

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO

Projeto Básico de Estabilização de Taludes em Cortina Atirantada

Salvador, 24 de dezembro de 2021

Sumário

Introdução	4
Elementos de Referência	4
Situação atual	4
Geotecnia	4
Fatores de Segurança (FS)	5
Alternativas de contenção	5
Dimensionamento	6
Verificação de esforços na fundação	13
Cálculo Estrutural.....	13
Materiais.....	13
Carregamentos	13
Verificação Estrutural do Pannel 1 (30 cm)	14
Verificação Estrutural do Pannel 2 (30 cm)	14
Verificação de Punção.....	16
Especificações para execução da contenção	17
Estabilização de taludanties com ancoragens.....	17
Introdução	17
Execução de cortina ancorada.....	17
Etapas de execução.....	17

Método descendente	17
Execução de ancoragens	20
Escavação	20
Formas e Armaduras	21
Concreto	21
Drenos rasos	22
Drenos profundos	22
Considerações Finais	23

Introdução

Este documento apresenta o memorial de cálculo em nível de projeto básico, do projeto de contenção de talude para a estabilização dos taludes situados no terreno da Agência Nacional de Mineração, situado na Avenida Ulisses Guimarães, Sussuarana, Salvador - Bahia.

Elementos de Referência

As avaliações foram baseadas nos seguintes elementos de referência:

1. Visita técnica;
2. Levantamento topográfico planialtimétrico, fornecido pela contratante;
3. Relatório de Sondagem de Simples Reconhecimento datado de 09 de fevereiro de 2021 e elaborado pela JC Sondagens;
4. Relatório de ensaios em solos, nº 338/21 e 339/21, da AGTECH Geotecnia.

Situação atual

Ruptura de dois trechos do talude, provavelmente em função de falhas no sistema de drenagem existente no topo do talude, comprometendo a sua estabilidade e ensejando a necessidade de intervenção para garantir a segurança das edificações existentes em sua crista.

Geotecnia

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento ora adotados encontram-se tabelados abaixo em função da experiência profissional em solos de características semelhantes e embasados nos resultados das sondagens de simples reconhecimento e dos ensaios de caracterização e cisalhamento.

A tabela abaixo indica os valores adotados.

Tabela 1

Parâmetro	Valor
Ângulo atrito Interno (ϕ)	33,93°
Coesão (c')	3,00 kN/m ²
Densidade (γ)	18 kN/m ³

Parâmetros de solo adotados

Fatores de Segurança (FS)

Objetivando cobrir as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção, foram avaliados os níveis de segurança contra danos a vidas humanas e contra danos materiais, tendo sido ambos classificados como **alto** o que estabelece **FS** mínimo de 1,5.

Alternativas de contenção

- **Contenções por gravidade:** a geometria do talude as elimina, já que estas requerem cortes que não permitiram a sua execução com segurança, além de acrescentar grande carga ao terreno;
- **Cortinas em balanço:** A inexistência de espaço suficiente entre as edificações e o talude para posicionamento do equipamento de escavação das estacas inviabiliza a sua execução;

- **Solo grampeado:** A solução de solo grampeado foi descartada em virtude do resultado dos ensaios de cisalhamento uma vez que esta solução não pode ser implementada em solos não coesivos;
- **Cortina atirantada:** se optou por este tipo de contenção, visto que seu método construtivo apresenta pouco impacto nas estruturas adjacentes, grande flexibilidade quanto as cotas de implantação dos tirantes, além de alta capacidade de suporte.

Dimensionamento

O dimensionamento deste equipamento foi realizado através do método Brasileiro, desenvolvido pelo Eng.^o Antônio José da Costa Nunes que se baseia no método de Cullmann, adotando uma cunha de deslizamento de superfície de ruptura planar e considerando o solo como homogêneo, de forma a obter a pior condição a ser analisada. Dessa forma foram estabelecidas as cargas dos tirantes e seus comprimentos livre e ancorado, obtendo fator de segurança de forma a atender o definido neste memorial descritivo.

Tabela 2

Informações do Projeto										
Empreendimento				Painel		Revisão	Data da revisão	Tirantes		
ANM				PAINEL 1.C		0	23/12/2021	1 a 8		
Cliente				Projeto		Danos a vidas		FS adotado		
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA				PB-012-004-021		Alto		Alto 1,50		
Endereço										
Observações										
- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de locação das ancoragens;										
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;										
Parâmetros de Entrada				Resultados						
Parâmetros de Solo				Verificação da força necessária a estabilização						
Atrito interno (ϕ)				33,93º	Ângulo crítico				61,97º	
Peso específico (γ)				1,80tf/m³	Altura média do painel				5,50m	
Coesão (c')				0,30tf/m²	Linha de maior comprimento				7,49m	
Tensão admissível do solo na base do painel				10,00tf/m²	Peso da Cunha				20,95ton	
Geometria da Face da Contenção				Fator de segurança no Plano Crítico					0,1893	
Altura a esquerda do painel				6,00m	Fator de ajuste (λ)				7,92	
Altura a direita do painel				5,00m	Força total a ajustada				133,82tf	
Comprimento do Painel				10,60m	Seleção das Ancoragens					
Ângulo acima da contenção				0,0º	Carga por tirante				16,73tf	
Inclinação da face				90,00º	Fabricante adotado				DYWIDAG	
Espessura da cortina				0,26m	Modelo adotado				GW 25mm+	
Camada de solo acima do topo da contenção				Carga máxima de ensaio					29,00tf	
Esquerda do painel				0,00m	Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes					17,00tf
Direita do painel				0,00m	Última atualização do catálogo de produtos do fabricante					
Cargas Adicionais				Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante					06/10/2021	
Sobrecarga				2,00tf/m²	Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel					
Informações das Ancoragens				Espaçamento máximo					2,69m	
Destinação				Permanentes	Ângulo do plano de ancoragem					35,90º
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009				Não	Quantidade mínima de colunas					4
Quantidade adotada de tirantes				8un	Peso do painel					37,90tf
Quantidade máxima de tirantes por coluna				2un	Fator de segurança contra escorregamento do painel					0,8627
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula				12kG/cm²	Largura da sapata necessária					0,49m
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção				25%	Cargas de ensaio e incorporação					
Inclinação das ancoragens				Incorporação					16,80tf	
Rotação vertical do tirante				19,00º	Ensaio de 1 tirantes					29,40tf
Rotação horizontal do tirante				0,00º	Ensaio de 7 tirantes					23,60tf
Limite de implantação das ancoragens no painel				Comprimento ancorado						
Balanço do topo				1,50m	Adotado					5,00m
Balanço da base				1,50m	Quantitativos					
Balanço da lateral esquerda				1,31m	Total de tirantes					88,00m
Balanço da lateral direita				1,31m	Drenos					10
COMPRIMENTO DOS TIRANTES										
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo			Comprimento		Total	
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre	Ancorado mín.		
8	9,29m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,03m	8,00m	
7	6,63m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,99m	8,00m	
6	3,97m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,94m	8,00m	
5	1,31m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,90m	8,00m	
4	9,29m	3,62m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m	
3	6,63m	3,87m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m	
2	3,97m	4,13m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m	
1	1,31m	4,38m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m	

Cálculo geotécnico da cortina

Tabela 3

Informações do Projeto									
Empreendimento				Painel	Revisão	Data da revisão	Tirantes		
ANM				PAINEL 1.D	0	23/12/2021	9 a 13		
Cliente				Projeto	Danos a vidas	Danos materiais	FS adotado		
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA				PB-012-004-021	Alto	Alto	1,50		
Endereço									
Observações									
- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de localização das ancoragens;									
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;									
Parâmetros de Entrada				Resultados					
Parâmetros de Solo				Verificação da força necessária a estabilização					
Atrito interno (ϕ)	33,93º			Ângulo crítico			61,97º		
Peso específico (γ)	1,80tf/m³			Altura média do painel			3,00m		
Coesão (c')	0,30tf/m²			Linha de maior comprimento			4,66m		
Tensão admissível do solo na base do painel	10,00tf/m²			Peso da Cunha			8,10ton		
Geometria da Face da Contenção				Fator de segurança no Plano Crítico			0,3045		
Altura a esquerda do painel	5,00m			Fator de ajuste (λ)			4,93		
Altura a direita do painel	1,00m			Força total a ajustada			53,60tf		
Comprimento do Painel	12,04m			Seleção das Ancoragens					
Ângulo acima da contenção	0,00º			Carga por tirante			10,89tf		
Inclinação da face	90,00º			Fabricante adotado			DYWIDAG		
Espessura da cortina	0,26m			Modelo adotado			GW 25mm+		
Camada de solo acima do topo da contenção				Carga máxima de ensaio			29,00tf		
Esquerda do painel	0,00m			Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes			17,00tf		
Direita do painel	0,00m			Última atualização do catálogo de produtos do fabricante			-		
Cargas Adicionais				Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante			06/10/2021		
Sobrecarga	2,00tf/m²			Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel					
Informações das Ancoragens				Espaçamento máximo			7,63m		
Destinação	Permanentes			Ângulo do plano de ancoragem			37,16º		
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009	Não			Quantidade mínima de colunas			3		
Quantidade adotada de tirantes	5un			Peso do painel			23,48tf		
Quantidade máxima de tirantes por coluna	2un			Fator de segurança contra escorregamento do painel			0,8248		
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula	12kG/cm²			Largura da sapata necessária			0,26m		
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção	25%			Cargas de ensaio e incorporação					
Inclinação das ancoragens				Incorporação			13,60tf		
Rotação vertical do tirante	19,00º			Ensaio de 1 tirantes			23,80tf		
Rotação horizontal do tirante	10,00º			Ensaio de 4 tirantes			19,10tf		
Limite de implantação das ancoragens no painel				Comprimento ancorado					
Balanço do topo	0,87m			Adotado			5,00m		
Balanço da base	0,70m			Quantitativos					
Balanço da lateral esquerda	1,72m			Total de tirantes			48,00m		
Balanço da lateral direita	1,72m			Drenos			7		
COMPRIMENTO DOS TIRANTES									
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo		Comprimento		Total	
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre		Ancorado mín.
13	10,32m	0,70m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	4,00m	4,44m	9,00m
12	6,02m	0,70m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,22m	8,00m
11	1,72m	0,70m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,97m	8,00m
10	10,32m	2,12m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	4,00m	4,76m	9,00m
9	6,02m	3,55m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	4,00m	4,76m	9,00m

Cálculo geotécnico da cortina

Tabela 4

Informações do Projeto				
Empreendimento	Painel	Revisão	Data da revisão	Tirantes
ANM	PAINEL 1.E	0	23/12/2021	14 a 18
Cliente	Projeto	Danos a vidas	Danos materiais	FS adotado
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA	PB-012-004-021	Alto	Alto	1,50
Endereco				

Observações

- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de localização das ancoragens;
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;

Parâmetros de Entrada			Resultados						
Parâmetros de Solo			Verificação da força necessária a estabilização						
Atrito interno (ϕ)	33,93°	Ângulo crítico		61,97°					
Peso específico (γ)	1,80tf/m³	Altura média do painel		3,50m					
Coesão (c')	0,30tf/m²	Linha de maior comprimento		5,22m					
Tensão admissível do solo na base do painel	10,00tf/m²	Peso da Cunha		10,19ton					
Geometria da Face da Contenção			Fator de segurança no Plano Crítico	0,2715					
Altura a esquerda do painel	1,00m	Fator de ajuste (λ)		5,52					
Altura a direita do painel	6,00m	Força total a ajustada		53,18tf					
Comprimento do Painel	9,24m	Seleção das Ancoragens							
Ângulo acima da contenção	0,00°	Carga por tirante		10,80tf					
Inclinação da face	90,00°	Fabricante adotado		DYWIDAG					
Espessura da cortina	0,26m	Modelo adotado		GW 25mm+					
Camada de solo acima do topo da contenção			Carga máxima de ensaio	29,00tf					
Esquerda do painel	0,00m	Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes		17,00tf					
Direita do painel	0,00m	Última atuação do catálogo de produtos do fabricante		--					
Cargas Adicionais			Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante	06/10/2021					
Sobrecarga	2,00tf/m²	Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel							
Informações das Ancoragens			Espaçamento máximo	5,90m					
Destinação	Permanentes	Ângulo do plano de ancoragem		36,79°					
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009	Não	Quantidade mínima de colunas		2					
Quantidade adotada de tirantes	5un	Peso do painel		21,02tf					
Quantidade máxima de tirantes por coluna	2un	Fator de segurança contra escorregamento do painel		0,8455					
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula	12kG/cm²	Largura da sapata necessária		0,31m					
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção	25%	Cargas de ensaio e incorporação							
Inclinação das ancoragens			Incorporação	13,60tf					
Rotação vertical do tirante	19,00°	Ensaio de 1 tirantes		23,80tf					
Rotação horizontal do tirante	-10,00°	Ensaio de 4 tirantes		19,10tf					
Limite de implantação das ancoragens no painel			Comprimento ancorado						
Balanço do topo	1,50m	Adotado		5,00m					
Balanço da base	0,70m	Quantitativos							
Balanço da lateral esquerda	1,72m	Total de tirantes		46,00m					
Balanço da lateral direita	1,72m	Drenos		4					
COMPRIMENTO DOS TIRANTES									
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo		Comprimento		Total	
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre		Ancorado mín.
18	7,52m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,83m	8,00m
17	4,62m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,10m	8,00m
16	1,72m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,40m	8,00m
15	7,52m	2,12m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,07m	8,00m
14	4,62m	3,55m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	4,00m	4,59m	9,00m

Cálculo geotécnico da cortina

Tabela 5

Informações do Projeto									
Empreendimento				Painel		Revisão	Data da revisão	Tirantes	
ANM				PAINEL 2.C		0	23/12/2021	1 a 8	
Cliente				Projeto		Danos a vidas		FS adotado	
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA				PB-012-004-021		Alto		Alto	
Endereço									
Observações									
- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de locação das ancoragens;									
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;									
Parâmetros de Entrada				Resultados					
Parâmetros de Solo				Verificação da força necessária a estabilização					
Atrito interno (Ø)				33,93º		Ângulo crítico		61,97º	
Peso específico (γ)				1,80tf/m³		Altura média do painel		5,50m	
Coesão (c')				0,30tf/m²		Linha de maior comprimento		7,49m	
Tensão admissível do solo na base do painel				10,00tf/m²		Peso da Cunha		20,95ton	
Geometria da Face da Contenção				Fator de segurança no Plano Crítico					
Altura a esquerda do painel				6,00m		Fator de ajuste (λ)		7,92	
Altura a direita do painel				5,00m		Força total a ajustada		122,96tf	
Comprimento do Painel				9,74m		Seleção das Ancoragens			
Ângulo acima da contenção				0,00º		Carga por tirante		15,37tf	
Inclinação da face				90,00º		Fabricante adotado		DYWIDAG	
Espessura da cortina				0,26m		Modelo adotado		GW 25mm+	
Camada de solo acima do topo da contenção				Carga máxima de ensaio					
Esquerda do painel				0,00m		Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes			
Direita do painel				0,00m		Última atualização do catálogo de produtos do fabricante			
Cargas Adicionais				Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante					
Sobrecarga				2,00tf/m²		Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel			
Informações das Ancoragens				Espaçamento máximo					
Destinação				Permanentes		Ângulo do plano de ancoragem		2,69m	
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009				Não		Quantidade mínima de colunas		4	
Quantidade adotada de tirantes				8un		Peso do painel		34,82tf	
Quantidade máxima de tirantes por coluna				2un		Fator de segurança contra escorregamento do painel		0,8622	
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula				12kG/cm²		Largura da sapata necessária		0,49m	
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção				25%		Cargas de ensaio e incorporação			
Inclinação das ancoragens				Incorporação					
Rotação vertical do tirante				19,00º		Ensaio de 1 tirantes		27,00tf	
Rotação horizontal do tirante				0,00º		Ensaio de 7 tirantes		21,60tf	
Limite de implantação das ancoragens no painel				Comprimento ancorado					
Balanço do topo				1,50m		Adotado		5,00m	
Balanço da base				1,50m		Quantitativos			
Balanço da lateral esquerda				1,31m		Total de tirantes		88,00m	
Balanço da lateral direita				1,31m		Drenos		10	
COMPRIMENTO DOS TIRANTES									
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo			Comprimento		Total
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre	Ancorado mín.	
8	8,43m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,03m	8,00m
7	6,06m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,99m	8,00m
6	3,68m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,95m	8,00m
5	1,31m	1,50m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,90m	8,00m
4	8,43m	3,64m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m
3	6,06m	3,88m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m
2	3,68m	4,12m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m
1	1,31m	4,37m	0,10m	33,93º	0,30tf/m²	1,80tf/m³	7,00m	4,18m	12,00m

Cálculo geotécnico da cortina

Tabela 6

Informações do Projeto					
Empreendimento		Painel	Revisão	Data da revisão	Tirantes
ANM		PAINEL 2.D	0	23/12/2021	9 a 11
Cliente	Projeto		Danos a vidas	Danos materiais	FS adotado
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA	PB-012-004-021		Alto	Alto	1,50
Endereco					

Observações

- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de locação das ancoragens;
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;

Parâmetros de Entrada				Resultados					
Parâmetros de Solo				Verificação da força necessária a estabilização					
Atrito interno (Ø)		33,93°		Ângulo crítico		61,97°			
Peso específico (γ)		1,80tf/m³		Altura média do painel		3,00m			
Coesão (c')		0,30tf/m²		Linha de maior comprimento		4,66m			
Tensão admissível do solo na base do painel		10,00tf/m²		Peso da Cunha		8,10ton			
Geometria da Face da Contenção				Fator de segurança no Plano Crítico					
Altura a esquerda do painel		5,00m		Fator de ajuste (λ)		4,93m			
Altura a direita do painel		1,00m		Força total a ajustada		23,91tf			
Comprimento do Painel		5,37m		Seleção das Ancoragens					
Ângulo acima da contenção		0,00°		Carga por tirante		8,09tf			
Inclinação da face		90,00°		Fabricante adotado		DYWIDAG			
Espessura da cortina		0,26m		Modelo adotado		GW 25mm+			
Camada de solo acima do topo da contenção				Carga máxima de ensaio					
Esquerda do painel		0,00m		Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes		17,00tf			
Direita do painel		0,00m		Ultima atualaliação do catálogo de produtos do fabricante		-			
Cargas Adicionais				Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante					
Sobrecarga		2,00tf/m²		Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel					
Informações das Ancoragens				Espaçamento máximo					
Destinação		Permanentes		Ângulo do plano de ancoragem		7,63m			
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009		Não		Quantidade mínima de colunas		37,16°			
Quantidade adotada de tirantes		3un		Peso do painel		2			
Quantidade máxima de tirantes por coluna		2un		Fator de segurança contra escorregamento do painel		10,47tf			
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula		12kG/cm²		Largura da sapata necessária		0,8801			
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção		25%		Cargas de ensaio e incorporação					
Inclinação das ancoragens				Incorporação					
Rotação vertical do tirante		19,00°		Ensaio de 1 tirantes		13,60tf			
Rotação horizontal do tirante		10,00°		Ensaio de 2 tirantes		23,80tf			
Limite de implantação das ancoragens no painel				Comprimento ancorado					
Balanço do topo		0,87m		Adotado		5,00m			
Balanço da base		0,70m		Quantitativos					
Balanço da lateral esquerda		1,31m		Total de tirantes		28,00m			
Balanço da lateral direita		1,31m		Drenos		4			
COMPRIMENTO DOS TIRANTES									
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo			Comprimento		Total
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre	Ancorado mín.	
11	4,06m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,36m	8,00m
10	1,31m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,98m	8,00m
9	4,06m	3,00m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	4,00m	4,77m	9,00m

Cálculo geotécnico da cortina

Tabela 7

Informações do Projeto									
Empreendimento					Painel	Revisão	Data da revisão	Tirantes	
ANM					PAINEL 2.E	0	23/12/2021	12 a 14	
Cliente					Projeto	Danos a vidas	Danos materiais	FS adotado	
CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA					PB-012-004-021	Alto	Alto	1,50	
Endereço									
Observações									
- Considerar o nível do solo a base esquerda do painel como referência de locação das ancoragens;									
- Ancoragem mínima calculada pelo método de Costa Nunes;									
Parâmetros de Entrada					Resultados				
Parâmetros de Solo					Verificação da força necessária a estabilização				
Atrito interno (Ø)					33,93°	Ângulo crítico		61,97°	
Peso específico (γ)					1,80tf/m³	Altura média do painel		3,50m	
Coesão (c')					0,30tf/m²	Linha de maior comprimento		5,22m	
Tensão admissível do solo na base do painel					10,00tf/m²	Peso da Cunha		10,19ton	
Geometria da Face da Contenção					Fator de segurança no Plano Crítico				
Altura a esquerda do painel					1,00m	Fator de ajuste (λ)		5,52	
Altura a direita do painel					6,00m	Força total a ajustada		39,54tf	
Comprimento do Painel					6,87m	Seleção das Ancoragens			
Ângulo acima da contenção					0,00°	Carga por tirante		13,38tf	
Inclinação da face					90,00°	Fabricante adotado		DYWIDAG	
Espessura da cortina					0,26m	Modelo adotado		GW 25mm+	
Camada de solo acima do topo da contenção					Carga máxima de ensaio				
Esquerda do painel					0,00m	Carga máxima de trabalho para ancoragens permanentes		17,00tf	
Direita do painel					0,00m	Última atualização do catálogo de produtos do fabricante		--	
Cargas Adicionais					Última consulta ao catálogo de produtos do fabricante				
Sobrecarga					2,00tf/m²	Verificações de espaçamento, plano estável e escorregamento do painel			
Informações das Ancoragens					Espaçamento máximo				
Destinação					Permanentes	Ângulo do plano de ancoragem		5,90m	
Adotar adicional de 10% conforme NBR 11682:2009					Não	Quantidade mínima de colunas		36,79°	
Quantidade adotada de tirantes					3un	Peso do painel		2	
Quantidade máxima de tirantes por coluna					2un	Fator de segurança contra escorregamento do painel		15,63tf	
Pressão mínima de injeção após a abertura da válvula					12kG/cm²	Largura da sapata necessária		0,8054	
Acréscimo de capacidade de carga fruto da injeção					25%	Cargas de ensaio e incorporação			
Inclinação das ancoragens					Incorporação				
Rotação vertical do tirante					19,00°	Ensaio de 1 tirantes		13,60tf	
Rotação horizontal do tirante					-10,00°	Ensaio de 2 tirantes		23,80tf	
Limite de implantação das ancoragens no painel					Comprimento ancorado				
Balanço do topo					0,87m	Adotado		5,00m	
Balanço da base					0,70m	Quantitativos			
Balanço da lateral esquerda					1,31m	Total de tirantes		27,00m	
Balanço da lateral direita					1,31m	Drenos		4	
COMPRIMENTO DOS TIRANTES									
Tirante	Eixos das ancoragens		Diâmetro dos Furo	Parâmetros de Solo			Comprimento		Total
	Horizontal	Vertical		Atrito	c'	γ	Livre	Ancorado mín.	
14	5,56m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	3,81m	8,00m
13	1,31m	0,70m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,37m	8,00m
12	5,56m	3,00m	0,10m	33,93°	0,30tf/m²	1,80tf/m³	3,00m	4,21m	8,00m

Cálculo geotécnico da cortina

Verificação de esforços na fundação

Verificados os esforços foi observado que o fator de segurança (FS) contra escorregamento dos painéis 1 é inferior ao FS de 1,5 que seria necessário para desprezar a necessidade da sapata corrida. Entretanto, a dimensão da sapata calculada para alcançar o FS 1,5 é sempre inferior a sapata padrão mínima de 2x a espessura do painel, sendo assim, foi adotada a sapata padrão mínima.

Cálculo Estrutural

Este item tem por finalidade apresentar o dimensionamento estrutural dos painéis de cortina atirantada em concreto armado.

Materiais

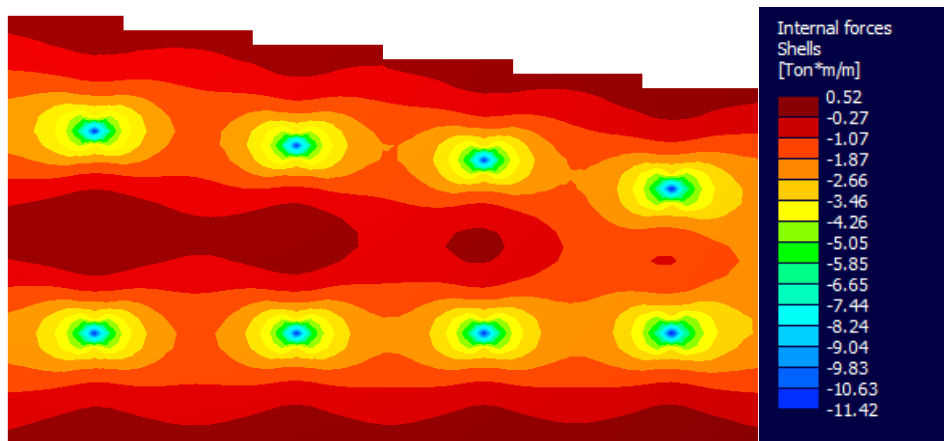
- Concreto 30 Mpa;
- Aço CA-50.

Carregamentos

- **Peso Próprio** - O peso específico do concreto armado considerado na avaliação do peso próprio da estrutura foi de **2,5 Tf/m³**;
- **Cargas dos Tirantes** - Foi considerado carregamento de acordo com o dimensionamento geotécnico em cada um dos tirantes no sentido perpendicular ao painel;
- **Combinações de Carregamentos** - foi adotada a combinação das cargas para a análise do comportamento dos painéis 1C, 1D, 1E, 2C, 2D e 2E, considerando 1,4 x Peso Próprio + 1,75 x Cargas dos Tirantes obtendo-se assim os resultados que seguem:

Verificação Estrutural do Painel 1C e 2C (26 cm)

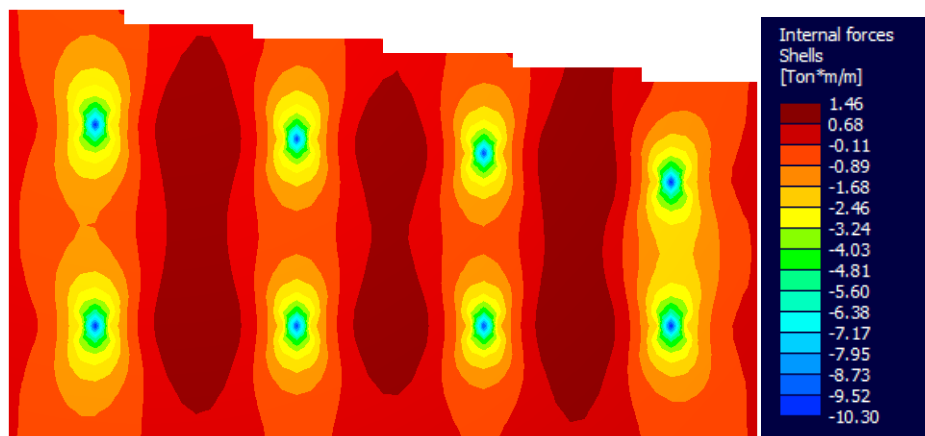
Momento fletor em torno do eixo vertical



M(-) Secundário = -3,46 Tf.m - Asnec = 5,80 cm²/m (Ø10 c/ 10)

M(-) Principal = -11,42 Tf.m - Asnec = 17,09 cm²/m (Reforço de 8x Ø16,0)

Momento fletor em torno do eixo horizontal

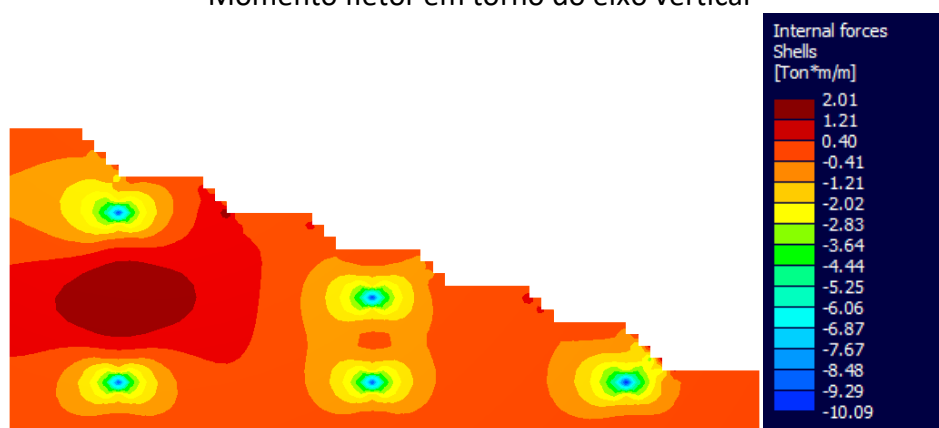


M(-) Secundário = -3,24 Tf.m - Asnec = 4,14 cm²/m (Ø10 c/ 10)

M(-) Principal = -10,30 Tf.m - Asnec = 15,19 cm²/m (Reforço de 8x Ø16,0)

Verificação Estrutural do Painel 1E, 1D, 2E e 2D (26 cm)

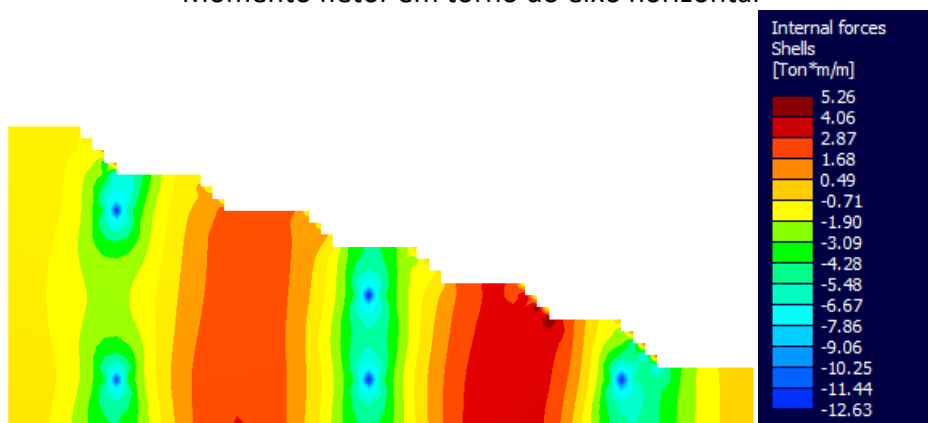
Momento fletor em torno do eixo vertical



M(-) Secundário = -2,83 Tf.m - Asnec = 3,84 cm²/m (Ø10 c/ 10)

M(-) Principal = -10,09 Tf.m - Asnec = 14,84 cm²/m (Reforço de 8x Ø16,0)

Momento fletor em torno do eixo horizontal



M(-) Secundário = -5,48 Tf.m - Asnec = 7,64 cm²/m (Ø10 c/ 10)

M(-) Principal = -12,63 Tf.m - Asnec = 19,22 cm²/m (Reforço de 8x Ø16,0)

Verificação de Punção

Verificação sem armadura de punção
Contorno C

	Valor	Unidade	Descrição
$f_{ck} =$	30,00	MPa	Resistência característica do concreto
$f_{cd} =$	21,43	MPa	Resistência de Projeto do Concreto
$\alpha_v =$	0,88		
$\tau_{Rd2} =$	5,09	MPa	Tensão Máxima no contorno C
$F_{sd} =$	23,80	tf	Força ou reação concentrada, de cálculo
$u_0 =$	80,00	cm	Perímetro do contorno C
$d =$	17,40	cm	Altura útil da laje ao longo do contorno C
$\tau_{sd} =$	1,68	MPa	Tensão Atuante
Verif.	Ok		

Contorno C'

	Valor	Unidade	Descrição
$\rho_x =$	0,0079796		Taxa de armadura na direção X
$\rho_y =$	0,0079796		Taxa de armadura na direção Y
$\rho =$	0,0079796		Taxa geométrica de armadura de flexão aderente (armadura não aderente deve ser desprezada)
$d =$	17,40	cm	Altura útil da laje ao longo do contorno C'
$\tau_{Rd1} =$	0,78	MPa	Tensão Máxima no contorno C'
$u =$	298,00	cm	Perímetro do contorno C'
$\tau_{sd} =$	0,45	MPa	Tensão Atuante
Verif.	Ok		

Especificações para execução da contenção

Estabilização de taludes com ancoragens

Introdução

Estas especificações destinam-se a normalizar a execução dos serviços de estabilização de taludes com ancoragens, pelos processos adotados por nossa Empresa.

Além destas especificações deverão ser obedecidas todas as normas e métodos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas direta ou indiretamente com os serviços.

Execução de cortina ancorada

A metodologia para a sequência executiva da cortina ancorada pode ser ascendente ou descendente, variando de acordo com o caso específico, sendo mais comum o método ascendente em trechos que exijam aterro, enquanto o método descendente é mais comum quando da necessidade de corte do terreno.

Etapas de execução

Método descendente

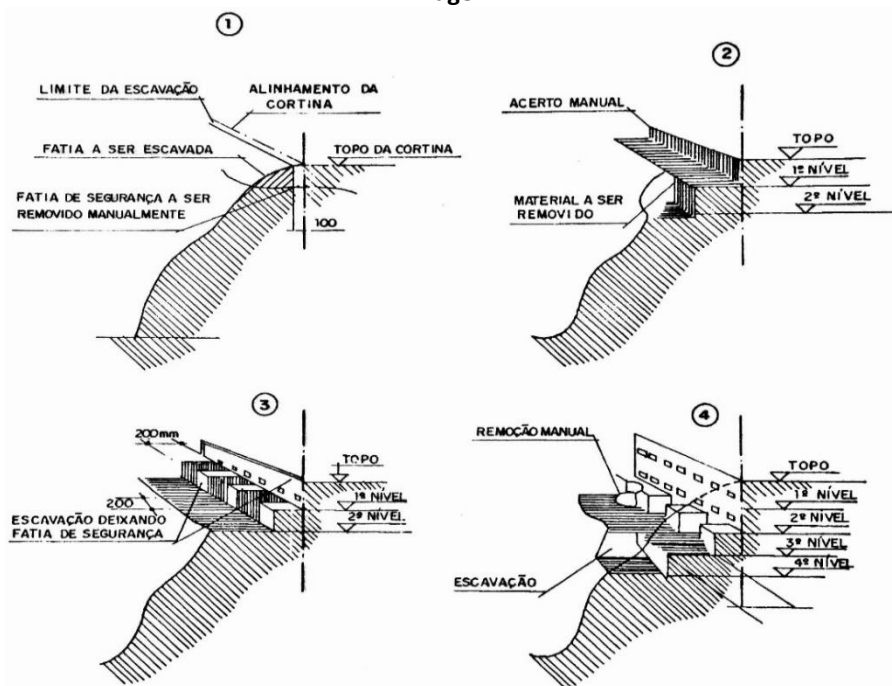
Para manter a eficiência do método e segurança da obra, deverá ser respeitada a seguinte sequência executiva:

- a) Escavação para a implantação da primeira faixa de cortina (do topo até a meia distância entre a 1ª e 2ª linha de ancoragens, aproximadamente). Nesta fase deve-se evitar sobrecarga ou tráfego na superfície, a uma distância do bordo do talude igual à altura da escavação, no mínimo;
- b) Execução de revestimento na fase do talude, com chapisco (traço 1: 3 de cimento e areia);

- c) Perfuração, instalação, injeção e ajustamento do dispositivo de fixação da cabeça, sem carga, da primeira linha de ancoragem;
- d) Prosseguimento da escavação, em nichos alternados. Cada nicho deve corresponder à região de influência de uma ancoragem;
- e) Instalação das ancoragens e concretagem da região dos nichos ou vice-versa;
- f) Completar a escavação da 2ª faixa;
- g) Perfuração, instalação e injeção da segunda linha de ancoragem e posterior concretagem dos nichos correspondentes;
- h) Apertar a segunda linha de tirantes e protender a primeira linha de tirantes;
- i) Repetição de todo o processo até a conclusão da contenção.

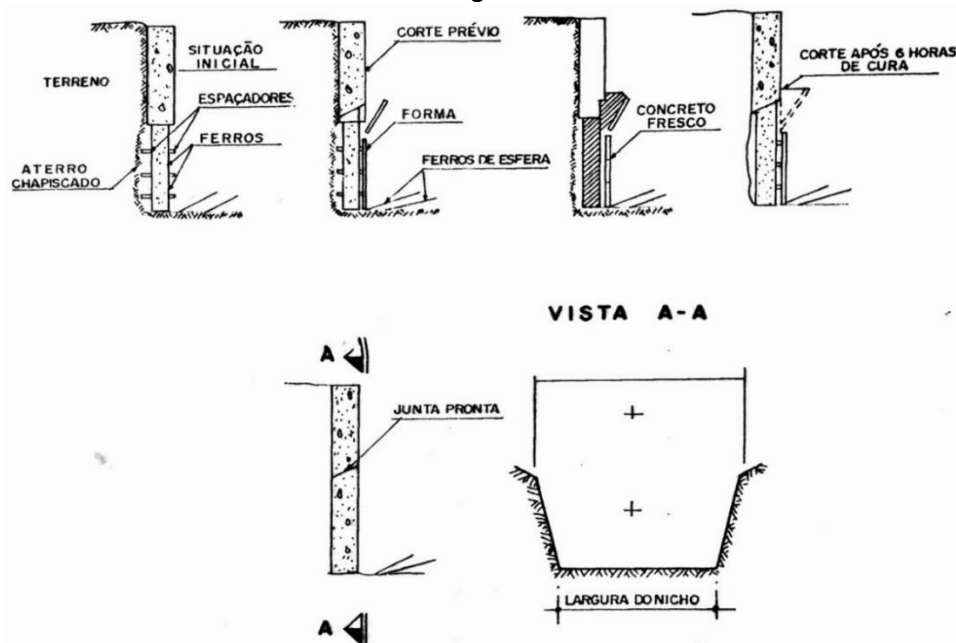
Após a execução da 2ª faixa da cortina, a terceira só poderá ser iniciada, após a primeira linha de tirante está protendida e a segunda devidamente apertada.

Imagem 2



Método Descendente (Esquema Básico)

Imagem 3



Método Descendente (Detalhe das Juntas de Concretagem)

Execução de ancoragens

As perfurações para execução das ancoragens deverão ser feitas com equipamentos apropriados, com diâmetro mínimo HX, utilizando-se revestimento em toda a sua extensão, em solo, e NX em rocha sã na região do bulbo.

O comprimento dos furos deverá atender às indicações do projeto.

Completada a perfuração, deverá ser procedida a limpeza do furo, colocação do tirante provido de dispositivo que permita a injeção e logo em seguida preenchimento integral do mesmo com calda de cimento.

A calda utilizada deverá ter relação água/cimento de 1:2 em peso. A pressão total de injeção após a abertura de cada válvula deverá atingir um valor mínimo de 12 Kg/cm².

Todas as ancoragens deverão ser submetidas a ensaio de recebimento de acordo com a NBR – 5629, antes de sua incorporação definitiva.

As ancoragens que não suportarem a carga de ensaio prevista no projeto, mesmo após etapas de novas injeções, poderão ser aproveitadas ou substituídas. No caso de aproveitamento, deverão trabalhar, no máximo, com carga 1,75 vezes menor do que a carga máxima estabilizada durante o ensaio de recebimento (carga limite) e a região reforçada com ancoragem adicional, capaz de cobrir a deficiência de carga constatada em relação à estipulada inicialmente no projeto.

Escavação

Antes do início de qualquer serviço as áreas de trabalho devem ser inteiramente limpas, isto é, desmatadas e destocadas.

As escavações para a cortina deverão obedecer ao esquema básico apresentado.

O esquema de execução não é rígido, podendo sofrer alterações em função das condições locais, sem prejuízo da segurança para o pessoal executante, devendo, no entanto, ser submetidas à aprovação da Fiscalização

Todo o material escavado deverá ser transportado para os aterros ou bota-fora existentes.

O desenvolvimento da escavação se processará mediante a previsão da utilização adequada, ou rejeição dos materiais extraídos, de forma que somente serão aproveitados na constituição dos aterros, os materiais que, pela classificação efetuada nos cortes, sejam compatíveis com as especificações dos aterros, de conformidade com o projeto. O material excedente será removido para local adequado, de forma a não constituir ameaça à estabilidade local nem prejudicar o aspecto paisagístico da região.

Formas e Armaduras

Todas as formas e armaduras deverão ser executadas conforme indicado em projeto e obedecendo o previsto na NBR 6118.

As armaduras deverão ser colocadas conforme indicação do projeto e mantidas nesta posição durante a operação de concretagem.

É fundamental a execução das emendas dos ferros corridos de acordo com o projeto e obedecendo o previsto em norma.

Concreto

O concreto a ser utilizado na obra deverá apresentar uma tensão mínima de ruptura (fck) de 30 MPA. Os materiais utilizados na sua confecção, tais como cimento, agregados miúdos (areia) e graúdos (brita), água e aditivos deverão satisfazer às respectivas prescrições da ABNT. O controle tecnológico do concreto deverá ser executado por empresa especializada.

Drenos rasos

São constituídos de tubos de PVC rígidos, com comprimentos e diâmetro definidos em projeto, perfurados, protegidos no lado exterior com manta geotêxtil não tecido (RT-13 ou similar).

O material filtrante utilizado deverá ter sua granulométrica atendendo às condições de permeabilidade ($F_{15} \geq 5D_{15}$) de piping” ($F_{15} \geq 5D_{85}$), com menos de 5% em peso passando na peneira 200, onde:

- F_{15} = é o diâmetro correspondente a 15% em peso das partículas do material filtrante na curva granulométrica;
- $5D_{15}$ = é o diâmetro correspondente a 15% em peso das partículas do solo adjacente ao filtro, na curva granulométrica;
- D_{85} = é o diâmetro correspondente a 85% em peso das partículas do solo adjacentes ao filtro, na curva granulométrica.

Caso o aterro a montante da contenção seja executado em areia, a utilização do material filtrante poderá ser dispensada.

Drenos profundos

São constituídos de tubos de PVC rígidos, perfurados e protegidos no lado exterior com manta geotêxtil não tecido (RT-13 ou similar). O comprimento e o diâmetro dos drenos sub-horizontais profundos serão definidos no projeto.

protegidos no lado exterior com manta geotêxtil não tecido, (RT-13 ou similar).

Considerações Finais

Em função do resultado das análises informamos que foram atendidas as recomendações normativas para garantia da segurança dos taludes. Entretanto, recomendamos que o sistema de drenagem do topo do talude seja verificado e redimensionado por empresa especializada visando evitar que o mesmo cause danos em outros trechos do talude.

CONSULTOP CONSULTORIA, PROJETOS E TOPOGRAFIA LTDA
Evilasio Manoel Silveira Chiacchio
ENG. CIVIL CREA-BA: N° 27.405/D