00	20,00
5	ARENOSO-04		30,00	10,00	20,00

Parâmetros de solo - elevação

No.	Nome	Padrão	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [-]
1	SILTOSO		19,00		
2	ARENOSO-01		19,00		
3	ARENOSO-02		19,00		
4	ARENOSO-03		20,00		
5	ARENOSO-04		20,00		

Parâmetros do solo

SILTOSO

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Estado de tensão : efetivo
 Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
 Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} = 26,00^\circ$
 Coesão do solo : $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
 Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-01

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

ARENOSO-02

Peso específico : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

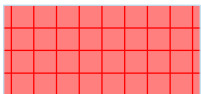
ARENOSO-03

Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

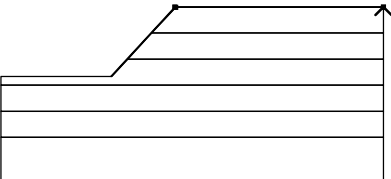

ARENOSO-04

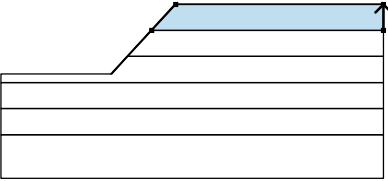
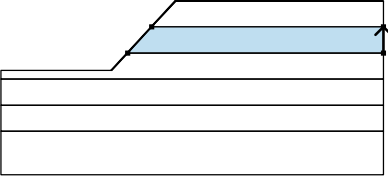
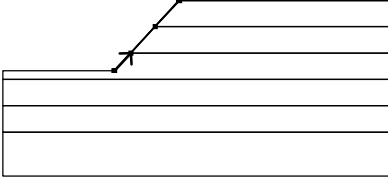
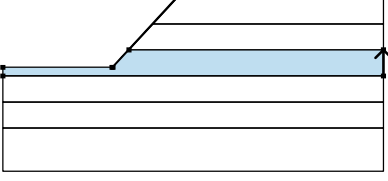
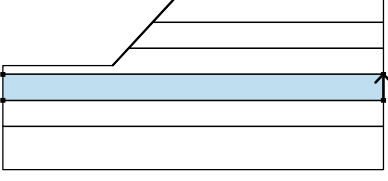
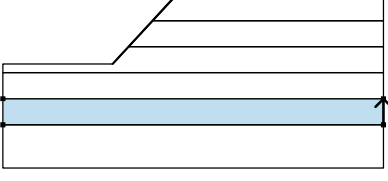
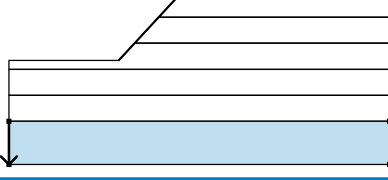
Peso específico : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão : efetivo
Resistência ao cisalhamento : Mohr-Coulomb
Ângulo de atrito interno : $\phi_{ef} = 30,00^\circ$
Coesão do solo : $c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Peso específico saturado : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Corpos rígidos

No.	Nome	Amostra	γ [kN/m ³]
1	Material da estrutura		23,00

Superfícies e atribuições

No.	Posição da superfície	Coordenadas dos pontos da superfície [m]				Atribuído solo
		x	z	x	z	
1		24,00	-0,03	24,00	0,00	SILTOSO 
		0,00	0,00	0,10	-0,03	

No.	Posição da superfície	Coordenadas dos pontos da superfície [m]				Atribuído solo
		x	z	x	z	
2		24,00	-3,00	24,00	-0,03	SILTOSO
		0,10	-0,03	-2,65	-3,00	
3		24,00	-6,00	24,00	-3,00	ARENOSO-01
		-2,65	-3,00	-5,42	-6,00	
4		-7,27	-8,00	-5,42	-6,00	Material da estrutura
		-2,65	-3,00	0,10	-0,03	
		0,00	0,00	-7,37	-8,00	
5		24,00	-9,00	24,00	-6,00	ARENOSO-02
		-5,42	-6,00	-7,27	-8,00	
		-7,37	-8,00	-20,00	-8,00	
		-20,00	-9,00			
6		24,00	-12,00	24,00	-9,00	ARENOSO-01
		-20,00	-9,00	-20,00	-12,00	
7		24,00	-15,00	24,00	-12,00	ARENOSO-01
		-20,00	-12,00	-20,00	-15,00	
8		-20,00	-15,00	-20,00	-20,00	ARENOSO-01
		24,00	-20,00	24,00	-15,00	

Grampos

No.	Ponto inicial		Comprimento	Inclinação	Espaçamento	Resistência à tração	Resistência ao arrancamento	Resistência da cabeça do grampo
	x [m]	z [m]						
1	-0,93	-1,01	5,00	25,00	1,80	R _t = 63,16 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 32,00 kN
2	-2,21	-2,40	5,00	25,00	1,80	R _t = 63,16 kN	T _p = 18,85 kN/m	R _f = 32,00 kN

No.	Ponto inicial		Comprimento	Inclinação	Espaçamento	Resistência à tração	Resistência ao arrancamento	Resistência da cabeça do grampo
	x [m]	z [m]						
3	-3,50	-3,80	4,00	25,00	1,80	$R_t = 63,16 \text{ kN}$	$T_p = 18,85 \text{ kN/m}$	$R_f = 32,00 \text{ kN}$
4	-4,79	-5,20	4,00	25,00	1,80	$R_t = 63,16 \text{ kN}$	$T_p = 18,85 \text{ kN/m}$	$R_f = 32,00 \text{ kN}$
5	-6,08	-6,60	4,00	25,00	1,80	$R_t = 63,16 \text{ kN}$	$T_p = 18,85 \text{ kN/m}$	$R_f = 32,00 \text{ kN}$

Sobrecarga

No.	Tipo	Tipo e ação	Posição	Origem	Comprimento	Largura	Inclinação	Valor		
								q, q_1, f, F, x	q_2, z	unidade
1	pontual	permanente	$z = -1,00$	$x = 1,40$	$l = 0,60$	$b = 0,60$		20,00		kN
2	pontual	permanente	$z = -1,00$	$x = 6,22$	$l = 0,60$	$b = 0,60$		20,00		kN
3	pontual	permanente	$z = -1,00$	$x = 10,96$	$l = 0,60$	$b = 0,60$		20,00		kN

Sobrecargas

No.	Nome
1	SAPATA 01
2	SAPATA 02
3	SAPATA 03

Nível freático

Tipo de água : Sem água

Fenda de tração

Fendas de tração não inseridas.

Sismo

Sismo não incluído.

Definições da etapa de construção

Situação do projeto : permanente

Resultados (Etapa de construção 1)

Análise 1

Superfície de deslizamento circular

Parâmetros da superfície de deslizamento				
Centro :	$x =$	-7,19 [m]	Ângulos :	$\alpha_1 =$
	$z =$	1,57 [m]		-2,62 [°]
Raio :	$R =$	9,58 [m]		$\alpha_2 =$
				80,57 [°]
Análise da superfície de deslizamento sem otimização.				

Peso total do solo acima da superfície de deslizamento: 525,48 kN/m

Capacidade de carga dos grampos

Grampo	Capacidade de carga [kN/m]
1	0,00
2	18,12
3	6,59

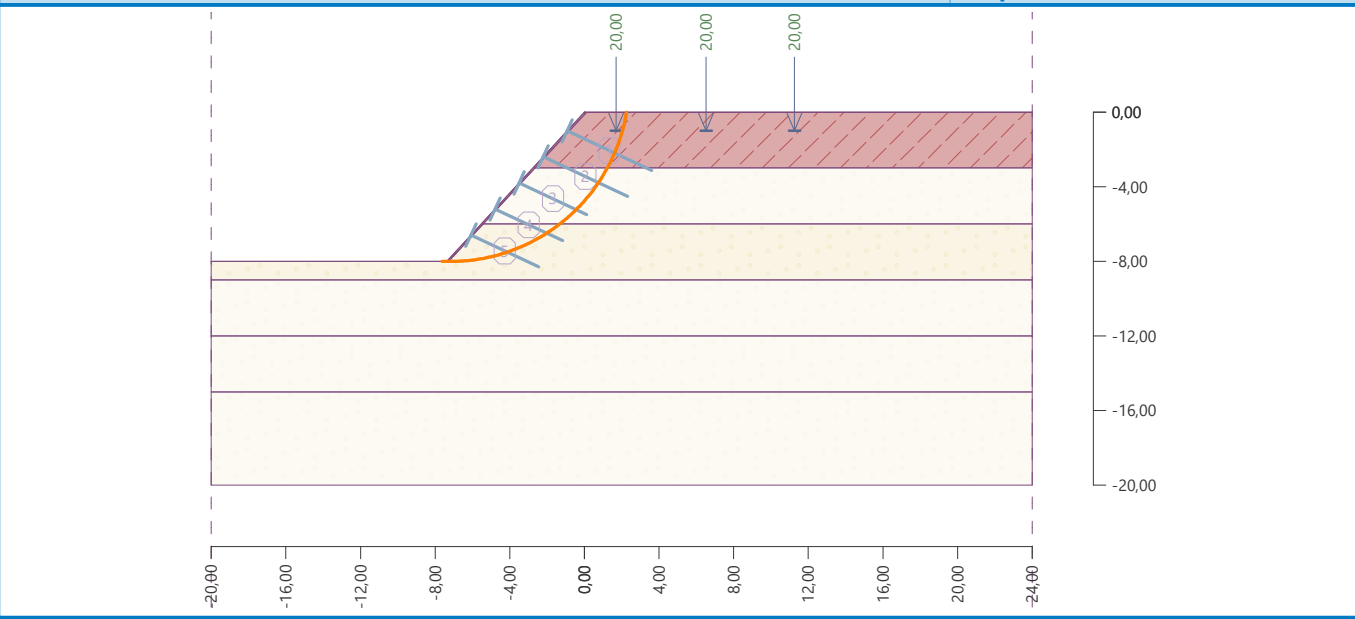
4 9,90
5 19,39

Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)

Bishop : FS = 1,51 > 1,50 **VERIFICA**
Fellenius / Petterson : FS = 1,41 < 1,50 **NÃO VERIFICA**
Spencer : FS = 1,49 < 1,50 **NÃO VERIFICA**
Janbu : FS = 1,49 < 1,50 **NÃO VERIFICA**
Morgenstern-Price : FS = 1,49 < 1,50 **NÃO VERIFICA**

Nome : Análises

Etapas - análise : 1 - 1



Nome : Análises Estabilidade

Etapas - análise : 1 - 1

