

Índice

1. Apresentação	2
2. Metodologia de Trabalho	4
3. Geologia da Área	7
4. Resultados	9
5. Recomendações construtivas	19
ANEXOS	24
<i>ANEXO I – Simulações numéricas_ Método de Bishop</i>	
<i>ANEXO II – Sondagem SPT/trado</i>	
<i>ANEXO III – Quantitativo de materiais e orçamento</i>	

PLANECEO Comercial Ltda.
estudos, projetos e obras de infra-estrutura e edificações

APRESENTAÇÃO

A empresa PLANECEO COMERCIAL LTDA, estabelecida na Rua Comendador Azevedo, nº 558, Porto Alegre/RS, apresenta o Relatório da análise da estabilidade dos taludes da Pista de Eventos Porto Seco. O trabalho reúne, além desta análise, os estudos desenvolvidos para a recuperação das áreas, mediante a adoção de uma berma de equilíbrio nos taludes existentes no local (área paralela à via, estacas 0+300 a 0+515) e de retaludamento (estaca 0+540 à estaca 0+595). Os tópicos aqui abordados encontram-se em total consonância com as solicitações e recomendações do contratante.

Dados do Contrato

- Objeto: Elaboração do Projeto Geotécnico Necessário à Recuperação dos Taludes da Pista de Eventos Porto Seco, no município de Porto Alegre.
- Contratante: Brasília Guaíba/ SMOV
- Contatado: PLANECEO Comercial Ltda

Equipe Técnica

- Engenheiro Civil Pedro Felipe Boettcher Chiarelli, Coordenador de Projetos
- Engenheiro Civil Mário Ricardo Monteiro Goulart, Mestre em Geotecnia/UFRGS
- Engenheiro Civil Fernando Maria Mantaras, Doutor em Geotecnia/UFRGS
- Engenheiro Civil Sandré Cyrre Lima

METODOLOGIA DE TRABALHO

Na elaboração do presente estudo de verificação da estabilidade dos taludes, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Visita ao local da obra para avaliação das condições gerais do problema, de pontos específicos (rupturas) e geração de arquivo fotográfico das condições locais;

2. Solicitação a SMOV – Porto Alegre; dados para fins da análise geométrica do local:

– seção geométrica típica dos taludes

(fornecidas pela Construtora Brasília Guaíba no dia 1º/06/2004);

– levantamento planialtimétrico do empreendimento (executado pela SMOV – Porto Alegre)

3. Execução pela PLANECEO Comercial Ltda de oito furos de sondagem a trado, sendo sete destes furos, foram feitos ensaios granulométricos, limite de liquidez, índice de plasticidade, índice de grupo, classificação segundo a AASHTO, densidade máxima, unidade ótima, densidade, expansão, índice de suporte de califórnia e a classificação visual

Também foi executado um ensaio de SPT (Estasul REF: 1333/04 de 28/04/2004), junto à zona de ruptura.

4. A partir destas informações, combinadas a dados constantes em bibliografia técnica especializada, nos foi possível obter os parâmetros geotécnicos necessários a retroanálise dos taludes rompidos e a simulação de várias seções tipo para obtenção do FS desejado.

Tendo sido definida a caracterização geotécnica do local, passou-se a definição do tipo de solução a ser dada para as rupturas ocorridas nas seções 0+555 e 0+475. Em acordo com o contratante, decidiu-se pelo dimensionamento de um sistema de bermas para estabilizar as seções 0+515 a 0+300 e evitar a propagação deste problema ao talude situado na divisa com a via e, na área situada entre as seções 0+535 e 0+595, retaludamento do maciço.

Foi realizada a verificação dos fatores de segurança em relação à estabilidade de pontos específicos da geometria proposta (berma e berma + talude original) e global (berma total e talude original), através de simulação numérica.

PLANECEO Comercial Ltda.
estudos, projetos e obras de infra-estrutura e edificações

GEOLOGIA DA ÁREA

O principal fator de instabilidade do talude é a presença de água, associado a um solo de grande expansão, e com consistência pastosa na presença da água. Este solo foi caracterizado como montmorillonita. O solo é oriundo de rochas sedimentares, que através de atividades mecânicas e químicas dos agentes de intemperismo, sobre as rochas existentes em eras passadas. O vento e a água são os principais agentes de transporte desses materiais, que ao longo dos anos foram sedimentados no local.

Através da sondagem classificamos a área como uma camada de argila com areia média e grossa de cor variegada até a profundidade de 2,00 m, sobreposta a uma camada de silte pouco argiloso com areia fina e média, de cor cinza médio a escuro, até os 7,80 m. A partir desta profundidade ocorre uma camada de silte com areia fina e pedregulho, cor marrom médio cinzento até o impenetrável em 11,80 m (Anexo I). O nível da água encontra-se aos 0,60m de profundidade.

Nota-se ainda que o solo apresenta um aumento de resistência em função da profundidade, sendo os três primeiros metros caracterizado por argila e silte de baixa resistência (NSPT=5 golpes).

RESULTADOS

Na análise da estabilidade do local foram adotadas seções que contemplassem a geometria atual, sendo as mesmas definidas pelo levantamento planialtimétrico fornecido pela SMOV.

A obtenção dos parâmetros geotécnicos foi baseada nas informações fornecidas pelo SPT, trados e plantas, em dados de bibliografia técnica especializada e na retroanálise das rupturas ocorridas. A utilização destes parâmetros implica em uma solução adequada ao nível de informações geotécnicas disponibilizadas. A otimização da solução apresentada implica na execução de ensaios geotécnicos mais adequados a solos moles (NSPT<5), permitindo a obtenção de valores de resistência mais próximos dos valores reais do solo local.

Ao efetuarmos a análise da solução a ser adotada nas seções 0+300 a 0+515, optou-se por adicionar ao cálculo da estabilidade do sistema (bermas + talude original) uma sobrecarga de 5 kPa para simular a presença de veículos estacionados ao longo da via.

Em reunião na SMOV, em 11/05/2004, apresentaram-se os resultados preliminares das análises de estabilidade, sendo solicitado pelo Engenheiro Filomena a adoção de um Fator de Segurança mínimo = 1,8 para os taludes a serem projetados.

Nas figuras 1 a 3, estão apresentados os taludes rompidos, bem como uma vista geral do local.



Figura 1 – Vista geral do local, com identificação das seções rompidas.



Figura 2 – Talude rompido (Seção 0+555).



Figura 3 – Talude rompido (Seção 0+475).

Na Figura 4 está apresentada a geometria da ruptura e o fator de segurança obtido na retroanálise da área das seções 0+535 a 0+595 para a obtenção dos parâmetros geotécnicos (Análise paramétrica), enquanto que na figura 5 apresentamos a geometria estudada para seção 9.

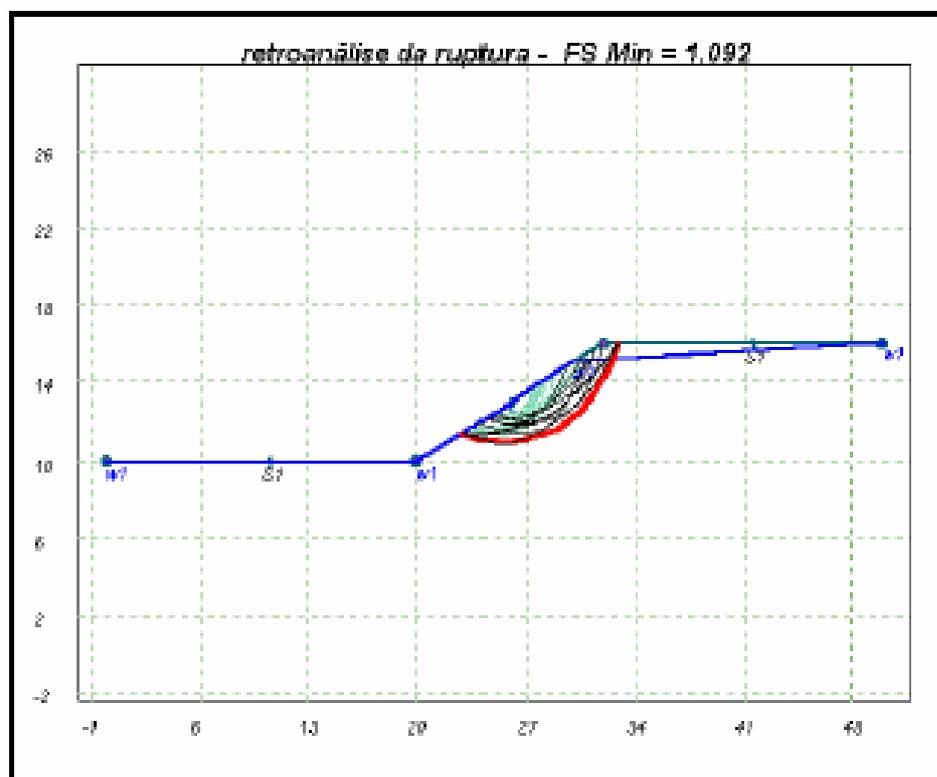


Figura 4: Geometria analisada na retroanálise das seções est. 0+535 a 0+595.

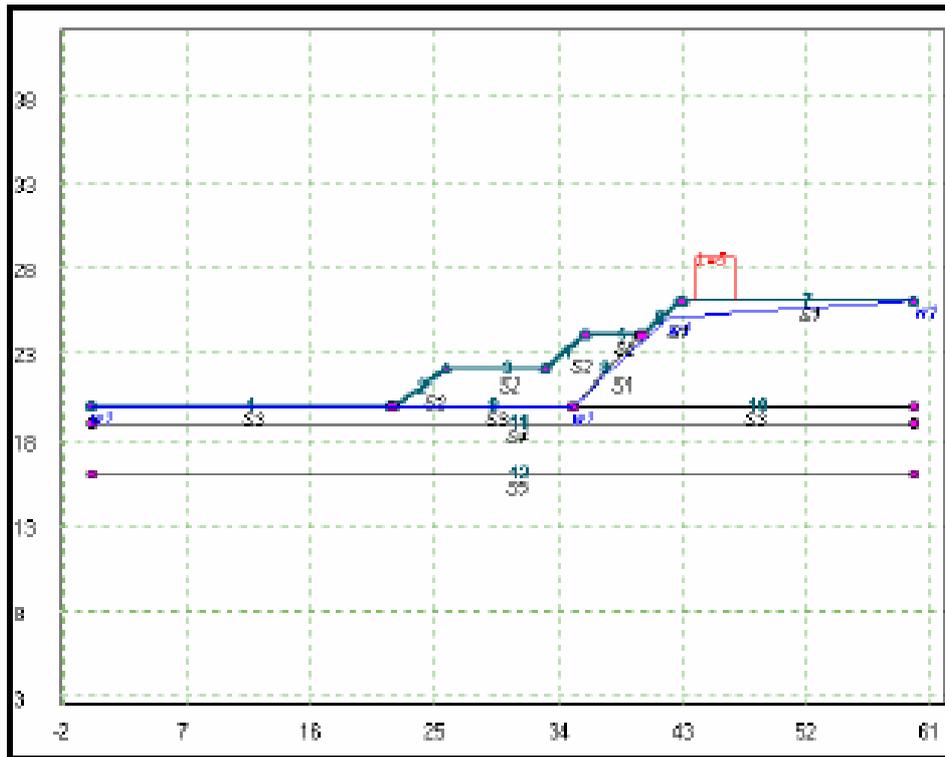


Figura 5 – Geometria da solução proposta para seção 0+400.

Em consenso a equipe técnica e a SMOV, optou adotar como solução para a área entre as seções 0+535 a 0+595, o retaludamento desta zona, conforme figura 6. Esta solução acarreta a redução da altura do talude em 1,00 m (um) e o seu retaludamento em 3:1.

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros geotécnicos utilizados nos cálculos. Ao processarmos todas as informações existentes (parâmetros geotécnicos e geometrias a serem adotadas) foi possível, mediante a aplicação do

Método de Bishop (Anexo II), avaliar as condições de segurança das soluções propostas (Tabela 2).

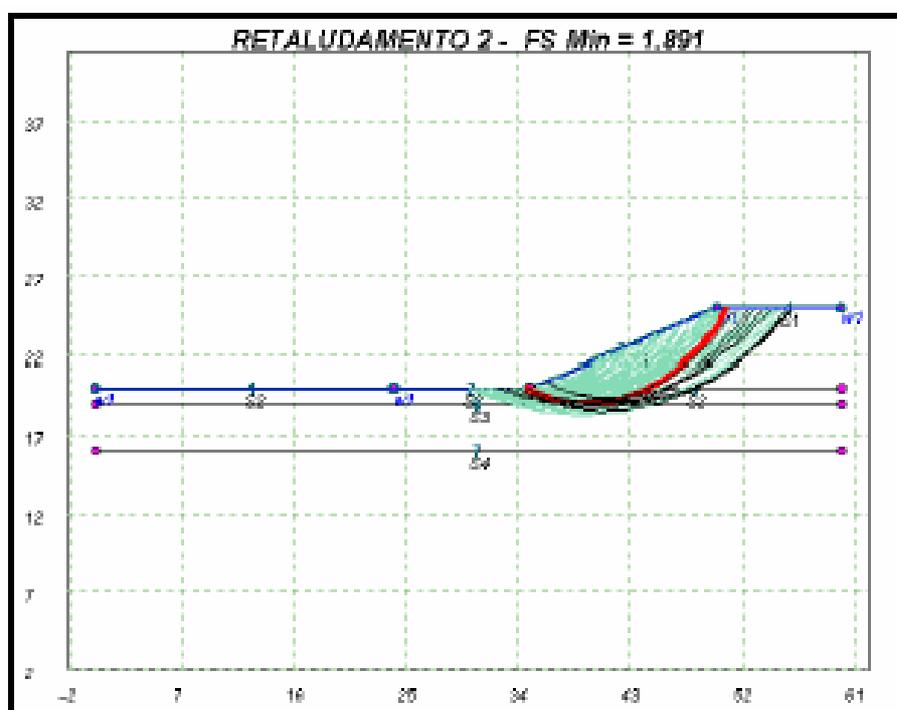


Figura 6 – Fatores de segurança via simulação numérica – Método de Bishop (Retaludamento)

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos obtidos via retroanálise.

Camada	Peso específico (KN/m³)	Coesão (KPa)	Ângulo de atrito (°)
Berma	18	5	28
Solo natural	17	5	25
Solo 1 (0,00_-1,00 m)	16	15	0
Solo 2 (-1,00_-3,00 m)	16	30	0
Solo 3 (-3,00_-8,00 m)	18	5	38

Tabela 2 – Fatores de segurança via simulação numérica – Método de Bishop

Seção	FS_{berma}	FS_{topo}	FS_{global}
S0+515 a 0+350	2.675	2.513	1.772
S0+535 a S0+595	1.891 (Retaludamento)		
S0+350 a S0+300	2,771	1,856	1,804

Após os resultados apresentados, pode-se concluir que as soluções propostas atingem o nível de segurança definido pela SMOV, minimizando os custos da recuperação dos taludes devido à adoção do retaludamento e das

bermas de equilíbrio. É de fundamental importância que, além a geometria proposta, sejam observadas as recomendações descritas no item seguinte.

RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS

1. Projeto de contenção elaborado com base em sondagem SPT–ESTASUL Ref.: 1333.04 de 28/04/04;

2. O projeto poderá ser alterado em função das reais características geológicas do local, quando da sua execução;

3. A locação das bermas deve ser feita com base na planta detalhada, na versão final (assinada);

4. Qualquer alteração de procedimento construtivo ou projeto deve ser autorizado **por escrito** pelo projetista;

5. O material a ser utilizado na execução das bermas deverá ser compactado em camadas de, no máximo, 20 cm de espessura;

6. O teor de umidade e o grau de compactação a ser atingido pelo material das bermas deverá ser definido em ensaio de compactação (CBR) e obedecerá aos seguintes itens:

a. Desvio de umidade em relação a umidade ótima não deve ultrapassar 1%;

b. O grau de compactação mínimo a ser atingido deverá ser de 95%.

7. O valor do teor de umidade deverá ser atingido por irrigação ou aeração, seguidos de revolvimento mecânico do solo, de maneira a homogeneizá-lo ao longo de toda a seção transversal das bermas;

8. Os equipamentos a serem utilizados na compactação deverão ser adequados o tipo de solo a ser utilizado na confecção das bermas;

9. A execução das camadas drenantes das bermas deverá ser feita de maneira cuidadosa, observando-se os seguintes aspectos:

a. O material a ser utilizado deverá obedecer as seguintes relações :

i. D15 CAMADA > 5 D15 SOLO LOCAL

ii. D15 CAMADA > 5 D85 SOLO LOCAL

b. Inclinação mínima da camada drenante horizontal = 5% em direção a caixa de drenagem;

10. A garantia da continuidade da separação entre solo local e camada drenante é dada pelo emprego de geotextil;

11. É previsto o emprego de sobreposição de camadas de geotextil para garantir a continuidade da separação física do solo local do material drenante;

12. Na sobreposição de diferentes camadas de geotextil deverá ser feita uma emenda, mediante costura com linha adequada a tanto, com o objetivo de garantir a união entre diferentes elementos;

13. O tubo a ser utilizado como dreno sub-horizontal deverá obedecer as seguintes especificações :

a. Diâmetro nominal de 40 mm (quarenta), ou outro, com diâmetro superior

b. Os tubos deverão ser, obrigatoriamente, envoltos em geotextil

c. Deverão seguir as inclinações descritas em planta

14. O material a ser utilizado no preenchimento da cava de assentamento dos tubos de drenagem deverá ser brita graduada;

15. A separação do solo local das cavas dos tubos de drenagem deverá ser feita por geotextil;

16. Deverá ser garantida a continuidade e a integridade desta camada separadora mediante a execução de camadas de sobreposição de geotextil e posterior união mediante costura.

17. Deverão ser observados todos os itens constantes nas normas NBR 8044 (Projeto Geotécnico), NBR 6457 (Preparação de amostras de solo para Ensaio Normal de Compactação e Ensaio de Caracterização – Método de Ensaio), NBR 7180 (Análise Granulométrica de Solos – Método de Ensaio), NBR 7182 (Ensaio Normal de Compactação dos Solos – Método de Ensaio), e demais Normas e Métodos de Ensaio do DNER pertinentes ao assunto;

18. Deverá ser adequado o sistema de drenagem proposto com o sistema de drenagem do local, a cargo da Prefeitura Municipal de Porto Alegre;

19. Deve ser repassado para o projetista, semanalmente, os diários de campo, contendo todas as informações sobre os serviços de compactação;

20. Peso específico mínimo do material compactado: 18 KN/m³;

21. A berma dupla com 4,00 m (quatro) inicia na seção 0+515 e termina como uma berma simples de 2,00 m (dois) na seção 0+350;

22. A berma simples que inicia na seção 0+350, termina em rampa na seção 0+300;

23. Foi prevista uma rampa na seção 0+300 com 3,00 m (três) de largura para os equipamentos;

24. Todos os taludes devem ser cobertos por uma biomanta com sementes, para controle da erosão superficial;

25. Os drenos projetados em duas linhas para o trecho retaludado, deverão obrigatoriamente ser executado, conforme especificação em planta;

26. Já os drenos projetos para o trecho 0+515 a 0+300, deverão ser executados somente após verificação da análise que será realizada em relação ao nível da água com o sistema projetado. Este controle do nível da água deve ser realizado por um período mínimo de 1 (um) mês, a contar a partir da sua instalação;

27. A areia do colchão drenante, a brita, os tubos de drenagem e as caixas de drenagem, deverão ser envelopados com geotextil;

28. Os tubos de drenagem possuem diâmetro nominal de 350 mm (trezentos e cinquenta), ou dois tubos Kanonet Ø170mm;

29. A berma deve ser compactada na umidade ótima;

30. Os medidores de nível da água devem ser protegidos contra vandalismo por caixas de alvenaria, conforme projetado;

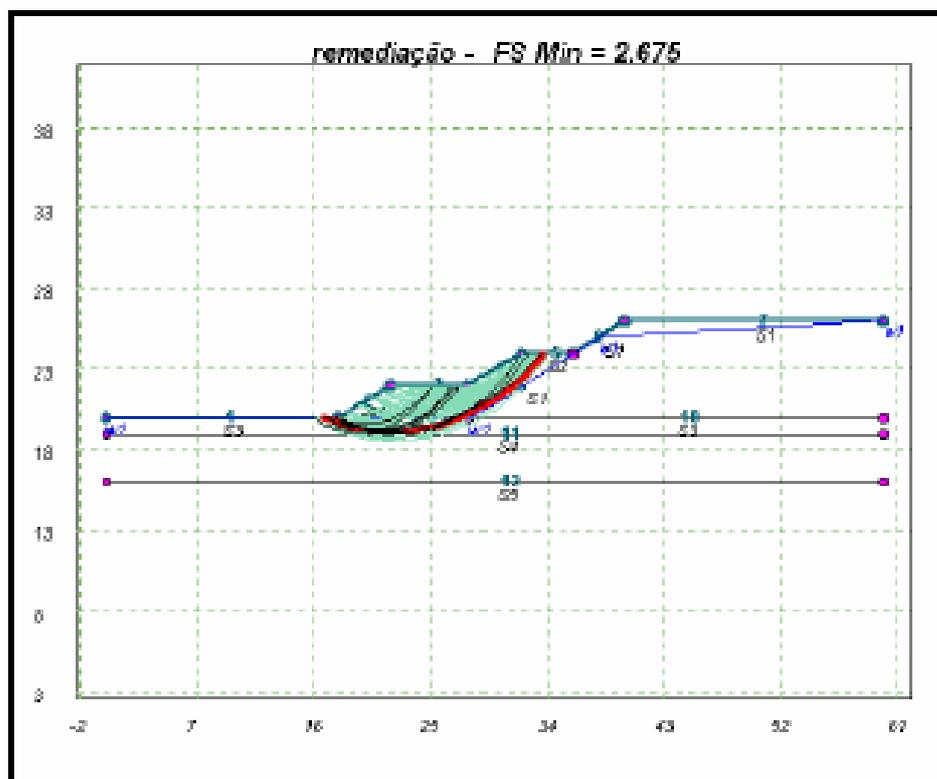
Desde já nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos necessários,

Atenciosamente

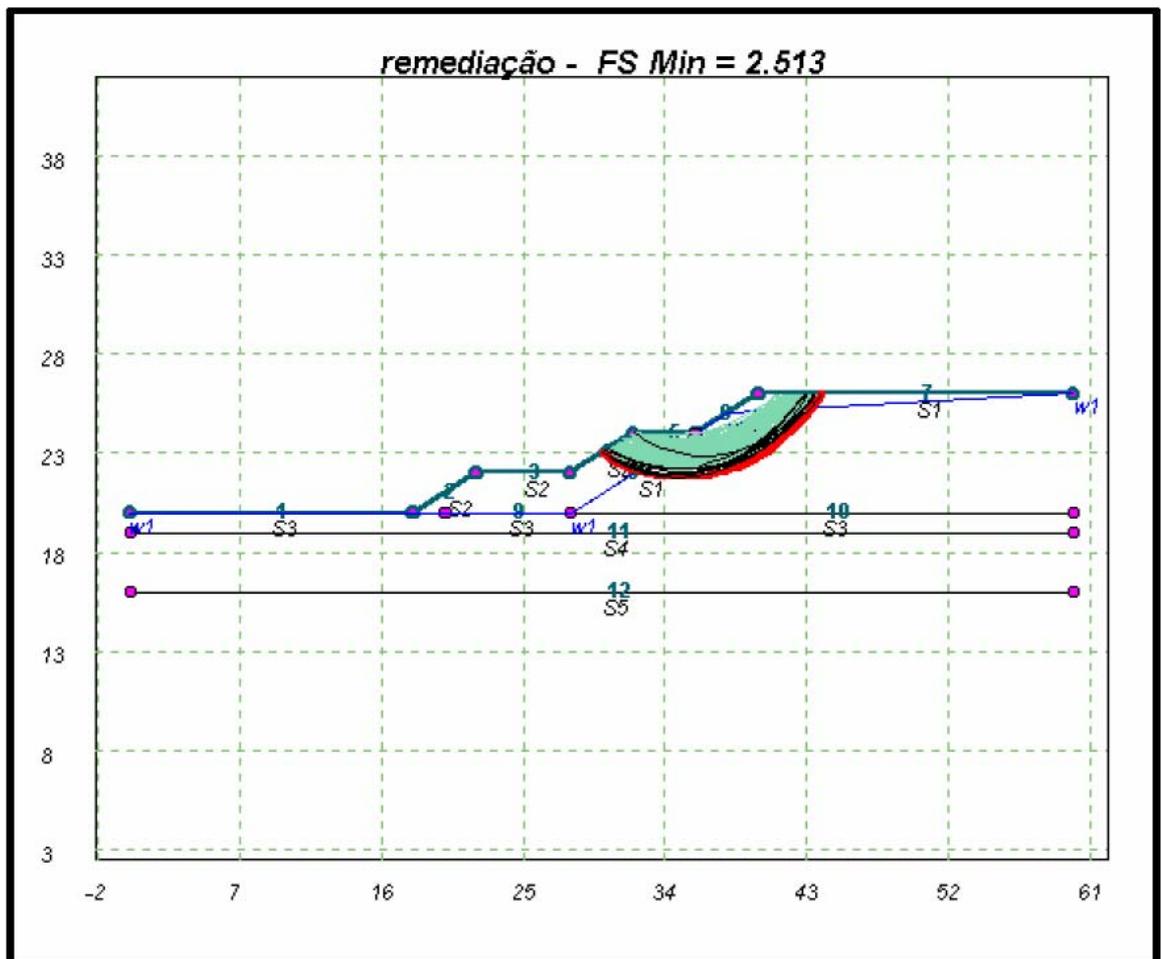
Eng. Pedro Felipe B. Chiarelli
CREA 92 428 - D
Diretor

ANEXO I

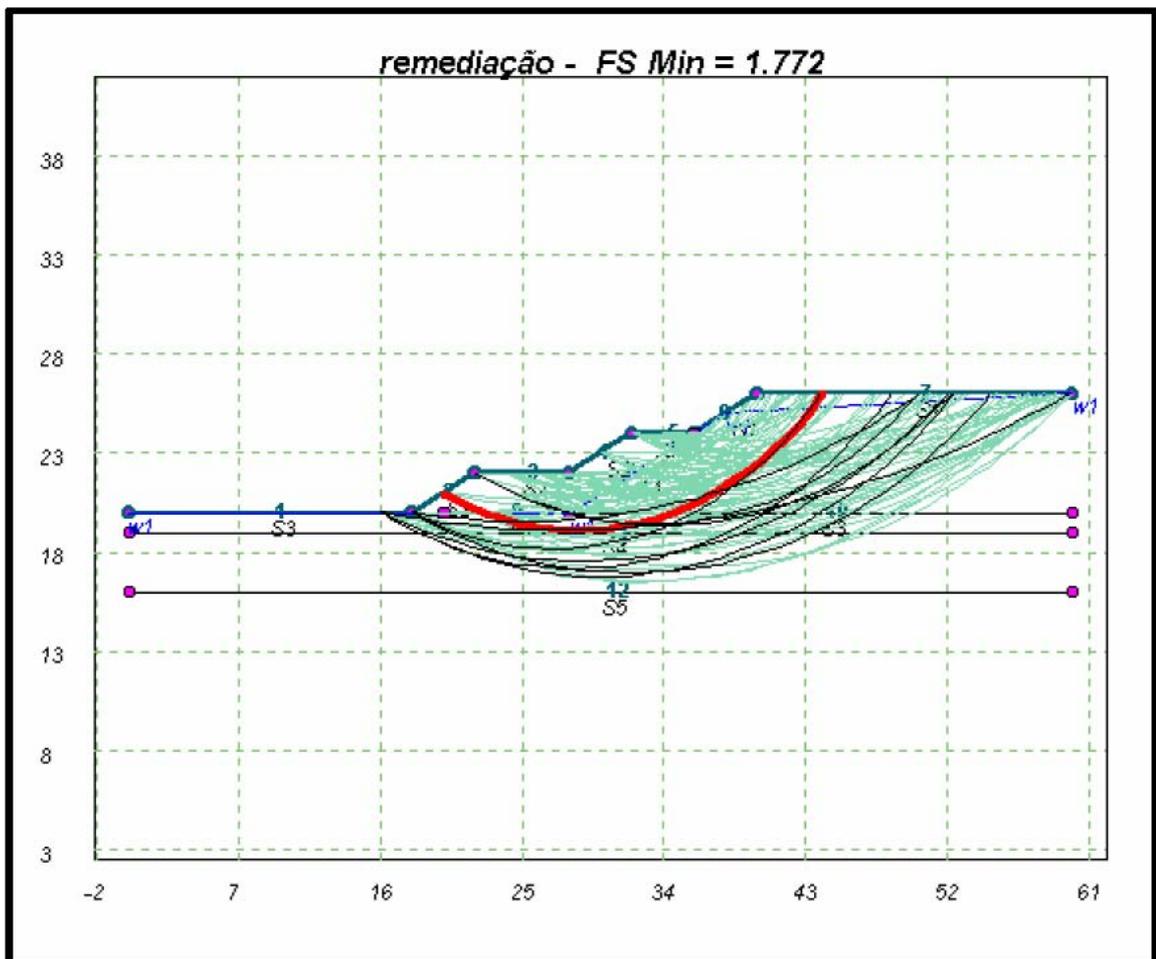
Simulações Numéricas (Método de Bishop)



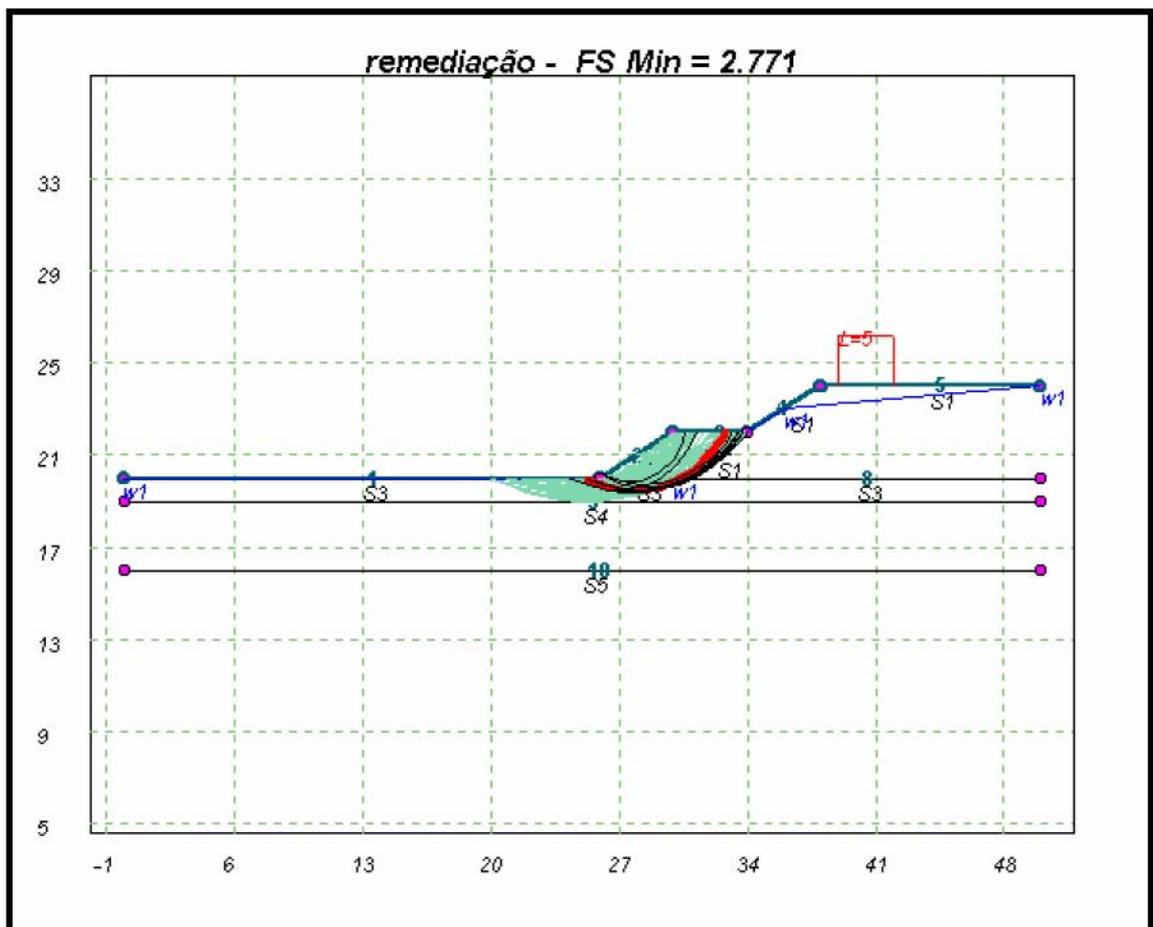
Cálculo da estabilidade para a berma – Seção 0+515 a 0+350



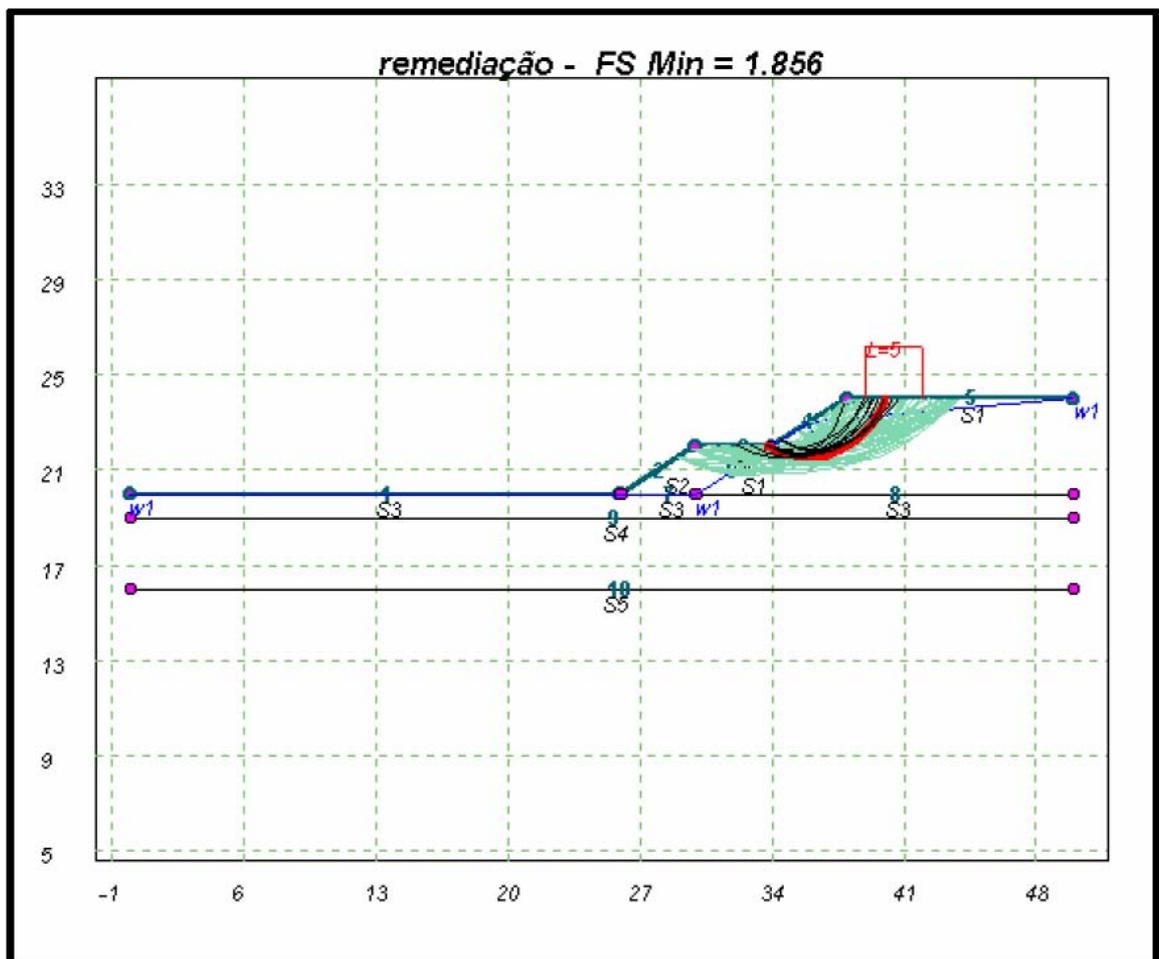
Cálculo da estabilidade para o topo – Seção 0+515 a 0+350



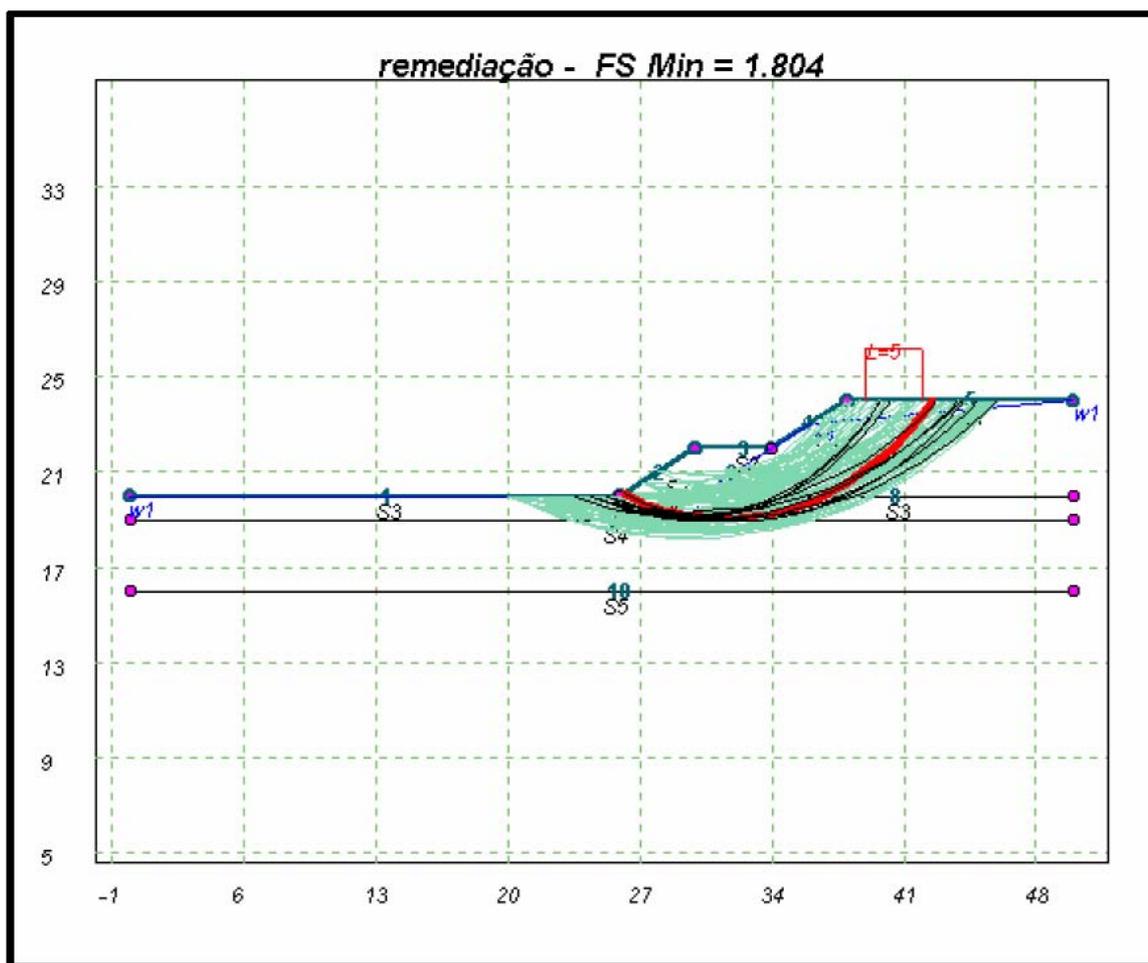
Cálculo da estabilidade global – Seção 0+515 a 0+350



Cálculo da estabilidade para a berma – Seção 0+350 a 0+300



Cálculo da estabilidade para o topo – Seção 0+350 a 0+300

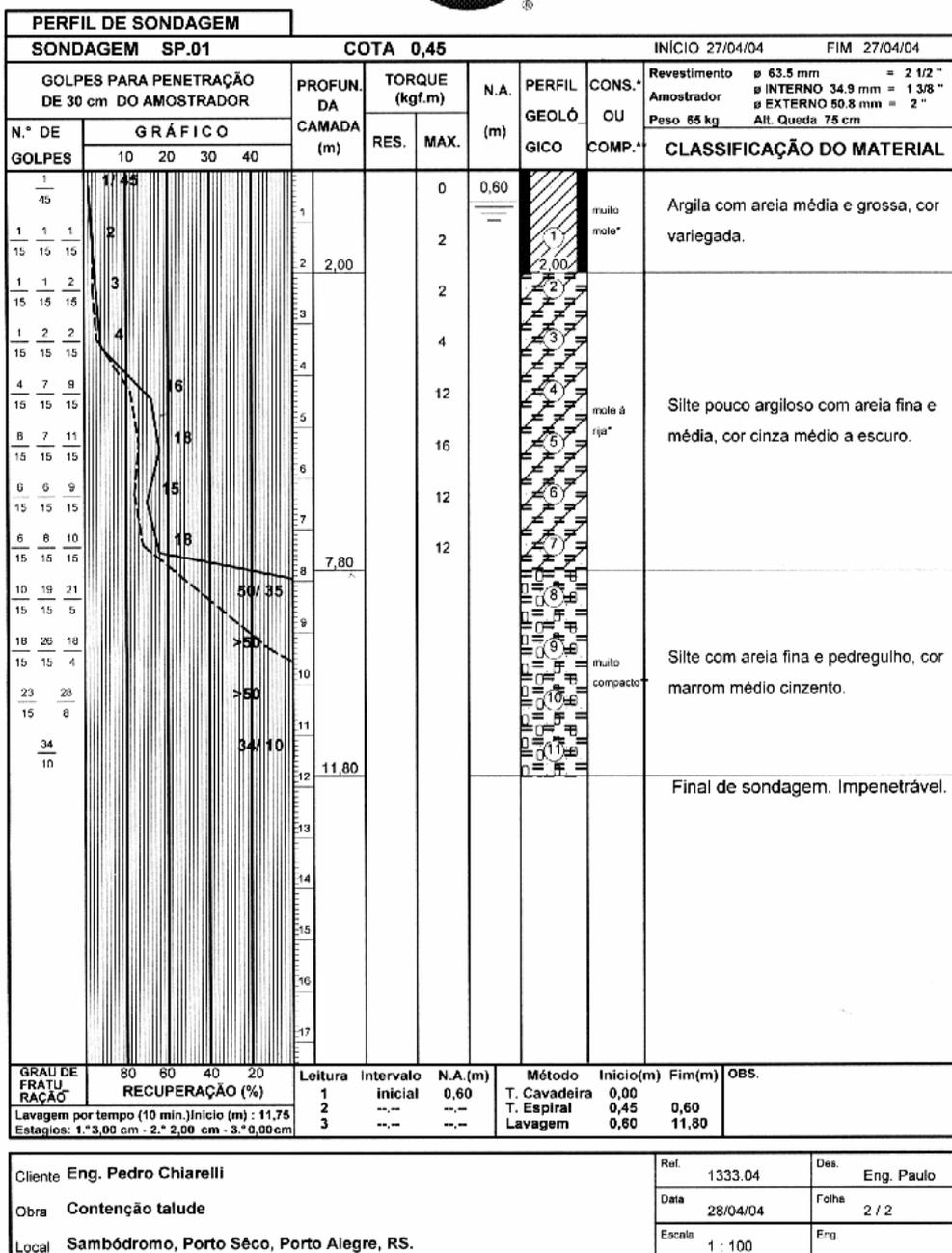


Cálculo da estabilidade global – Seção 0+350 a 0+300

ANEXO II

- Sondagem SPT
- Sondagem a trado

PLANECEO Comercial Ltda.
estudos, projetos e obras de infra-estrutura e edificações



AV. PÁTRIA, 457 - FONE/FAX: (51) 3342.0055 - estasul@estasul.com.br - CEP: 90230-071 - PORTO ALEGRE - RS

ESTUDOS GEOTÉCNICOS - SONDAENS E RESULTADOS DE ENSAIOS																							
LOCAL: PISTA DE EVENTOS																							
Local de Sondagem	Prof. (m)	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA										Ens. Físico				Classificação		Compressão		ISC		TIPO DE SOLO	
		1"	2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 60	Nº 200	LL	IP	IG	AASHTO	D. Max	h.ót.	h.	dens. exp.	ISC	CLASSIFICAÇÃO AAS-TO	CLASSIFICAÇÃO VISUAL		
F-01	0,00 - 0,20			100	87	83	73	68	64	43	26	5	2	A4	1821	13,4	13,0	1948	0,09	13	Silt Arenoso	REVESTIMENTO VEGETAL	
F-01	0,20 - 1,25			100	97	91	79	72	46	19	6	2	A4	1853	12,2	12,6	1876	0,22	6	Silt Escuro	MARROM		
F-01	1,25 - 2,50	2,10		100	96	95	89	79	73	53	40	17	6	A6	1551	21,2	21,5	1540	3,22	2	Argila Arenosa	CINZA ESCURO	
F-01	2,50 - 4,40			100	97	90	86	72	50	22	14	14	A7-6	1511	21,6	21,2	1498	6,97	1	Argila Arenosa	AMARELA E CINZA ESCURA		
F-01	4,40 - 5,20			100	98	93	84	80	84	47	17	10	A7-5	1663	19,6	19,4	1540	6,98	1	Argila Arenosa	CINZA CLARA E AMARELA		
F-01	5,20 - 6,30			100	97	91	81	76	55	44	4	4	A5	1617	17,2	17,5	1501	6,70	1	Silt Arenoso	CINZA CLARA		
F-01	6,30 - 7,50			100	99	92	83	76	71	45	22	4	A4	1904	10,8	10,4	1870	0,11	10	Silt Arenoso	REVESTIMENTO VEGETAL		
F-02	0,00 - 0,20			100	99	97	91	81	74	50	16	5	A4	1889	11,6	11,7	1884	0,23	8	Silt Arenoso	MARROM		
F-02	0,20 - 1,10			100	99	95	90	87	73	42	21	12	A7-6	1565	19,6	20,0	1535	4,00	1	Argila Arenosa	CINZA ESCURO		
F-02	1,10 - 3,30			100	99	96	91	87	75	43	15	2	A7-6	1522	20,4	20,7	1519	3,82	2	Argila Arenosa	AMARELA E CINZA ESCURA		
F-02	3,30 - 4,30	5,10		100	99	96	91	87	75	43	15	2	A7-6	1305	33,1	33,4	1274	6,33	1	Argila Arenosa	CINZA CLARA E AMARELA		
F-02	4,30 - 5,30			100	99	90	80	75	52	44	4	4	A5	1621	17,0	16,8	1505	6,44	1	Silt Arenoso	CINZA CLARA		
F-02	5,30 - 6,50			100	96	89	80	73	40	15	2	1	A4	1981	9,3	9,0	1975	0,05	19	Silt Arenoso	REVESTIMENTO VEGETAL		
F-03	0,00 - 0,20			100	96	89	80	73	40	15	2	1	A4	1787	14,0	14,3	1762	0,42	7	Silt Arenoso	MARROM		
F-03	0,20 - 0,90			100	96	93	85	80	58	23	7	5	A4	1643	16,3	18,1	1534	2,19	2	Silt Arenoso	CINZA ESCURO		
F-03	0,90 - 2,30			100	99	95	88	84	67	32	12	7	A5	1499	21,2	21,0	1481	3,42	2	Argila	AMARELA E CINZA ESCURA		
F-03	2,30 - 5,50			100	99	97	93	91	84	50	29	18	A7-6	1605	17,2	15,8	1521	2,16	2	Argila Arenosa	CINZA CLARA E AMARELA		
F-04	5,50 - 6,30			100	96	86	81	71	48	17	11	11	A7-5	1597	17,8	18,1	1566	4,49	1	Argila Arenosa	REVESTIMENTO VEGETAL		
F-04	0,00 - 0,20	1,65		100	96	86	81	71	48	17	11	11	A7-5	1581	19,0	18,6	1598	7,36	1	Argila Arenosa	CINZA CLARA		
F-04	0,20 - 2,00	0,00		100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6	1674	17,9	18,3	1653	4,79	1	Argila Arenosa	REVESTIMENTO VEGETAL	
F-05	0,00 - 0,20	0,00		100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6	1795	13,8	14,1	1793	1,77	4	Areia Argilosa	CINZA CLARA	
F-05	0,20 - 2,60			100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-06	0,00 - 0,20	0,00		100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-06	0,20 - 1,50			100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-07	0,00 - 0,20			100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-07	0,20 - 1,15	0,30		100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-07	1,15 - 2,00			100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									
F-08	0,00 - 5,00	2,20		100	96	86	74	68	65	57	65	41	15	A7-6									

NA - NIVEL D AGUA

ANEXO III

- **Quantitativos**
- **Orçamento**