

# RETROANÁLISE DO MOVIMENTO DE MASSA NO TALUDE LOCALIZADO NA RODOVIA ANTÔNIO JUST CRICIÚMA - SC

Orientando Luciano Cappellesso (1), Orientador Adailton Antônio dos Santos (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
luciano\_cappellesso@hotmail.com (1), adailton@unesc.net (2)

## RESUMO

Os deslizamentos de solos em encostas tornaram-se mais freqüentes nos últimos anos no Brasil, principalmente, pela ocupação inadequada das mesmas, devido à expansão urbana. Cita-se como exemplo, os casos ocorridos em Santa Catarina, Vale do Itajaí, e no Rio de Janeiro, Angra dos Reis, onde muitas vidas e perdas de materiais poderiam ter sido poupadas, não fosse à negligência dos poderes públicos na fiscalização e proibição de tais ocupações inadequadas do solo. O presente estudo teve como objetivo principal, a realização da retroanálise do movimento de massa, ocorrido na Rodovia Antônio Just, no município de Criciúma - SC, com intuito de determinar o fator ou fatores que exerceram a ruptura do mesmo. Para atingir o objetivo proposto, determinou-se a superfície de ruptura, com base no levantamento topográfico planialtimétrico cadastral, bem como, os parâmetros de resistência ao cisalhamento, intercepto coesivo ( $c$ ) e ângulo de atrito interno ( $\varphi$ ) por meio de ensaio de cisalhamento direto. De posse desses dados, realizou-se a retroanálise com o uso do Software Slide da Rocscience, na qual se constatou que o movimento de massa foi provocado pelo acréscimo de tensões neutras no interior do talude. E como complemento, foi dimensionado a solução para o talude rompido, juntamente com o levantamento de custos para a sua implantação. Como objetivo secundário, determinou-se por tratamento estatístico, o Índice de Plasticidade que melhor representa o solo do talude, correlacionando-o com o ângulo de atrito interno do solo, através da equação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFANT). Onde se concluiu que, no presente caso, esta correlação pode ser aplicada perfeitamente.

*Palavras-Chave: resistência ao cisalhamento; retro-análise, correlação; coesão; ângulo de atrito.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados com ocupações de encostas e a falta de fiscalização de áreas de risco, proporcionaram uma grande ênfase nos estudos relacionados à geotecnia.

Os movimentos de massa que ocorrem em encostas e taludes de corte e aterro, são provocados por fatores que geram o aumento das tensões cisalhantes (sobrecargas, cortes, erosões, vibrações, etc) e/ou a redução da resistência dos solos

(intemperismo, fissuramento, amolgamento e aumento da tensão neutra) que constituem os mesmos.

A forma mais adequada para determinação dos mecanismos de ruptura e de verificação dos parâmetros geotécnicos de taludes em que já ocorreram os movimentos de massa, como no caso do presente trabalho, é a retroanálise. Em uma retroanálise de ruptura, sabe-se que o fator de segurança é igual a 1,0 e consideram-se as condições originais de geometria e poropressão, determinando-se os parâmetros de resistência do material.

O talude, objeto de estudo, se encontra na obra do Anel de Contorno Viário de Criciúma - SC, com 16.447 quilômetros de extensão. Pretende-se com a obra, reduzir o tráfego oriundo de cinco rodovias estaduais SC-443, SC-444, SC-445, SC-446 e SC-447, evitando que o mesmo transite pelo centro urbano de Criciúma – SC. O objetivo principal do presente trabalho, é a determinação, por retroanálise, dos fatores que provocaram a ruptura do talude.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Na elaboração do presente trabalho, inicialmente, buscou-se na literatura técnica, conhecimentos teóricos relativos a análise de estabilidade, retroanálise, tensões cisalhantes do solo etc. Em seguida, analisou-se mapas geológicos para a caracterização geológica da área onde encontra-se situado o talude objeto de estudo.

Para a determinação da geometria do talude, executou-se o levantamento planialtimétrico cadastral e com base neste, realizou-se as seções transversais da região onde ocorreu o movimento de massa.

Paralelamente ao levantamento topográfico realizaram-se as coletas de amostras deformadas e indeformadas na face do talude. As referidas amostras foram transportadas para o laboratório de mecânica dos solos (LMS) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), no qual, foram submetidas aos ensaios de caracterização física e resistência ao cisalhamento direto.

De posse dos parâmetros de resistência ao cisalhamento realizou-se a retroanálise, com o intuito de determinar as possíveis causas de ruptura do talude. Para isto, aplicou-se o método de Bishop Simplificado (1955), através do programa computacional Slide da empresa Rocscience. Em seguida, realizou-se a análise do

Fator de Segurança mínimo da situação atual e dimensionou-se uma intervenção no talude deixando-o com o fator de segurança adequado ao local que se encontra.

Por fim, como última análise, determinou-se por tratamento estatístico, o Índice de Plasticidade que melhor representa o solo do talude, correlacionando-o com o ângulo de atrito interno do solo, através da equação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFANT), verificando a confiabilidade da referida equação.

## 2.1 LOCALIZAÇÃO DO TALUDE OBJETO DE ESTUDO

O movimento de massa objeto de estudo (Figura 1), está localizado na margem da Rodovia Antônio Just, no município de Criciúma – SC, com os pontos de coordenadas UTM leste 0.654.743 e norte 6.823.035.

Figura 1 - Talude Objeto de Estudo



Fonte: Luciano Cappellesso.

## 2.2 GEOLOGIA

A área de estudo localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Araranguá, onde pode ser verificado o afloramento de rochas sedimentares e vulcânicas. A geologia local do talude, objeto de estudo, é caracterizada pela ocorrência de rochas sedimentares da Formação Palermo do Grupo Guatá. Nela são encontrados siltitos e siltitos arenosos, com cores cinza-esverdeado e amarelado. Essas rochas tendem a formar

solos residuais dos tipos silte argilosos e argilas siltosas, variando suas cores em amarelo, cinza e roxo.

### 2.3 DETERMINAÇÃO DA SEÇÃO CRÍTICA E SUPERFÍCIE DE RUPTURA.

A determinação da seção de análise foi feita a partir de seções topográficas geradas com base no levantamento topográfico planialtimétrico cadastral, realizado com a estação TOPCON GTS 310, para isso, levou-se em consideração a inclinação e a forma das mesmas, ou seja, se elas possuíam ou não bancadas.

A inspeção de campo e a análise das seções topográficas demonstraram que o talude em questão, é de corte com inclinação de 1:1, constituído em sua maioria por bancadas. No entanto, o mesmo possui um trecho sem bancadas, sendo justamente neste trecho a ocorrência do movimento de massa, pode-se observar na figura 2.

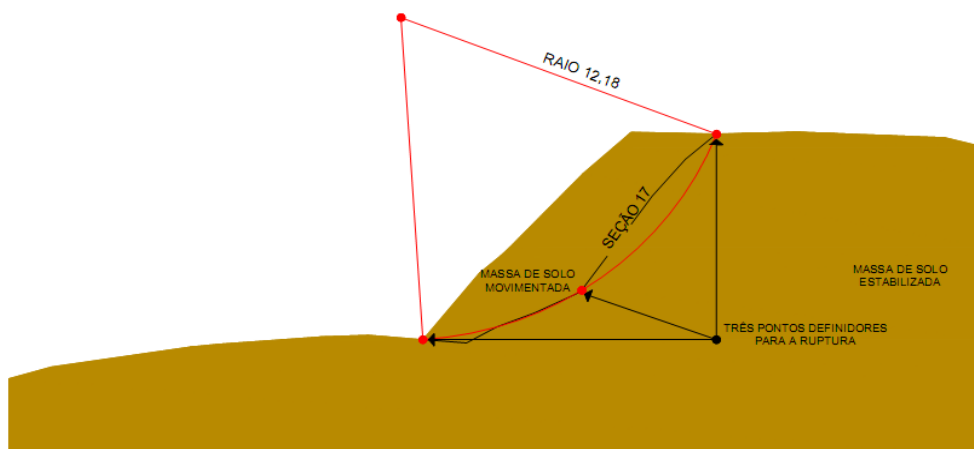
Figura 2 - Seção 17 escolhida para o modelo de análise e massa movimentada.



Fonte: Luciano Cappellesso.

Logo, para determinação da seção de análise, foram sobrepostas as seções encontradas na região onde ocorreu o movimento de massa com as seções anteriores a ruptura, verificando-se assim, que a seção 17 do levantamento planialtimétrico continha maior inclinação, conseqüentemente, sendo a seção crítica de ruptura. Já para definição da superfície de ruptura tomou-se como base a seção 17, após a ruptura, na qual se identificou três pontos limítrofes entre a face estável e a massa rompida (Figura 3).

Figura 3 - Seção Crítica.



Fonte: Luciano Cappellesso.

## 2.4 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

### 2.4.1 Parâmetros Físicos

A caracterização dos parâmetros físicos se fez necessária para a determinação do tipo de solo encontrado no talude em estudo e classificação conforme Transportation Research Board - TRB. Para isso, foram realizados ensaios de acordo com as normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, análise granulométrica (NBR 7181/84), limite de liquidez (NBR 6459/84) e limite de plasticidade (NBR 7180/84). Na tabela 1 constam os resultados obtidos das amostras indeformadas A, B, C, D e E do ensaio de resistência ao cisalhamento direto.

Tabela 1 - Características físicas das amostras indeformadas.

Características	A	B	C	D	E	Média
LL	53	73	48	61	56	58
LP	30	49	25	39	33	35
IP	23	24	23	22	23	23
% passante 200	98,4	98,7	99,7	99,2	98,4	99,00
IG	16	18	15	17	16	16
TRB	A7-6	A7-5	A7-6	A-7-5	A-7-5	

Fonte: Luciano Cappellesso.

Os dados acima demonstram que o solo pertence ao grupo A-7 (solo plástico com grandes variações de volumes), variando entre A-7-5 e A-7-6.

#### 2.4.2 Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento

A obtenção dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, intercepto coesivo ( $c$ ) e ângulo de atrito ( $\varphi$ ), foi feita por meio do ensaio de cisalhamento direto, segundo ASTM D3080 – 03. Para isto foram ensaiadas 5 amostras indeformadas coletadas na face do talude.

As variáveis lidas no ensaio de cisalhamento direto foram: deformação vertical em milímetro, carga resistida em kgf e o tempo em segundo. Para o cálculo da tensão normal (DAS 2000, p. 305):

$$\sigma = \text{Tensão normal} = \frac{\text{Força Normal}}{\text{Área da seção transversal do corpo de prova}} \quad (1)$$

A tensão resistente de cisalhamento para qualquer deslocamento cisalhante pode ser calculada por Das (2000, p. 305) cuja formulação está abaixo transcrita:

$$\tau = \text{Tensão de cisalhamento} = \frac{\text{Força Resistente ao Cisalhamento}}{\text{Área da seção transversal do corpo de prova}} \quad (2)$$

A tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros de  $c$ ,  $\varphi$  e peso específico ( $\gamma$ ) para as amostras ensaiadas.

Tabela 2 - Resultados Ensaio Cisalhamento Direto.

Amostra	Ângulo Atrito ( $^{\circ}$ )	Coesão ( $\text{kg/cm}^2$ )	Peso Específico ( $\text{g/cm}^3$ )
A	28	0,13	1,82
B	29	0,13	1,50
C	21	0,16	1,76
D	25	0,15	1,69
E	28	0,12	1,75
<b>Média</b>	<b>26</b>	<b>0,14</b>	<b>1,7</b>

Fonte: Luciano Cappellesso.

## 2.5 RETROANÁLISE

A NBR 11.682/91 determina o uso da retroanálise para o estudo de estabilização em locais onde já ocorreram à instabilidade. Assim, o presente estudo, tem como objetivo, a determinação dos fatores que levaram a redução das tensões resistentes do talude e/ou o aumento das tensões cisalhantes, conseqüentemente, sua ruptura. Para as análises feitas no referido trabalho, tomou-se como base a seção crítica da figura 3, superfície de ruptura definida no item 2.3, e os parâmetros geotécnicos médios do solo que constitui o talude objeto de estudo, os quais se encontram na tabela 2.

As análises foram realizadas com o uso do software Slide da empresa Rocscience, onde, para a determinação do fator de segurança, usou-se o método determinístico de Bishop Simplificado 1955, usual para ruptura circular, como é o caso do talude em estudo. Método do equilíbrio limite, onde considera o equilíbrio de forças e momentos entre as fatias, e que a resultante das forças verticais entre as fatias, seja nula.

## 2.6 CORRELAÇÃO

A determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento pode ser realizada por correlações de autores reconhecidos na literatura. Mesmo não sendo o objetivo principal deste trabalho, aproveitou-se para verificar se para o solo do talude objeto de estudo, seria confiável correlacionar o seu ângulo de atrito interno com o seu índice de plasticidade (IP). Para tanto, adotou-se a equação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFANT), a qual correlaciona a tangente do ângulo de atrito com IP.

$$Tg \varphi = 0,58 - 0,0045 IP \quad (3)$$

Onde:

$\varphi$  = Ângulo de atrito do solo;

IP = Índice de Plasticidade;

Para fazer o uso da equação, primeiramente, determinou-se o IP do solo para várias amostras ensaiadas. Em seguida fez-se o tratamento estatístico segundo a formulação abaixo.

Para os cálculos do Desvio Padrão (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (4)$$

Sendo:

$X_i$  = IP = Número de IP de cada amostra;

$\bar{X}$  =  $IP_m$  = Média das amostras;

$n$  = Número de amostras;

Para a determinação do IP com 95% de confiabilidade ( $IP_p$ ):

$$IP_p = IP_m - \left[ \frac{S \times t \times 0,90}{\sqrt{(n-1)}} \right] \quad (5)$$

Sendo:

$IP_m$  = IP médio das amostras;

S = Desvio Padrão;

t = Número de student para 95%;

n = Número de amostras;

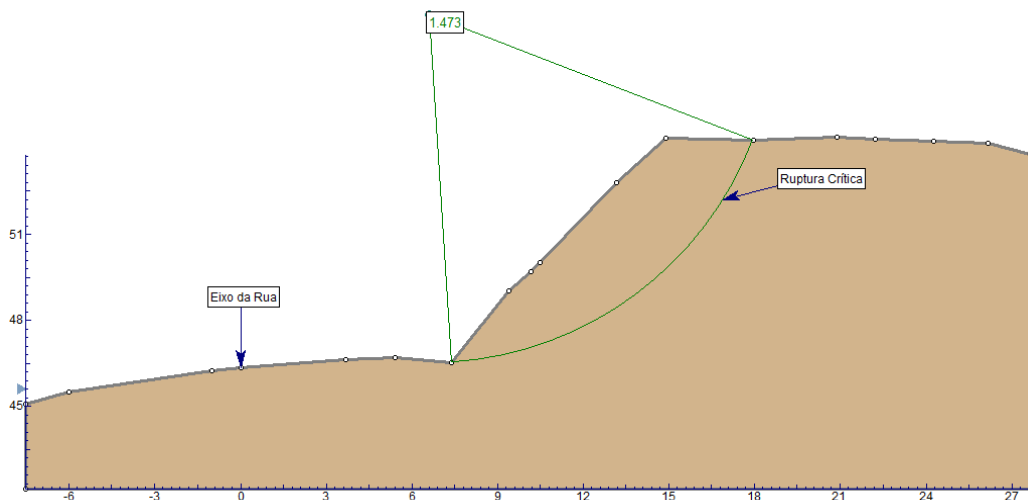
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA SEM O LENÇOL FREÁTICO

Em primeira análise, determinou-se o fator de segurança sem a influência do lençol freático (figura 4).



Figura 4 – Fator de segurança - Análise sem o lençol freático.



Fonte: Luciano Cappellesso.

O fator de segurança obtido na presente análise ( $FS=1,473$ ), demonstra que o talude não romperia. Logo, conclui-se que para ocorrer à ruptura do referido talude, seria necessário há ocorrência de um acréscimo de tensões cisalhantes e/ou a redução dos parâmetros de resistência ao cisalhamento.

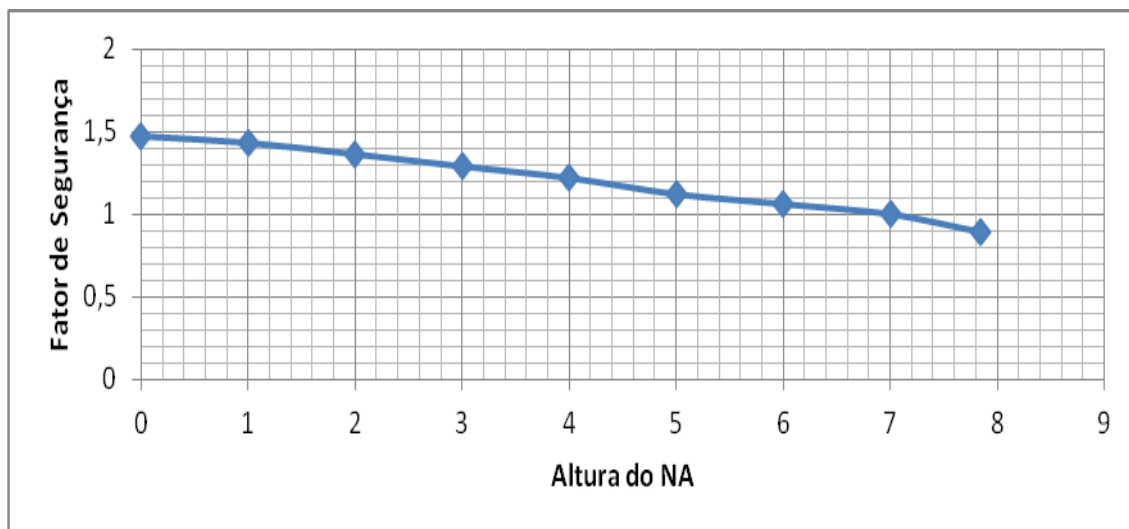
Como verificado em loco, não existem sobrecargas aplicadas no topo do talude, bem como nenhuma alteração na sua geometria original, e o mesmo não apresenta sensibilidade a erosão devido ao fato de ser constituído por solo do grupo A-7. Portanto, o referido movimento de massa só pode ser justificado por uma redução dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, provocado, provavelmente, pelo aumento da tensão neutra atuante.

### 3.2 DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA COM BASE NA POSIÇÃO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.

Com o intuito de verificar a influência do acréscimo de tensão neutra no fator de segurança do talude, fez-se a determinação do mesmo levando-se em consideração a variação do nível do lençol freático no interior do talude, tomando-se como ponto de partida o pé do talude.

A figura 5 apresenta a variação do fator de segurança em função da elevação do nível freático.

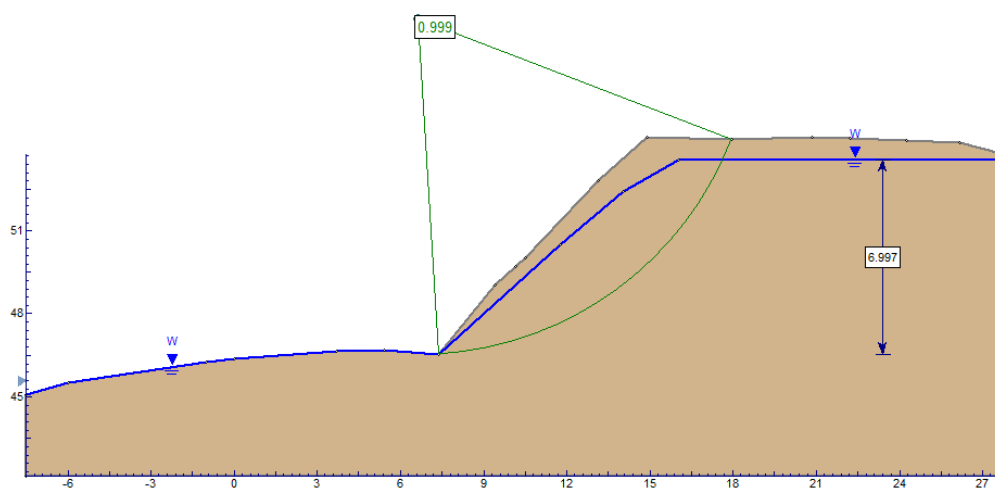
Figura 5 - Fator de Segurança com a variação do lençol freático.



Fonte: Luciano Cappellesso

O gráfico da figura 5, demonstra-se, como já era esperada, a redução do fator de segurança provocado pelo aumento das tensões neutras, ocasionado pela elevação do nível do lençol freático. Logo, observa-se na referida figura 5, que a superfície de ruptura terá um FS=1 quando o nível do lençol freático se encontrar a 7 metros acima do pé do talude. A figura 6 ilustra esta conclusão.

Figura 6 – Fator de segurança - Análise do talude na iminência da ruptura.



Fonte: Luciano Cappellesso.

Portanto, conclui-se que o responsável pela ruptura do talude foi o acréscimo de tensões neutras devido à elevação do nível freático provocado pelas chuvas

intensas ocorridas no ano de 2010. Cabe ressaltar que estes solos possuem uma baixa permeabilidade e um comportamento altamente expansivo. A figura 7 ilustra o nível de saturação no referido talude mesmo tendo cessado a chuva após alguns dias.

Figura 7 - Concentração de água no pé do talude.

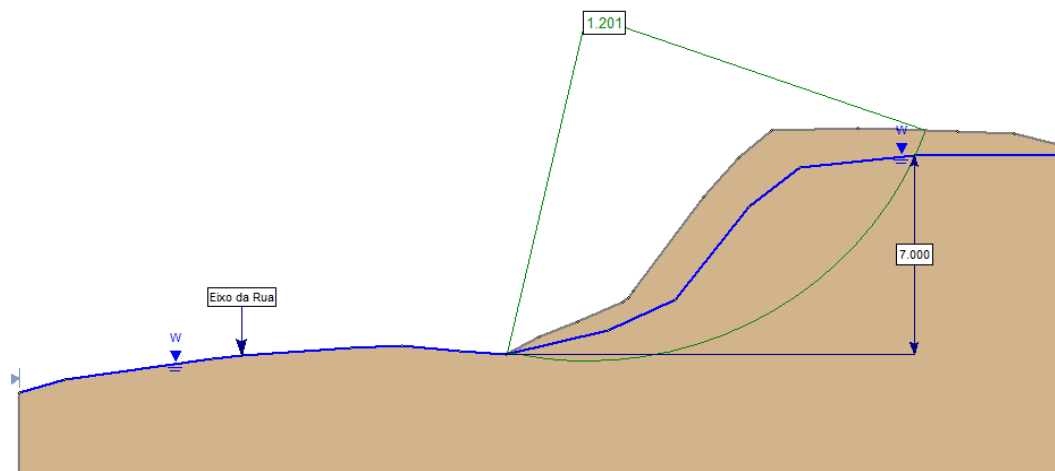


Fonte: Luciano Cappellesso.

### **3.3 DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA PARA A SEÇÃO ROMPIDA.**

Após o deslizamento de massa, o talude rompido tende a buscar uma inclinação que lhe proporcione estabilidade, no entanto, nem sempre o fator de segurança obtido, após sua acomodação, será o mínimo permitido de acordo com o risco de perdas humanas e materiais, que para o presente caso é um risco médio, de  $FS_{adm} \geq 1,3$ . Portanto, fez-se a verificação do fator de segurança do talude, após a ruptura, com o nível freático a 7 metros de altura. A referida análise ilustrada que há figura 8 apresentou um  $FS_{min}=1,201$  menor que o  $FS_{adm}=1,3$ . Logo, para atender o  $FS_{adm}$  estipulado, fez-se necessário intervir no talude.

Figura 8 – Fator de segurança – Seção Rompida.

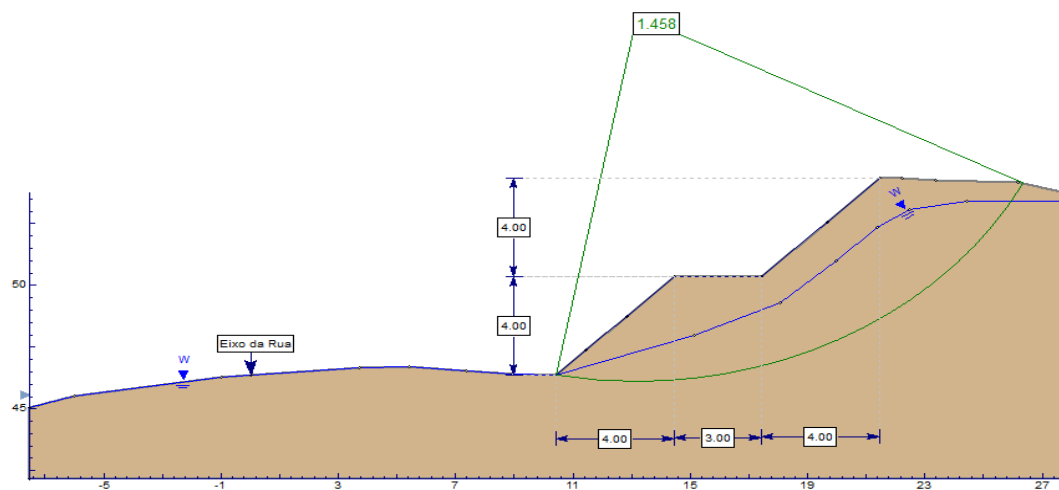


Fonte: Luciano Cappellesso.

A solução adotada no presente trabalho para atender o  $FS_{adm}$  foi o retaludamento, com inclinação de 1:1 e bancada de 3 metros, associada a obras de drenagem superficial (sarjetas) e enleivamento da face do talude.

Para esta solução, obteve-se um fator de segurança de 1,458. A figura 9 apresenta a solução adotada com seu respectivo fator de segurança.

Figura 9 – Fator de Segurança - Solução.

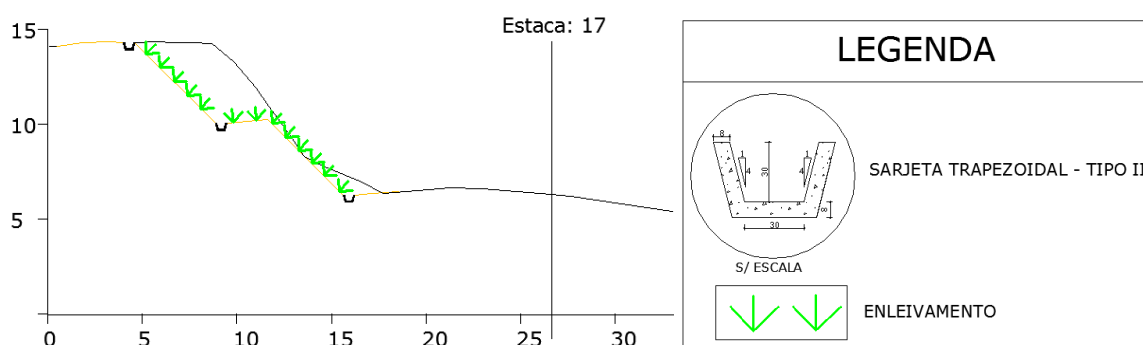


Fonte: Luciano Cappellesso

### 3.4 CUSTO DA EXECUÇÃO DA SOLUÇÃO

Depois de realizado o dimensionamento da solução para o talude objeto de estudo, levantou-se os custos para a implantação da mesma, representada pelo projeto executivo que consta na figura 10

Figura 10 - Projeto de Retaludamento.



Fonte: Luciano Cappellesso.

Os valores unitários de referência foram obtidos no site do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT), pelo Sistema de Custos Rodoviários (SICRO2) na data de março de 2010. A tabela 3 apresenta os custos de implantação da solução adotada no presente trabalho.

Tabela 3 - Custos para execução da solução.

Data Base do Referencial de Preço: Março de 2010.

Serviço	Unidade	Quant.	Preço Unit.	Preço Total
<b>Terraplenagem</b>				
ESC. CARGA E TRANSP. DE MAT. CLAS. 1A CAT 400<DMT<=600 M	m <sup>3</sup>	170,44	R\$ 8,32	<b>R\$1.418,03</b>
<b>Drenagem</b>				
SARJETA TRAPEZOIDAL DE CONCRETO - TIPO II	m	21,00	R\$31,49	<b>R\$ 661,29</b>
<b>Obras Complementares</b>				
ENLEIVAMENTO PARA TALUDES	m <sup>2</sup>	122,92	R\$ 8,18	<b>R\$1.005,44</b>
<b>TOTAL</b>				<b>R\$3.084,77</b>

Fonte: Luciano Cappellesso.

### 3.5 CORRELAÇÕES

Para a verificação da coerência da equação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFAT) para o solo estudado, encontrado na Formação Palermo, realizou-se a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade de diferentes amostras localizadas no talude e região, e também agregados os valores de IP de outros estudos de conclusão de curso neste mesmo solo, como pode ser verificados na tabela 4.

Tabela 4 - Índice de Plasticidade e classificação das amostras.

	<b>Amostras</b>	<b>IP</b>	<b>TRB</b>
	1	31	A-7-5
<b>Amostras</b>	2	20	A-7-6
<b>Deformadas</b>	3	23	A-7-6
	4	26	A-7-5
	A	23	A-7-6
	B	24	A-7-5
<b>Amostras</b>	C	23	A-7-6
<b>CD*</b>	D	22	A-7-5
	E	23	A-7-5
	Bresciani (2009)	23	A-7-5
<b>Outros</b>	Maurilio (2009)	27	A-7-5
<b>Estudos</b>	Gregório (2010)	18	A-7-5

\*CD= Amostras dos ensaios de cisalhamento direto.

Fonte: Luciano Cappellesso

De posse dos resultados obtidos na tabela 4, pode-se fazer o tratamento estatístico para a determinação do IP que melhor representa o solo em estudo. Obtendo-se assim, um índice de plasticidade de 22%, com um resultado de confiabilidade de 95% para a amostragem determinada, que se verifica na tabela 5. Em seguida, com o uso da equação 3, citada na página 8, encontrou-se o ângulo de atrito ( $\varphi$ ) de 26° para o índice de plasticidade determinado.

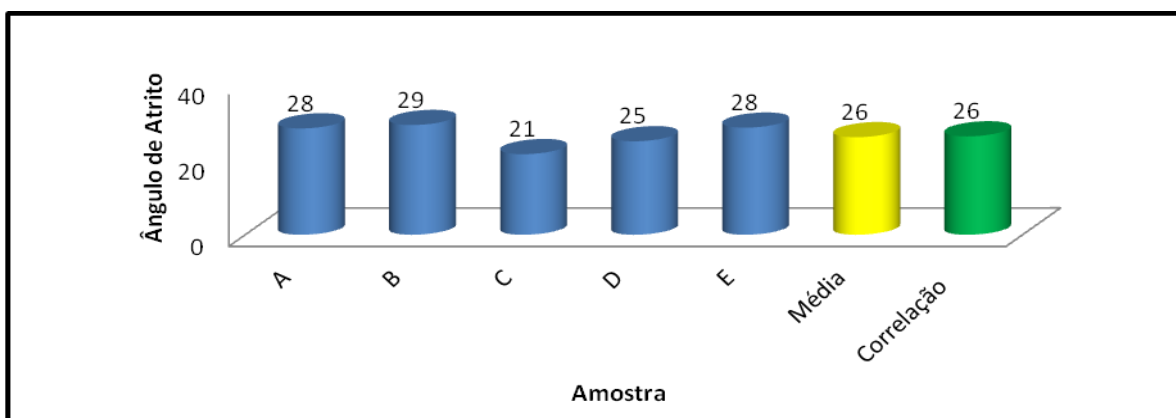
Tabela 5 - Tratamento estatístico para a determinação do IP.

IP	F	IP . F	IP-IP <sub>m</sub>	(IP-IP <sub>m</sub> ) <sup>2</sup>	f. (IP-IP <sub>m</sub> ) <sup>2</sup>	IP <sub>m</sub> (%)	Desvio Padrão (S)	t Student	IP <sub>p</sub> (%)
18	1	18	-5,55	30,75	30,75				
21	1	21	-2,55	6,48	6,48				
22	2	44	-1,55	2,39	4,78				
23	4	92	-0,55	0,30	1,19				
26	1	26	2,45	6,02	6,02				
27	1	27	3,45	11,93	11,93				
31	1	31	7,45	55,57	55,57				
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>259</b>			<b>116,73</b>	<b>23,55</b>	<b>3,26</b>	<b>1,812</b>	<b>22</b>

Fonte: Luciano Cappelleso.

Observando-se a figura 11, a média dos ângulos de atritos interno ( $\varphi$ ) encontrados nos ensaios de cisalhamento direto (A), (B), (C), (D) e (E) é de 26°, o mesmo encontrado para a determinação do ângulo de atrito pela correlação.

Figura 11 - Resultados dos ângulos de atritos encontrados por ensaios e por correlação.



Fonte: Luciano Cappelleso.

Portanto, observa-se que para o talude estudado, solo de Formação Palermo, a correlação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFANT) apresentou um resultado de 100% de confiabilidade para o ângulo de atrito se relacionado à média dos ensaios laboratoriais.

### 3. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou por meio da retroanálise realizada que o movimento de massa, ocorrido no talude objeto de estudo, foi provocado por uma redução dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, ocasionado pelo aumento da tensão neutra no interior do mesmo. Fato este, que deve ter ocorrido após um período de chuva prolongado. A retroanálise demonstrou também que a ruptura ocorreu quando o lençol freático encontrava-se acima de 7,00 (sete) metros, contados a partir do pé do talude.

Ao determinar o fator de segurança mínimo do talude com a geometria atual, ou seja, após a ruptura, e com o nível freático a 7 metros (nível crítico), verificou-se que o mesmo era de 1,201, sendo este, menor que o fator de segurança admissível para o local da obra, que é de 1,3. Logo, determinou-se uma intervenção com retaludamento de inclinação 1:1, drenagens superficiais e enleivamento, gerando um custo para a adequação do talude ao  $FS_{adm}$  de R\$ 3.084,77 reais.

Na determinação do ângulo de atrito pela equação citada por Caputo (1961 *apud* BONNENFANT), obteve-se um resultado igual à média do ângulo de atrito dos ensaios de cisalhamento direto, que é de 26°. Portanto, para o presente caso, a correlação entre IP e o ângulo de atrito interno do solo, através da equação citada é perfeitamente válida.

### 4. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS . **D 3080 – 03: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.** ASTM, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Análise Granulométrica.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Determinação do Limite de Liquidez.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Determinação do Limite de Plasticidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.682: Estabilidade de Taludes.** Rio de Janeiro: ABNT, 1991.



CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1961. 284p.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Thomson Learning. 2007. 561p.

GREGÓRIO, Jaqueline. **Estabilização de um solo da formação palermo com aditivo PZ solution®**, 2010, 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense.