

PROJETO BÁSICO DO ATERRO SANITÁRIO EREGUAÇU

Solurb Soluções Ambientais – SPE Ltda

VOLUME II – MEMORIAL TÉCNICO

FEVEREIRO DE 2021

SOL-ERE-PIB-MTC-H-F

GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	IV
1 INTRODUÇÃO	6
2 ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL, BALANÇO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS . 7	
2.1 Estimativa de Vida Útil e Balanço dos Solos	7
3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS	12
3.1 Geração de Lixiviados e Balanço Hídrico	12
3.2 Dimensionamento do Reservatório de Lixiviados	17
3.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem de Lixiviados.....	18
4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS . 23	
4.1 Canaletas de concreto tipo meia-cana.....	29
4.2 Valetas retangulares de concreto	30
4.3 Descidas hidráulicas por canal trapezoidal em gabião manta (Colchão).....	32
4.4 Caixa de passagem	34
4.5 Tubos de concreto (travessias subterrâneas).....	35
4.6 Aduela fechada retangular de concreto armado (Travessia subterrânea) ...	36
4.7 Sistema de dissipação de energia e retenção de sedimentos nas saídas d'água	37
5 ANÁLISE DE ESTABILIDADE	40
5.1 Geometria de Análise	40
5.2 Método de Análise	40
5.3 Parâmetros de resistência	41
5.4 Pressões de Líquidos e Gases - Poropressões.....	43
5.4.1 Resultados Obtidos	44
5.4.2 Considerações Finais	49

6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	50
7 QUANTITATIVOS	51
BIBLIOGRAFIA.....	54
ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Áreas das microbacias de contribuição da drenagem pluvial do empreendimento e saídas d'água pluvial.	24
Figura 5-1. Seção de análise de estabilidade R-R' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).	46
Figura 5-2. Seção de análise de estabilidade S-S' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).	47
Figura 5-3. Seção de análise de estabilidade T-T' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1. Modelagem da vazão máxima de lixiviados por fases de operação.	16
Gráfico 5-1. Fatores de Segurança em função do r_u nas seções analisadas R-R', S- S' e T- T'.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1. Capacidade volumétrica espacial disponível por camadas do aterro sanitário (resíduos mais solos operacionais).	7
Tabela 2-2. Balanço volumétrico do projeto básico do aterro sanitário.	8
Tabela 2-3. Modelagem do crescimento populacional (Fonte IBGE/PERS).	9
Tabela 2-4. Modelagem da vida útil do aterro sanitário.	11
Tabela 3-1 – Dados meteorológicos para modelagem do cálculo do balanço hídrico. Normal climatológica. Fonte: INMET (1961-1990).	13
Tabela 3-2. Geração de lixiviados simulada para diferentes cenários de cobertura do aterro (m^3 /dia) – para a área total do perímetro de resíduos (4 fases).	14
Tabela 3-3. Modelagem de vazão de lixiviados, acumulada, por fases.	15
Tabela 3-4. Dimensionamento do reservatório de lixiviados.	17
Tabela 3-5. Dimensionamento estrutural do dreno de base de lixiviados principal.	19
Tabela 3-6. Dimensionamento hidráulico dos drenos de base de lixiviados principal.	20
Tabela 3-7. Dimensionamento estrutural do dreno de base de lixiviados secundário.	21
Tabela 3-8. Dimensionamento hidráulico dos drenos de base de lixiviados secundário.	22

Tabela 4-1. Microbacias da drenagem pluvial permanente do empreendimento.	25
Tabela 4-2. Intensidade de chuva considerada para cada microbacia de contribuição da drenagem pluvial permanente.	26
Tabela 4-3. Contribuições de cada microbacia para dimensionamento da drenagem pluvial permanente.	28
Tabela 4-4. Dimensionamento das canaletas de concreto tipo meia-cana.	30
Tabela 4-5. Dimensionamento da valeta retangular de concreto.	31
Tabela 4-6. Dimensões mínimas das valetas retangulares de concreto.	31
Tabela 4-7. Resumo do dimensionamento das descidas hidráulicas – Nos Taludes.	33
Tabela 4-8. Resumo do dimensionamento das descidas hidráulicas – Nas bermas.	33
Tabela 4-9. Dimensões mínimas das descidas hidráulicas.	34
Tabela 4-10: Dimensões das caixas de passagem tipo 1.	34
Tabela 4-11: Dimensões das caixas de passagem de mudança de direção e diminuição de energia nas canaletas.	35
Tabela 4-12. Dimensionamento dos tubos de concreto.	36
Tabela 4-13. Dimensionamento hidráulico da aduela fechada retangular de concreto.	37
Tabela 4-14. Dimensionamento das bacias de retenção.	38
Tabela 4-15. Dimensões das bacias de retenção propostos.	38
Tabela 4-16. Dimensionamento da bacia de enrocamento.	39
Tabela 4-17. Dimensões definidas para as bacias de enrocamento.	39
Tabela 5-1. Parâmetros comuns para análise de estabilidade.	42
Tabela 5-2. Valores de Fator de Segurança em função do r_u das seções analisadas.	44
Tabela 5-3. Equação da reta das seções analisadas.	45

1 INTRODUÇÃO

A Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda. apresenta o Memorial Técnico Projeto Básico do Aterro Sanitário Ereguaçu, localizado no município de Campo Grande, MS.

No memorial técnico, aqui descrito, são apresentados os procedimentos e os cálculos utilizados para o dimensionamento dos diversos sistemas que compõem o projeto básico de implantação do aterro sanitário, bem como as justificativas dos critérios adotados neste projeto.

Na Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços, são apresentados os insumos necessários para a execução do projeto proposto, considerando a implantação, operação e encerramento do aterro sanitário. Entende-se insumo como sendo: mão de obra, equipamentos e materiais a serem utilizados, instalações e serviços de apoio.

Já no Cronograma de Atividades é apresentado uma estimativa de duração das obras de implantação e operação do empreendimento e ocorrência das atividades previstas neste projeto.

2 ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL, BALANÇO E CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Neste item são apresentadas a estimativa de vida útil e balanço de solos.

2.1 Estimativa de Vida Útil e Balanço dos Solos

O volume útil para disposição dos resíduos sólidos na área do aterro sanitário é de 19.832.405 m³, com peso específico dos resíduos sólidos compactados (γ) de 0,97 t/m³, já descontados os volumes de solo a serem utilizados na impermeabilização de base, cobertura diária dos resíduos e cobertura definitiva do aterro proposto.

Na Tabela 2-1 a seguir é apresentado o volume total espacial por camadas, conforme o arranjo geral do aterro sanitário.

Camada	h	H	Δh (m)	b (m ²)	B (m ²)	Volume (m ³)
1	512,42	514,50	2,08	253.743	257.863	531.164
2	514,50	518,50	4,00	257.863	521.695	1.528.448
3	518,50	523,50	5,00	516.112	516.257	2.580.921
4	523,50	528,50	5,00	464.464	500.179	2.411.056
5	528,50	533,50	5,00	415.469	449.337	2.161.462
6	533,50	538,50	5,00	369.125	401.145	1.925.120
7	538,50	543,50	5,00	325.431	355.604	1.702.031
8	543,50	548,50	5,00	284.388	312.714	1.492.194
9	548,50	553,50	5,00	245.996	272.473	1.295.609
10	553,50	558,50	5,00	210.287	234.871	1.112.331
11	558,50	563,50	5,00	177.113	199.642	941.326
12	563,50	568,50	5,00	146.939	167.702	786.030
13	568,50	573,50	5,00	119.286	138.296	643.372
14	573,50	578,50	5,00	94.262	111.349	513.434
15	578,50	583,50	5,00	71.863	87.209	397.064
16	583,50	588,50	5,00	51.966	65.569	293.181
17	588,50	593,50	5,00	34.499	46.421	201.564
Vol. Espacial						20.516.306

Tabela 2-1. Capacidade volumétrica espacial disponível por camadas do aterro sanitário (resíduos mais solos operacionais).

O balanço volumétrico total do projeto básico do aterro sanitário, de resíduos e de solos, é apresentado de acordo com a Tabela 2-2 a seguir.

Descrição	Quantidade	Un.
Dique de Solo e Aterro de Base	393.040	m ³
Solo de Cobertura Definitiva	355.599	m ³
Solo de Escavação	316.804	m ³
Solo Local Utilizado	316.804	m ³
Solo de Dreno de Camadas	42.780	m ³
Solo de Impermeabilização	328.302	m ³
Solo Jazida Utilizado	802.918	m ³
Resíduos - Peso Total	19.237.433	t
Resíduos - Volume Total	19.832.405	m ³
Volume Espacial Total	20.516.306	m ³

Tabela 2-2. Balanço volumétrico do projeto básico do aterro sanitário.

Com relação ao balanço de solos, como pode ser observado na Tabela 2-2, o volume de solo total utilizado para a implantação do aterro sanitário, considerando-se toda a vida útil do aterro sanitário, é estimado em cerca de 1.119.722 m³. Sendo assim, considerando-se que a escavação total a ser realizada na área da implantação em questão fornecerá cerca de 316.804 m³ de solo, que serão aplicados em todo aterro, estima-se que haverá um déficit de solo da ordem de 802.918 m³.

Para estimativa da vida útil do aterro sanitário proposto, foi realizada a modelagem da geração de resíduos tendo-se como referência os dados populacionais utilizados foram obtidos no Plano Estadual de Gerenciamento Resíduos Sólidos de Mato Grosso do Sul (PERS), no entanto a projeção precisou ser estendida até ano de 2064. Abrangendo os 42 anos e 10 meses de execução do novo aterro.

O método apresentado no plano estadual teve como fonte o modelo adotado pelo IBGE, desenvolvida pelos demógrafos Madeira e Simões (1972), na qual se observa a tendência de crescimento populacional do município, entre dois censos demográficos consecutivos, em relação à tendência de crescimento de uma área geográfica superior. A síntese deste método, contendo a hipótese e fórmulas, é apresentada a seguir:

Hipótese	Fórmula	Cálculo dos coeficientes
$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t)$	$P_i(t) = a_i P(t) + b_i$	$P_i(t_0) = a_i P(t_0) + b_i$ $P_i(t_1) = a_i P(t_1) + b_i$
t0= data do primeiro censo populacional; t1= data do segundo censo populacional; t = ano para qual a população será estimada; P = População estimada conhecida maior; Pi = População que se deseja estimar menor.		

Tabela 2-3. Modelagem do crescimento populacional (Fonte IBGE/PERS).

Os dados que compõe a série histórica parte do ano de 2013, porem devido as mudanças na operação e adaptação as necessidades do municipal, os anos 2018 e 2019 retratam a situação atual na maioria dos casos. Desta forma, as disposições no aterro sanitário foram divididas em Domiciliar (coleta domiciliar, distrito, especial, Utr rejeito); Limpeza Pública (varrição e correlatos); Grande Geradores; e Municípios (Bandeirantes, Corguinho, Dois Irmão do Buriti, Jaraguari, Rio Negro, Rochedo, São Gabriel e Terenos).

Ao cruzarmos os pesos e o número de habitantes no período obtemos a taxas de geração (Kg/hab./dia).

$$Tx \text{ (Kg/hab./dia)} = \frac{\text{Peso (ton.)}}{\text{Habitante}} \times 1000$$

Notas individuais - taxa de geração de resíduo

- Domiciliar: Soma das frações (domiciliar, distrito, especial e UTR rejeito) para compor o peso de disposição domiciliar.
 A taxa geração usada na projeção até ano 2064 tem valor fixo (ano 2019).
- Limpeza Pública: Foi adotado a média das taxas (anos de 2013 a 2019) na projeção até ano 2064.
- Grandes Geradores: Aumento no número de grandes geradores na projeção até ano 2064, (Percentual de grandes geradores por hab. em CG/MS (0,047%)).
 Geração fixa de resíduos por estabelecimento (54,01 ton./estabel./ano) na projeção até ano 2064.

- Municípios: Taxa de geração de resíduo individual para cada um dos municípios. Foi utilizada taxa do ano 2019 nas na projeção até ano 2064. Foi realizada a projeção mensal Município de Corguinho por falta de dados.

Sabendo-se que a taxa de geração de resíduos é intrinsecamente proporcional ao número de habitantes do município, pode-se estimar o aumento de geração de resíduos a cada ano, e respectivamente seus volumes de disposição.

Assim sendo, partindo-se do volume de disposição de resíduos total do aterro sanitário, que é de 19.832.405 m³, das taxas de geração de resíduos e volumes dispostos em cada ano, tem-se uma vida útil de aproximadamente **42 anos 10 meses** de operação para o aterro sanitário, considerando o ano com 313 dias operacionais.

Na Tabela 2-4 a seguir são apresentadas as progressões de crescimento populacional do município de Campo Grande, juntamente com suas progressões de crescimento da taxa de geração de resíduos sólidos e a vida útil do aterro sanitário em questão.

ANO Referência	População Total		Geração de Resíduos					Total (Ton./Ano)	Total (M³/ano)	Progressão da vida útil do aterro sanitário (m³)	Vida Útil (anos)
	Campo Grande	Taxa de Geração Resíduos Campo Grande (kg/hab./dia)	Domiciliar Campo Grande (Ton./Ano)	Taxa de Geração Resíduos (kg/hab./dia) Municípios	Domiciliar Municípios (ton./Ano)	Lim. Pública (Ton./Ano)	Gran. Gerador (Ton./Ano)				
2018	884.686,00	0,86	288.587,32	0,48	965,44	14.063,92	0,00	303.616,68	313.006,89		
2019	898.242,00	0,86	280.652,91	0,48	8.657,29	12.547,43	23.116,95	324.974,58	335.025,34		
2020	911.798,00	0,86	288.915,52	0,48	8.512,44	12.858,30	23.465,82	333.752,08	344.074,31		
2021	925.354,00	0,86	293.210,92	0,48	8.650,14	13.049,47	23.814,70	338.725,23	349.201,26		
2022	938.910,00	0,86	297.506,32	0,48	8.787,83	13.240,64	24.163,57	343.698,37	354.328,21	19.832.405	0
2023	952.466,00	0,86	301.801,72	0,48	8.925,53	13.431,81	24.512,45	348.671,51	359.455,16	19.478.077	1
2024	966.022,00	0,86	306.097,12	0,48	9.063,23	13.622,98	24.861,32	353.644,65	364.582,11	19.118.622	2
2025	979.578,00	0,86	310.392,53	0,48	9.200,92	13.814,14	25.210,19	358.617,79	369.709,06	18.754.040	3
2026	993.134,00	0,86	314.687,93	0,48	9.338,62	14.005,31	25.559,07	363.590,93	374.836,01	18.384.330	4
2027	1.006.690,00	0,86	318.983,33	0,48	9.476,32	14.196,48	25.907,94	368.564,07	379.962,96	18.009.494	5
2028	1.020.246,00	0,86	323.278,73	0,48	9.614,01	14.387,65	26.256,82	373.537,21	385.089,91	17.629.531	6
2029	1.033.802,00	0,86	327.574,13	0,48	9.751,71	14.578,82	26.605,69	378.510,35	390.216,86	17.244.442	7
2030	1.047.358,00	0,86	331.869,53	0,48	9.889,40	14.769,99	26.954,57	383.483,49	395.343,81	16.854.225	8
2031	1.060.914,00	0,86	336.164,94	0,48	10.027,10	14.961,16	27.303,44	388.456,63	400.470,76	16.458.881	9
2032	1.074.470,00	0,86	340.460,34	0,48	10.164,80	15.152,32	27.652,31	393.429,77	405.597,70	16.058.410	10
2033	1.088.026,00	0,86	344.755,74	0,48	10.302,49	15.343,49	28.001,19	398.402,91	410.724,65	15.652.812	11
2034	1.101.582,00	0,86	349.051,14	0,48	10.440,19	15.534,66	28.350,06	403.376,05	415.851,60	15.242.088	12
2035	1.115.138,00	0,86	353.346,54	0,48	10.577,89	15.725,83	28.698,94	408.349,20	420.978,55	14.826.236	13
2036	1.128.694,00	0,86	357.641,95	0,48	10.715,58	15.917,00	29.047,81	413.322,34	426.105,50	14.405.258	14
2037	1.142.250,00	0,86	361.937,35	0,48	10.853,28	16.108,17	29.396,68	418.295,48	431.232,45	13.979.152	15
2038	1.155.806,00	0,86	366.232,75	0,48	10.990,97	16.299,34	29.745,56	423.268,62	436.359,40	13.547.920	16
2039	1.169.362,00	0,86	370.528,15	0,48	11.128,67	16.490,50	30.094,43	428.241,76	441.486,35	13.111.560	17
2040	1.182.918,00	0,86	374.823,55	0,48	11.266,37	16.681,67	30.443,31	433.214,90	446.613,30	12.670.074	18
2041	1.196.474,00	0,86	379.118,95	0,48	11.404,06	16.872,84	30.792,18	438.188,04	451.740,25	12.223.461	19
2042	1.210.030,00	0,86	383.414,36	0,48	11.541,76	17.064,01	31.141,05	443.161,18	456.867,20	11.771.720	20
2043	1.223.586,00	0,86	387.709,76	0,48	11.679,46	17.255,18	31.489,93	448.134,32	461.994,15	11.314.853	21
2044	1.237.142,00	0,86	392.005,16	0,48	11.817,15	17.446,35	31.838,80	453.107,46	467.121,09	10.852.859	22
2045	1.250.698,00	0,86	396.300,56	0,48	11.954,85	17.637,52	32.187,68	458.080,60	472.248,04	10.385.738	23
2046	1.264.254,00	0,86	400.595,96	0,48	12.092,54	17.828,68	32.536,55	463.053,74	477.374,99	9.913.490	24
2047	1.277.810,00	0,86	404.891,36	0,48	12.230,24	18.019,85	32.885,42	468.026,88	482.501,94	9.436.115	25
2048	1.291.366,00	0,86	409.186,77	0,48	12.367,94	18.211,02	33.234,30	473.000,02	487.628,89	8.953.613	26
2049	1.304.922,00	0,86	413.482,17	0,48	12.505,63	18.402,19	33.583,17	477.973,17	492.755,84	8.465.984	27
2050	1.318.478,00	0,86	417.777,57	0,48	12.643,33	18.593,36	33.932,05	482.946,31	497.882,79	7.973.228	28
2051	1.332.034,00	0,86	422.072,97	0,48	12.781,03	18.784,53	34.280,92	487.919,45	503.009,74	7.475.345	29
2052	1.345.590,00	0,86	426.368,37	0,48	12.918,72	18.975,70	34.629,80	492.892,59	508.136,69	6.972.336	30
2053	1.359.146,00	0,86	430.663,78	0,48	13.056,42	19.166,86	34.978,67	497.865,73	513.263,64	6.464.199	31
2054	1.372.702,00	0,86	434.959,18	0,48	13.194,11	19.358,03	35.327,54	502.838,87	518.390,59	5.950.935	32
2055	1.386.258,00	0,86	439.254,58	0,48	13.331,81	19.549,20	35.676,42	507.812,01	523.517,54	5.432.545	33
2056	1.399.814,00	0,86	443.549,98	0,48	13.469,51	19.740,37	36.025,29	512.785,15	528.644,48	4.909.027	34
2057	1.413.370,00	0,86	447.845,38	0,48	13.607,20	19.931,54	36.374,17	517.758,29	533.771,43	4.380.383	35
2058	1.426.926,00	0,86	452.140,78	0,48	13.744,90	20.122,71	36.723,04	522.731,43	538.898,38	3.846.611	36
2059	1.440.482,00	0,86	456.436,19	0,48	13.882,60	20.313,88	37.071,91	527.704,57	544.025,33	3.307.713	37
2060	1.454.038,00	0,86	460.731,59	0,48	14.020,29	20.505,04	37.420,79	532.677,71	549.152,28	2.763.688	38
2061	1.467.594,00	0,86	465.026,99	0,48	14.157,99	20.696,21	37.769,66	537.650,85	554.279,23	2.214.535	39
2062	1.481.150,00	0,86	469.322,39	0,48	14.295,68	20.887,38	38.118,54	542.623,99	559.406,18	1.660.256	40
2063	1.494.706,00	0,86	473.617,79	0,48	14.433,38	21.078,55	38.467,41	547.597,13	564.533,13	1.100.850	41
2064	1.508.262,00	0,86	477.913,19	0,48	14.571,08	21.269,72	38.816,28	552.570,28	569.660,08	536.317	42
2065	1.521.818,00	0,86	482.208,60	0,48	14.708,77	21.460,89	39.165,16	557.543,42	574.787,03	-33.343	43

Tabela 2-4. Modelagem da vida útil do aterro sanitário.

3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS

A seguir apresentam-se os dimensionamentos dos sistemas previstos para a drenagem de lixiviados, bem como a estimativa de sua geração.

3.1 Geração de Lixiviados e Balanço Hídrico

A geração de lixiviados no aterro sanitário proposto foi determinada a partir dos resultados de balanço hídrico e da concepção de projeto do aterro, modelado para a área, através dos dados climatológicos, que foram computados e trabalhados estatisticamente pelo programa Help Model (USEPA, 1996). O balanço hídrico corresponde a análise comparativa entre as quantidades de entrada e saída de líquidos, efetuada em um sistema definido, que neste caso é a área do empreendimento que recebe o projeto do aterro, precipitações, evapotranspiração, drenagem superficial (*runoff*) e os percolados.

No Anexo II é apresentado o memorial de cálculo do balanço hídrico gerado pelo programa computacional HELP Model.

Na tabela a seguir estão apresentados os dados climatológicos para a modelagem do cálculo do balanço hídrico. Os dados são do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e são relativos ao período de 30 anos, de 1961 a 1990.

Velocidade dos ventos	KPH
Média anual	2,06
Umidade relativa do ar	%
1º trimestre	79,80
2º trimestre	74,87
3º trimestre	62,90
4º trimestre	73,47
Precipitação	mm
Jan	231,90
Fev	174,00
Mar	151,50
Abr	116,50
Mai	96,60
Jun	37,70
Jul	41,00
Ago	31,40
Set	73,90
Out	147,90
Nov	206,50
Dez	224,90
Temperatura	°C
Jan	24,6
Fev	24,5
Mar	24,2
Abr	22,6
Mai	20,8
Jun	19,4
Jul	20,3
Ago	21,4
Set	22,5
Out	24,2
Nov	24,3
Dez	22,8

Tabela 3-1 – Dados meteorológicos para modelagem do cálculo do balanço hídrico. Normal climatológica. Fonte: INMET (1961-1990).

A taxa de geração de lixiviados em aterros sanitários varia proporcionalmente à taxa de infiltração de água da chuva no maciço de resíduos, que está em função da permeabilidade da cobertura definida. A área utilizada para o cálculo da geração de lixiviados foi o perímetro total de resíduos de 55,99 ha.

A partir dos dados meteorológicos foram feitas simulações para as condições de operação, de encerramento e de frente de trabalho operacional. A favor da segurança foi modelada vazão considerando cobertura diária dos resíduos com solo de espessura de 15 cm, entretanto, ressalta-se, conforme apresentado no Volume I – Memorial Descritivo, que os resíduos serão cobertos diariamente com lonas, mantas de sacrifício ou material similar.

Desta forma, para a modelagem feita para a operação do aterro foi utilizada camada de cobertura diária de 15 cm, para o encerramento foi contemplada camada de cobertura definitiva de 60 cm e para a frente de trabalho (praça de descarga de resíduos), apenas para efeito de simulação, considerou-se que não há cobertura dos resíduos – considerando a hipótese de chuva no momento de descarga, o que teoricamente impossibilitaria a cobertura dos resíduos e favorecendo, nesta área, o aumento da geração dos lixiviados.

	Encerramento	Operação	Frente de Trabalho
mês	e = 60 cm	e = 15 cm	e = 0 cm
jan	9,36	419,05	1.330,14
fev	13,83	417,61	1.449,63
mar	16,83	359,76	1.310,05
abr	14,81	267,50	1.068,78
mai	20,01	290,34	1.021,52
jun	29,17	115,84	802,17
jul	9,37	40,92	658,97
ago	5,50	33,96	596,28
set	4,13	112,29	964,13
out	7,90	305,67	1.381,59
nov	12,35	345,03	1.544,65
dez	10,98	327,95	1.300,21

Tabela 3-2. Geração de lixiviados simulada para diferentes cenários de cobertura do aterro (m³/dia) – para a área total do perímetro de resíduos (4 fases).

De acordo com a Tabela 3-2 considerando todo o perímetro de resíduos, caso todo o aterro estivesse com cobertura de 15 cm, a geração de lixiviados máxima seria da ordem de 419,05 m³/dia. Utilizando o mesmo raciocínio, caso todo o aterro esteja com a cobertura definitiva implantada, no encerramento do aterro, ao término de sua vida útil, a vazão máxima de infiltração será de 29 m³/dia, com apenas remanescentes da umidade natural e decomposição dos resíduos, sem infiltração de chuvas. Caso não houvesse nenhum tipo

de cobertura, e toda a área estivesse com resíduos dispostos, este cenário, improvável, resultaria em vazão de 1.544,65 m³/dia, o que significaria que praticamente toda precipitação sobre o aterro se converteria em lixiviados.

Estes cenários foram projetados pois o aterro sanitário será implantado e operado ao longo de fases a serem detalhadas em projeto executivo. Sendo assim, a cobertura dos resíduos, provisória e definitiva, deverá ser executada concomitantemente à disposição e compactação dos resíduos em cada uma das fases, de modo que o avanço das camadas de resíduos deverá apresentar uma parte da sua frente de operação com a camada de cobertura operacional (lona, manta de sacrifício ou similares) enquanto que o restante do maciço de cada fase, cuja geometria final for conformada, deverá apresentar a cobertura definitiva, com 0,60 m de espessura do solo compactado, drenagem superficial e gramíneas. Durante a operação, a favor da segurança, foi considerado que a frente de trabalho esteja totalmente descoberta, favorecendo a geração de lixiviados nesta área. Considera-se esta área pequena com relação a toda área do aterro.

Desta forma, para o aterro proposto, a favor da segurança foi projetado que, durante a evolução do aterro sanitário, na operação da fase cerca de 10.000 m² esteja descoberta, sem nenhum tipo de solo de cobertura ou lona (o que corresponde a aproximadamente 1,79% de toda área), e dos 98,21% restante da área, 65% esteja coberta com solo operacional de 15 cm e 35% restantes cobertos solo de cobertura definitiva com 60 cm.

Considerando os percentuais supracitados de cobertura durante a evolução do aterro, foi possível projetar a vazão de lixiviados prevista durante cinco eventuais fases, sendo o número e as fases a serem detalhados posteriormente em caráter de projeto executivo.

MODELAGEM HELP (m ³ /dia)					MODELAGEM HELP (m ³ /dia)					MODELAGEM HELP (m ³ /dia)					MODELAGEM HELP (m ³ /dia)					MODELAGEM HELP (m ³ /dia)				
4,9	ENC	OPE	FRE	Total	10,7	ENC	OPE	FRE	Total	17,2	ENC	OPE	FRE	Total	21,0	ENC	OPE	FRE	Total	26,5	ENC	OPE	FRE	Total
jan	0,72	59,90	5,32	65,94	jan	1,24	102,88	9,14	113,25	jan	1,79	148,80	13,21	163,80	jan	2,51	208,46	18,51	229,48	jan	3,22	267,52	23,76	294,49
fev	1,06	59,69	5,80	66,56	fev	1,83	102,53	9,96	114,31	fev	2,65	148,29	14,40	165,34	fev	3,71	207,74	20,18	231,62	fev	4,76	266,60	25,89	297,25
mar	1,29	51,42	5,24	57,96	mar	2,22	88,32	9,00	99,55	mar	3,22	127,75	13,01	143,98	mar	4,51	178,96	18,23	201,70	mar	5,78	229,67	23,40	258,85
abr	1,14	38,24	4,27	43,65	abr	1,96	65,67	7,34	74,97	abr	2,83	94,99	10,62	108,44	abr	3,97	133,07	14,87	151,91	abr	5,09	170,77	19,09	194,95
mai	1,54	41,50	4,09	47,13	mai	2,65	71,28	7,02	80,94	mai	3,83	103,10	10,15	117,07	mai	5,36	144,43	14,22	164,01	mai	6,88	185,35	18,24	210,47
jun	2,24	16,56	3,21	22,01	jun	3,86	28,44	5,51	37,81	jun	5,58	41,14	7,97	54,68	jun	7,81	57,63	11,16	76,60	jun	10,03	73,95	14,33	98,31
jul	0,72	5,85	2,64	9,21	jul	1,24	10,05	4,53	15,81	jul	1,79	14,53	6,55	22,87	jul	2,51	20,36	9,17	32,04	jul	3,22	26,13	11,77	41,12
ago	0,42	4,85	2,38	7,66	ago	0,73	8,34	4,10	13,16	ago	1,05	12,06	5,92	19,03	ago	1,47	16,89	8,30	26,66	ago	1,89	21,68	10,65	34,22
set	0,32	16,05	3,86	20,22	set	0,55	27,57	6,62	34,74	set	0,79	39,87	9,58	50,24	set	1,11	55,86	13,42	70,39	set	1,42	71,69	17,22	90,33
out	0,61	43,69	5,53	49,82	out	1,04	75,04	9,49	85,58	out	1,51	108,54	13,73	123,78	out	2,12	152,06	19,23	173,40	out	2,71	195,14	24,68	222,53
nov	0,95	49,32	6,18	56,45	nov	1,63	84,71	10,61	96,95	nov	2,36	122,52	15,35	140,22	nov	3,31	171,64	21,50	196,44	nov	4,24	220,26	27,59	252,10
dez	0,85	46,88	5,20	52,92	dez	1,45	80,51	8,93	90,90	dez	2,10	116,45	12,92	131,47	dez	2,94	163,14	18,10	184,18	dez	3,78	209,36	23,22	236,36

Tabela 3-3. Modelagem de vazão de lixiviados, acumulada, por fases.

A Tabela 3-3 apresenta que, no mês de fevereiro, a vazão máxima prevista ao final da Fase 1 (4,9 anos) será de 66,56 m³/dia; no final da Fase 2 (10,7 anos), acumulada com a área da Fase 1, a vazão máxima será de 114,31 m³/dia; no final da Fase 3 (17,2 anos), acumulada com as áreas das Fases 1 e 2, a vazão máxima será de 165,34 m³/dia; após o preenchimento total da Fase 4 (21 anos), acumulada com as áreas das Fases 1, 2 e 3, a vazão atingirá o pico máximo de 231,62 m³/dia, e após preenchimento de todo perímetro de resíduos, a vazão máxima no término da fase 5 (26,5 anos) será de 297,25 m³/dia, permanecendo neste valor até que toda cobertura definitiva seja implantada e o valor da vazão infiltrada gradativamente será reduzido a zero.

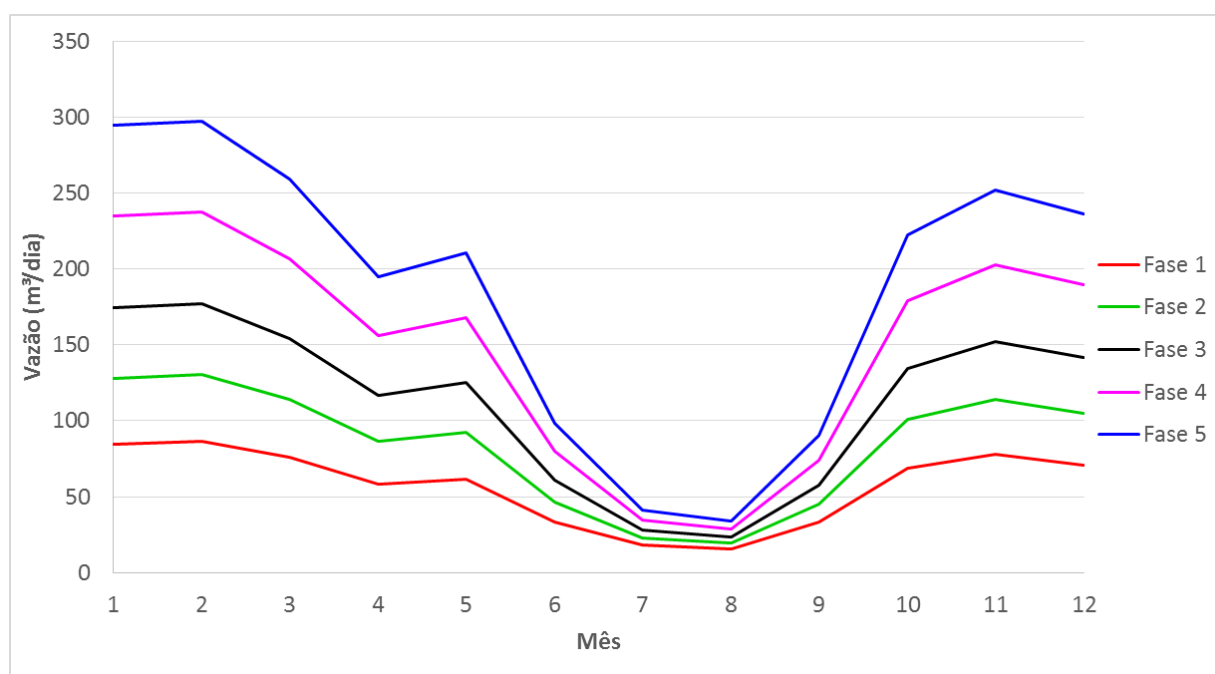


Gráfico 3-1. Modelagem da vazão máxima de lixiviados por fases de operação.

Com relação à redução e minimização da vazão de lixiviados, conforme definido em projeto, recomenda-se a utilização de lonas ou mantas de sacrifício provisórias. Diariamente no início dos trabalhos, no local para a disposição, a frente de trabalho deverá ser descoberta (lonas) e os resíduos compactados contra os do dia anterior. Com a utilização destes elementos, em conjunto com a implantação da drenagem pluvial e a máxima redução da frente de trabalho na descarga dos resíduos, a tendência é que a vazão de lixiviados ao longo do ano seja sempre menor que a vazão máxima calculada.

3.2 Dimensionamento do Reservatório de Lixiviados

O reservatório a ser implantado no aterro possui profundidade total de 4,00 m, com *free-board* de 0,50 m e inclinação dos taludes de 1:1 (H:V). A locação do reservatório pode ser vista no Anexo I do Volume II, a partir da Folha 03/09, e a seção típica pode ser vista na Folha 08/09.

Sendo a vazão máxima calculada de 300 m³/dia, e considerando como tempo de reservação adequado mínimo de 7 dias, tem-se como volume mínimo necessário para reservação de 2.115,17 m³.

A Tabela 3-4 apresenta o resumo do dimensionamento do reservatório de lixiviados proposto, com tempo de reservação de 7 dias.

Descrição	Valor	un.
Inclinação dos Taludes	1:1	H:V
<i>free-board</i>	0,50	m
Profundidade Total	4,00	m
Profundidade Útil (sem <i>free-board</i>)	3,50	m
Largura Superior (Topo)	29,00	m
Comprimento Superior (Topo)	29,00	m
Largura Inferior (Base)	21,00	m
Comprimento Inferior (Base)	21,00	m
Volume Útil (sem <i>free-board</i>)	2.115,17	m ³
Volume Bruto (com <i>free-board</i>)	2.521,33	m ³

Tabela 3-4. Dimensionamento do reservatório de lixiviados.

O reservatório proposto deverá ser construído em vala escavada, com revestimento interno de PEAD de 2,0 mm e dreno testemunho na sua fundação, conforme detalhe apresentado na Folha 08/09 do Anexo I do Volume II.

Sob a geomembrana, no fundo do reservatório, será aplicada areia média a grossa, ligada ao dreno testemunho, conectada com a caixa de inspeção externa ao reservatório. Nas laterais do reservatório deverão ser instalados drenos respiro de forma a evitar o surgimento de bolhas na geomembrana. À medida que o aterro for sendo concluído o sistema de

impermeabilização de cobertura final dificultará a infiltração de águas de chuva e os percolados terão sua vazão diminuída, após o término da operação e na fase de encerramento.

3.3 Dimensionamento do Sistema de Drenagem de Lixiviados

Os drenos de base dos lixiviados deverão ser implantados com declividade mínima de 1% para garantir um escoamento adequado, que propicie uma velocidade mínima que minimize a sedimentação dos sólidos nos tubos.

A seguir, na Tabela 3-5, apresenta-se o dimensionamento estrutural do tubo de PEAD para drenagem de lixiviados de base principal, devido às tensões dos resíduos e solos sobre a geratriz superior dos mesmos.

Foi definida a altura da carga máxima sobre o tubo, considerando-se as fases posteriores.

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DO DRENO DE LIXIVIADOS DE BASE				
Parâmetro		Descrição / Equação	Valor	Unidade
TUBO PEAD	DE	Diâmetro Externo	0,315	m
	e	Espessura da Parede	3,50	cm
	R	Raio Médio	14,88	cm
	SDR	<i>Standard Dimension Ratio</i> ou RDE - Relação entre Diâmetro Externo Nominal e Espessura Nominal SDR = DE/e/100	9,0	-
	PE	Classe do Tubo (PE-80 ou PE-100)	100	-
	E	Módulo de Elasticidade do PEAD (PE-80=8000/PE-100=14000)	14000	kgf/cm ²
	DL	Fator de Majoração do Peso Próprio (1,5 a favor da segurança)	1,5	-
TERRENO	K	Constante de Leito	0,083	-
	E'	Módulo de Elasticidade do Material Envolvente	140	kgf/cm ²
CARGA	Z	Altura Máxima de Carga	58	m
	γ	Peso Específico da Carga	0,97	t/m ³
	We	Carga Fixa We = DE .Z. γ.10	177,22	kgf/cm
	Wt	Carga Variável	0	kgf/cm
LIMITE DE CURVATURA			5%	Admissível
Fórmula de Spangler (Fonte: BRASTUBO)			3,0%	Verificado
$\Delta y = \frac{K [(DL \cdot We) + Wt]}{[E \cdot I / (r^3)] + (0,061 \cdot E')}$		= 0,9 cm		

Tabela 3-5. Dimensionamento estrutural do dreno de base de lixiviados principal.

Desta forma, o tubo dimensionado no projeto não deverá sofrer alterações significativas, mantendo sua seção mesmo após o carregamento total sobre sua geratriz superior.

Portanto, para a definição das dimensões e características dos Tubos de PEAD, os mesmos foram dimensionados, comprovando sua capacidade de atender seguramente à vazão de lixiviados gerados, conforme demonstrado na Tabela 3-6.

Dimensionamento dos Drenos de Lixiviados de Base															
Equação de Manning (Seção Parcial)															
$Q = AR_n^{2/3}S^{1/2}/\eta$															
Material	Classificação* (PE)	Pressão Nominal** (SDR)	Pressão Nominal PN (bar)	Diâmetro Externo DE (mm)	Espessura Tubo e (mm)	Prof. Norm / Diam. Int. (γ_n / DI)	Prof. Normal (γ_n)	Declividade S (m/m)	Coef. Manning η	Diâmetro Interno (m)	Área Seção Interna A (m ²)	Perímetro Molhado P (m)	Raio Hidráulico R_h (m)	Vazão Q (m ³ /s)	Vazão Q (m ³ /dia)
PEAD	100	9	20	315	35	0,3	0,0735	0,01	0,012	0,245	0,0116	0,28	0,04	0,012	1.000

* Classificação conforme tensão circunferencial a 50 anos a temperatura 20°C

** *Standard Dimension Ratio* ou RDE - Relação entre Diâmetro Externo Nominal e Espessura Nominal

Tabela 3-6. Dimensionamento hidráulico dos drenos de base de lixiviados principal.

O Tubo de PEAD proposto para drenagem de lixiviados de base principal apresenta capacidade de vazão de 1.000 m³/dia, bastante superior à vazão de lixiviados estimada para o aterro sanitário em questão, que apresenta maior geração do lixiviado, na ordem de 300 m³/dia, demonstrando assim, que a dimensão adotada atende à demanda de lixiviados.

Desta forma, salienta-se que a dimensão deste dreno foi assim dimensionada, visando prevenir eventuais colmatações dos tubos. Assim sendo, o Tubo de PEAD proposto para a drenagem de lixiviados de base principal, apresenta as seguintes especificações:

- Tubo de PEAD ISO 4427/PE-100/DE 315 mm/e 35 mm/SDR 9/PN 20.

A seguir, na Tabela 3-7, apresenta-se o dimensionamento estrutural do tubo de PEAD para drenagem de lixiviados de base secundário, devido às tensões dos resíduos e solos sobre a geratriz superior dos mesmos.

Foi definida a altura da carga máxima sobre o tubo, considerando-se as fases posteriores.

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DO DRENO DE LIXIVIADOS DE BASE				
Parâmetro		Descrição / Equação	Valor	Unidade
TUBO PEAD	DE	Diâmetro Externo	0,23	m
	e	Espessura da Parede	2,50	cm
	R	Raio Médio	10,63	cm
	SDR	<i>Standard Dimension Ratio</i> ou RDE - Relação entre Diâmetro Externo Nominal e Espessura Nominal SDR = DE/e/100	9	-
	PE	Classe do Tubo (PE-80 ou PE-100)	100	-
	E	Módulo de Elasticidade do PEAD (PE-80=8000/PE-100=14000)	14000	kgf/cm ²
	DL	Fator de Majoração do Peso Próprio (1,5 a favor da segurança)	1,5	-
TERRENO	K	Constante de Leito	0,083	-
	E'	Módulo de Elasticidade do Material Envolvente	140	kgf/cm ²
CARGA	Z	Altura Máxima de Carga	58	m
	γ	Peso Específico da Carga	0,97	t/m ³
	We	Carga Fixa We = DE . Z . γ . 10	123,98	kgf/cm
	Wt	Carga Variável	0	kgf/cm
LIMITE DE CURVATURA			5%	Admissível
Fórmula de Spangler (Fonte: BRASTUBO)				
$\Delta y = \frac{K [(DL \cdot We) + Wt]}{[E \cdot I / (r^3)] + (0,061 \cdot E')}$			= 0,7 cm	2,9 % Verificado

Tabela 3-7. Dimensionamento estrutural do dreno de base de lixiviados secundário.

Desta forma, o tubo dimensionado no projeto não deverá sofrer alterações significativas, mantendo sua seção mesmo após o carregamento total sobre sua geratriz superior.

Portanto, para a definição das dimensões e características dos Tubos de PEAD, os mesmos foram dimensionados, comprovando sua capacidade de atender seguramente à vazão de lixiviados gerados, conforme demonstrado na Tabela 3-3.

Dimensionamento dos Drenos de Lixiviados de Base															
Equação de Manning (Seção Parcial)															
$Q = AR_h^{2/3} S^{1/2} / \eta$															
Material	Classificação* (PE)	Pressão Nominal** (SDR)	Pressão Nominal PN (bar)	Diâmetro Externo DE (mm)	Espessura Tubo e (mm)	Prof. Norm / Diam. Int. (Yn / DI)	Prof. Normal (Yn)	Declividade S (m/m)	Coef. Manning η	Diâmetro Interno (m)	Área Seção Interna A (m ²)	Perímetro Molhado P (m)	Raio Hidráulico R _h (m)	Vazão Q (m ³ /s)	Vazão Q (m ³ /dia)
PEAD	100	9	20	225	25	0,3	0,0525	0,01	0,012	0,175	0,0059	0,199	0,03	0,005	407

* Classificação conforme tensão circunferencial a 50 anos a temperatura 20°C

** *Standard Dimension Ratio* ou RDE - Relação entre Diâmetro Externo Nominal e Espessura Nominal

Tabela 3-8. Dimensionamento hidráulico dos drenos de base de lixiviados secundário.

O Tubo de PEAD proposto para drenagem de lixiviados de base secundário apresenta capacidade de vazão de 407 m³/dia, bastante superior à vazão de lixiviados estimada para o aterro sanitário em questão, que apresenta maior geração do lixiviado, na ordem 300 m³/dia, demonstrando assim, que a dimensão adotada atende à demanda de lixiviados.

Desta forma, salienta-se que a dimensão deste dreno foi assim dimensionada, visando prevenir eventuais colmatações dos tubos. Assim sendo, o tubo de PEAD proposto para a drenagem de lixiviados de base secundário, apresenta as seguintes especificações:

- Tubo de PEAD ISO 4427/PE-100/DE 225 mm/e 25,0 mm/SDR 9/PN 20.

No Anexo I desse documento, na Folha 04/09 apresenta-se a localização das drenagens de base de lixiviados, e na Folha 08/09, seus detalhes.

Desta forma, o tubo especificado no projeto terá sua seção mantida, após o carregamento total sobre sua geratriz superior. Outros detalhes desse sistema serão fornecidos quando da execução do projeto executivo.

4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os elementos de projeto foram calculados e dimensionados de acordo com os princípios de engenharia para aterros sanitários, seguindo as normas da ABNT, NBR 8419/1992 (Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento) e NBR 13896/1997 (Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação) e publicações de órgãos técnicos e ambientais.

Os parâmetros adotados estão indicados a seguir, para cada tipo de elemento de projeto.

Para o cálculo das vazões de cheias foi utilizado o Método Racional, aconselhado para áreas até 2 km², segundo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE (2005). Os dados climáticos do município de Campo Grande foram obtidos através do software “Plúvio 2.1 - Chuvas intensas no Brasil”.

Desse modo, os critérios para dimensionamento adotados foram os seguintes:

A) Período de retorno

É o período de tempo em que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

Foi adotado a favor da segurança o período de retorno de 25 anos para o sistema de drenagem pluvial no maciço sanitário.

B) Área da Bacia

É a área de contribuição a ser drenada. No caso, uma área total de 706.597 m², que pôde ser dividida em 67 microbacias, conforme apresentado na figura a seguir:

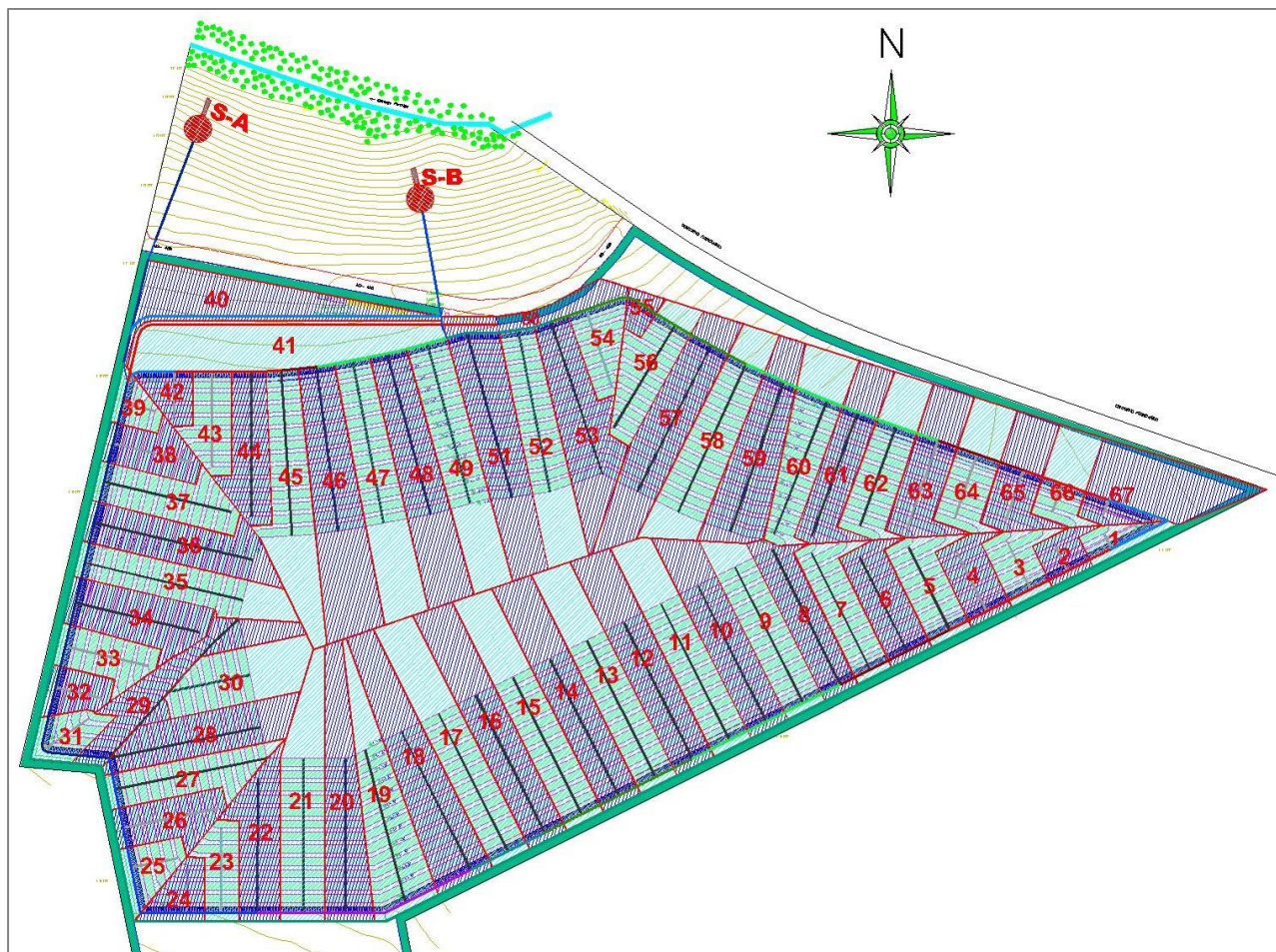


Figura 4-1. Áreas das microbacias de contribuição da drenagem pluvial do empreendimento e saídas d'água pluvial.

Dessa forma, a área total a ser drenada no empreendimento será de 0,948 km², as áreas dessas microbacias são apresentadas na tabela a seguir:

Microbacia	Área (km ²)
1	0,009
2	0,006
3	0,012
4	0,013
5	0,016
6	0,017
7	0,020
8	0,018
9	0,020
10	0,017
11	0,012
12	0,015
13	0,014
14	0,009
15	0,010
16	0,005
17	0,003
18	0,006
19	0,004
20	0,003
21	0,007
22	0,007
23	0,009
24	0,010

Microbacia	Área (km ²)
25	0,003
26	0,003
27	0,005
28	0,006
29	0,008
30	0,008
31	0,009
32	0,009
33	0,011
34	0,013
35	0,014
36	0,015
37	0,014
38	0,015
39	0,015
40	0,016
41	0,016
42	0,018
43	0,015
44	0,014
45	0,015
46	0,010
47	0,005
48	0,004

Microbacia	Área (km ²)
49	0,004
50	0,007
51	0,009
52	0,011
53	0,011
54	0,011
55	0,004
56	0,004
57	0,006
58	0,010
59	0,012
60	0,012
61	0,009
62	0,006
63	0,003
64	0,015
65	0,020
66	0,003
67	0,006
TOTAL	0,707

Tabela 4-1. Microbacias da drenagem pluvial permanente do empreendimento.

C) Coeficiente de runoff ou escoamento superficial (C)

Este coeficiente é um parâmetro adimensional que varia de 0 a 1, e segundo DAEE (2005), é estimado com base em características da bacia, representando seu grau de impermeabilização ou de urbanização. Quanto menor a possibilidade de a água precipitada infiltrar-se no solo, ou de ficar retida pela vegetação, maior será a parcela que se transformará em escoamento superficial direto, resultando um valor mais elevado para o coeficiente C.

Nesse sentido, foram adotados valores característicos para lotes com 2.000 m² ou mais (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1986), sendo de 0,44, para a área do aterro sanitário e 0,95 para área com cobertura no aterro sanitário.

D) Tempo de concentração (t_c)

Segundo Tomaz (2010) é o tempo que leva uma gota de água mais distante para chegar até o trecho considerado na bacia.

Para o tempo de concentração, adotou-se t_c de 20 min.

E) Intensidade de chuva (i)

É a intensidade média da precipitação sobre toda a área drenada, de duração igual ao tempo de concentração em mm/h.

$$i = \frac{K \cdot T_r^a}{(t_c + b)^c}$$

onde:

- i = intensidade de chuva (mm/h)
- T_r = Período de retorno (anos)
- t_c = Tempo de concentração (min)
- K, a, b, c = Parâmetros da equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

Os valores dos parâmetros K, a, b e c, foram obtidos, através do software “Plúvio 2.1” (GPRH, 2006), para a localidade de Campo Grande.

Portanto, substituindo os valores para a equação de intensidade de chuva, obteve-se o maior valor, para ser adotado no dimensionamento hidráulico:

INTENSIDADE DE CHUVA (i)						
K	a	b	c	Tr (anos)	tc (min)	i (mm/h)
1973,15	0,178	22	0,8577	25	20,00	141,82

Tabela 4-2. Intensidade de chuva considerada para cada microbacia de contribuição da drenagem pluvial permanente.

F) Pico de vazão

O Método Racional para a estimativa do pico de cheia resume-se, fundamentalmente, para área não superior a 2 km², no emprego da chamada “fórmula racional”:

$$Q_{\max} = (C.i.A) / 3,6$$

onde:

Q_{\max} = pico máximo de vazão em m³/s

i = intensidade de chuva (mm/h)

A = área drenada (km²)

C = coeficiente de escoamento superficial (0,44 para a área do aterro sanitário e 0,95 para área com cobertura no aterro sanitário)

Como já citado, para a área de readequação foram subdivididas 67 microbacias, que foram consideradas para a determinação das vazões de pico, necessárias para o dimensionamento dos diversos sistemas componentes da drenagem pluvial permanente.

Na tabela a seguir são apresentadas as vazões de pico em cada microbacia que contribuirá para a drenagem pluvial permanente:

VAZÃO DE PICO (Q)				
Bacia	C (coef. run-off)	i (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
1	1	0,95	141,82	0,003
2	2	0,95	141,82	0,003
3	3	0,95	141,82	0,005
4	4	0,95	141,82	0,006
5	5	0,95	141,82	0,008
6	6	0,95	141,82	0,008
7	7	0,95	141,82	0,009
8	8	0,95	141,82	0,009
9	9	0,95	141,82	0,011
10	10	0,95	141,82	0,013
11	11	0,95	141,82	0,014
12	12	0,95	141,82	0,015
13	13	0,95	141,82	0,014
14	14	0,95	141,82	0,015
15	15	0,95	141,82	0,015
16	16	0,95	141,82	0,016
17	17	0,95	141,82	0,016
18	18	0,95	141,82	0,018
19	19	0,95	141,82	0,015
20	20	0,95	141,82	0,014
21	21	0,95	141,82	0,015
22	22	0,95	141,82	0,010
23	23	0,95	141,82	0,005
24	24	0,95	141,82	0,004
25	25	0,95	141,82	0,004
26	26	0,95	141,82	0,007
27	27	0,95	141,82	0,009
28	28	0,95	141,82	0,011
29	29	0,95	141,82	0,011
30	30	0,95	141,82	0,011
31	31	0,95	141,82	0,004
32	32	0,95	141,82	0,004
33	33	0,95	141,82	0,006
34	34	0,95	141,82	0,010
35	35	0,95	141,82	0,012
36	36	0,95	141,82	0,012
37	37	0,95	141,82	0,009
38	38	0,95	141,82	0,006
39	39	0,95	141,82	0,003
40	40	0,44	141,82	0,015
41	41	0,44	141,82	0,020
42	42	0,95	141,82	0,003
43	43	0,95	141,82	0,006
44	44	0,95	141,82	0,009
45	45	0,95	141,82	0,015
46	46	0,95	141,82	0,019

VAZÃO DE PICO (Q)				
Bacia	C (coef. run-off)	i (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
47	47	0,95	141,82	0,016
48	48	0,95	141,82	0,016
49	49	0,95	141,82	0,015
50	50	0,44	141,82	0,005
51	51	0,95	141,82	0,016
52	52	0,95	141,82	0,014
53	53	0,95	141,82	0,014
54	54	0,95	141,82	0,005
55	55	0,95	141,82	0,002
56	56	0,95	141,82	0,009
57	57	0,95	141,82	0,016
58	58	0,95	141,82	0,016
59	59	0,95	141,82	0,014
60	60	0,95	141,82	0,012
61	61	0,95	141,82	0,011
62	62	0,95	141,82	0,011
63	63	0,95	141,82	0,010
64	64	0,95	141,82	0,009
65	65	0,95	141,82	0,008
66	66	0,95	141,82	0,006
67	67	0,95	141,82	0,014
TOTAL	-	-	0,707	25,64

Tabela 4-3. Contribuições de cada microbacia para dimensionamento da drenagem pluvial permanente.

Portanto, substituindo os valores para a equação de pico de vazão, obteve-se:

$$Q_{\max} = 25,643 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ou } 25.643 \text{ l/s.}$$

A seguir são apresentadas as dimensões dos equipamentos de drenagem pluvial propostos.

No Anexo I – Folha 05/09 é possível visualizar em planta os equipamentos de drenagem pluvial previstos e seus fluxos de escoamento, e na Folha 09/09 os detalhes desses equipamentos.

4.1 Canaletas de concreto tipo meia-cana

As canaletas são os elementos responsáveis pela captação das águas pluviais que correm sobre os taludes, bermas, acessos e “platôs”.

A conformação das bermas será executada garantindo-se os caimentos previstos, tanto transversal como longitudinalmente.

Para o dimensionamento das canaletas foi considerada a linha de canaletas com a maior área de captação de águas pluviais, que no caso foi da Microbacia 7 – cota 652 m.

A partir daí, foram utilizadas a fórmula racional e o *software* CANAL (GPRH, 2000) para determinar a vazão de pico nessa área e o diâmetro da canaleta, respectivamente, assumindo como critérios de projeto: coeficiente de escoamento superficial de 0,44 (acesso periférico) e 0,95 (aterro sanitário com cobertura), maior valor de intensidade de chuva (141,82 mm/h), coeficiente de rugosidade de Manning de 0,015 (concreto), declividade de 0,6% ou 2% e folga (*free-board*), conforme as vazões de pico.

Na tabela a seguir é apresentado o resumo do dimensionamento das canaletas de concreto tipo meia-cana que deverão ser implantadas.

CÁLCULO DE VAZÃO DE PICO (FÓRMULA RACIONAL)										
Dados de entrada						Resultados				
Área	C	i (mm/h)	S (m ²)	S (km ²)		Q (m ³ /s)				
Bermas do Aterro Sanitário (Microbacia 55)	0,95	141,82	1.790	0,0018		0,067				
Acesso periférico	0,44	141,82	24.000	0,0240		0,416				
DIMENSIONAMENTO CANALETA (software CANAL)										
Dados de entrada						Resultados				
Área	Vazão (m ³ /s)	Declividade (m/m)	Coef. Manning	Folga (m)	Prof. Normal (m)	Diâmetro (m)	N° Froude	Velocidade (m/s)	Perímetro molhado (m)	Diâmetro Adotado (m)
Bermas do Aterro Sanitário (Microbacia 55)	0,007	0,02	0,015	0,04	0,16	0,32	1,57	1,75	0,50	0,40
Acesso periférico	0,416	0,006	0,015	0,15	0,35	0,99	1,09	1,73	1,26	1,00

Tabela 4-4. Dimensionamento das canaletas de concreto tipo meia-cana.

Dessa forma, as canaletas de concreto serão do tipo meia-cana, com dimensão de \varnothing 0,30 m, com declividade mínima de 2% e de \varnothing 1,00 m, com declividade mínima de 0,6%.

4.2 Valetas retangulares de concreto

Para o dimensionamento das valetas retangulares de concreto foram utilizadas a fórmula racional e o *software* CANAL (GPRH, 2000) para determinar a vazão de pico nessas áreas e as dimensões das valetas. Como dados de entrada foram adotados os seguintes parâmetros: vazões de pico, coeficiente de rugosidade de Manning de 0,015 e declividade de 0,6%.

Na Tabela a seguir é apresentado o resumo do dimensionamento das valetas, junto à cobertura definitiva do aterro sanitário proposto.

DIMENSIONAMENTO DA VALETA RETANGULAR EM CONCRETO (software CANAL)										
Dados de entrada						Resultados				
Área	Vazão (m³/s)	Declividade (m/m)	Coef. Manning	Folga (f)	Largura da Base (b)	Prof. Normal (m)	Nº Froude	Velocidade (m/s)	Perímetro molhado (m)	Profundidade Total Adotada (m)
Microbacia 66-67	0,76	0,006	0,015	0,20	0,75	0,54	0,82	1,89	1,82	0,75
Microbacia 1 a 7	1,57	0,006	0,015	0,20	0,95	0,73	0,84	2,25	2,42	0,95
Microbacia 59 a 67	3,57	0,006	0,015	0,20	1,25	1,04	0,86	2,76	3,32	1,25
Microbacia 1 a 15	5,58	0,006	0,015	0,20	1,50	1,21	0,90	3,09	3,91	1,50
Microbacia 51 a 67	7,01	0,006	0,015	0,20	1,60	1,34	0,90	3,26	4,29	1,60
Microbacia 1 a 21	9,06	0,006	0,015	0,20	1,75	1,49	0,91	3,47	4,73	1,75
Microbacia 41 a 67	11,16	0,006	0,015	0,20	1,90	1,61	0,92	3,66	5,11	1,90
Microbacia 1 a 40	14,49	0,006	0,015	0,20	2,10	1,77	0,94	3,91	5,63	2,10

Tabela 4-5. Dimensionamento da valeta retangular de concreto.

Dessa forma, as dimensões das valetas retangulares em geomembrana de PEAD são:

Tipo	Vazão (m³/s)	b (m)	h (m)
1	0,78	0,75	0,75
2	1,62	0,95	0,95
3	3,63	1,25	1,25
4	6,14	1,50	1,50
5	7,38	1,60	1,60
6	9,51	1,75	1,75
7	11,99	1,90	1,90
8	15,87	2,10	2,10

b = Largura interna da valeta (m);

h = Profundidade interna da valeta (m)

Tabela 4-6. Dimensões mínimas das valetas retangulares de concreto.

4.3 Descidas hidráulicas por canal trapezoidal em gabião manta (Colchão)

As descidas d'água em taludes e bermas se darão por escadas d'água de gabião manta (colchão). As descidas deverão acompanhar a declividade do talude e continuar sobre as bermas.

A seção transversal dessas escadas será trapezoidal, tendo o gabião manta 0,17 m de espessura, com inclinação do talude lateral interno da escada de 1:2 (V:H).

Para o dimensionamento dessas escadas foi adotado um coeficiente de rugosidade de Manning de 0,030 e para o cálculo da lâmina d'água (y), foram consideradas as maiores vazões obtidas das microbacias. Sendo assim, para este dimensionamento foi utilizado o método dos parâmetros adimensionais (AZEVEDO NETO et al, 1998), sendo:

$$Q = \left[\frac{y}{b} + m \left(\frac{y}{b} \right)^2 \right] \cdot \left[\frac{\frac{y}{b} + m \left(\frac{y}{b} \right)^2}{1 + 2 \frac{y}{b} \sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot b^{\frac{8}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{n}$$

Q = Vazão de pico (m³/s)

y = profundidade de escoamento (m)

b = largura do canal (m)

m = indicador horizontal do talude (m)

I = declividade (m/m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

Nas tabelas a seguir são apresentados os resumos dos dimensionamentos das descidas hidráulicas propostas, cujas dimensões mínimas dimensionadas atendem as vazões em cada área de contribuição das descidas hidráulicas:

DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS HIDRÁULICAS – NOS TALUDES		
DADOS DE ENTRADA		
Microbacia	1	29 e 30
[y] Altura da lâmina d'água (m)	0,10	0,20
[f] Folga – <i>free-board</i>	0,20	0,20
[z] Altura interna total	0,30	0,40
[B] Largura do canal (m)	0,70	1,10
[m] Indicador horizontal do talude (m)	1,90	2,70
[l] Declividade (m/m)	0,50	0,50
[n] Coeficiente de rugosidade de Manning	0,03	0,03
RESULTADOS		
$Q = \left[\frac{y}{B} + m \left(\frac{y}{B} \right)^2 \right] \cdot \left[\frac{\frac{y}{B} + m \left(\frac{y}{B} \right)^2}{1 + 2 \frac{y}{B} \sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot B^{\frac{8}{3}} \cdot l^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{n}$	0,39	2,00
[Q] Vazão da descida hidráulica (m³/s)		

Tabela 4-7. Resumo do dimensionamento das descidas hidráulicas – Nos Taludes.

DIMENSIONAMENTO DAS DESCIDAS HIDRÁULICAS – NAS BERMAS		
DADOS DE ENTRADA		
Microbacia	1	29 e 30
[y] Altura da lâmina d'água (m)	0,17	0,20
[f] Folga – <i>free-board</i>	0,13	0,20
[z] Altura da escada	0,30	0,40
[B] Largura do canal (m)	1,20	2,50
[m] Indicador horizontal do talude (m)	2,40	4,10
[l] Declividade (m/m)	0,02	0,02
[n] Coeficiente de rugosidade de Manning	0,03	0,03
RESULTADOS		
$Q = \left[\frac{y}{B} + m \left(\frac{y}{B} \right)^2 \right] \cdot \left[\frac{\frac{y}{B} + m \left(\frac{y}{B} \right)^2}{1 + 2 \frac{y}{B} \sqrt{1 + m^2}} \right]^{\frac{2}{3}} \cdot B^{\frac{8}{3}} \cdot l^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{n}$	0,32	0,84
[Q] Vazão da escada (m³/s)		

Tabela 4-8. Resumo do dimensionamento das descidas hidráulicas – Nas bermas.

Na Tabela 4-9 são apresentadas as dimensões das descidas hidráulicas, nos taludes e nas bermas.

Tipo	Local	Q (m ³ /s)	z (m)	B (m)	L (m)
E1-T	Taludes	0,32	0,30	0,70	1,90
E1-B	Bermas		0,30	1,20	2,40
E2-T	Taludes	0,84	0,40	1,10	2,70
E2-B	Bermas		0,40	2,50	4,10

z = Altura da lâmina d'água (m);

B = Largura plana da descida – base inferior (m);

L = Largura plana da descida – superior (m)

Tabela 4-9. Dimensões mínimas das descidas hidráulicas.

4.4 Caixa de passagem

Nos pontos onde se torna necessário a mudança de direção dos elementos de drenagem, o encontro de drenagens e a diminuição da velocidade/energia das águas para o adequado encaminhamento das vazões coletadas, devem-se implantar caixas de passagem.

Quatro tipos de caixas de passagem são propostas:

- P1 → Transição entre descidas hidráulicas, canaletas, valetas e travessias subterrâneas.

Tipo	Descida Hidráulica (m)	Canal Retangular (m)	Dimensões (L x L x h)	Espessura (m)
P1-A	E1-T	Tipo 1	2,90 x 1,25 x 1,70 m	0,15
P1-B	E2-T	Tipo 2	3,70 x 1,45 x 2,30 m	0,15
P1-C	E2-T	Tipo 3	3,70 x 1,75 x 2,50 m	0,15
P1-D	E2-T	Tipo 4	3,70 x 2,00 x 2,80 m	0,15
P1-E	E2-T	Tipo 5	3,70 x 2,10 x 3,00 m	0,15
P1-F	E2-T	Tipo 6	3,70 x 2,25 x 3,20 m	0,15
P1-G	E2-T	Tipo 7	3,70 x 2,40 x 3,40 m	0,15
P1-H	E2-T	Tipo 8	3,70 x 2,60 x 3,70 m	0,15

Tabela 4-10: Dimensões das caixas de passagem tipo 1.

L= Largura interna da caixa (m)

h = Altura interna da caixa (m)

- P2 → Mudanças de direção e diminuição de energia de escoamento nas canaletas de concreto tipo meia-cana;

Essas caixas de passagem foram dimensionadas para serem implantadas em média a cada 50 m, com as seguintes dimensões:

CAIXA DE PASSAGEM (ENTRE CANALETAS)			
Ø Canaleta (m)	Tipo	Dimensões (L x L x h)	Espessura (m)
0,40	P2-A	0,90 x 0,90 x 0,80 m	0,15
1,00	P2-B	1,50 x 1,50 x 1,70 m	0,15

Tabela 4-11: Dimensões das caixas de passagem de mudança de direção e diminuição de energia nas canaletas.

L= Largura interna da caixa (m)

h = Altura interna da caixa (m)

4.5 Tubos de concreto (travessias subterrâneas)

Para este dimensionamento, foram consideradas as vazões finais coletadas pelas caixas de passagem e com isso utilizou-se o programa CANAL, assumindo como critérios de projeto: coeficiente de rugosidade de Manning de 0,015 (concreto), a relação entre altura da lâmina de água e diâmetro do tubo: $(y / D) < 0,82$.

Foram obtidos os diâmetros adequados para os tubos de concreto, conforme as maiores vazões das microbacias, apresentado na tabela a seguir:

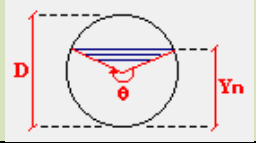
TUBO DE CONCRETO	
DADOS DE ENTRADA	Microbacia
	Acesso periférico
Vazão (m³/s)	0,13
Declividade (m/m)	0,015
RESULTADOS	Microbacia
	Acesso periférico
Diâmetro [D] (m)	0,39
Profundidade normal [Yn] (m)	0,32
Velocidade (m/s)	1,25
Diâmetro adotado (m)	0,40

Tabela 4-12. Dimensionamento dos tubos de concreto.

Para os tubos de concreto nas travessias entre escadas d'água, conforme as maiores vazões, foram definidas as seguintes dimensões dos tubos de concreto: \varnothing 0,40 m.

4.6 Aduela fechada retangular de concreto armado (Travessia subterrânea)

Para as duas saídas das águas pluviais do empreendimento, deverá ser utilizada uma travessia subterrânea por aduela fechada retangular de concreto armado.

Na tabela a seguir é apresentado o dimensionamento hidráulico da aduela proposta:

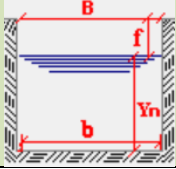
ADUELA FECHADA RETANGULAR DE CONCRETO – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	
DADOS DE ENTRADA 	Microbacia 1 a 5
Vazão (m ³ /s)	14,49
Declividade (m/m)	0,007
Coeficiente de rugosidade de Manning	0,015
Largura da Base (b) [m]	2,00
Folga (f) [m]	0,20
RESULTADOS	Microbacia 1 a 5
Profundidade Normal (Yn) [m]	1,76
Velocidade (m/s)	4,13
Profundidade Total (m)	2,00

Tabela 4-13. Dimensionamento hidráulico da aduela fechada retangular de concreto.

Dessa forma, as dimensões da aduela fechada retangular de concreto armado deverão ser de 2,00 m de largura interna e 2,00 m de altura interna.

4.7 Sistema de dissipação de energia e retenção de sedimentos nas saídas d'água

Nas quatro saídas d'água propostas (S-A e S-B), foi definido um sistema de dissipação de energia e retenção de sedimentos, através de 2 tipos de equipamentos que funcionarão associadamente:

- Bacias de retenção; e
- Bacias de enrocamento.

Primeiramente, as águas drenadas serão encaminhadas à baica de retenção, e posteriormente, para a bacia de enrocamento, interligadas entre si.

Esses dois equipamentos terão como função diminuir as velocidades elevadas de escoamento, reter sedimentos e direcionar adequadamente as águas pluviais ao curso d'água de jusante.

Na Tabela 4-14 são apresentados os dimensionamentos das bacias de retenção propostas.

BACIA DE RETENÇÃO	
DADOS DE ENTRADA	Saída (S-A)
Vazão de Pico (m ³ /s)	14,49
Vazão de Pico (m ³ /min)	869,11
Duração da Chuva (seg)	180
<i>Free-board</i> (m)	0,50
Altura molhada (m)	4,50
Altura interna total – h (m)	5,00
RESULTADOS	Saída (S-A)
Vol. Enxurrada (m ³)	2.607
Área Circunferência (m ²)	579,40
Diâmetro Topo sem <i>free-board</i> (m)	27,16
Diâmetro Adotado (m)	33,00
Profundidade total (m)	5,00
Inclinação da parede interna (m/m)	1:1
Volume Total do Reservatório (m³)	2.697

Tabela 4-14. Dimensionamento das bacias de retenção.

Na Tabela 4-15 são apresentadas as dimensões das bacias de retenção.

Tipo	Saídas	Aduela (m)	Altura Interna Total (m)	Diâmetro Topo (m)	Diâmetro Fundo (m)
R1	S-A e S-B	2,00 x 2,00	5,00	33,00	23,00

Tabela 4-15. Dimensões das bacias de retenção propostos.

Quanto ao dimensionamento da bacia de enrocamento, na tabela a seguir é apresentado o resumo do dimensionamento desse equipamento:

BACIA DE ENROCAMENTO		
DADOS DE ENTRADA		
Parâmetros	Valores	
[D] Diâmetro interno do tubo (m)	2,00	
[dp] Altura da lamina d'água no tubo (m)	1,76	
[v] Velocidade (m/s)	4,13	
[g] Aceleração da gravidade (m ² /s)	9,81	
RESULTADOS		
Parâmetros	Equação	Valores
[Wa] Largura da Bacia (m)	$Wa = 3.D$	6,00
[F] N° Froude	$F = v/(g.dp)^{0.5}$	1,00
[La] Comprimento da Bacia (m)	$La = D.[8 + 17.log(F)]$	16,00
[ds] Diâmetro da pedra (m)	$ds = 0,25.D.F$	0,50
[Da] Profundidade da Bacia (m)	$Da = 2ds$	1,00

Tabela 4-16. Dimensionamento da bacia de enrocamento.

Na tabela a seguir são apresentadas as dimensões das bacias de enrocamento:

DIMENSÕES DEFINIDAS PARA BACIA DE ENROCAMENTO					
Tipo	Local	Wa (m)	La (m)	ds (m)	Da (m)
B1	S-A e S-B	6,00	16,00	0,50	1,00

Wa = Largura da Bacia (m)

La = Comprimento da bacia (m)

ds = Diâmetro da pedra (m)

Da = Profundidade da bacia (m)

Tabela 4-17. Dimensões definidas para as bacias de enrocamento.

5 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A análise de estabilidade realizada reproduz as condições das seções consideradas mais críticas, conforme a inclinação, espessura e conformação final do maciço de resíduos proposto, a nível de projeto básico, devendo estes cálculos serem revistos no projeto executivo em função das fases a serem definidas.

5.1 Geometria de Análise

A geometria adotada para a análise de estabilidade do maciço de resíduos proposto foi referente às Seções R-R', S-S' e T-T' representando a disposição e compactação dos resíduos segundo o arranjo final proposto. Suas localizações são apresentadas no Volume II, Anexo I – Folhas de Projeto, na Folha 07/09.

O traçado dos perfis geológicos-geotécnicos nas seções levantadas e a caracterização dos materiais naturais componentes auxiliaram na definição das geometrias e considerações geotécnicas relativas aos taludes e ao comportamento esperado dos mesmos.

5.2 Método de Análise

Para as análises de estabilidade foi utilizado o método de equilíbrio limite baseado no método das lamelas apresentado por Spencer (1967).

O programa computacional utilizado foi o *Slide*, com consideração de superfícies circulares, possibilidade de representação de vários tipos de materiais, superfícies de rupturas, possibilidades de simulação de poropressões por pontos, excessos de poropressão, linhas piezométricas e coeficiente r_u de Bishop e Morgenstern (1960), com pesquisa de superfície crítica, de mínimo fator de segurança.

As superfícies circulares de ruptura consideradas no estudo estiveram, em geral, no interior da massa de resíduos, passando tangencialmente pelos solos de alteração de

rocha, considerados mais resistentes. O software utilizado busca, automaticamente, a superfície de menor fator de segurança, de forma que, em todas as análises, são definidas superfícies mais críticas de cada seção.

5.3 Parâmetros de resistência

Apesar da heterogeneidade aparente dos resíduos, os parâmetros de resistência médios, que preponderam na estabilidade de grandes massas, são os representativos dos maiores volumes presentes, tratando-se neste caso dos resíduos de origem domiciliar.

As rupturas dos estudos foram consideradas ocorrendo preferencialmente dentro dos resíduos, resultando que tal ruptura seja tangente aos solos de fundação, considerados mais resistentes que os resíduos, conforme constatado nos resultados das sondagens realizadas nos solos.

Os valores dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos foram considerados a partir dos resultados das sondagens geotécnicas à percussão com medidas N_{SPT} realizadas no aterro sanitário existente, por se tratar da mesma tipologia de resíduos dispostos e a serem dispostos, mesma origem e da compactação usualmente empregada por tratores de esteira tipo D6.

Foram realizadas sondagens no maciço de resíduos existente, nas quais resultaram em um índice de resistência a penetração dinâmica médio, N_{SPT} médio de **10 golpes**.

Analisando os índices de resistência a penetração das sondagens realizadas, considerando que os resíduos são mais drenantes que os solos, e a resistência ao cisalhamento total compõe-se com parcela de atrito e a de coesão, os valores dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos podem ser estimados segundo Benvenuto & Benvenuto (2012), com coesão efetiva de 13 KPa, e ângulo de atrito de 26,6°.

Na Tabela 5-1 a seguir são apresentados os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais adotados neste projeto.

nº	Material	c' (kPa)	ϕ'	γ (kN/m ³)	Referência
1	Resíduo a dispor	13	26,6°	9,7	Benvenuto & Benvenuto (2012)
2	Aterro de solo compactado	20,0	30°	19	Cruz (1993)
3	Solo de Alteração de Arenito	18,0	36°	20	Pinto et al (1993)

Tabela 5-1. Parâmetros comuns para análise de estabilidade.

Onde:

c' = coesão média efetiva;

ϕ' = ângulo de atrito médio efetivo;

γ = peso específico médio.

Deve ser considerado que os parâmetros apresentados representam o comportamento médio da massa de resíduos e, a aleatoriedade e variabilidade inerente às peculiaridades dos resíduos a serem dispostos, são representados pela média do comportamento dos resíduos preponderantes na disposição, no caso de rupturas gerais, como as que se analisam.

Os valores dos parâmetros de resistência para os solos naturais e compactados foram considerados de acordo com a publicação da ABMS (1993). Muito embora esta publicação tenha sido elaborada a partir dos solos ensaiados no Estado de São Paulo, considera-se aplicável aos solos da área de implantação do aterro sanitário devido a ocorrência de solos semelhantes, conforme os dados obtidos nos ensaios geotécnicos e diagnosticados na caracterização geológica-geotécnica.

Ressalta-se que os solos naturais possuem boa capacidade de carga, portanto, não são condicionantes geotécnicos para instabilidade do maciço de resíduos.

5.4 Pressões de Líquidos e Gases - Poropressões

O desempenho dos sistemas de drenagem de líquidos e gases é a base para a estabilidade dos maciços sanitários, adotando-se critérios de poropressões compatíveis com a concepção e o desempenho destes sistemas. Secundariamente, contribuem para as poropressões os sistemas de cobertura, provisórias e definitivas, além da evolução da frente de trabalho.

O comportamento da massa de resíduos doméstico é peculiar, principalmente, em função do fator “geração de gases” e suas pressões, como tem demonstrado os registros das instrumentações, através de piezômetros e medidas de deformações em aterros sanitários em geral.

A introdução de poropressões de líquidos e gases nos modelos de análise, pontualmente, por intermédio de linhas piezométricas “equivalentes”, ou a relação entre as poropressões de lixiviados e/ou gases e as tensões verticais produzidas pelo peso de resíduos sobre o ponto, coeficiente r_u , são as formas adequadas para representar o modelo hidrogeotécnico, em função da geometria da massa de resíduos e seus sistemas de drenagem internos.

Deste modo, na análise de estabilidade foi adotado o fator de pressão neutra r_u constante dentro da massa de resíduos, com $r_u = u/\gamma z$, onde u é a poropressão, γ é o peso específico do material e z é a altura de material sobre o ponto considerado, usado por Bishop e Morgenstern (1960). Variou-se o fator r_u , de 0,00 a 0,50, de forma a obter a variação do fator de segurança do maciço para várias condições de poropressões.

O modelo hidrogeotécnico adotado foi apresentado no artigo técnico “Modelo Reológico de Comportamento de Resíduos e Aterros Sanitários” por Benvenuto & Cipriano (2012).

5.4.1 Resultados Obtidos

Com base na geometria das seções adotadas foi possível obter os Fatores de Segurança para o aterro sanitário, considerando a geometria da conformação final e projeto de escavação do projeto proposto e o levantamento topográfico fornecido pelo cliente.

Nesse sentido, na tabela a seguir são apresentados os valores de Fatores de Segurança em função do r_u das seções analisadas.

Fator de Segurança, FS			
r_u	Seção R-R'	Seção S-S'	Seção T-T'
0,0	2,0	2,1	2,0
0,1	1,8	1,9	1,9
0,2	1,7	1,7	1,7
0,3	1,5	1,5	1,5
0,4	1,3	1,3	1,3
0,5	1,1	1,1	1,1

Tabela 5-2. Valores de Fator de Segurança em função do r_u das seções analisadas.

Os resultados apresentados na Tabela 5-2, são representados nos gráficos a seguir.

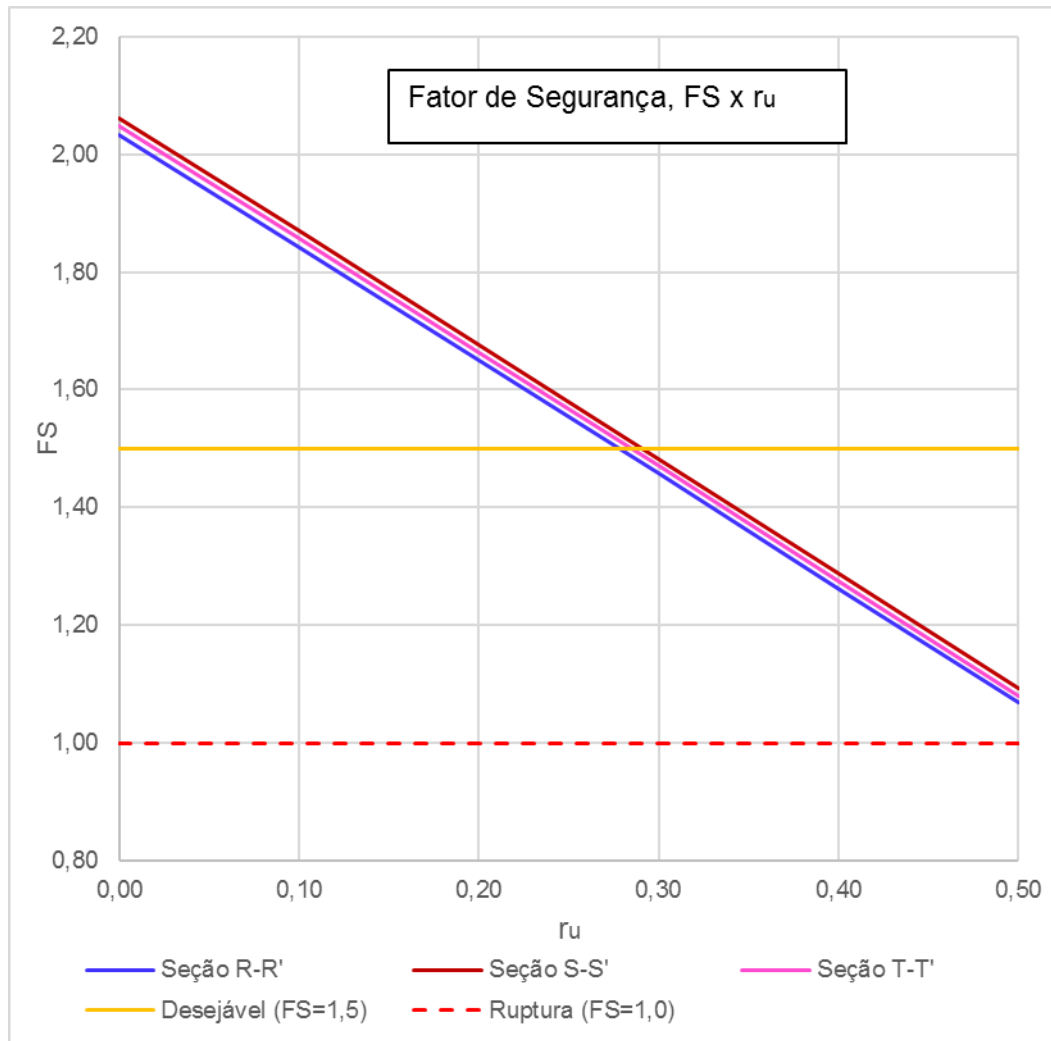


Gráfico 5-1. Fatores de Segurança em função do r_u nas seções analisadas R-R', S-S' e T-T'.

A modelagem da estabilidade está em função da variação do parâmetro r_u , com coeficiente de correlação unitário e equações lineares definidas para as seções de estudo. As equações das retas para cada seção são apresentadas na Tabela 5-3.

Seção	Equação Linear da reta	Coeficiente r_u	
		Desejável (FS=1,5)	Ruptura (FS=1,0)
Seção R-R'	FS= -1,9286 x r_u + 2,0348	0,28	0,54
Seção S-S'	FS= -1,9377 x r_u + 2,0628	0,29	0,55
Seção T-T'	FS= -1,9346 x r_u + 2,0498	0,28	0,54

Tabela 5-3. Equação da reta das seções analisadas.

A modelagem apresentada para a estabilidade geotécnica do maciço de resíduos, em suas seções mais críticas, demonstra que o aterro estará estável se implantado e operado seguindo as especificações de projeto, com Fator de Segurança mínimo de 1,5 para valores r_u de poropressão máximos de 0,28.

A seguir são apresentadas as seções de análise de estabilidade do maciço de resíduos em função do coeficiente $r_u = 0,20$.

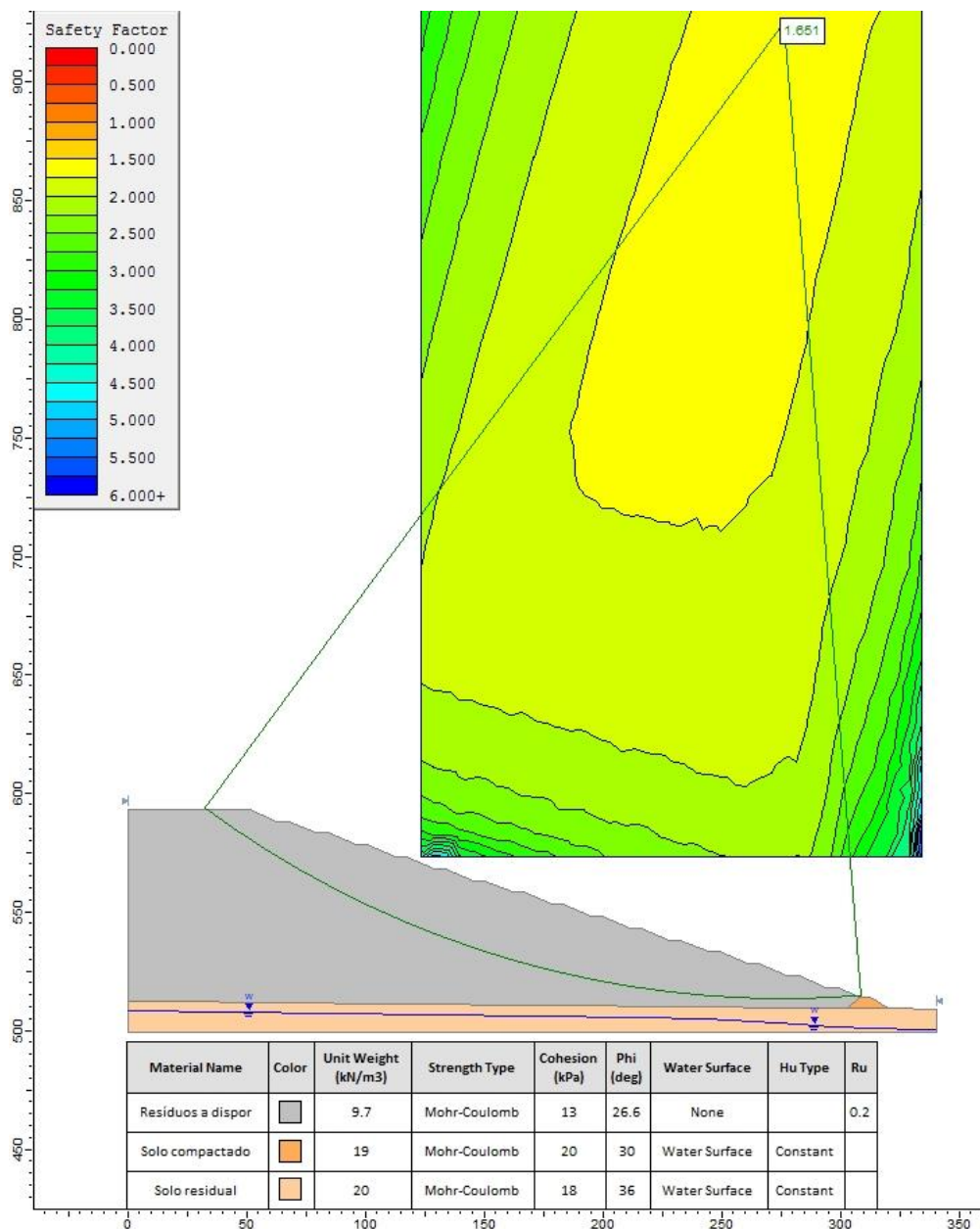


Figura 5-1. Seção de análise de estabilidade R-R' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).

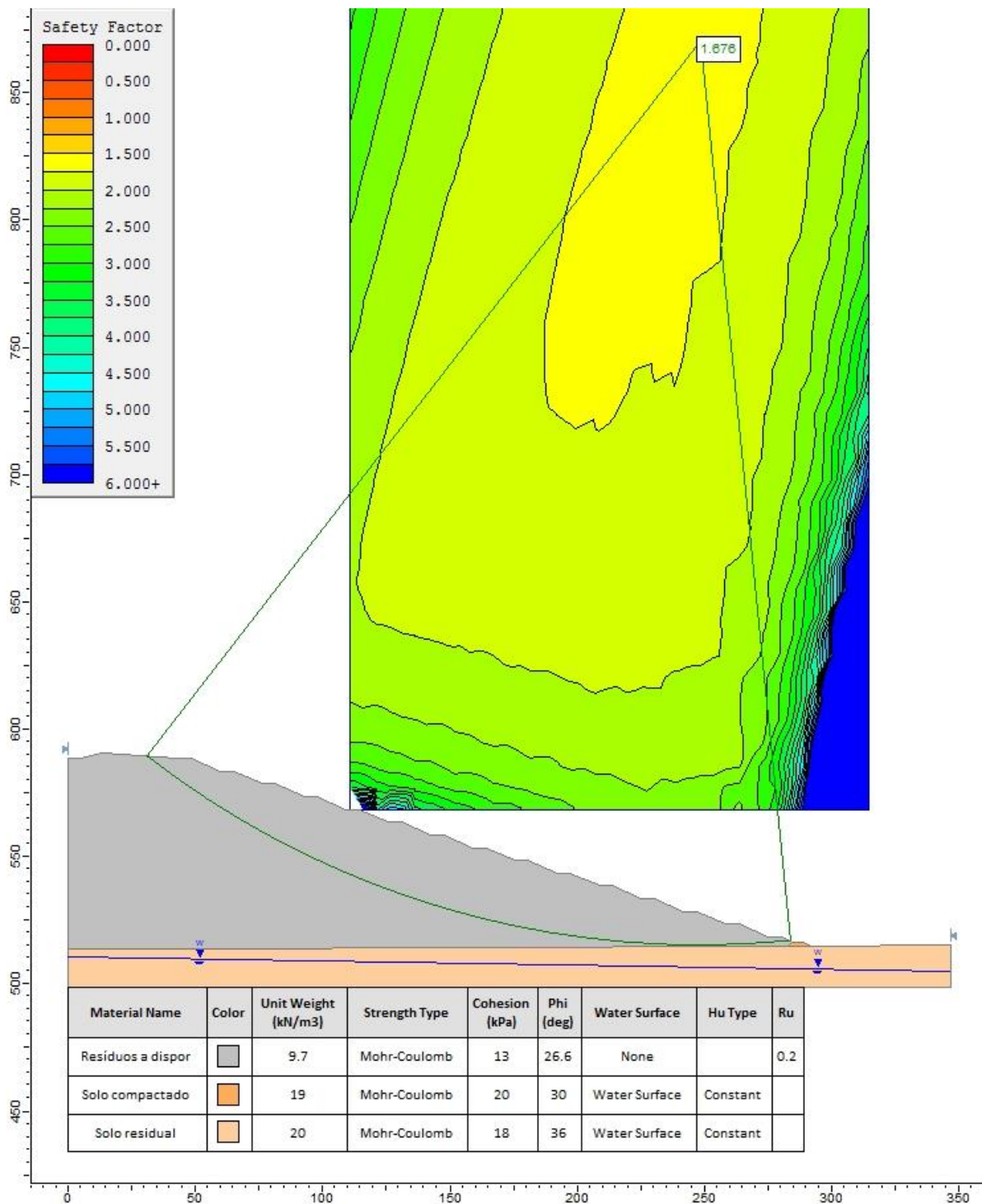


Figura 5-2. Seção de análise de estabilidade S-S' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).

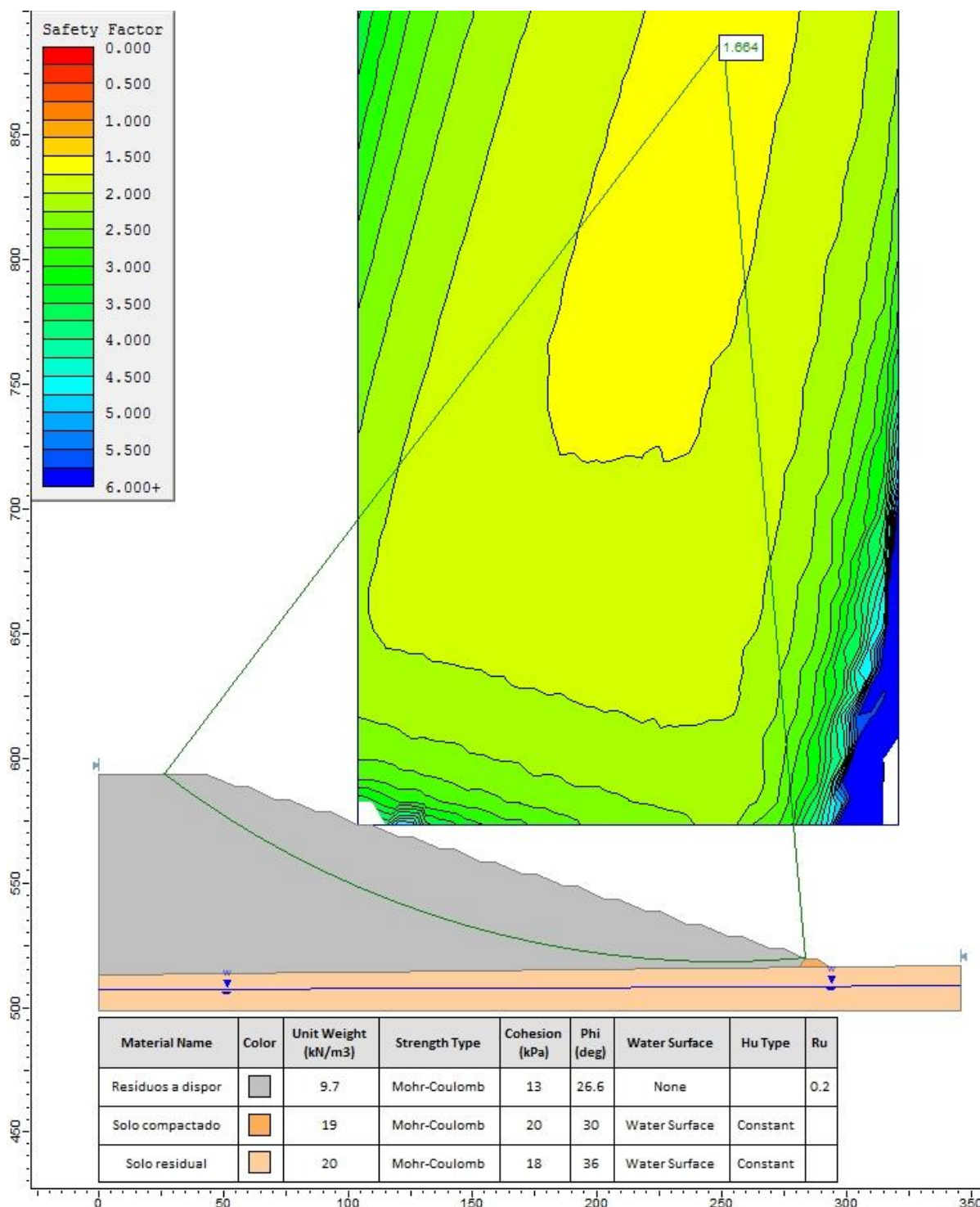


Figura 5-3. Seção de análise de estabilidade T-T' dos taludes do maciço de resíduos ($r_u = 0,20$).

5.4.2 Considerações Finais


A modelagem apresentada para a estabilidade geotécnica do maciço de resíduos sólidos domiciliares, nas seções críticas analisadas, demonstra que o aterro denotará condições geotécnicas normais de estabilidade se seguidos os critérios de projeto apresentados a nível básico.

Conforme descrito anteriormente, em geral, considerando aterros deste tipo e salvo os condicionantes geotécnicos, se projetados e operados dentro das condições de projeto, apresentam no interior do maciço de resíduos valores médios de r_u da ordem de 0,20, que se atribuídos na análise de estabilidade realizada, obtém-se Fatores de Segurança da ordem de 1,5, valor este, recomendado pela norma da ABNT – NBR 11.682/09 “Estabilidade de encostas”, para estabilidade de longo período.

Esta é uma das indicações de que o maciço se encontrará estável e previsível, inclusive em deformações e deslocamentos normais, desde que seguidos os critérios de projeto aqui determinados. Para se ter total garantia dos riscos previstos, considerados pequenos, ou seja, para a demonstração da garantia da estabilidade do maciço perante essas solicitações operacionais, recomenda-se a implementação do monitoramento geotécnico no aterro, durante sua operação.

No Anexo III é apresentado o memorial de cálculo da estabilidade geotécnica do maciço de resíduos.

6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Cronograma de Atividades – Projeto Básico de implantação do Aterro de Ereguauçu - Campo Grande - MS																																																									
ATIVIDADES	ANO	1																																																...	43	...	63				
	MÊS	1				2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12				...	1	...	1				
	SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	...	1	2	3	4	...	1	2	3	4		
1	Topografia																																																								
2	Cinturão verde																																																								
3	Terraplenagem																																																								
4	Reservatório de armazenamento temporário de lixiviados																																																								
5	Instalações de apoio																																																								
6	Dique de solo compactado																																																								
7	Impermeabilização de base																																																								
8	Drenagem de lixiviados (Base e Camadas)																																																								
9	Drenagem de biogás																																																								
10	Drenagem de águas pluviais																																																								
11	Disposição de resíduos																																																								
12	Cobertura dos resíduos (Operacional e Final)																																																								
13	Plantio de gramíneas																																																								
14	Monitoramento Geotécnico (Mensal)																																																								
15	Monitoramento Águas Superficiais (Trimestral)																																																								
16	Monitoramento Águas Subterrâneas (Trimestral)																																																								
17	Monitoramento de Odores e Particulados																																																								
18	Monitoramento de Vetores e Enfermidades																																																								
19	Inspeções e Manutenção Periódica																																																								
ETAPAS DE PROJETO DO EMPREENDIMENTO		IMPLANTAÇÃO				OPERAÇÃO E IMPLANTAÇÃO																																																ENCERRAMENTO			
Legenda:		 Atividades a serem realizadas																																																							

7 QUANTITATIVOS

PROJETO BÁSICO DO ATERRO DE EREGUAÇU - CAMPO GRANDE/MS				
Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços				
Parte A - Fase de Implantação				
1.	Topografia			
1.1	Levantamento Topográfico Realizado Por Técnico Agrimensor	-	m ²	816.200
2.	Instalações de Apoio, Isolamento da Área e Cinturão Verde			
2.1	Balança (60 t)	-	un.	1
2.2	Instalações de controle e gerenc. (guarita/adm/sanit.)	-	m ²	220
2.3	Cerca com Mourões de Madeira	4 fios	m	5.372
2.4	Cinturão Verde	Espécies Nativas	m ²	19.053
3.	Terraplenagem			
3.1	Limpeza do Terreno	-	m ²	774.016
3.2	Escavação, Carga e Transporte	Até 1 km	1km.m ³	348.484
4.	Execução do Aterro de Base e do Dique de Solo			
4.1	Dique de contenção	GC ≥ 95%; Δh ≈ 0; PN	m ³	173.836
4.2	Aterro de Base	GC ≥ 95%; Δh ≈ 0; PN	m ³	219.204
5.	Impermeabilização de Base			
5.1	Solo Compactado	GC=98%; k=10 ⁻⁵ cm/s; e=0,60 m	m ³	361.133
5.2	Geomembrana de PEAD Lisa	2,0 mm	m ²	689.128
5.3	GCL (Geocomposto Bentonítico)	3600 g/m ²	m ²	631.701
5.4	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 31	m ²	689.128
6.	Drenagem de Lixiviados de Base			
6.1	Tubo PEAD Perfurado Principal	PE-100;PN20;DE315mm;ø18mm	m	2.320
6.2	Tubo PEAD Perfurado Secundário	PE-100;PN20;DE225mm;ø12mm	m	38.403
6.3	Tubo PEAD Não Perfurado	PE-100;PN20;DE315mm	m	33
6.4	Brita	nº 4	m ³	18.818
6.5	Rachão	-	m ³	9.985
6.6	Poço de Visita de Lixiviados	Classe PA-3/DN 1200 mm	m	7
7.	Drenagem Pluvial Implantação			
7.1	Bacia de Retenção - Tipo R1	-	un.	2
7.2	Bacia de Enrocamento - Tipo B1	-	un.	2
7.3	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,40 m	m	661
7.4	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 1,00 m	m	2.365
7.5	Canal Retangular de Concreto Tipo 1	-	m	1.052
7.6	Canal Retangular de Concreto Tipo 2	-	m	331
7.7	Canal Retangular de Concreto Tipo 3	-	m	673
7.8	Canal Retangular de Concreto Tipo 4	-	m	508
7.9	Canal Retangular de Concreto Tipo 5	-	m	251
7.10	Canal Retangular de Concreto Tipo 6	-	m	298
7.11	Canal Retangular de Concreto Tipo 7	-	m	476
7.12	Canal Retangular de Concreto Tipo 8	-	m	871

(CONTINUAÇÃO)

PROJETO BÁSICO DO ATERRO DE EREGUAÇU - CAMPO GRANDE/MS				
Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços				
Parte A - Fase de Implantação				
7.	Drenagem Pluvial Implantação			
7.13	Caixa de Passagem Tipo P1-A - Entre canais	Concreto	un.	13
7.14	Caixa de Passagem Tipo P1-B - Entre canais	Concreto	un.	7
7.15	Caixa de Passagem Tipo P1-C - Entre canais	Concreto	un.	13
7.16	Caixa de Passagem Tipo P1-D - Entre canais	Concreto	un.	10
7.17	Caixa de Passagem Tipo P1-E - Entre canais	Concreto	un.	6
7.18	Caixa de Passagem Tipo P1-F - Entre canais	Concreto	un.	5
7.19	Caixa de Passagem Tipo P1-G - Entre canais	Concreto	un.	13
7.20	Caixa de Passagem Tipo P1-H - Entre canais	Concreto	un.	16
7.21	Caixa de Passagem Tipo P2-A- Entre canaletas	Concreto	un.	4
7.22	Caixa de Passagem Tipo P2-B- Entre canaletas	Concreto	un.	12
7.23	Tubo de Concreto Armado	Classe PA-2/DN 600 mm	m	11
7.24	Aduela de Concreto	2,00 x 2,00 m	m	118
7.25	Areia Média - Assentamento de Tubos	e = 0,20 m	m ³	103
8.	Drenagem de Biogás de Base			
8.1	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	556
8.2	Rachão	-	m ³	960
8.3	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m ²	3.071
8.4	Base de Concreto Armado	1,60 x 1,60 x 0,15 m	m ³	213
9.	Reservatório de Lixiviados			
9.1	Escavação de solo	-	m ³	5.413
9.2	Geomembrana de PEAD - forn., aplicação e controle de qualidade	1,5 mm	m ²	1.320
9.3	Areia lavada	e = 0,10 m	m ³	49
9.4	Tubo de PVC perfurado para saída de biogás	1"	m	87

Parte B - Fase de Operação				
10.	Drenagem de Lixiviados de Camada			
10.1	Escavação (trincheira)	Seção: 0,80 x 1,00 m	m ³	213.901
10.2	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 16	m ²	320.852
10.3	Solo Compactado	e=0,20 m	m ³	42.780
10.4	Brita	Seção: 0,80 x 0,80 m; n° 4	m ³	171.121
11.	Drenagem de Biogás Operacional			
11.1	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	19.388
11.2	Tubo de Concreto Não Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	1.111
11.3	Rachão	-	m ³	33.499
11.4	Flare e adaptação metálica p/ tubo de concreto	-	un.	505
11.5	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m ²	107.196
12.	Operação do Aterro Sanitário			
12.1	Espalhamento e Compactação dos Resíduos	Trator Tipo D6 (y = 1 t/m ³)	m ³	19.832.405
12.2	Geomembrana de PEAD - Operação Diária	1,0 mm	m ²	5.000
13.	Cobertura Definitiva dos Resíduos			
13.1	Camada de Solo Argiloso	GC = 98%; e = 0,60 m	m ³	355.599
13.2	Plantio de Gramíneas nos Taludes	-	m ²	406.709
14.	Drenagem Pluvial Operacional			
14.1	Descida D'Água em Gabião Tipo 1	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m	1.861
14.2	Descida D'Água em Gabião Tipo 2	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m	10.448
14.3	Geotêxtil Não Tecido Sob Escada D'Água	RT 16	m ²	53.606
14.4	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,40 m	m	38.200
14.5	Caixa de Passagem Tipo P2-A- Entre canaletas	Concreto	un.	12
15.	Monitoramento Geoambiental			
15.1	Marco Superficial	Base 0,60 x 0,60 x 0,10 m	un.	119
15.2	Piezômetro	Tipo <i>Stand-Pipe</i>	un.	59
15.3	Amostragem de Águas - Superficiais e Subterrâneas	Trimestral	camp.	172
15.4	Amostragem de Lixiviados	Trimestral	camp.	172
15.5	Controle Geotécnico de Estabilidade	Mensal	camp.	515
15.6	Amostragem de Biogás	Semestral	camp.	258

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. Curso anual de treinamento sobre Aterros Sanitários - Licenças/Projeto/Operação. São Paulo: ABLP, 2008 a 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 07p.

_____, NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

_____, NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12p.

_____, NBR 11.682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____, ABNT. NBR 16.199. Geomembranas termoplásticas — Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental. ABNT. Rio de Janeiro. 2013.

AZEVEDO NETTO, J.M., FERNANDEZ, M.F., ARAUJO, R. E ITO A.E. Manual de Hidráulica. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

BAGCHI, A. Design Construction and Monitoring of Landfills. 2th edition, John Wiley & Sons, Inc., 1994.

BENVENUTO C. et al. **A Metodologia Geotécnica Aplicada à Disposição dos Resíduos Sólidos**. In: GEOAMBIENTAL SEMINÁRIO SOBRE GEOTECNIA DE ATERROS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS - ÊNFASE EM ATERROS SANITÁRIOS, 1994, Rio de Janeiro, RJ. COPPE-UFRJ, 1994.

BENVENUTO C.; CIPRIANO, M. A. **Modelo reológico de comportamento de resíduos e aterros sanitários, segundo critérios de projeto e operação atuais no**

Brasil. Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 74. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2010.

BENVENUTO C. **Monitoramento Geotécnico e a estabilidade dos aterros sanitários.** Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 77. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2011.

BENVENUTO C.; BENVENUTO M. **Ensaio mecânicos em resíduos sólidos urbanos: as teorias e as finalidades práticas.** Revista Limpeza Pública, São Paulo, Edição 81. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2012.

BENVENUTO, C., MORETTI, M. E BENVENUTO, M. **Fluxo de resíduos sólidos domiciliares em aterros sanitários no Brasil e análise de risco em áreas urbanas.** Revista Limpeza Pública, Edição 93. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2016.

BENVENUTO, C., MORETTI, M. E BENVENUTO, M. **Instrumentação geotécnica e monitoramento da estabilidade de aterros sanitários.** Revista Limpeza Pública, Edição 101. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2019.

BISHOP, A. W; MORGENSTERN, N. (1960) **Stability coefficients for Earth Slopes – Geothécnique** – N. 4 – Vol. X.

BRASTUBO. Catálogo técnico PEAD – Tubos de Polietileno. Grupo Brastubo. Disponível em: <<http://www.brastubo.com.br/pead/tubosdepolietileno.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. São Paulo: CETESB, 1986.

_____, Resíduos Sólidos Domésticos: Tratamento e Disposição Final. São Paulo: CETESB, 1994.

CRUZ, P. T. E FERREIRA, R. C. Aterros Compactados, em Solos do Interior de São Paulo. São Paulo: ABMS e USP/SC, 1993, 279p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, 2005. 116 p.

DEL GRECCO, O. & OGGERI, C. Geotechnical Parameters of Sanitary Wastes. In: SARDINIA, 1993, Sardinia, Itália. IV International Landfill Symposium.

_____, Shear Resistance Tests on Municipal Solid Wastes. In: First International Congress on Environmental Geotechnics, Edmonton, Canadá, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de drenagem de rodovias. Engesur Consultoria e Estudos Técnicos Ltda. 2 Ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (UNITED STATES). Developing your stormwater pollution revention plan: A guide for construction sites. EPA, Mai de 2007. Disponível em: <www.epa.gov/npdes/pubs/sw_swppp_guide.pdf>. Acesso: fev/18.

GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS (Viçosa. MG). Canal. Aplicativo. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: GPRH, 2000. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>>. Acesso em: 09 ago. 2010.

_____, Plúvio 2.1.: chuvas intensas para o Brasil. Versão 2.1. Aplicativo. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: GPRH, 2006. Disponível em: <www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>. Acesso em: 09 ago. 2010.

GUIDICINI, C. E NIEBLE, C.M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1976.

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. HELP MODEL: Hydrologic evaluation of landfill performance, version 3.05a (5 june 1996) developed by environmental laboratory usae waterways experiment station for usepa risk reduction engineering laboratory.

KÖLSCH, F. Material Values for Some Mechanical Properties of Domestic Waste. In: SARDINIA, 1995, Sardinia, Itália, 1995. Fifth International Landfill Symposium.

LAMBE, T. W. & WHITMAN, R. V. Soil Mechanics. Massachusetts Institute of Technology. New York, 1969.

SHARMA, H. D. E LEWIS, S. P. Waste Containment System, Waste Stabilization, and Landfills - Design and Evaluation, John Wiley Sons, Inc. pp 534 - 1994.

SPENCER, E. A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-slice Forces. Géotechnique, 17 (1) : 11-26, Mar., 1967.

TOMAZ, P. Curso de manejo de águas pluviais: Parte 1. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 29 jul. 2010. Material de curso.

VILLELA, S.M. E MATTOS A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1976.

ANEXOS

ANEXO I – Folhas de Projeto

ANEXO II – Balanço Hídrico - HELP Model

ANEXO III – Memorial de Cálculo de Estabilidade

ANEXO IV – Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)

ANEXO I – Folhas de Projeto

FOLHA 01/09: Levantamento Topográfico - As Built setembro de 2020;

FOLHA 02/09: Mapa Potenciométrico, Sondagens e Poços de Monitoramento;

FOLHA 03/09: Escavação e Drenagem de Base de Águas Limpas

FOLHA 04/09: Impermeabilização e Drenagem de Base de Lixiviados e Biogás

FOLHA 05/09: Arranjo Final e Drenagem Pluvial - Cota 568,50 m

FOLHA 06/09: Arranjo Final e Instrumentação Geotécnica - Cota 568,50 m

FOLHA 07/09: Locação das Seções de Estabilidade e Seções Típicas

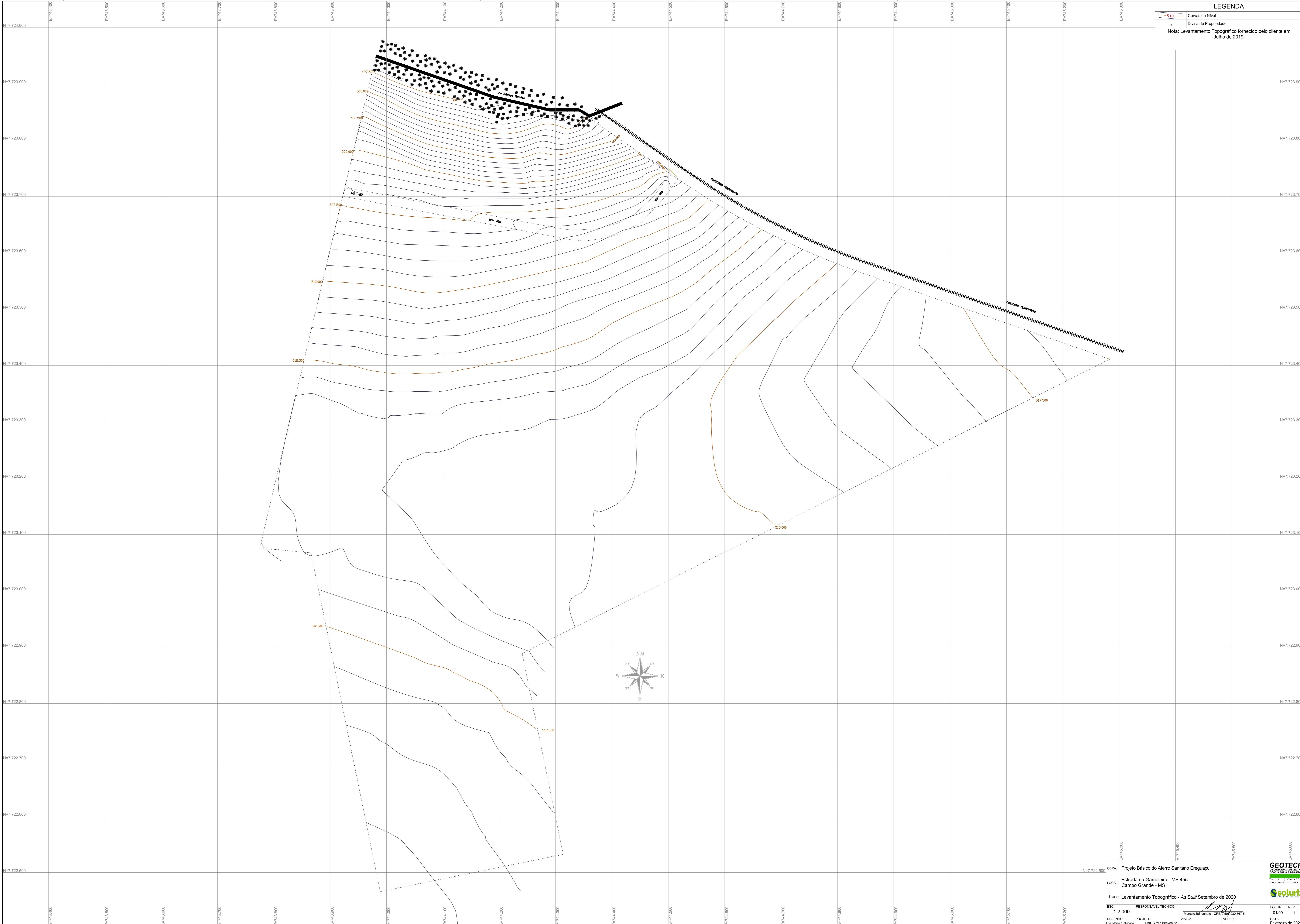
FOLHA 08/09: Detalhes Gerais I

FOLHA 09/09: Detalhes Gerais II

LEGENDA

- 840 — Curvas de Nivel
- - - - - Divisa de Propriedade

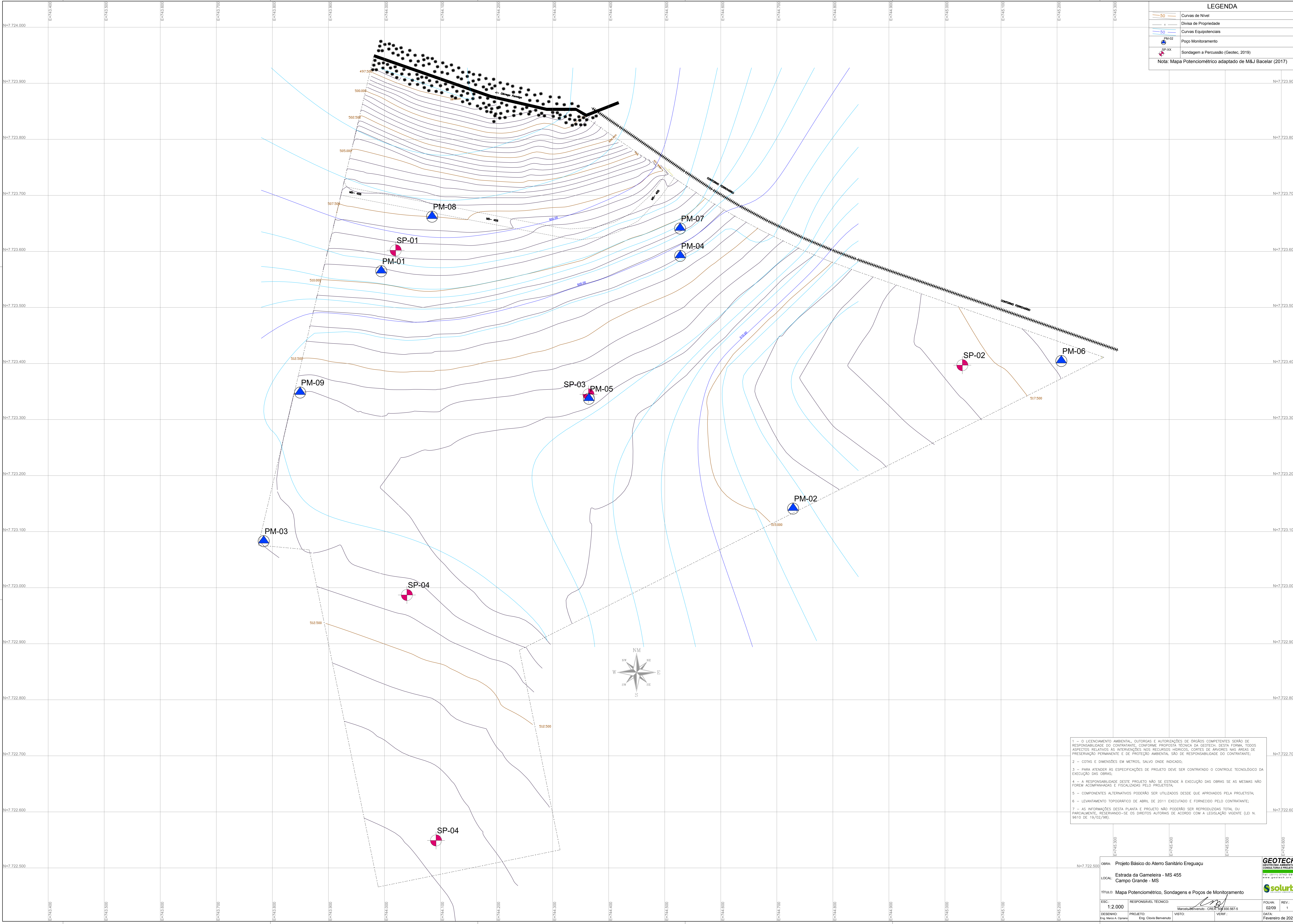
Nota: Levantamento Topográfico fornecido pelo cliente em Julho de 2019.



OBRA: Projeto Básico do Aterro Sanitário Ereguáçu		LOCAL: Estrada da Gameleira - MS 455 Campo Grande - MS	
TÍTULO: Levantamento Topográfico - As Built Setembro de 2020			
ESQ: 1:2.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Marcelo Benvenuto - CRE 1.530.567-5	FOLHA: 01/09	REV: 1
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriani	PROJETO: Eng. Clóvis Benvenuto	VISTO:	VERIF: DATA: Fevereiro de 2021



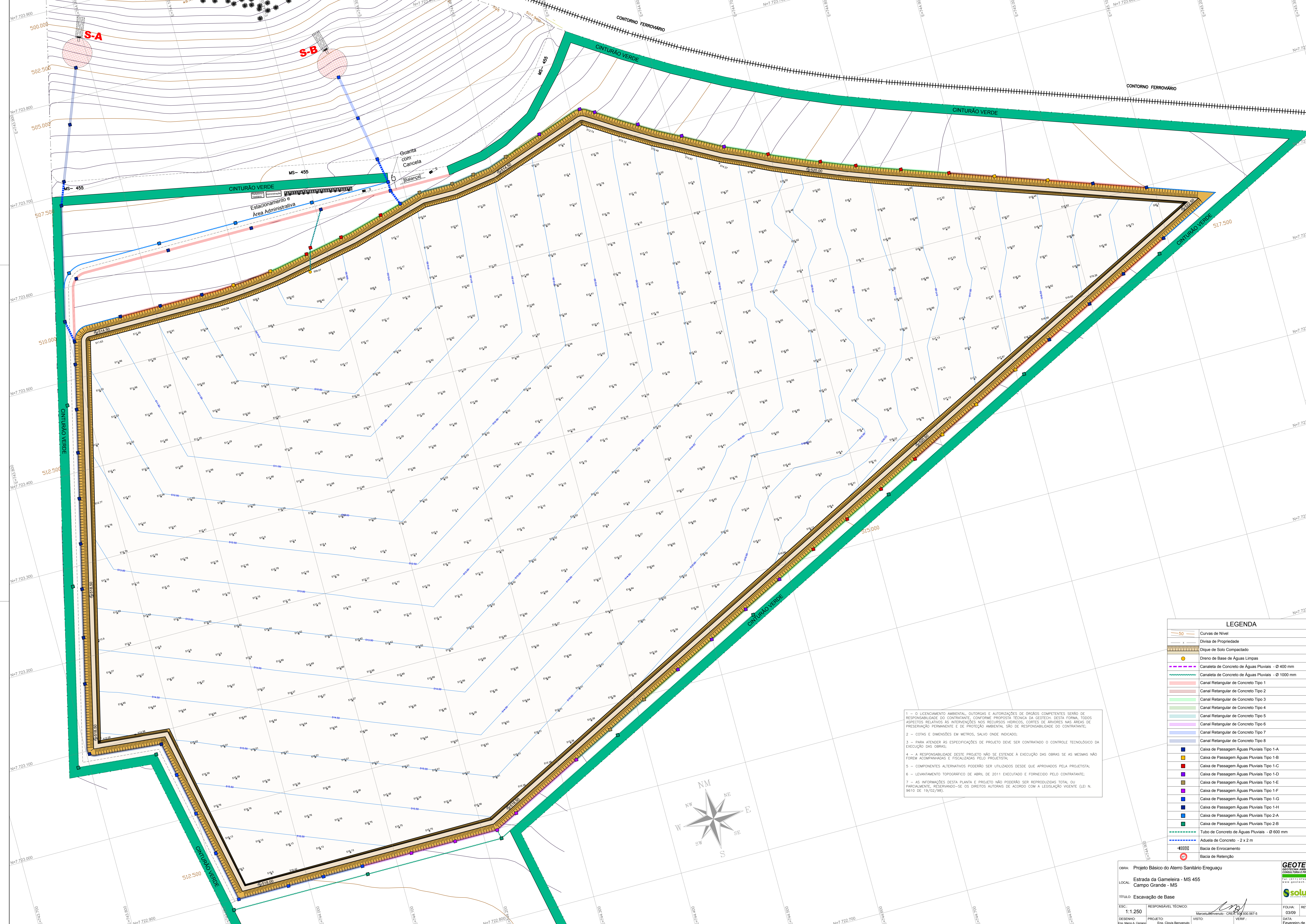
LEGENDA	
	Curvas de Nivel
	Divisa de Propriedade
	Curvas Equipotenciais
	Poço Monitoramento
	Sondagem a Percussão (Geotec, 2019)
	Sondagem a Percussão (Geotec, 2017)
Nota: Mapa Potenciométrico adaptado de M&J Bacelar (2017)	



- 1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, AUTORAÇÕES E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS ASPECTOS RELATIVOS AS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ARVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE.
- 2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO.
- 3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS.
- 4 - A RESPONSABILIDADE DESTA PROJETO NÃO SE ESTENDE A EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA.
- 5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA.
- 6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE.
- 7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/1996).

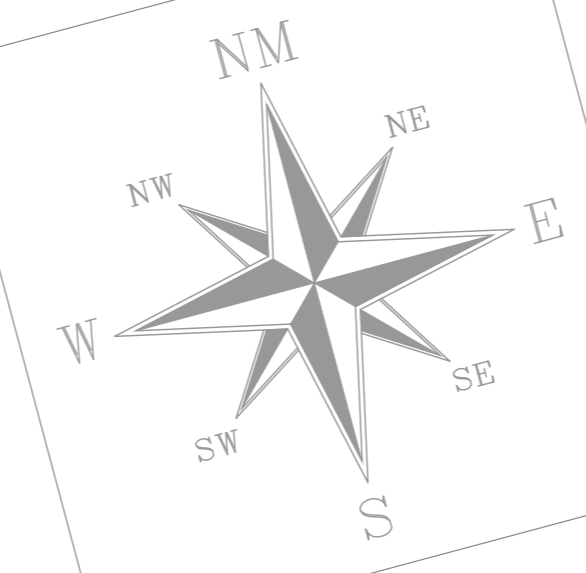
OBRA:	Projeto Básico do Aterro Sanitário Ereguáçu		
LOCAL:	Estrada da Gameleira - MS 455 Campo Grande - MS		
TÍTULO:	Mapa Potenciométrico, Sondagens e Poços de Monitoramento		
ESQ:	1:2.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	
DESENHO:	Projeto	VISTO:	VERIF:
Eng. Marcia A. Cyrino	Eng. Cláudio Benvenuto		
FOLHA:	02/09	REV.:	1
DATA:	Fevereiro de 2021		

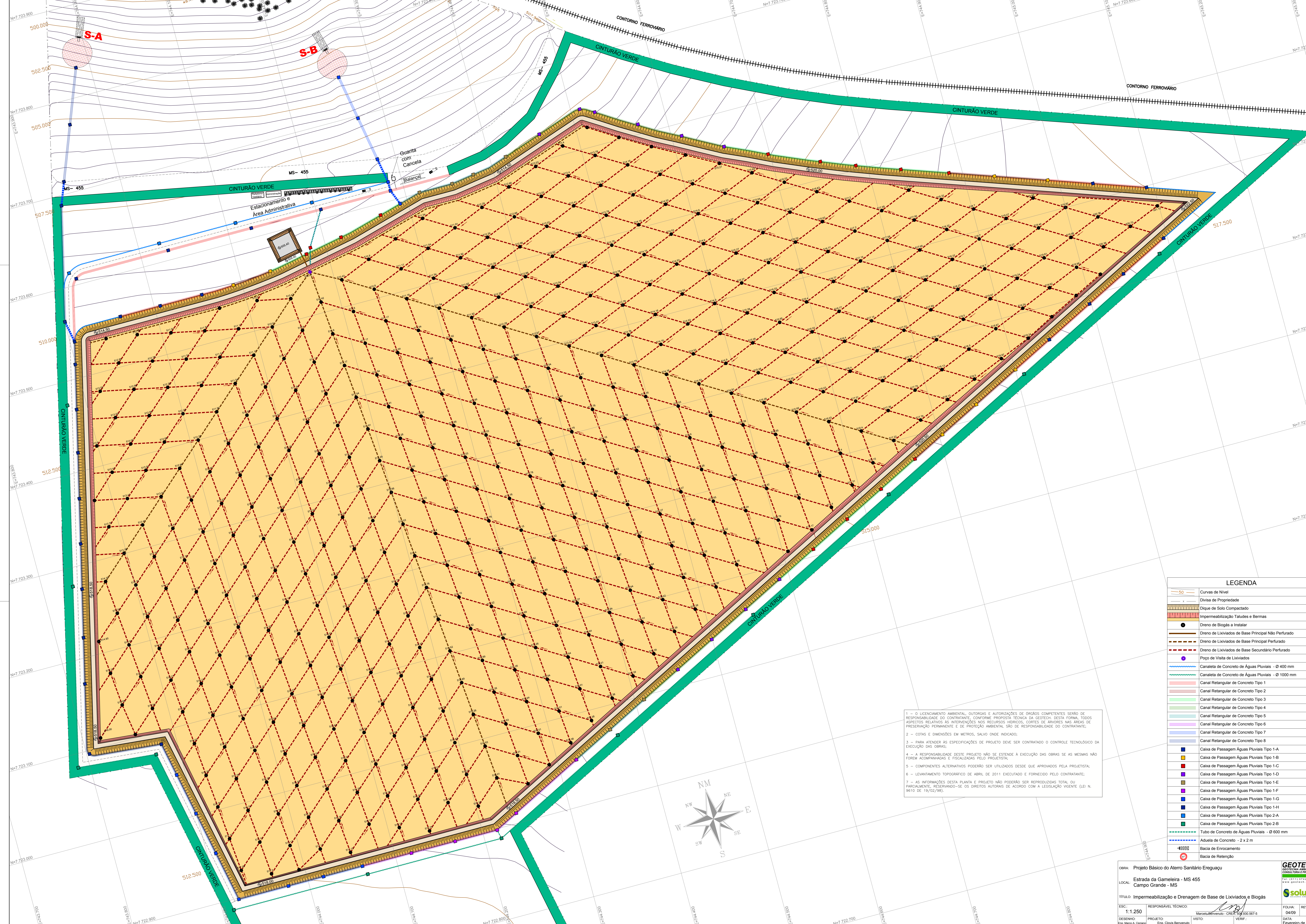




1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, OUTORGAS E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS ASPECTOS RELATIVOS AS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ÁRVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE;
 2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO;
 3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS;
 4 - A RESPONSABILIDADE DESTA PROJETO NÃO SE ESTENDE A EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA;
 5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA;
 6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE;
 7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/98).

LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Divisa de Propriedade
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas
	Canal de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Canal de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Canal Retangular de Concreto Tipo 1
	Canal Retangular de Concreto Tipo 2
	Canal Retangular de Concreto Tipo 3
	Canal Retangular de Concreto Tipo 4
	Canal Retangular de Concreto Tipo 5
	Canal Retangular de Concreto Tipo 6
	Canal Retangular de Concreto Tipo 7
	Canal Retangular de Concreto Tipo 8
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-D
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-E
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-F
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-G
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-H
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Aduela de Concreto - 2 x 2 m
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção





1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, OUTORGAS E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS ASPECTOS RELATIVOS AS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ÁRVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE;

2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO;

3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS;

4 - A RESPONSABILIDADE DESTA OBRA NÃO SE ESTENDE À EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA;

5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA;

6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE;

7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/98).

LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Divisa de Propriedade
	Dique de Solo Compactado
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados de Base Principal Não Perfurado
	Dreno de Lixiviados de Base Principal Perfurado
	Dreno de Lixiviados de Base Secundário Perfurado
	Poço de Visita de Lixiviados
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Canal Retangular de Concreto Tipo 1
	Canal Retangular de Concreto Tipo 2
	Canal Retangular de Concreto Tipo 3
	Canal Retangular de Concreto Tipo 4
	Canal Retangular de Concreto Tipo 5
	Canal Retangular de Concreto Tipo 6
	Canal Retangular de Concreto Tipo 7
	Canal Retangular de Concreto Tipo 8
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-D
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-E
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-F
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-G
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-H
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Aduela de Concreto - 2 x 2 m
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção

OBRA: Projeto Básico do Aterro Sanitário Erepeguaçu
 LOCAL: Estrada da Gameleira - MS 455
 Campo Grande - MS

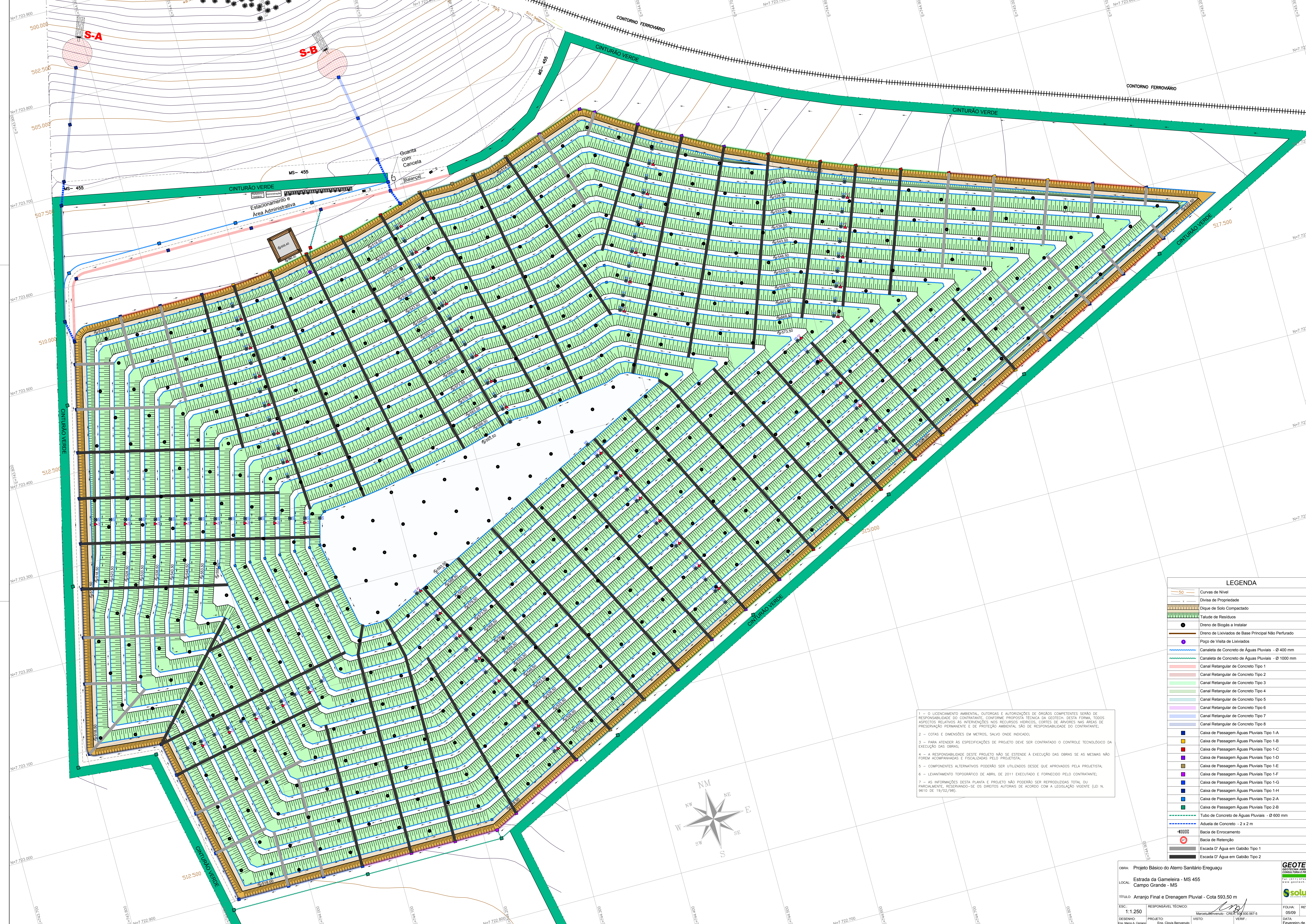
TÍTULO: Impermeabilização e Drenagem de Base de Lixiviados e Biogás

ESQ: 1:1.250
 DESENHO: Eng. Marco A. Cipriani
 PROJETO: Eng. Cláudio Benvenuto
 VISTO: _____
 VERIF: _____

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Marco Benvenuto - CREA 501.930.567-5
 FOLHA: 04/09
 REV: 0
 DATA: Fevereiro de 2021

GEOTECH
 GEOTECNIA AMBIENTAL
 CONSULTORIA E PROJETOS

Solurb
 SUSTENTABILIDADE



1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, OUTORGAS E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS ASPECTOS RELATIVOS ÀS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ÁRVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE;

2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO;

3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS;

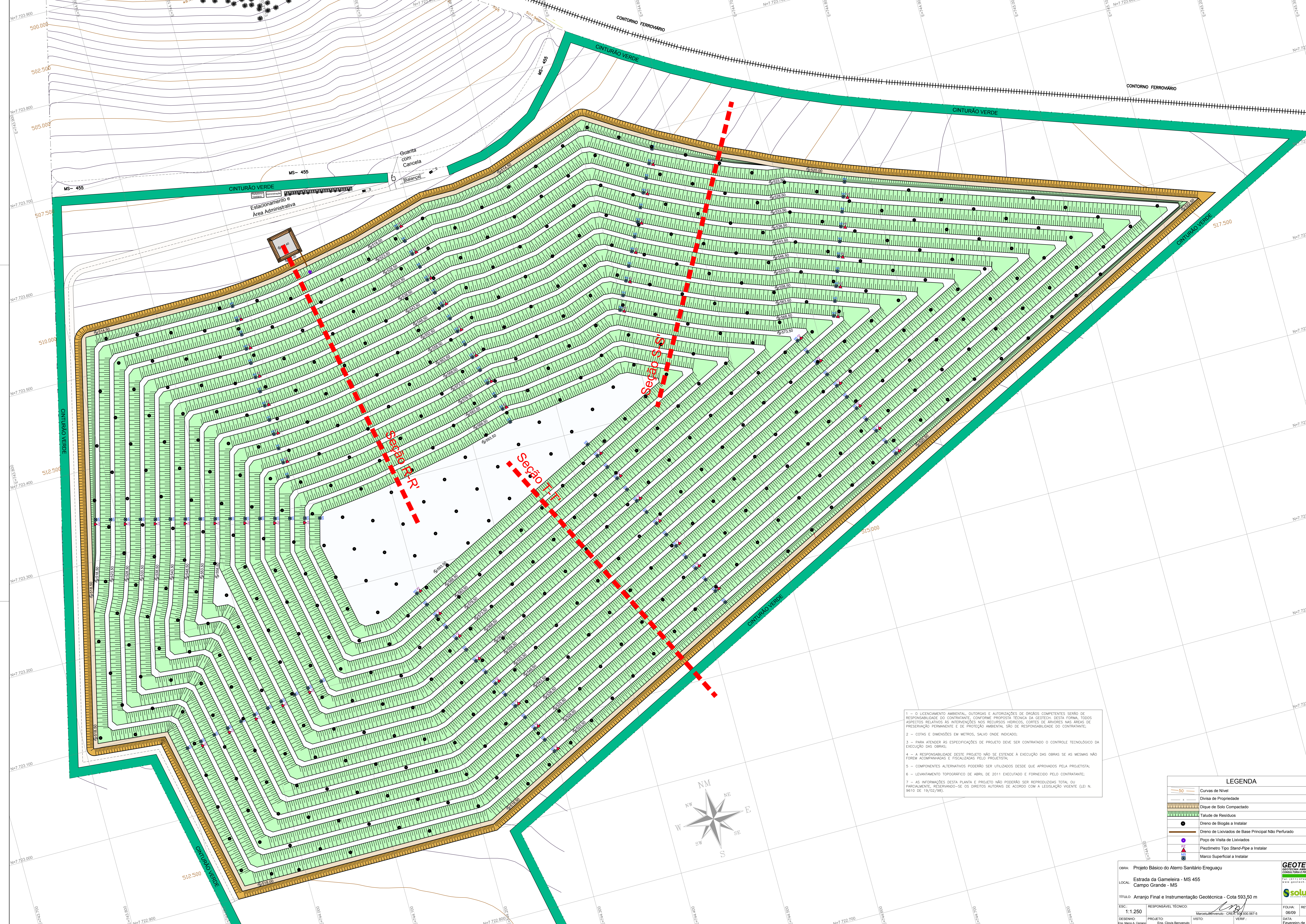
4 - A RESPONSABILIDADE DESTA PLANTA E PROJETO NÃO SE ESTENDE À EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA;

5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA;

6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE;

7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/98).

LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Divisa de Propriedade
	Dique de Solo Compactado
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados de Base Principal Não Perfurado
	Poço de Visita de Lixiviados
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Canal Retangular de Concreto Tipo 1
	Canal Retangular de Concreto Tipo 2
	Canal Retangular de Concreto Tipo 3
	Canal Retangular de Concreto Tipo 4
	Canal Retangular de Concreto Tipo 5
	Canal Retangular de Concreto Tipo 6
	Canal Retangular de Concreto Tipo 7
	Canal Retangular de Concreto Tipo 8
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-D
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-E
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-F
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-G
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-H
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Aduela de Concreto - 2 x 2 m
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção
	Escada D'Água em Gabião Tipo 1
	Escada D'Água em Gabião Tipo 2



1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, OUTORGAS E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS OS ASPECTOS RELATIVOS ÀS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ÁRVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE;

2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO;

3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS;

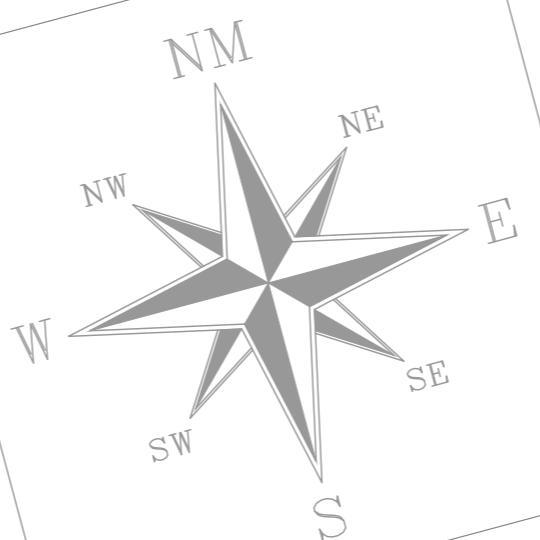
4 - A RESPONSABILIDADE DESTA OBRA NÃO SE ESTENDE À EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA;

5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA;

6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE;

7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/98).

LEGENDA	
	Curvas de Nivel
	Divisa de Propriedade
	Dique de Solo Compactado
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados de Base Principal Não Perfurado
	Posto de Visita de Lixiviados
	Piezômetro Tipo Stand-Pipe a Instalar
	Marco Superficial a Instalar



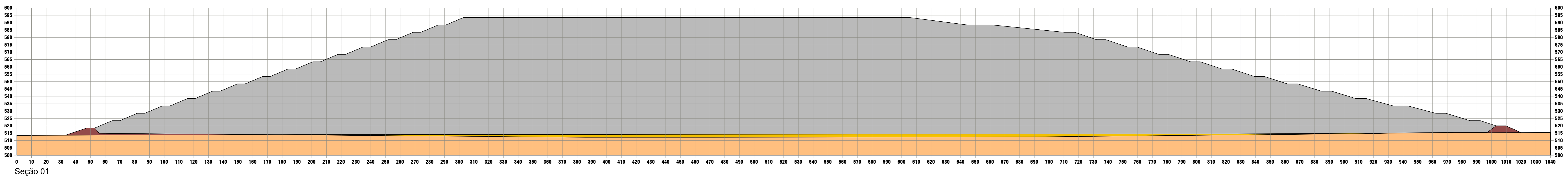
OBRA: Projeto Básico do Aterro Sanitário Ereaguá
 LOCAL: Estrada da Gameleira - MS 455
 Campo Grande - MS

TÍTULO: Arranjo Final e Instrumentação Geotécnica - Cota 593,50 m

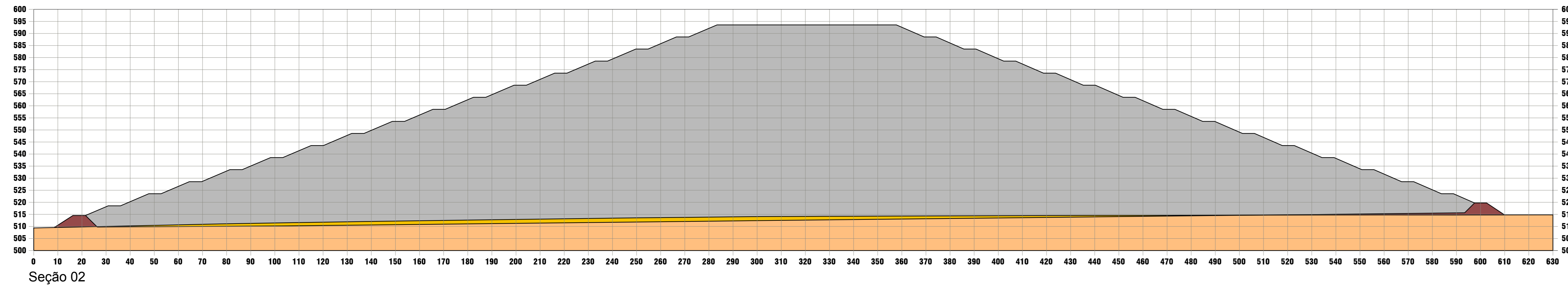
ESG: 1.1.250
 RESPONSÁVEL TÉCNICO: Marcos Benvenuto - CRE 509.567-5
 DESENHO: Eng. Maira A. Cipriani
 PROJETO: Eng. Clóvis Benvenuto
 VISTO: _____
 VERIF.: _____

FOLHA: 06/09
 REV: 1
 DATA: Fevereiro de 2021

GEOTECH
 CONSULTORIA AMBIENTAL, GEOTÉCNICA E PROJETOS
Solurb
 CONSULTORIA AMBIENTAL



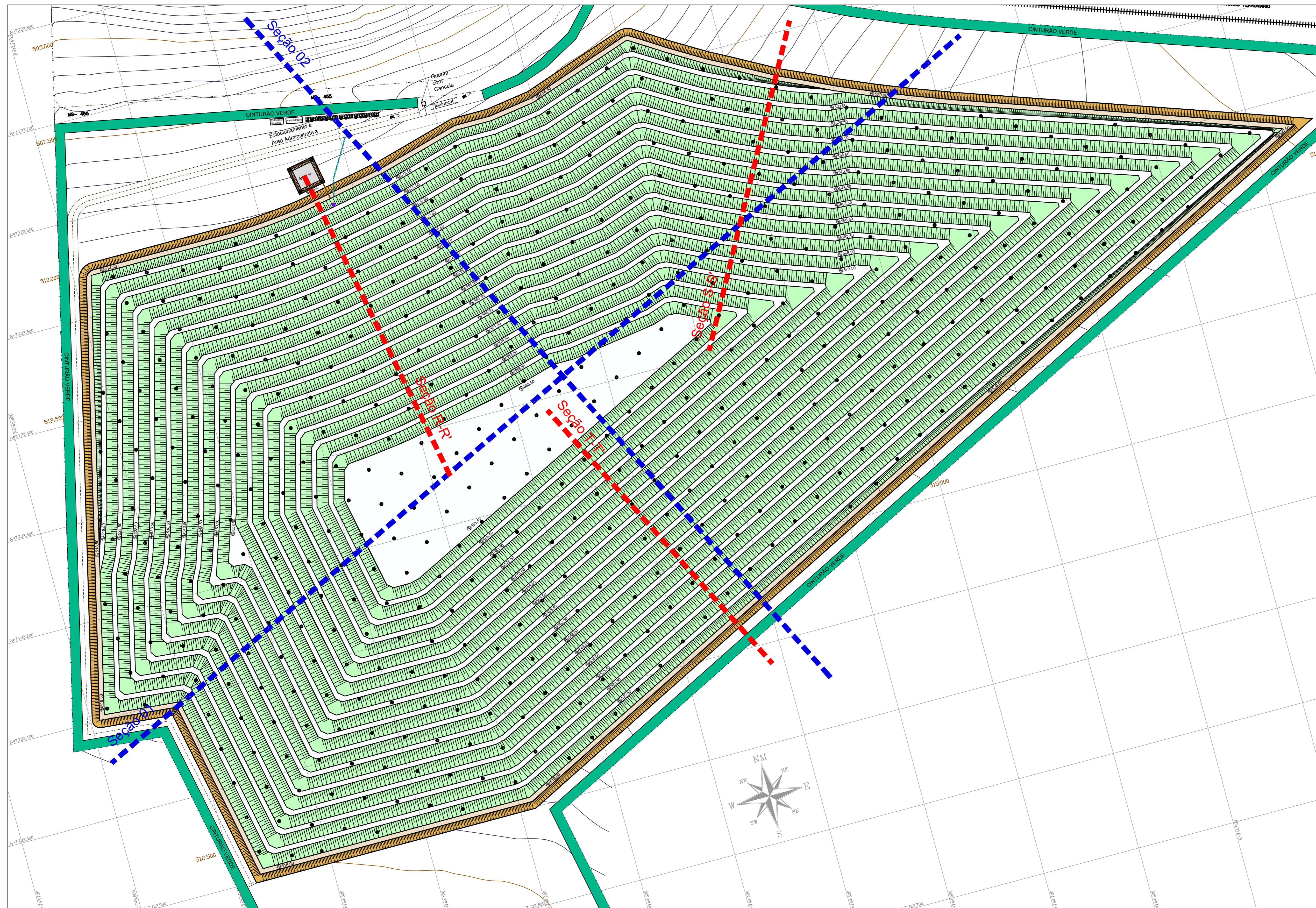
Seção 01



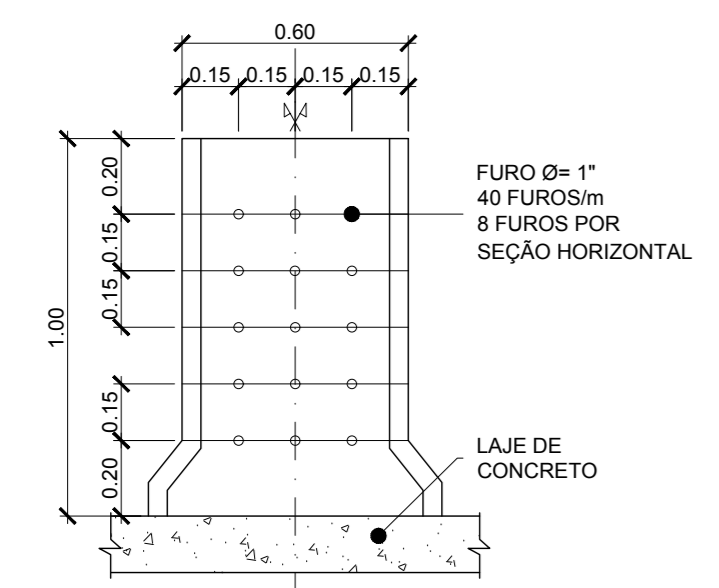
Seção 02

LEGENDA	
	Solo Residual
	Solo de Escavação
	Aterro de Solo
	Aterro de Resíduos
	Seções Típicas
	Seções de Estabilidade

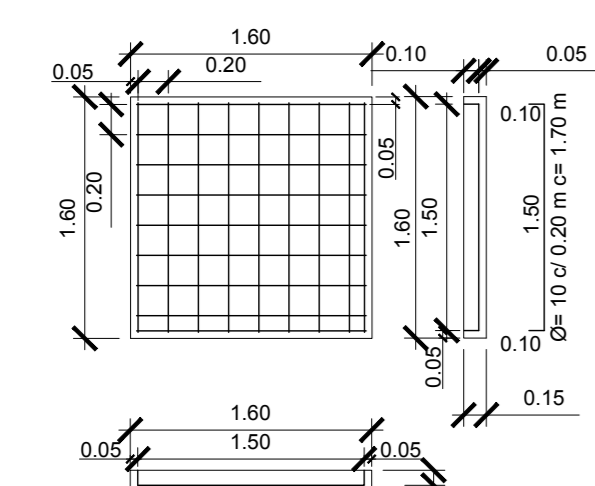
- 1 - O LICENCIAMENTO AMBIENTAL, OUTORGAS E AUTORIZAÇÕES DE ÓRGÃOS COMPETENTES SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, CONFORME PROPOSTA TÉCNICA DA GEOTECH. DESTA FORMA, TODOS ASPECTOS RELATIVOS AS INTERVENÇÕES NOS RECURSOS HÍDRICOS, CORTES DE ÁRVORES NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SÃO DE RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE;
- 2 - COTAS E DIMENSÕES EM METROS, SALVO ONDE INDICADO;
- 3 - PARA ATENDER AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DEVE SER CONTRATADO O CONTROLE TECNOLÓGICO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS;
- 4 - A RESPONSABILIDADE DESTA PLANTA NÃO SE ESTENDE À EXECUÇÃO DAS OBRAS SE AS MESMAS NÃO FOREM ACOMPANHADAS E FISCALIZADAS PELO PROJETISTA;
- 5 - COMPONENTES ALTERNATIVOS PODERÃO SER UTILIZADOS DESDE QUE APROVADOS PELA PROJETISTA;
- 6 - LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE ABRIL DE 2011 EXECUTADO E FORNECIDO PELO CONTRATANTE;
- 7 - AS INFORMAÇÕES DESTA PLANTA E PROJETO NÃO PODERÃO SER REPRODUZIDAS TOTAL OU PARCIALMENTE, RESERVANDO-SE OS DIREITOS AUTORAIS DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE (LEI N. 9610 DE 19/02/98).



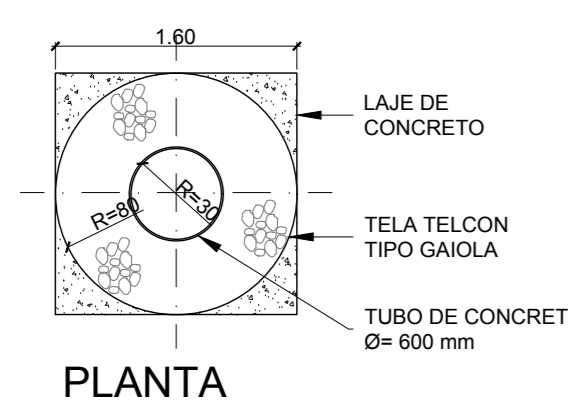
Localção das Seções
Esc.: 1:2.000



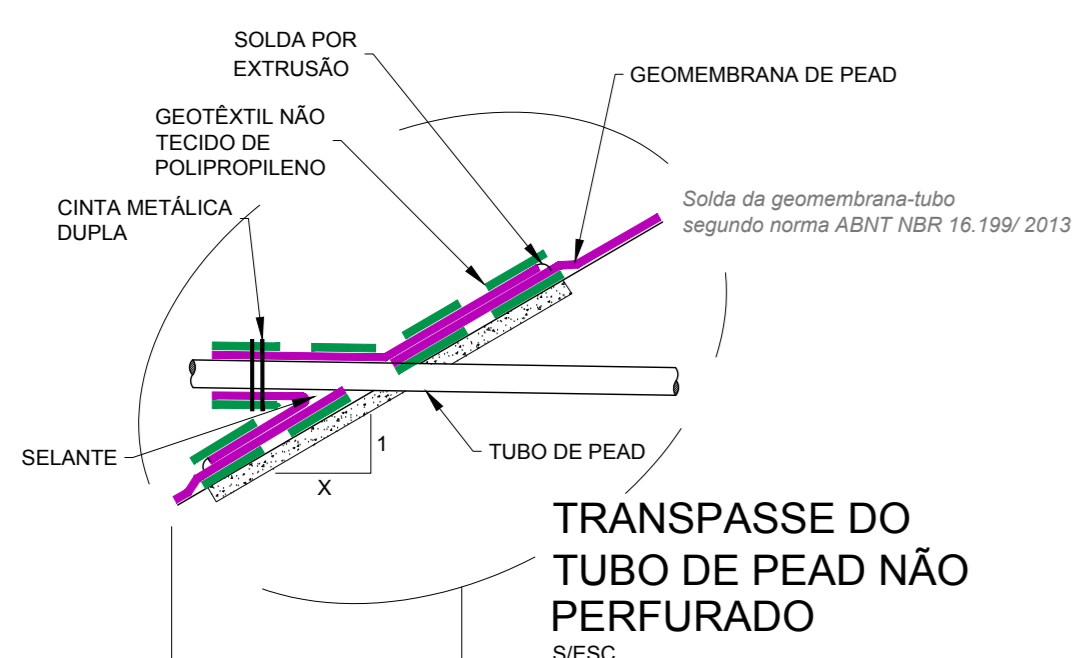
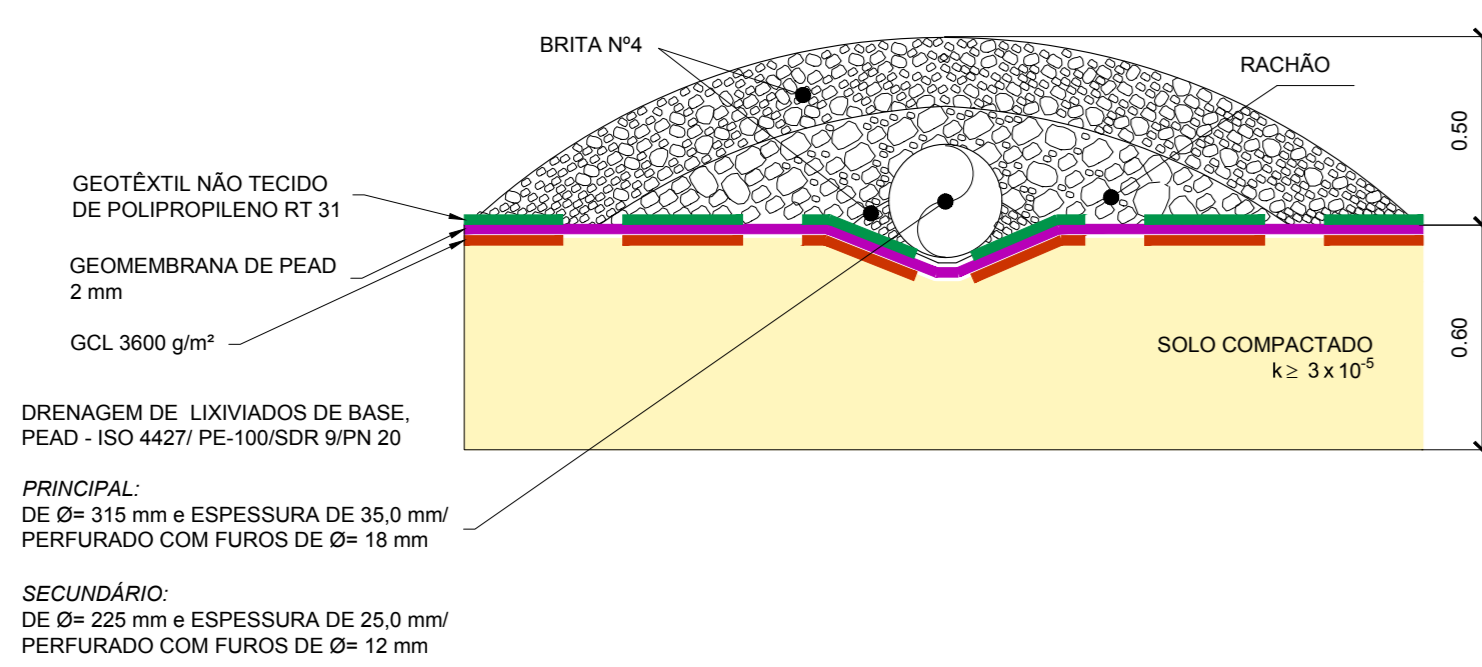
ESQUEMA DE FURAÇÃO DO TUBO DE CONCRETO P/ DRENO DE GÁS E LIXIVIADO
ESC: 1:20



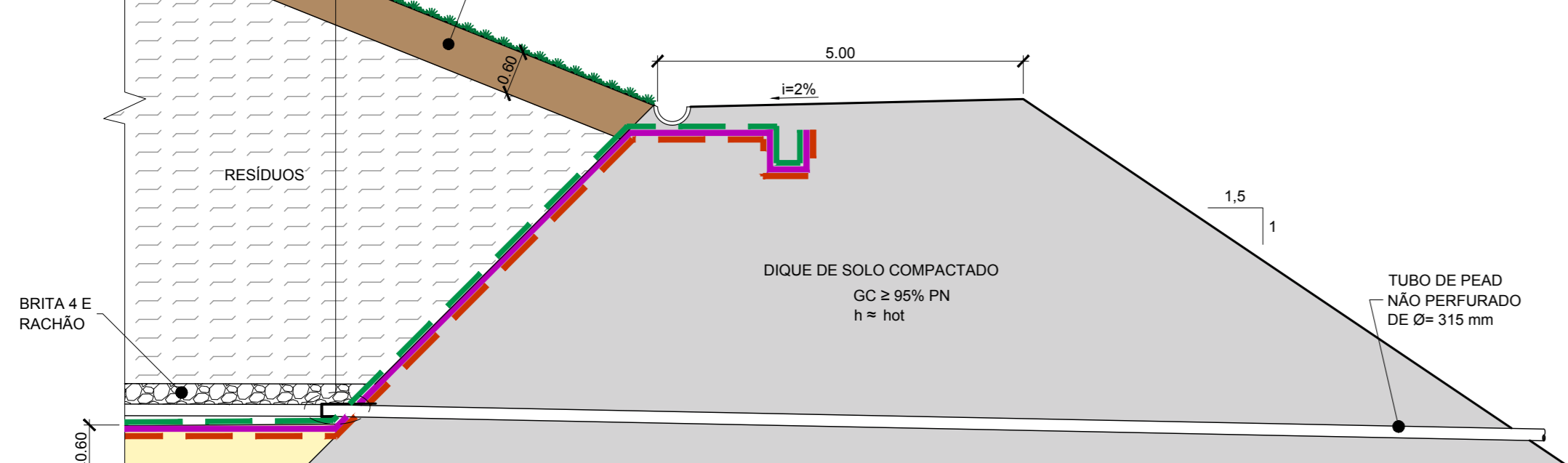
BASE DOS TUBOS DE CONCRETO
ESC: 1:50



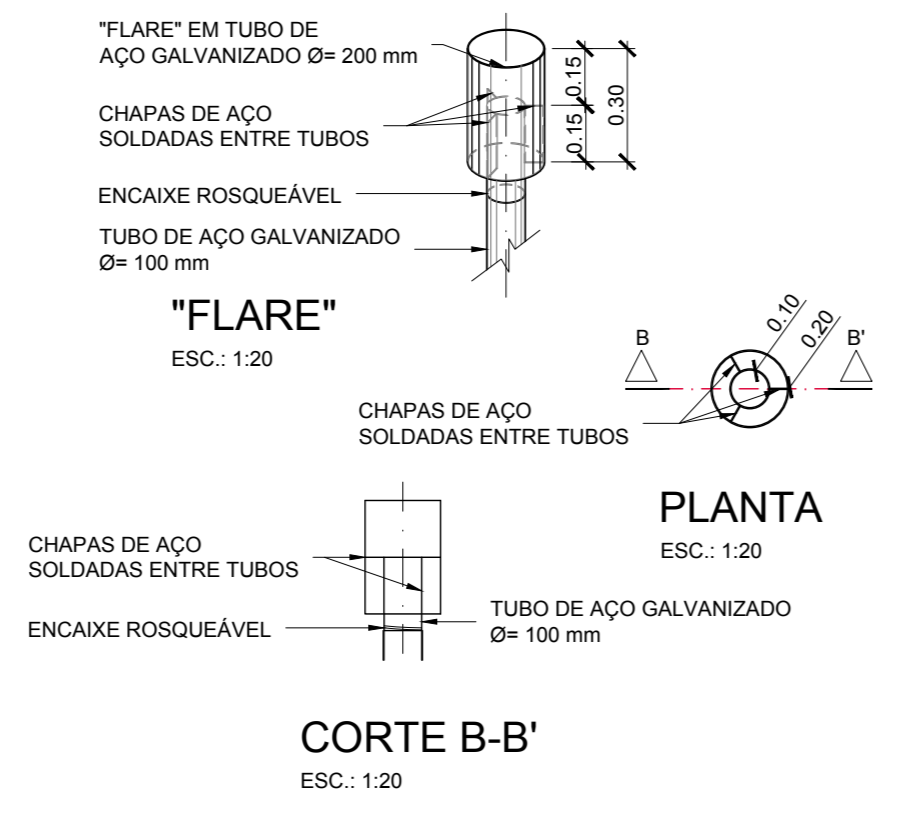
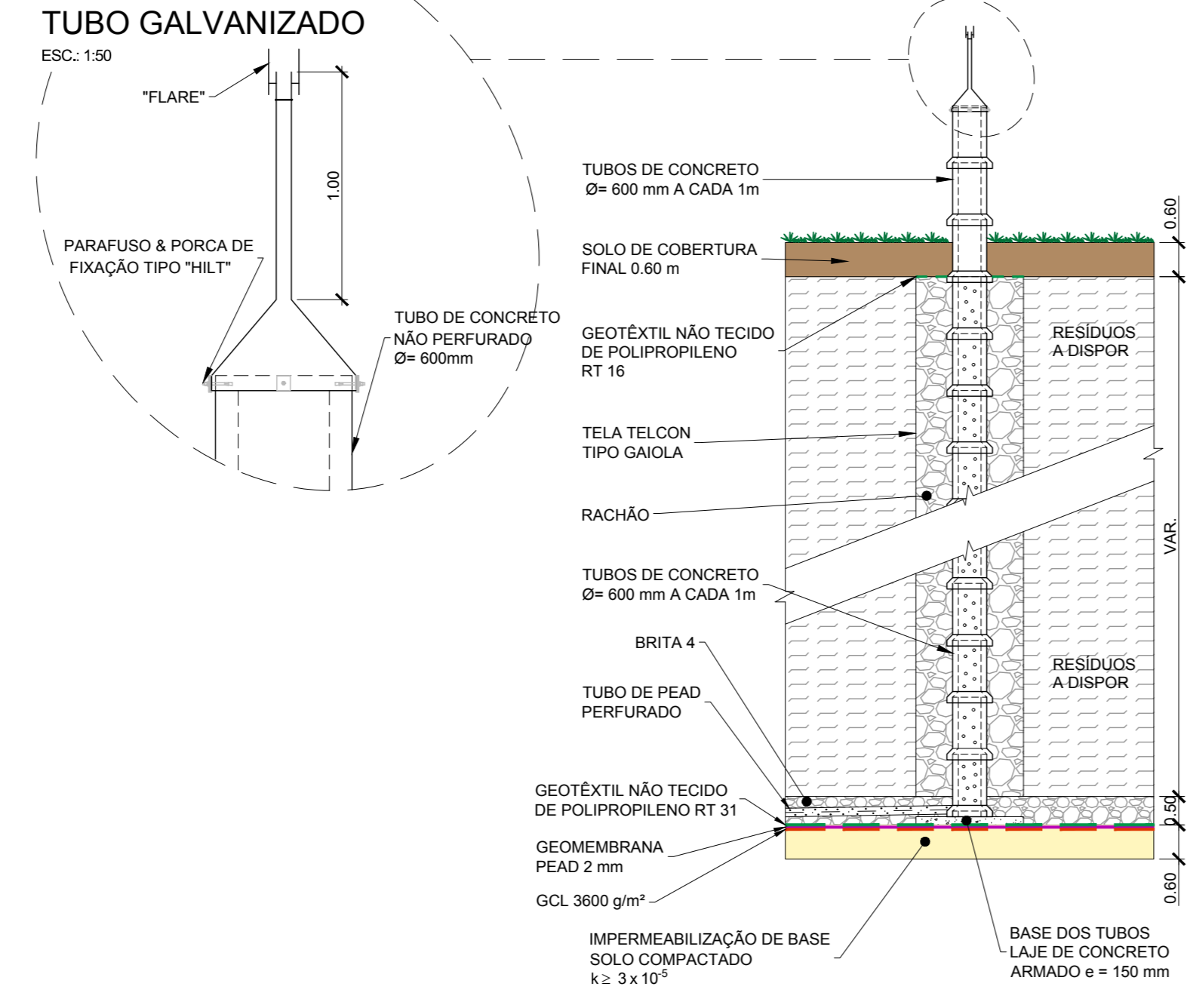
DRENAGEM DE BASE LIXIVIADOS
ESC: 1:20



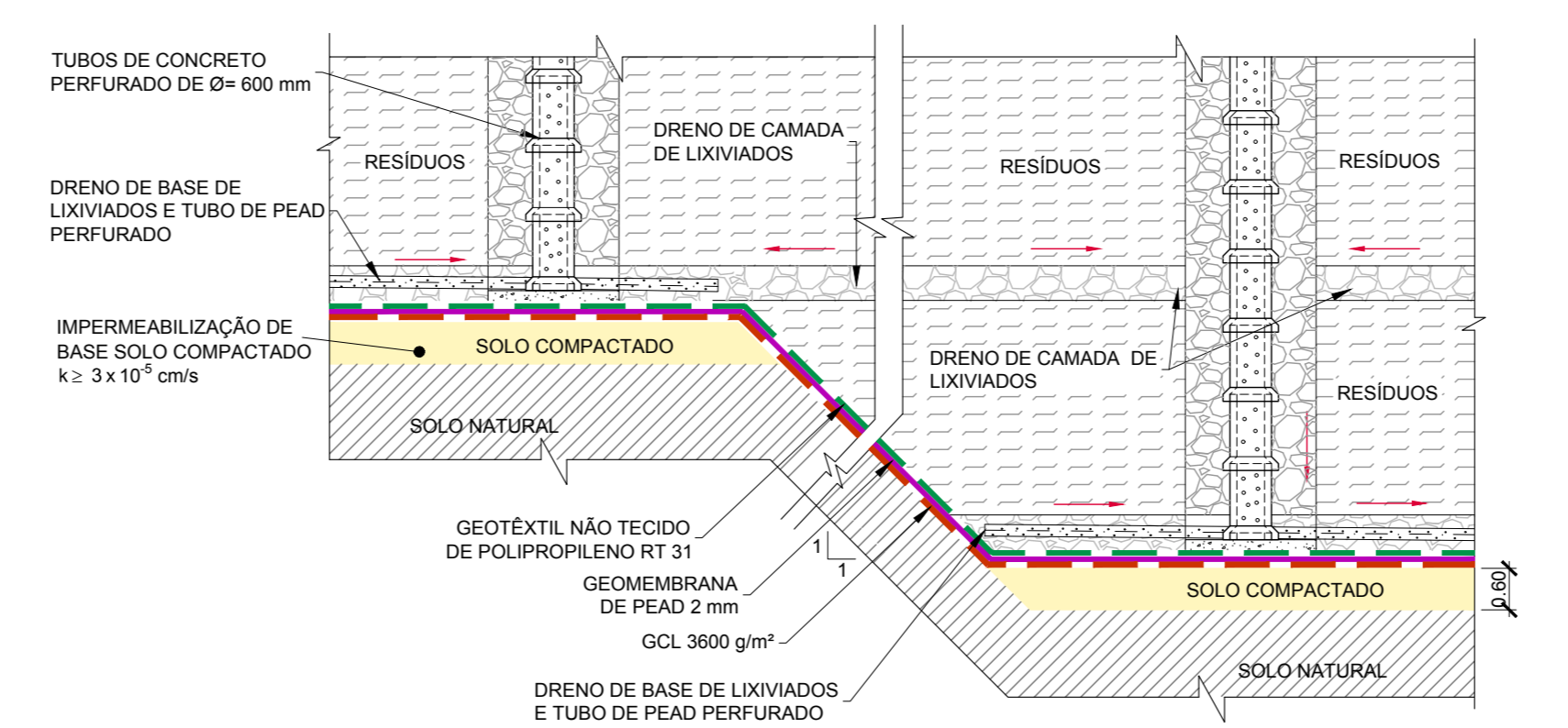
DIQUE DE SOLO
ESC: 1:75



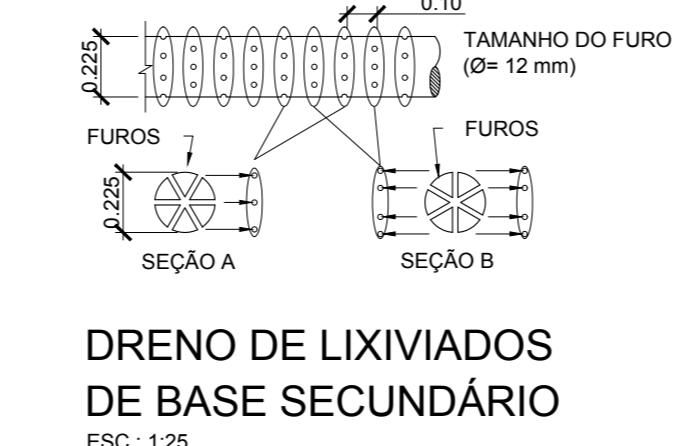
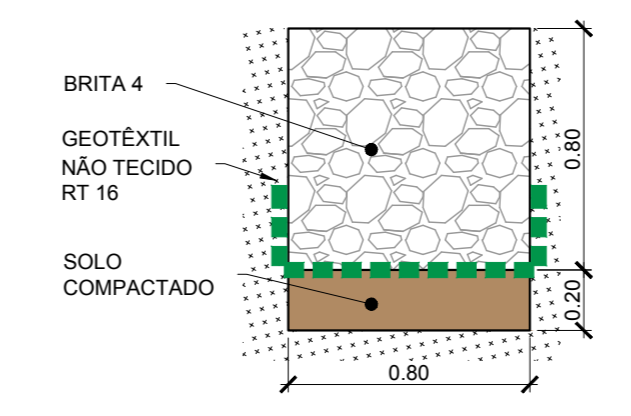
SEÇÃO TÍPICA DE BIOGÁS VERTICAL SOBRE SOLO NATURAL
ESC: 1:100



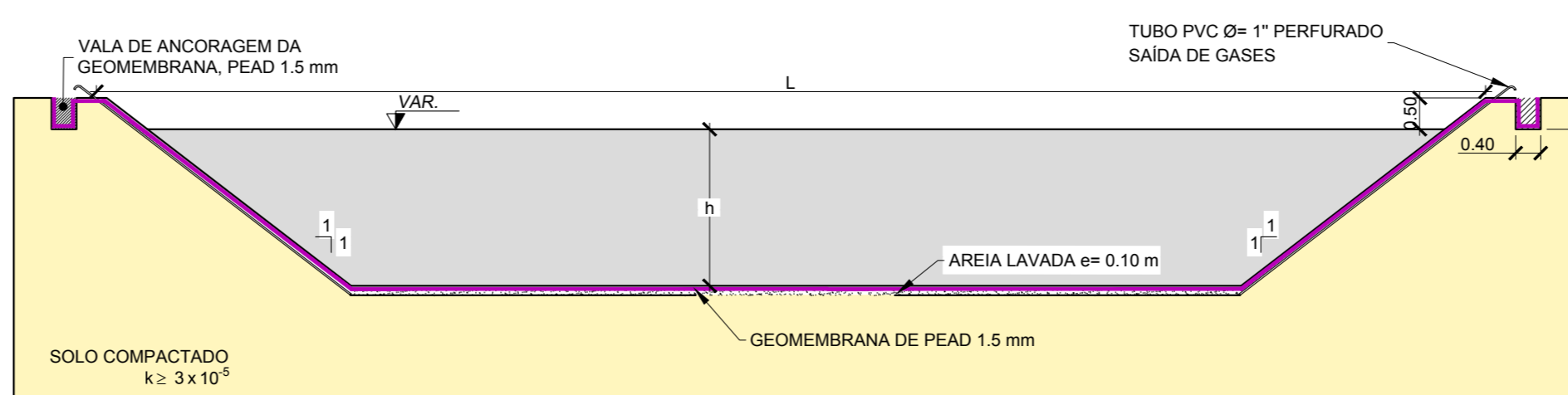
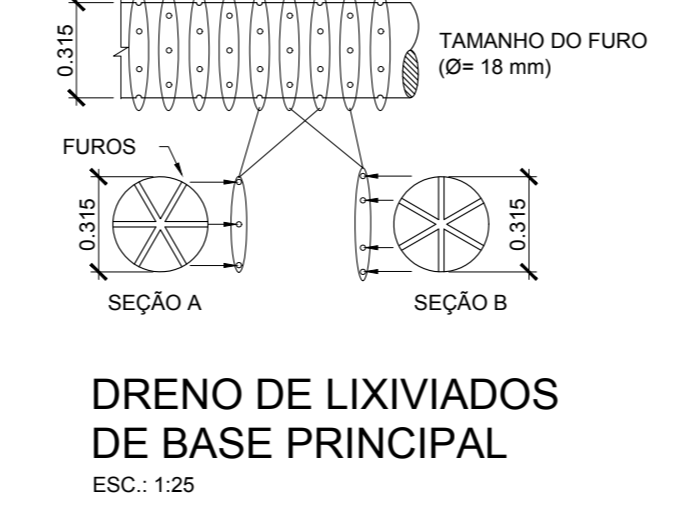
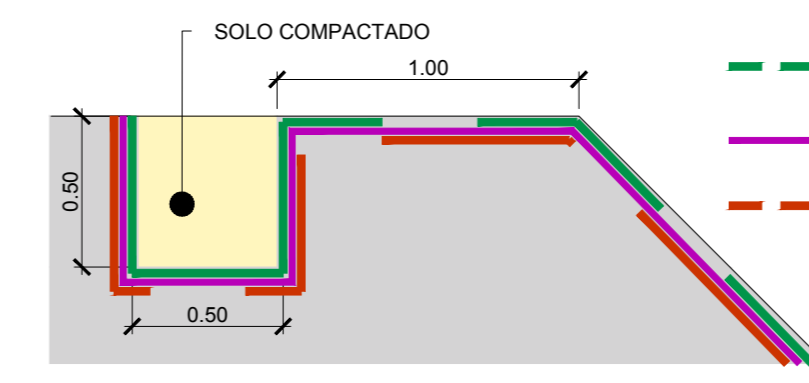
SEÇÃO TÍPICA - CONEXÃO ENTRE DRENOS DE LIXIVIADOS DE BASE E CAMADA
ESC: 1:100



DRENO DE LIXIVIADOS DE CAMADA
ESC: 1:25



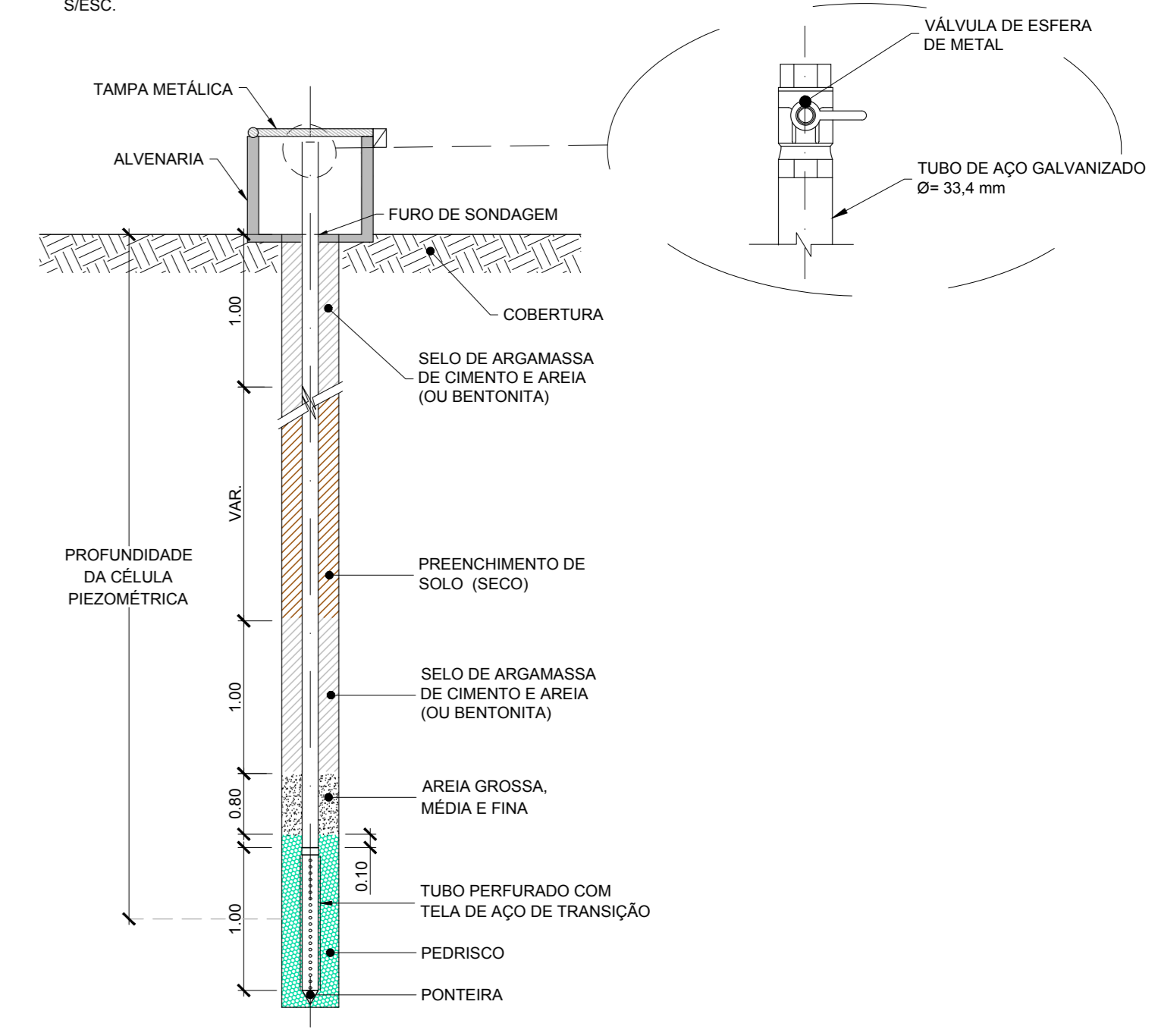
ANCORAGEM DOS GEOSINTÉTICOS
ESC: 1:25



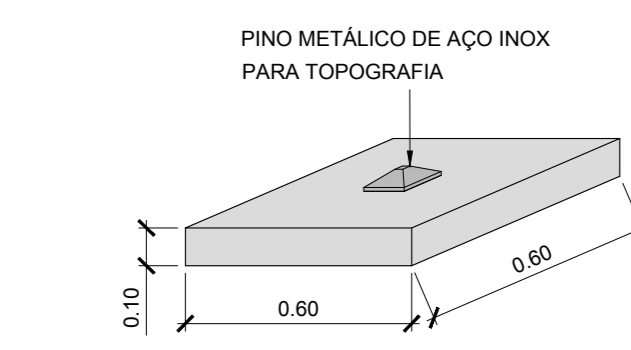
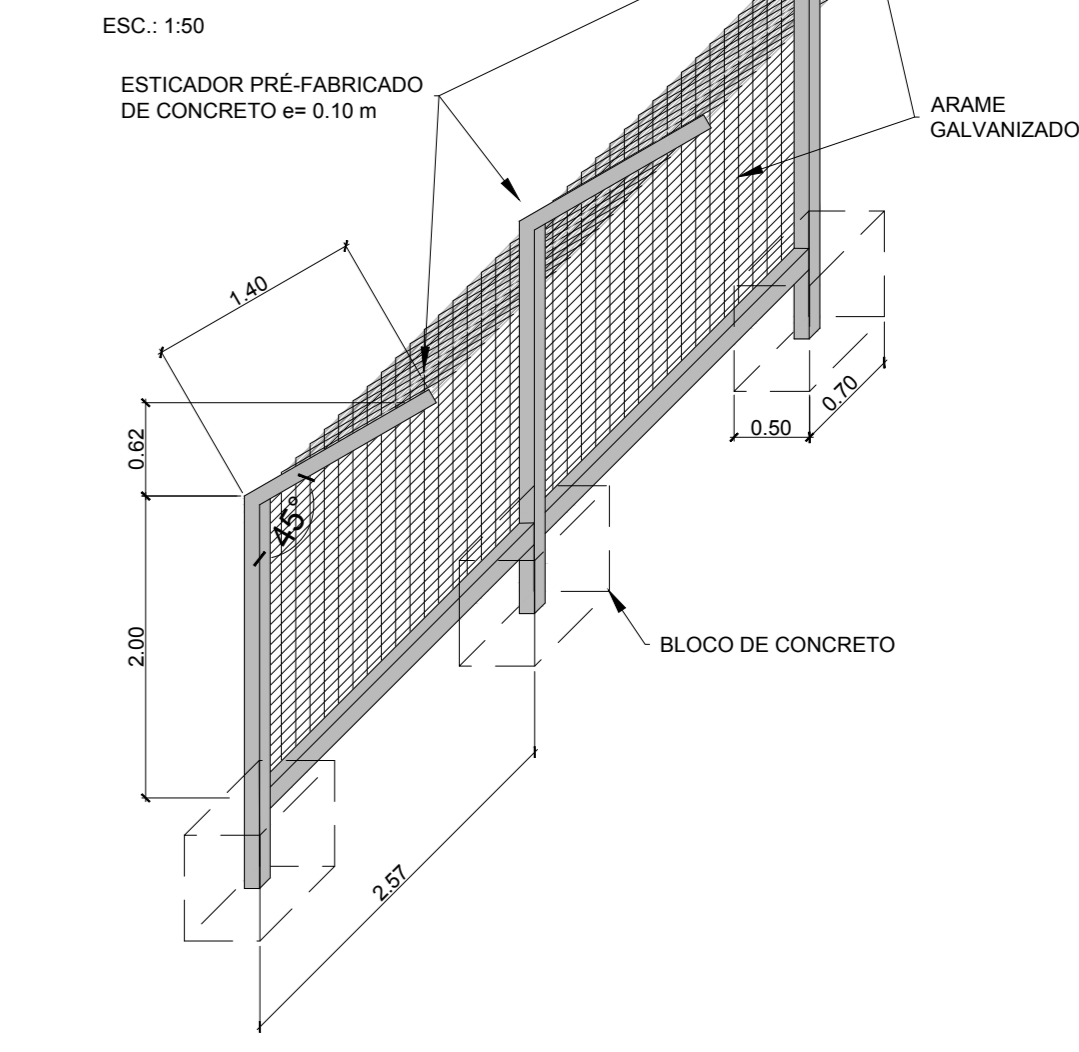
SEÇÃO DO RESERVATÓRIO DE LIXIVIADOS
ESC: 1:100

DIMENSÕES DOS RESERVATÓRIOS DE LIXIVIADOS				
Setor	Volume (m ³)	h (m)	L (m)	C (m)
Lagoo 1	2521,33	3,50	29,00	29,00

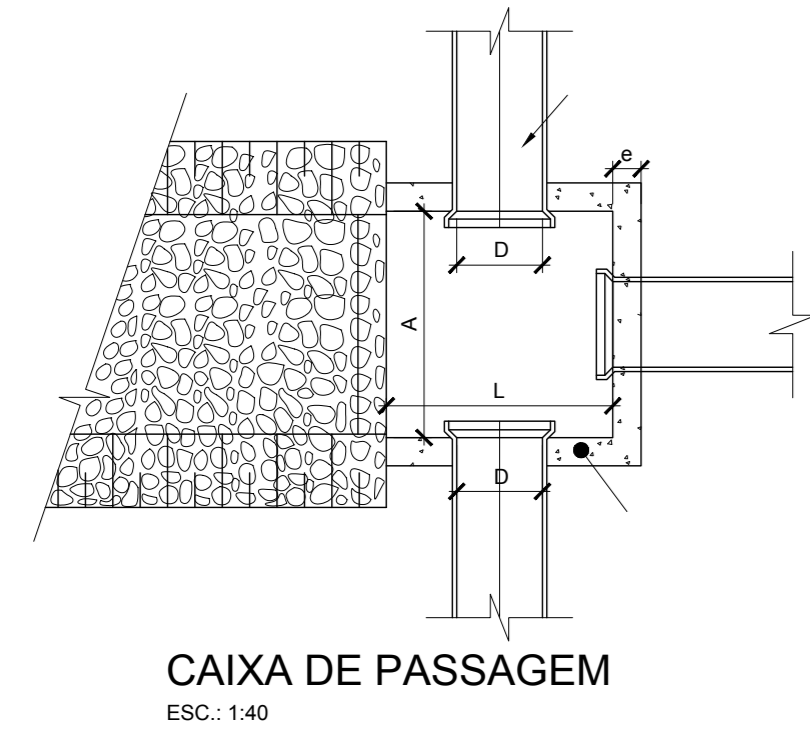
PIEZÔMETRO STAND PIPE - TIPO GEOTECH PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
S.E.S.C.



CERCA DE ARAME GALVANIZADO PARA DIVISÃO DO TERRENO
ESC: 1:50

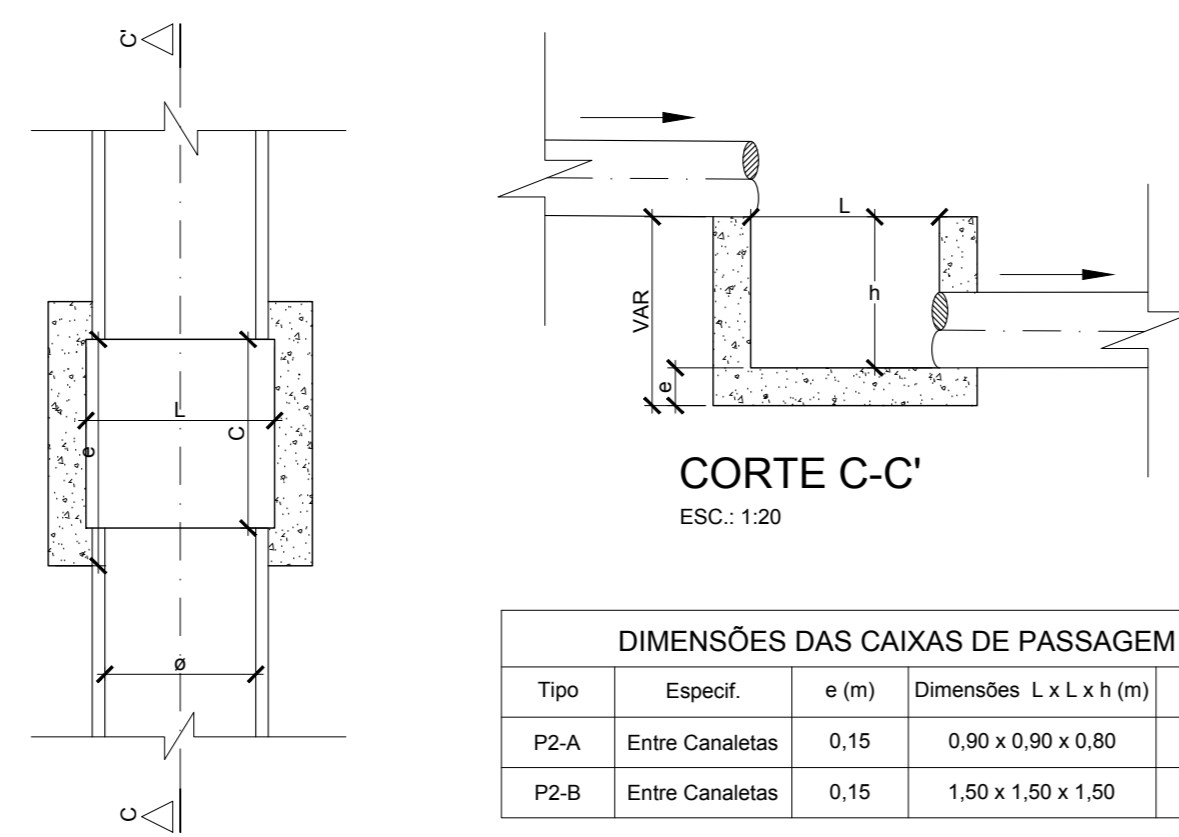


MARCO SUPERFICIAL
ESC: 1:20



CAIXA DE PASSAGEM
ESC: 1:40

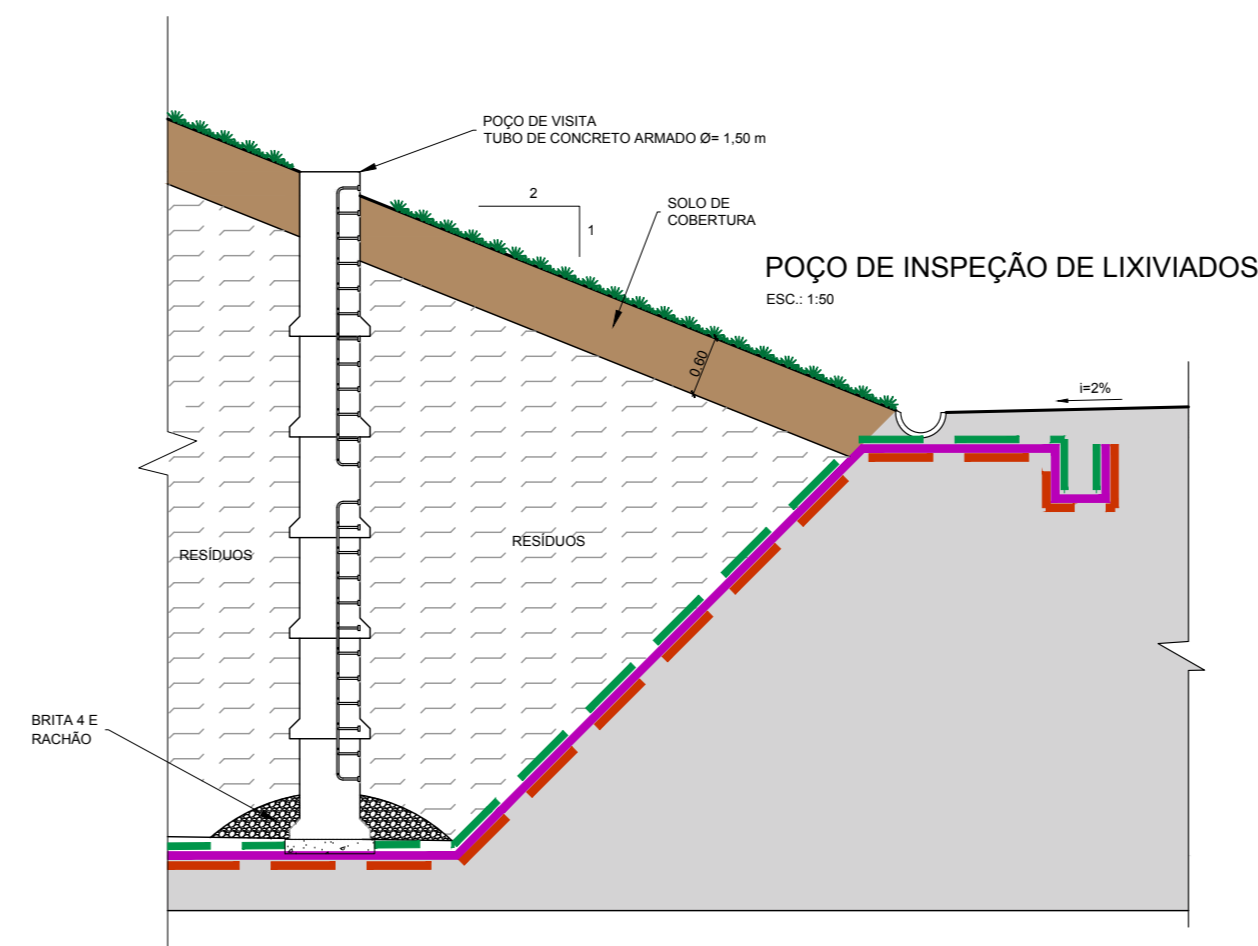
DIMENSÕES DAS CAIXAS DE PASSAGEM				
Tipo	Especif.	e (m)	Dimensões (m)	Canal
P1-A	Entre Escadas	0,15	2,90 x 1,25 x 1,70	1
P1-B			3,70 x 1,45 x 2,30	2
P1-C			3,70 x 1,75 x 2,50	3
P1-D			3,70 x 2,00 x 2,80	4
P1-E			3,70 x 2,10 x 3,00	5
P1-F			3,70 x 2,25 x 3,20	6
P1-G			3,70 x 2,40 x 3,40	7
P1-H			3,70 x 2,60 x 3,70	8



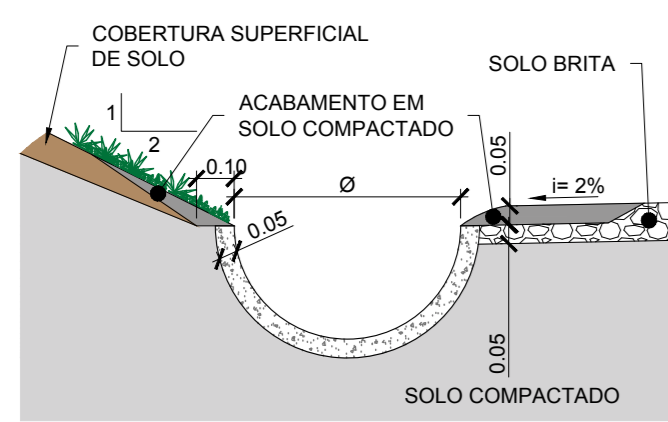
CORTE C-C'
ESC: 1:20

DIMENSÕES DAS CAIXAS DE PASSAGEM				
Tipo	Especif.	e (m)	Dimensões L x L x h (m)	Canal
P2-A	Entre Canaletas	0,15	0,90 x 0,90 x 0,80	0,40
P2-B	Entre Canaletas	0,15	1,50 x 1,50 x 1,50	1,00

CAIXA DE PASSAGEM DE MUDANÇA DE DIREÇÃO - P2
ESC: 1:20

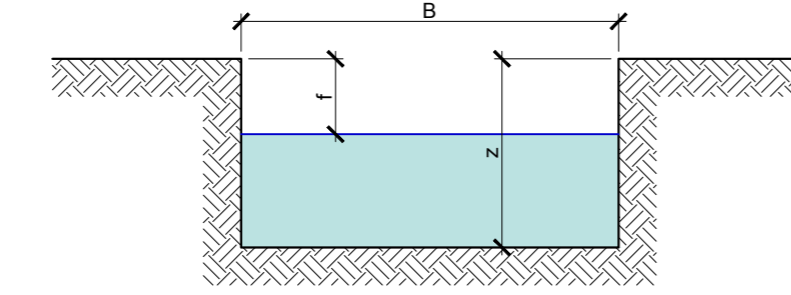


POÇO DE INSPEÇÃO DE LIXIVIADOS
ESC: 1:4



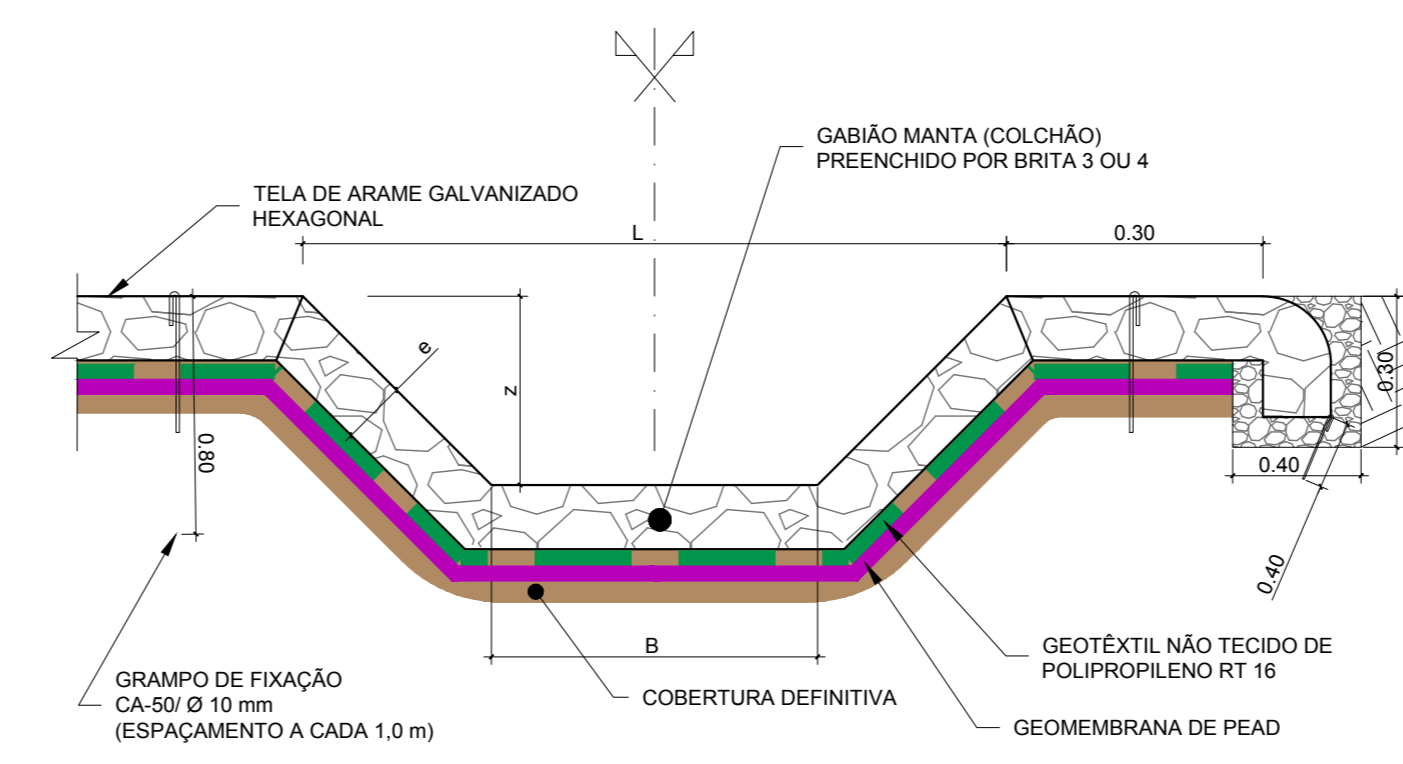
CANALETA DE PÉ DE TALUDE
ESC

DIMENSÕES DAS CANALETAS DE PÉ DE TALUDE		
Tipo	Q (m³/s)	Ø (m)
1	0,05	0,40
2	0,13	1,00



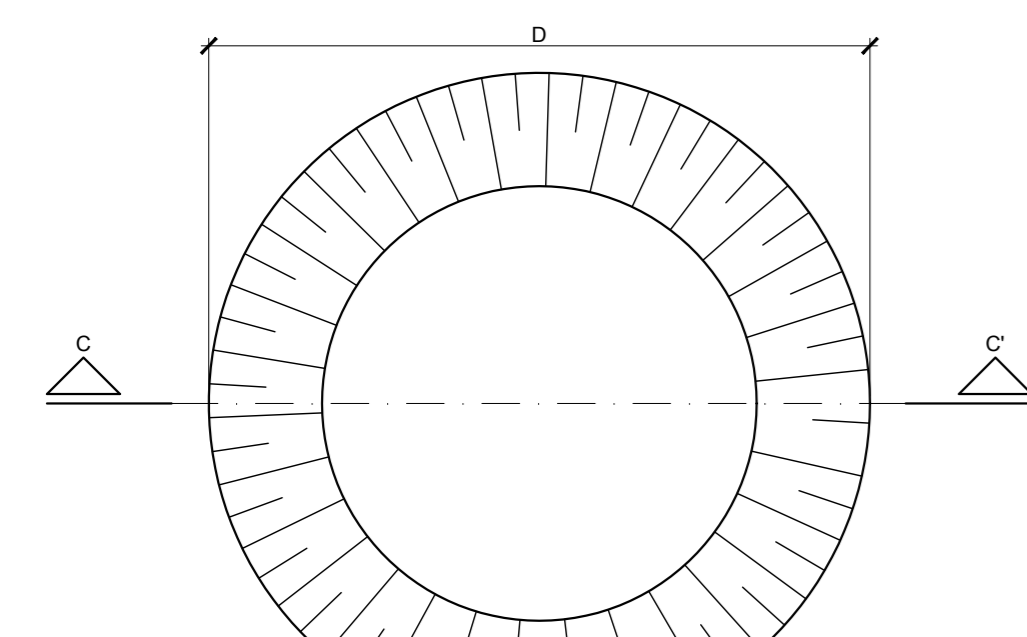
CANAL RETANGULAR DE CONCRETO
ESC: 1:20

PROPRIEDADES DOS CANAIS RETANGULARES			
TIPO	Q (m³/s)	z (m)	B (m)
CNL-1	0,78	0,75	0,75
CNL-2	1,62	0,95	0,95
CNL-3	3,63	1,25	1,25
CNL-4	6,14	1,50	1,50
CNL-5	7,38	1,60	1,60
CNL-6	9,51	1,75	1,75
CNL-7	11,99	1,90	1,90
CNL-8	15,87	2,10	2,10

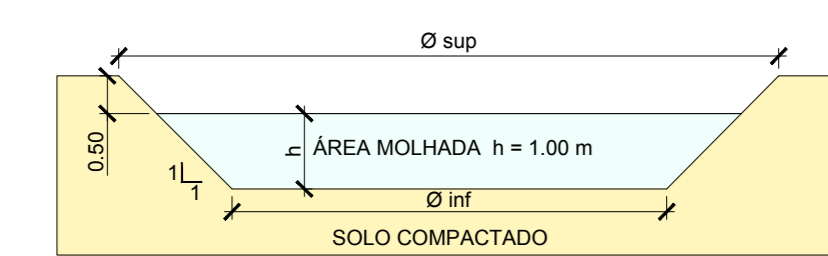


DIMENSÕES DAS DESCIDAS HIDRÁULICAS								
Tipo	Q (m³/s)	e (m)	TALUDE			BERMA		
			z (m)	B (m)	L (m)	z (m)	B (m)	L (m)
E1	0,12	0,17	0,30	0,70	1,90	0,30	1,20	2,40
E1	0,80	0,17	0,40	1,10	2,70	0,40	2,50	4,10

DESCIDA HIDRÁULICA EM GABIÃO MANTA (TALUDES E BERMAS)
ESC: 1:10

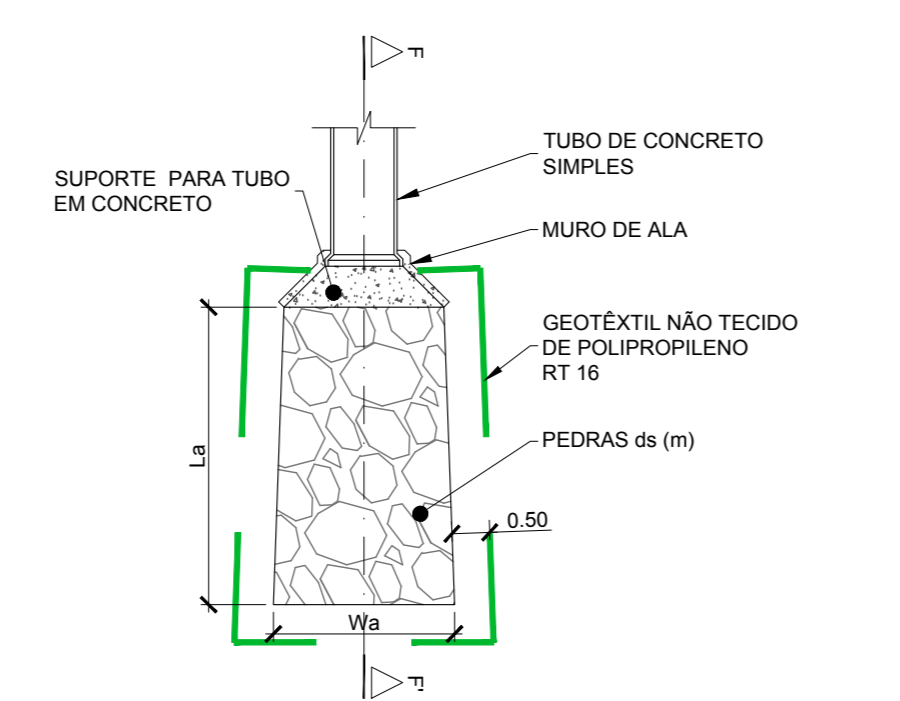


BACIA DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
ESC: 1:100

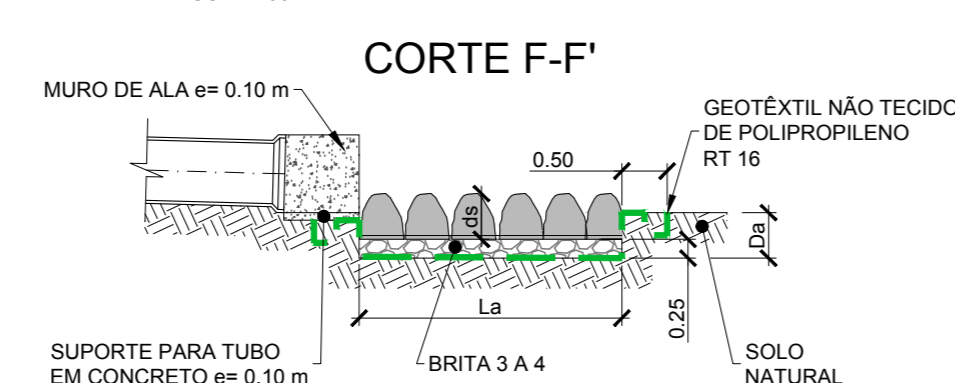


CORTE DA BACIA DE RETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

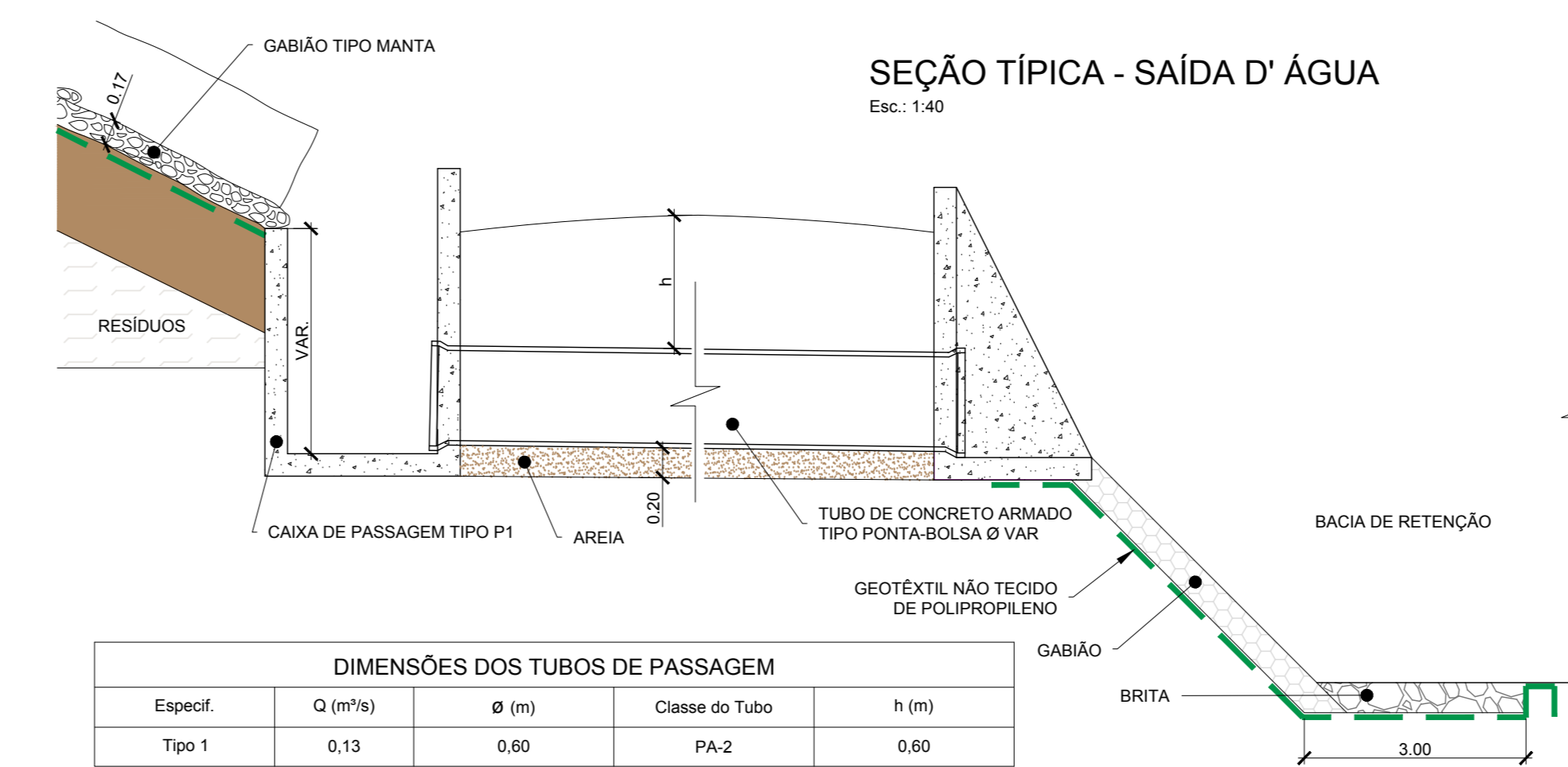
DIMENSÕES - BACIAS DE RETENÇÃO				
Tipo	Localização	h (m)	Ø sup (m)	Ø inf (m)
R1	Saída A e B	5,00	33,00	23,00



BACIA DE ENROCAMENTO
ESC: 1:100



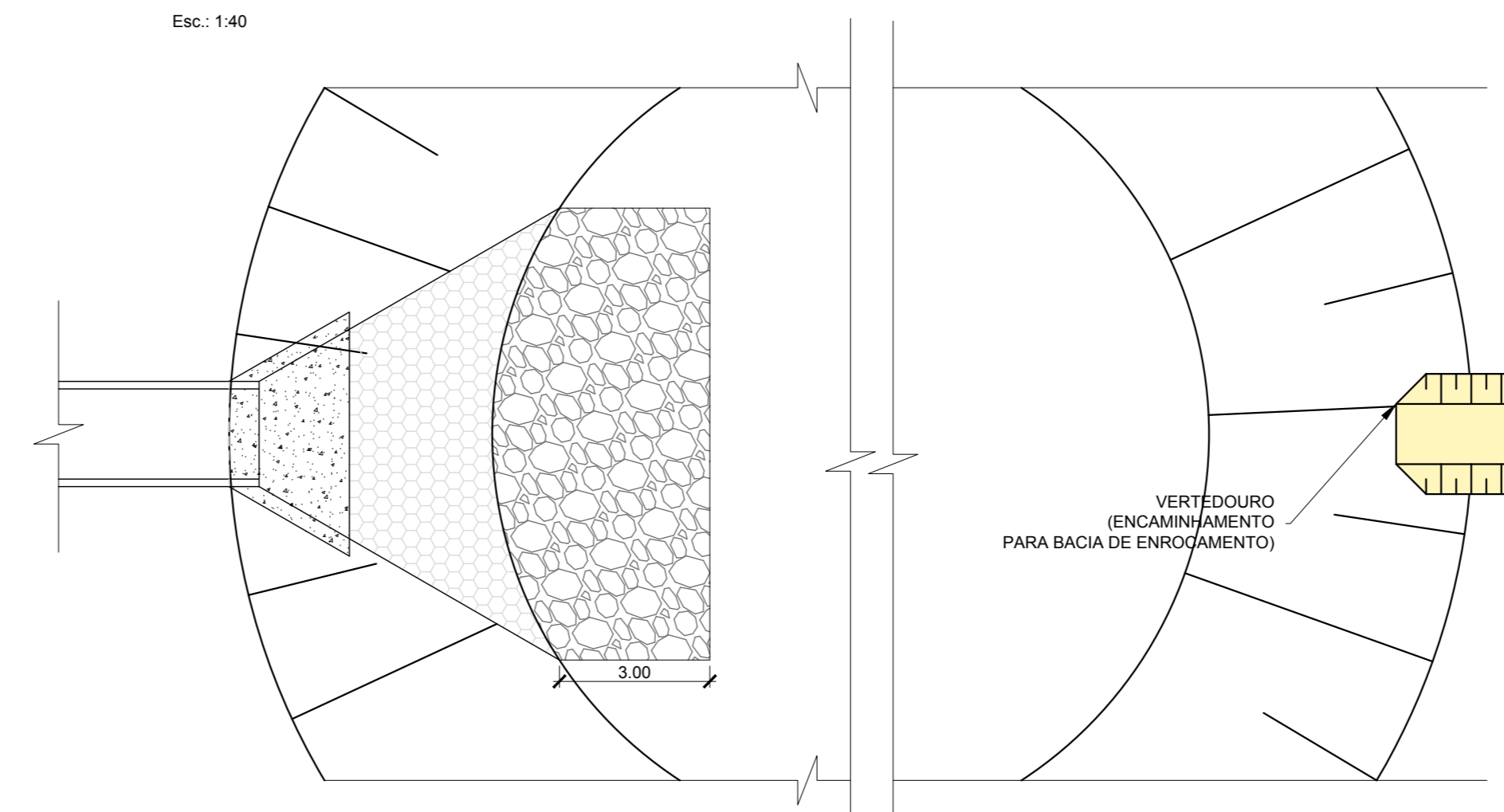
DIMENSÕES DAS BACIAS DE ENROCAMENTO				
Tipo	Wa (m)	La (m)	ds (m)	Ds(m)
B1	6,00	16,00	0,50	1,00



SEÇÃO TÍPICA - SAÍDA D'ÁGUA
ESC: 1:40

DIMENSÕES DOS TUBOS DE PASSAGEM			
Especif.	Q (m³/s)	Ø (m)	h (m)
Tipo 1	0,13	0,60	0,60

PLANTA - SAÍDA D'ÁGUA
ESC: 1:40



ANEXO II – Balanço Hídrico - HELP Model

♀

```

*****
*****
**
**
**
HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE
HELP MODEL VERSION 3.07 (1 NOVEMBER 1997)
DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY
USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION
FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY
**
**
**
*****
*****

```

```

PRECIPITATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D4
TEMPERATURE DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D7
SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D13
EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D11
SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D10
OUTPUT DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.OUT

```

TIME: 9:49 DATE: 2/3/2021

TITLE: CAMPO GRANDE OPERACIONAL

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

```

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
MATERIAL TEXTURE NUMBER 12
THICKNESS = 60.00 CM
POROSITY = 0.4710 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.3420 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.2100 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3124 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.419999997000E-04 CM/SEC

```

LAYER 2

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

60. OUT
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 19
 THICKNESS = 38280.00 CM
 POROSITY = 0.1680 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0730 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0190 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0730 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 3

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 21
 THICKNESS = 60.00 CM
 POROSITY = 0.3970 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0425 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
 SLOPE = 10.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 100.0 METERS

LAYER 4

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 26
 THICKNESS = 40.00 CM
 POROSITY = 0.4450 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3930 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2770 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4450 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.190000003000E-05 CM/SEC

LAYER 5

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 35
 THICKNESS = 0.20 CM
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
 FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML PLACEMENT QUALITY = 4 - POOR

LAYER 6

60. OUT

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 23
 THICKNESS = 150.00 CM
 POROSITY = 0.4610 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3600 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2030 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3599 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.900000032000E-05 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE #12 WITH BARE GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 10.% AND A SLOPE LENGTH OF 30. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 95.50
 FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 100.0 PERCENT
 AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 55.9900 HECTARES
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 60.0 CM
 INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 18.746 CM
 UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 28.260 CM
 LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 12.600 CM
 INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
 INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 2887.528 CM
 TOTAL INITIAL WATER = 2887.528 CM
 TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM CAMPO GRANDE MATO GROSSO DO SUL

STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 0
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 365
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 60.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 7.42 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 79.80 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 74.87 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 62.90 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.47 %

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC

231.9	174.0	151.5	60. OUT	116.5	96.6	37.7
41.0	31.4	73.9		147.9	206.5	224.9

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
24.6	24.5	24.2	22.6	20.8	19.4
20.3	21.4	22.5	24.2	24.3	22.8

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CAMPOGRANDE MS
AND STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	247.02	173.30	150.16	107.49	91.98	35.42
	40.99	33.53	77.43	147.04	214.41	199.84
STD. DEVIATIONS	161.78	119.45	106.97	69.22	51.38	14.05
	15.14	12.04	31.51	62.15	141.17	140.63
RUNOFF						
TOTALS	163.102	103.798	83.317	53.245	30.826	1.609
	2.008	1.217	12.724	53.932	137.302	128.969
STD. DEVIATIONS	129.120	91.693	78.688	45.528	28.131	2.829
	2.666	1.984	11.113	38.467	114.655	115.770
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	78.732	70.472	67.341	54.063	53.830	38.911
	39.198	33.159	60.912	91.020	81.535	69.186
STD. DEVIATIONS	32.215	27.536	28.908	23.318	18.296	16.745
	13.051	11.371	20.612	25.245	29.810	30.036
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	0.5184	0.6924	0.9322	0.7940	1.1088	1.5639
	0.5194	0.3045	0.2216	0.4375	0.6620	0.6086
STD. DEVIATIONS	1.2206	1.8004	2.9729	2.1205	2.7123	4.6649
	0.8067	0.3421	0.2083	1.4051	1.8697	1.6863

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5

60. OUT

TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6						
TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAI LY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4

AVERAGES	0.0033	0.0048	0.0059	0.0052	0.0070	0.0102
	0.0033	0.0019	0.0014	0.0027	0.0043	0.0038
STD. DEVIATIONS	0.0077	0.0125	0.0187	0.0138	0.0170	0.0303
	0.0051	0.0021	0.0014	0.0088	0.0121	0.0106

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	MM		CU. METERS	PERCENT
PRECI PI TATION	1518.60	(343.457)	850264.7	100.00
RUNOFF	772.048	(261.0205)	432269.84	50.839
EVAPOTRANSPI RATION	738.359	(95.1607)	413407.03	48.621
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	8.36337	(10.93851)	4682.651	0.55073
PERCOLATI ON/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.00006	(0.00000)	0.035	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	0.045	(0.058)		
PERCOLATI ON/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.00000	(0.00000)	0.000	0.00000
CHANGE IN WATER STORAGE	-0.169	(0.7300)	-94.73	-0.011

60. OUT

♀

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1 THROUGH 100	
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	423.90	237341.609
RUNOFF	391.318	219099.0160
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	4.00455	2242.14917
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000001	0.00038
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	7.803	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4	15.503	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.000000	0.00000
SNOW WATER	0.00	0.0000
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4117
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.2371

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

♀

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 100		
LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	17.5891	0.2932
2	2794.4397	0.0730
3	2.0145	0.0336
4	17.8000	0.4450
5	0.0000	0.0000
6	53.9922	0.3599

60. OUT

SNOW WATER

0.000

15. OUT

♀

 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **

HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE
 HELP MODEL VERSION 3.07 (1 NOVEMBER 1997)
 DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY
 USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION
 FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY

PRECIPITATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D4
 TEMPERATURE DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D7
 SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D13
 EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D11
 SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE.D10
 OUTPUT DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\15.OUT

TIME: 9:34 DATE: 2/3/2021

TITLE: CAMPO GRANDE OPERACIONAL

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE
 COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 12
 THICKNESS = 15.00 CM
 POROSITY = 0.4710 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3420 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2100 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2949 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.419999997000E-04 CM/SEC

LAYER 2

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

15. OUT
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 19
 THICKNESS = 38280.00 CM
 POROSITY = 0.1680 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0730 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0190 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0730 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.100000005000E-02 CM/SEC

LAYER 3

TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 21
 THICKNESS = 60.00 CM
 POROSITY = 0.3970 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0320 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0130 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0483 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.300000012000 CM/SEC
 SLOPE = 10.00 PERCENT
 DRAINAGE LENGTH = 100.0 METERS

LAYER 4

TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 26
 THICKNESS = 40.00 CM
 POROSITY = 0.4450 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3930 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2770 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.4450 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.190000003000E-05 CM/SEC

LAYER 5

TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 35
 THICKNESS = 0.20 CM
 POROSITY = 0.0000 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.0000 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.0000 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.0000 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.199999996000E-12 CM/SEC
 FML PINHOLE DENSITY = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML INSTALLATION DEFECTS = 0.00 HOLES/HECTARE
 FML PLACEMENT QUALITY = 4 - POOR

LAYER 6

15. OUT

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 23

THICKNESS = 150.00 CM
 POROSITY = 0.4610 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3600 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2030 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3599 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.900000032000E-05 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE #12 WITH BARE GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 10.% AND A SLOPE LENGTH OF 30. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 95.50
 FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 100.0 PERCENT
 AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 55.9900 HECTARES
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 15.0 CM
 INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 4.424 CM
 UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 7.065 CM
 LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 3.150 CM
 INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
 INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 2873.554 CM
 TOTAL INITIAL WATER = 2873.554 CM
 TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM CAMPO GRANDE MATO GROSSO DO SUL

STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES
 MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
 START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 0
 END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 365
 EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 15.0 CM
 AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 7.42 KPH
 AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 79.80 %
 AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 74.87 %
 AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 62.90 %
 AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.47 %

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC

231.9	174.0	151.5	15. OUT	116.5	96.6	37.7
41.0	31.4	73.9		147.9	206.5	224.9

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
24.6	24.5	24.2	22.6	20.8	19.4
20.3	21.4	22.5	24.2	24.3	22.8

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CAMPOGRANDE MS
AND STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	247.02	173.30	150.16	107.49	91.98	35.42
	40.99	33.53	77.43	147.04	214.41	199.84
STD. DEVIATIONS	161.78	119.45	106.97	69.22	51.38	14.05
	15.14	12.04	31.51	62.15	141.17	140.63
RUNOFF						
TOTALS	156.703	99.076	79.308	51.136	28.156	1.303
	1.644	0.972	10.425	46.694	132.045	125.621
STD. DEVIATIONS	123.863	87.908	74.807	44.265	25.014	2.308
	2.198	1.875	9.337	34.050	111.584	113.636
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	63.870	55.635	53.573	42.461	45.910	32.915
	36.158	31.470	58.731	82.052	65.356	53.040
STD. DEVIATIONS	30.612	25.681	26.176	21.075	18.240	14.170
	13.025	11.676	20.059	24.926	26.700	27.258
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	23.2175	20.9004	19.9325	14.3432	16.0863	6.2115
	2.2674	1.8813	6.0210	16.9357	18.5002	18.1704
STD. DEVIATIONS	15.1830	14.5318	15.8383	10.0389	13.3194	8.1103
	2.1443	2.0963	6.3077	13.6521	12.7091	11.8767

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5						
TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6						
TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4						
AVERAGES	0.1459	0.1438	0.1253	0.0932	0.1011	0.0403
	0.0143	0.0118	0.0391	0.1064	0.1202	0.1142
STD. DEVIATIONS	0.0954	0.0993	0.0995	0.0652	0.0837	0.0527
	0.0135	0.0132	0.0410	0.0858	0.0825	0.0746

AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1518.60 (343.457)	850264.7	100.00
RUNOFF	733.084 (252.6186)	410453.62	48.274
EVAPOTRANSPIRATION	621.170 (83.4875)	347792.84	40.904
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	164.46736 (41.05260)	92085.281	10.83019
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.00007 (0.00000)	0.041	0.00000
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	0.880 (0.219)		
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.00000 (0.00000)	0.000	0.00000
CHANGE IN WATER STORAGE	-0.120 (0.6831)	-67.03	-0.008

15. OUT

♀

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1 THROUGH	100
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	423.90	237341.609
RUNOFF	389.998	218359.8280
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	5.61100	3141.60083
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000001	0.00053
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	10.933	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4	21.605	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.2 METERS	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.000000	0.00000
SNOW WATER	0.00	0.0000
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4424
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.2100

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

♀

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 100		
LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	3.4936	0.2329
2	2794.4397	0.0730
3	2.6310	0.0439
4	17.8000	0.4450
5	0.0000	0.0000

	15. OUT	
6	53.9923	0.3599
SNOW WATER	0.000	

♀

 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **
 **

HYDROLOGIC EVALUATION OF LANDFILL PERFORMANCE
 HELP MODEL VERSION 3.07 (1 NOVEMBER 1997)
 DEVELOPED BY ENVIRONMENTAL LABORATORY
 USAE WATERWAYS EXPERIMENT STATION
 FOR USEPA RISK REDUCTION ENGINEERING LABORATORY

PRECIPITATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. D4
 TEMPERATURE DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. D7
 SOLAR RADIATION DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. D13
 EVAPOTRANSPIRATION DATA: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. D11
 SOIL AND DESIGN DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. D10
 OUTPUT DATA FILE: C:\USERS\GEOTECH\DOCUME~1\HELP\ERE. OUT

TIME: 9:37 DATE: 2/ 3/2021

 TITLE: CAMPO GRANDE OPERACIONAL

NOTE: INITIAL MOISTURE CONTENT OF THE LAYERS AND SNOW WATER WERE
 COMPUTED AS NEARLY STEADY-STATE VALUES BY THE PROGRAM.

LAYER 1

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER
 MATERIAL TEXTURE NUMBER 12
 THICKNESS = 0.01 CM
 POROSITY = 0.4710 VOL/VOL
 FIELD CAPACITY = 0.3420 VOL/VOL
 WILTING POINT = 0.2100 VOL/VOL
 INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.2100 VOL/VOL
 EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.419999997000E-04 CM/SEC

LAYER 2

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

OO. OUT

	MATERIAL TEXTURE NUMBER	19	
THICKNESS	=	38280.00	CM
POROSITY	=	0.1680	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0730	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0190	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0730	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.100000005000E-02	CM/SEC

LAYER 3

	TYPE 2 - LATERAL DRAINAGE LAYER		
	MATERIAL TEXTURE NUMBER	21	
THICKNESS	=	60.00	CM
POROSITY	=	0.3970	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0320	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0130	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0670	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.300000012000	CM/SEC
SLOPE	=	10.00	PERCENT
DRAINAGE LENGTH	=	100.0	METERS

LAYER 4

	TYPE 3 - BARRIER SOIL LINER		
	MATERIAL TEXTURE NUMBER	26	
THICKNESS	=	40.00	CM
POROSITY	=	0.4450	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.3930	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.2770	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.4450	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.190000003000E-05	CM/SEC

LAYER 5

	TYPE 4 - FLEXIBLE MEMBRANE LINER		
	MATERIAL TEXTURE NUMBER	35	
THICKNESS	=	0.20	CM
POROSITY	=	0.0000	VOL/VOL
FIELD CAPACITY	=	0.0000	VOL/VOL
WILTING POINT	=	0.0000	VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT	=	0.0000	VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND.	=	0.199999996000E-12	CM/SEC
FML PINHOLE DENSITY	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML INSTALLATION DEFECTS	=	0.00	HOLES/HECTARE
FML PLACEMENT QUALITY	=	4	- POOR

LAYER 6

00. OUT

TYPE 1 - VERTICAL PERCOLATION LAYER

MATERIAL TEXTURE NUMBER 23

THICKNESS = 150.00 CM
POROSITY = 0.4610 VOL/VOL
FIELD CAPACITY = 0.3600 VOL/VOL
WILTING POINT = 0.2030 VOL/VOL
INITIAL SOIL WATER CONTENT = 0.3599 VOL/VOL
EFFECTIVE SAT. HYD. COND. = 0.900000032000E-05 CM/SEC

GENERAL DESIGN AND EVAPORATIVE ZONE DATA

NOTE: SCS RUNOFF CURVE NUMBER WAS COMPUTED FROM DEFAULT SOIL DATA BASE USING SOIL TEXTURE #12 WITH BARE GROUND CONDITIONS, A SURFACE SLOPE OF 10.% AND A SLOPE LENGTH OF 30. METERS.

SCS RUNOFF CURVE NUMBER = 95.50
FRACTION OF AREA ALLOWING RUNOFF = 100.0 PERCENT
AREA PROJECTED ON HORIZONTAL PLANE = 55.9900 HECTARES
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 0.0 CM
INITIAL WATER IN EVAPORATIVE ZONE = 0.002 CM
UPPER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 0.005 CM
LOWER LIMIT OF EVAPORATIVE STORAGE = 0.002 CM
INITIAL SNOW WATER = 0.000 CM
INITIAL WATER IN LAYER MATERIALS = 2871.147 CM
TOTAL INITIAL WATER = 2871.147 CM
TOTAL SUBSURFACE INFLOW = 0.00 MM/YR

EVAPOTRANSPIRATION AND WEATHER DATA

NOTE: EVAPOTRANSPIRATION DATA WAS OBTAINED FROM CAMPO GRANDE MATO GROSSO DO SUL

STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES
MAXIMUM LEAF AREA INDEX = 0.00
START OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 0
END OF GROWING SEASON (JULIAN DATE) = 365
EVAPORATIVE ZONE DEPTH = 0.0 CM
AVERAGE ANNUAL WIND SPEED = 7.42 KPH
AVERAGE 1ST QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 79.80 %
AVERAGE 2ND QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 74.87 %
AVERAGE 3RD QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 62.90 %
AVERAGE 4TH QUARTER RELATIVE HUMIDITY = 73.47 %

NOTE: PRECIPITATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY PRECIPITATION (MM)

JAN/JUL FEB/AUG MAR/SEP APR/OCT MAY/NOV JUN/DEC

231.9	174.0	151.5	00. OUT	96.6	37.7
41.0	31.4	73.9	116.5	206.5	224.9
			147.9		

NOTE: TEMPERATURE DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR MIAMI FLORIDA

NORMAL MEAN MONTHLY TEMPERATURE (DEGREES CELSIUS)

JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
24.6	24.5	24.2	22.6	20.8	19.4
20.3	21.4	22.5	24.2	24.3	22.8

NOTE: SOLAR RADIATION DATA WAS SYNTHETICALLY GENERATED USING
COEFFICIENTS FOR CAMPOGRANDE MS
AND STATION LATITUDE = -20.44 DEGREES

AVERAGE MONTHLY VALUES (MM) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	JAN/JUL	FEB/AUG	MAR/SEP	APR/OCT	MAY/NOV	JUN/DEC
PRECIPITATION						
TOTALS	247.02	173.30	150.16	107.49	91.98	35.42
	40.99	33.53	77.43	147.04	214.41	199.84
STD. DEVIATIONS	161.78	119.45	106.97	69.22	51.38	14.05
	15.14	12.04	31.51	62.15	141.17	140.63
RUNOFF						
TOTALS	162.607	104.977	84.178	54.719	32.701	1.657
	2.039	1.214	13.067	55.769	139.419	131.865
STD. DEVIATIONS	127.308	91.621	80.142	47.527	27.732	2.944
	2.828	2.269	11.620	39.708	116.067	115.951
EVAPOTRANSPIRATION						
TOTALS	0.320	0.302	0.303	0.277	0.484	0.714
	0.763	0.750	0.836	0.751	0.351	0.286
STD. DEVIATIONS	0.139	0.132	0.130	0.131	0.175	0.161
	0.188	0.162	0.194	0.188	0.139	0.125
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3						
TOTALS	73.6970	72.5500	72.5835	57.3070	56.5974	43.0119
	36.5105	33.0372	51.6960	76.5477	82.8230	72.0385
STD. DEVIATIONS	30.7935	27.3712	32.4485	29.8645	22.8036	20.5092
	10.8060	11.3111	15.7186	17.6152	27.3179	31.6398

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5		OO. OUT				
TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6						
TOTALS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

STD. DEVIATIONS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

 AVERAGES OF MONTHLY AVERAGED DAILY HEADS (CM)

DAILY AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4						
AVERAGES	0.4632	0.5000	0.4562	0.3722	0.3557	0.2794
	0.2295	0.2076	0.3358	0.4811	0.5379	0.4528
STD. DEVIATIONS	0.1935	0.1882	0.2039	0.1940	0.1433	0.1332
	0.0679	0.0711	0.1021	0.1107	0.1774	0.1989

 AVERAGE ANNUAL TOTALS & (STD. DEVIATIONS) FOR YEARS 1 THROUGH 100

	MM	CU. METERS	PERCENT
PRECIPITATION	1518.60 (343.457)	850264.7	100.00
RUNOFF	784.213 (265.4092)	439080.69	51.640
EVAPOTRANSPIRATION	6.138 (0.5853)	3436.87	0.404
LATERAL DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	728.39935 (93.73495)	407830.812	47.96516
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.00014 (0.00001)	0.078	0.00001
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	3.893 (0.502)		
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.00000 (0.00000)	0.000	0.00000
CHANGE IN WATER STORAGE	-0.150 (1.0520)	-83.75	-0.010

00. OUT

♀

PEAK DAILY VALUES FOR YEARS	1 THROUGH	100
	(MM)	(CU. METERS)
PRECIPITATION	423.90	237341.609
RUNOFF	389.998	218359.8280
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 3	5.64248	3159.22656
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 5	0.000001	0.00053
AVERAGE HEAD ON TOP OF LAYER 4	10.994	
MAXIMUM HEAD ON TOP OF LAYER 4	21.764	
LOCATION OF MAXIMUM HEAD IN LAYER 3 (DISTANCE FROM DRAIN)	0.0 METERS	
PERCOLATION/LEAKAGE THROUGH LAYER 6	0.000000	0.00000
SNOW WATER	0.00	0.0000
MAXIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.4710
MINIMUM VEG. SOIL WATER (VOL/VOL)		0.2100

*** Maximum heads are computed using McEnroe's equations. ***

Reference: Maximum Saturated Depth over Landfill Liner
by Bruce M. McEnroe, University of Kansas
ASCE Journal of Environmental Engineering
Vol. 119, No. 2, March 1993, pp. 262-270.

♀

FINAL WATER STORAGE AT END OF YEAR 100		
LAYER	(CM)	(VOL/VOL)
1	0.0021	0.2100
2	2794.4397	0.0730
3	3.4164	0.0569
4	17.8000	0.4450
5	0.0000	0.0000

	00. OUT	
6	53.9930	0.3600
SNOW WATER	0.000	

ANEXO III – Memorial de Cálculo de Estabilidade

Project Summary

File Name: Seção R
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 09/02/2021, 15:47:17

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m\alpha < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None




Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Resíduos a dispor	Solo compactado	Solo residual
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	9.7	19	20
Cohesion [kPa]	13	20	18
Friction Angle [deg]	26.6	30	36
Water Surface	None	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1
Ru Value	0.2		

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.650650
 Center: 276.231, 924.985
 Radius: 411.787
 Left Slip Surface Endpoint: 31.924, 593.500
 Right Slip Surface Endpoint: 308.947, 514.500
 Resisting Moment=1.03167e+007 kN-m
 Driving Moment=6.25009e+006 kN-m
 Total Slice Area=5709.27 m2

Method: janbu simplified

FS: 1.581280
 Center: 244.610, 801.490
 Radius: 290.708
 Left Slip Surface Endpoint: 41.506, 593.500
 Right Slip Surface Endpoint: 302.949, 516.696
 Resisting Horizontal Force=26236.1 kN
 Driving Horizontal Force=16591.7 kN
 Total Slice Area=6480.14 m2

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.65065

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	11.4998	455.963	Resíduos a dispor	13	26.6	14.4001	23.7696	29.4362	7.92991	21.5063
2	11.4998	1308.25	Resíduos a dispor	13	26.6	29.5692	48.8084	94.2602	22.7526	71.5076
3	11.4998	1727.16	Resíduos a dispor	13	26.6	37.3753	61.6935	127.277	30.038	97.239
4	11.4998	2140.35	Resíduos a dispor	13	26.6	45.2345	74.6663	160.369	37.2242	123.145
5	11.4998	2452.71	Resíduos a dispor	13	26.6	51.4066	84.8543	186.146	42.6566	143.49
6	11.4998	2685.44	Resíduos a dispor	13	26.6	56.2192	92.7983	206.058	46.7041	159.354

7	11.4998	2918.82	Resíduos a dispor	13	26.6	61.1166	100.882	226.259	50.763	175.496
8	11.4998	3109.89	Resíduos a dispor	13	26.6	65.2926	107.775	243.348	54.0859	189.262
9	11.4998	3200.2	Resíduos a dispor	13	26.6	67.6188	111.615	252.586	55.6565	196.93
10	11.4998	3270.6	Resíduos a dispor	13	26.6	69.5865	114.863	260.297	56.8809	203.416
11	11.4998	3350.24	Resíduos a dispor	13	26.6	71.7493	118.433	268.81	58.2659	210.544
12	11.4998	3318.29	Resíduos a dispor	13	26.6	71.7632	118.456	268.301	57.7103	210.591
13	11.4998	3248	Resíduos a dispor	13	26.6	71.0102	117.213	264.596	56.4879	208.109
14	11.4998	3208.41	Resíduos a dispor	13	26.6	70.8375	116.928	263.339	55.7994	207.54
15	11.4998	3073.4	Resíduos a dispor	13	26.6	68.7475	113.478	254.101	53.4513	200.65
16	11.4998	2880.3	Resíduos a dispor	13	26.6	65.4436	108.024	239.853	50.0931	189.759
17	11.4998	2709.74	Resíduos a dispor	13	26.6	62.5332	103.22	227.293	47.1267	180.166
18	11.4998	2487.29	Resíduos a dispor	13	26.6	58.5066	96.5739	210.151	43.2578	166.893
19	11.4998	2183.37	Resíduos a dispor	13	26.6	52.7277	87.035	185.816	37.9722	147.844
20	11.4998	1875.03	Resíduos a dispor	13	26.6	46.757	77.1795	160.773	32.6097	128.164
21	11.4998	1570.03	Resíduos a dispor	13	26.6	40.7539	67.2705	135.681	27.3053	108.375
22	11.4998	1160.76	Resíduos a dispor	13	26.6	32.4432	53.5523	101.169	20.1875	80.9811
23	11.4998	724.953	Resíduos a dispor	13	26.6	23.4243	38.6653	63.8604	12.6081	51.2523
24	11.4998	320.307	Resíduos a dispor	13	26.6	14.9207	24.6288	28.7929	5.57065	23.2223
25	1.02791	0.770851	Solo compactado	20	30	12.7271	21.008	1.74595	0	1.74595

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.58128

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	10.4577	492.168	Resíduos a dispor	13	26.6	15.5647	24.6122	32.6015	9.41252	23.189
2	10.4577	1173.85	Resíduos a dispor	13	26.6	28.9323	45.7501	87.8497	22.4494	65.4003
3	10.4577	1727.1	Resíduos a dispor	13	26.6	40.277	63.6892	134.254	33.0301	101.224
4	10.4577	2138.79	Resíduos a dispor	13	26.6	49.16	77.7357	170.178	40.9036	129.274
5	10.4577	2570.05	Resíduos a dispor	13	26.6	58.6661	92.7676	208.443	49.1512	159.292
6	10.4577	2880.83	Resíduos a dispor	13	26.6	65.9339	104.26	237.337	55.0947	182.242
7	10.4577	3112.36	Resíduos a dispor	13	26.6	71.7033	113.383	259.982	59.5227	200.46

8	10.4577	3375.66	Resíduos a dispor	13	26.6	78.2404	123.72	285.661	64.5581	221.103
9	10.4577	3498.31	Resíduos a dispor	13	26.6	81.8938	129.497	299.544	66.9038	232.64
10	10.4577	3597.04	Resíduos a dispor	13	26.6	85.0722	134.523	311.469	68.792	242.677
11	10.4577	3700.02	Resíduos a dispor	13	26.6	88.3765	139.748	323.871	70.7613	253.11
12	10.4577	3670.67	Resíduos a dispor	13	26.6	88.7901	140.402	324.615	70.2002	254.415
13	10.4577	3667.16	Resíduos a dispor	13	26.6	89.7564	141.93	327.599	70.133	257.466
14	10.4577	3607.99	Resíduos a dispor	13	26.6	89.4535	141.451	325.512	69.0014	256.511
15	10.4577	3455.26	Resíduos a dispor	13	26.6	86.9745	137.531	314.763	66.0804	248.683
16	10.4577	3354.36	Resíduos a dispor	13	26.6	85.6211	135.391	308.56	64.1509	244.409
17	10.4577	3144.8	Resíduos a dispor	13	26.6	81.6737	129.149	292.088	60.143	231.945
18	10.4577	2889.18	Resíduos a dispor	13	26.6	76.5348	121.023	270.971	55.2543	215.717
19	10.4577	2675.16	Resíduos a dispor	13	26.6	72.2699	114.279	253.411	51.1614	202.249
20	10.4577	2331.11	Resíduos a dispor	13	26.6	64.7518	102.391	223.09	44.5815	178.509
21	10.4577	1987.11	Resíduos a dispor	13	26.6	57.0616	90.2303	192.228	38.0027	154.225
22	10.4577	1639.59	Resíduos a dispor	13	26.6	49.1069	77.6517	160.463	31.3565	129.106
23	10.4577	1172.93	Resíduos a dispor	13	26.6	37.9758	60.0504	116.39	22.4319	93.958
24	10.4577	747.021	Resíduos a dispor	13	26.6	27.6148	43.6668	75.5266	14.2865	61.2401
25	10.4577	248.884	Resíduos a dispor	13	26.6	15.1412	23.9425	26.6114	4.75981	21.8516

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.65065

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	31.9239	593.5	0	0	0
2	43.4237	585.325	75.4295	0	0
3	54.9235	577.722	452.775	0	0
4	66.4233	570.656	923.35	0	0
5	77.9231	564.094	1456.7	0	0
6	89.4229	558.009	1999.52	0	0
7	100.923	552.379	2514.72	0	0
8	112.423	547.182	2989.36	0	0
9	123.922	542.401	3403.64	0	0
10	135.422	538.021	3734.22	0	0
11	146.922	534.028	3975.22	0	0
12	158.422	530.41	4124.49	0	0

13	169.922	527.158	4173.79	0	0
14	181.421	524.261	4125.42	0	0
15	192.921	521.714	3983.59	0	0
16	204.421	519.508	3755.3	0	0
17	215.921	517.639	3452.79	0	0
18	227.421	516.101	3084.77	0	0
19	238.92	514.892	2667.64	0	0
20	250.42	514.008	2226.95	0	0
21	261.92	513.447	1780.68	0	0
22	273.42	513.208	1345.55	0	0
23	284.92	513.29	965.018	0	0
24	296.42	513.693	670.497	0	0
25	307.919	514.419	478.407	0	0
26	308.947	514.5	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.58128

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	41.5059	593.5	0	0	0
2	51.9636	583.778	154.274	0	0
3	62.4213	574.954	627.049	0	0
4	72.8791	566.927	1283.74	0	0
5	83.3368	559.618	2013.84	0	0
6	93.7945	552.963	2787.93	0	0
7	104.252	546.91	3535.28	0	0
8	114.71	541.419	4213.6	0	0
9	125.168	536.453	4814.39	0	0
10	135.625	531.984	5297.1	0	0
11	146.083	527.988	5652.72	0	0
12	156.541	524.443	5876.98	0	0
13	166.999	521.334	5958.39	0	0
14	177.456	518.645	5901.22	0	0
15	187.914	516.364	5708.58	0	0
16	198.372	514.483	5391.78	0	0
17	208.83	512.992	4956.78	0	0
18	219.287	511.887	4426.02	0	0
19	229.745	511.162	3822.48	0	0
20	240.203	510.816	3155.06	0	0
21	250.661	510.845	2471.71	0	0
22	261.118	511.251	1797.26	0	0
23	271.576	512.035	1158.17	0	0
24	282.034	513.201	625.606	0	0
25	292.491	514.752	219.816	0	0
26	302.949	516.696	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	508.742

214.567	506
242.5	505
263.139	504
282.544	503
296.468	502
332.923	501
340.5	500.792

External Boundary

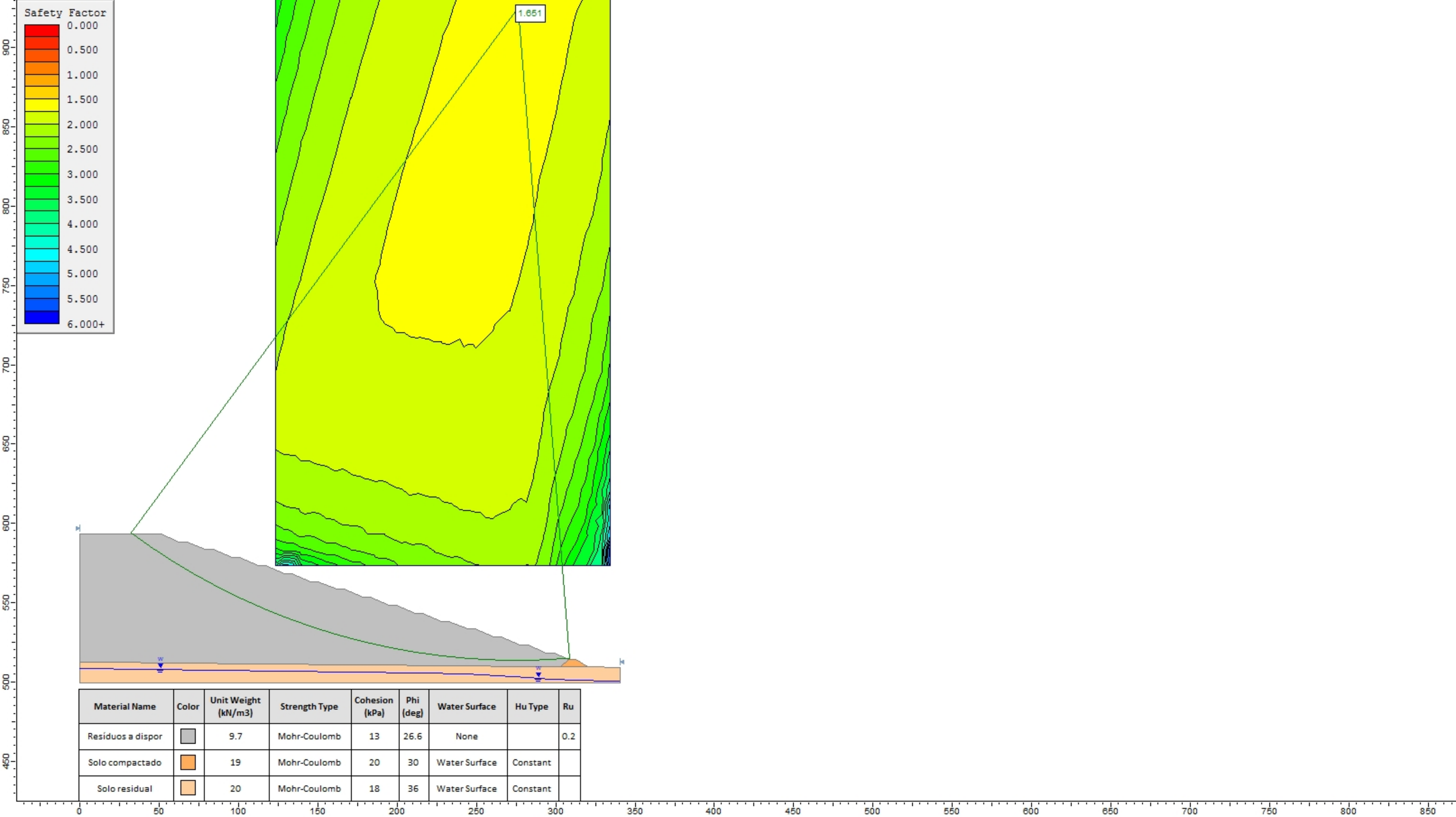
X	Y
298.8	518.5
293.8	518.5
282.3	523.5
277.3	523.5
265.8	528.5
260.8	528.5
249.3	533.5
244.3	533.5
232.8	538.5
227.8	538.5
216.3	543.5
211.3	543.5
199.8	548.5
194.8	548.5
183.3	553.5
178.3	553.5
166.8	558.5
161.8	558.5
150.3	563.5
145.3	563.5
133.8	568.5
128.8	568.5
117.3	573.5
112.3	573.5
100.8	578.5
95.8	578.5
84.3	583.5
79.3	583.5
67.8	588.5
62.8	588.5
51.3	593.5
1.35e-014	593.5
1.77636e-015	512.751
0	499.383
340.5	499.383
340.5	509.383
320.392	509.572
313	514.5
308	514.5

Material Boundary

X	Y
1.77636e-015	512.751
4.89698	512.7
14.4889	512.6
24.0808	512.5
33.6727	512.4
43.2647	512.3
52.8566	512.2
62.4485	512.1
72.0404	512
81.6323	511.9
91.2242	511.8
100.816	511.7
110.408	511.6
120	511.5
129.592	511.4
139.184	511.3
148.776	511.2
158.368	511.1
168.842	511
179.454	510.9
190.067	510.8
200.679	510.7
211.292	510.6
221.905	510.5
232.517	510.4
243.13	510.3
253.742	510.2
264.355	510.1
274.968	510
285.58	509.9
303.234	509.734
320.392	509.572

Material Boundary

X	Y
303.234	509.734
308	514.5



Project Summary

File Name: Seção S
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 09/02/2021, 15:57:19

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None




Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Resíduos a dispor	Solo compactado	Solo residual
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	9.7	19	20
Cohesion [kPa]	13	20	18
Friction Angle [deg]	26.6	30	36
Water Surface	None	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1
Ru Value	0.2		

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.675970
 Center: 248.246, 870.515
 Radius: 355.652
 Left Slip Surface Endpoint: 30.431, 589.365
 Right Slip Surface Endpoint: 283.892, 516.654
 Resisting Moment=7.75674e+006 kN-m
 Driving Moment=4.6282e+006 kN-m
 Total Slice Area=4913.55 m²

Method: janbu simplified

FS: 1.612560
 Center: 232.991, 810.112
 Radius: 295.431
 Left Slip Surface Endpoint: 37.163, 588.909
 Right Slip Surface Endpoint: 280.034, 518.450
 Resisting Horizontal Force=20744 kN
 Driving Horizontal Force=12864 kN
 Total Slice Area=4996.81 m²

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.67597

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	10.1385	338.398	Resíduos a dispor	13	26.6	12.8706	21.5707	23.7908	6.67552	17.1153
2	10.1385	994.005	Resíduos a dispor	13	26.6	25.85	43.3238	80.1639	19.6086	60.5553
3	10.1385	1351.12	Resíduos a dispor	13	26.6	33.235	55.7008	111.924	26.6533	85.2712
4	10.1385	1716.73	Resíduos a dispor	13	26.6	40.9432	68.6196	144.936	33.8657	111.07
5	10.1385	1939.43	Resíduos a dispor	13	26.6	45.9088	76.9417	165.948	38.2588	127.689
6	10.1385	2202.99	Resíduos a dispor	13	26.6	51.7923	86.8023	190.837	43.458	147.379

7	10.1385	2389.31	Resíduos a dispor	13	26.6	56.1771	94.1512	209.189	47.1336	162.055
8	10.1385	2505.29	Resíduos a dispor	13	26.6	59.1575	99.1462	221.451	49.4215	172.03
9	10.1385	2675.33	Resíduos a dispor	13	26.6	63.3121	106.109	238.71	52.7758	185.935
10	10.1385	2711.32	Resíduos a dispor	13	26.6	64.6725	108.389	243.973	53.4857	190.488
11	10.1385	2767.65	Resíduos a dispor	13	26.6	66.4751	111.41	251.118	54.5969	196.521
12	10.1385	2797.4	Resíduos a dispor	13	26.6	67.7166	113.491	255.86	55.1838	200.677
13	10.1385	2730.99	Resíduos a dispor	13	26.6	66.8634	112.061	251.694	53.8737	197.821
14	10.1385	2732.91	Resíduos a dispor	13	26.6	67.4875	113.107	253.82	53.9116	199.908
15	10.1385	2618.44	Resíduos a dispor	13	26.6	65.5227	109.814	244.987	51.6536	193.333
16	10.1385	2495.42	Resíduos a dispor	13	26.6	63.3224	106.126	235.196	49.2267	185.97
17	10.1385	2391.47	Resíduos a dispor	13	26.6	61.5079	103.085	227.073	47.1761	179.897
18	10.1385	2168.28	Resíduos a dispor	13	26.6	56.9374	95.4254	207.373	42.7733	164.6
19	10.1385	2010.72	Resíduos a dispor	13	26.6	53.7939	90.1569	193.744	39.6652	154.079
20	10.1385	1765.38	Resíduos a dispor	13	26.6	48.5584	81.3825	171.382	34.8253	136.557
21	10.1385	1479.54	Resíduos a dispor	13	26.6	42.2856	70.8694	144.749	29.1866	115.562
22	10.1385	1244.5	Resíduos a dispor	13	26.6	37.1031	62.1836	122.768	24.5501	98.2178
23	10.1385	881.17	Resíduos a dispor	13	26.6	28.7803	48.235	87.7455	17.3827	70.3628
24	10.1385	561.713	Resíduos a dispor	13	26.6	21.3667	35.81	56.6312	11.0808	45.5504
25	10.1385	191.905	Resíduos a dispor	13	26.6	12.6055	21.1264	20.0136	3.78567	16.228

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.61256

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	9.71484	361.386	Resíduos a dispor	13	26.6	13.6992	22.0908	25.5938	7.43988	18.1539
2	9.71484	945.087	Resíduos a dispor	13	26.6	25.9657	41.8712	77.111	19.4566	57.6544
3	9.71484	1319.98	Resíduos a dispor	13	26.6	34.2356	55.2069	111.46	27.1745	84.2852
4	9.71484	1668.68	Resíduos a dispor	13	26.6	42.163	67.9903	144.166	34.3533	109.813
5	9.71484	1993.04	Resíduos a dispor	13	26.6	49.7511	80.2266	175.28	41.0309	134.249
6	9.71484	2195.94	Resíduos a dispor	13	26.6	54.8491	88.4474	195.872	45.2079	150.665
7	9.71484	2459.52	Resíduos a dispor	13	26.6	61.3788	98.977	222.327	50.6343	171.692

8	9.71484	2577.48	Resíduos a dispor	13	26.6	64.769	104.444	235.672	53.0627	182.609
9	9.71484	2722.26	Resíduos a dispor	13	26.6	68.8098	110.96	251.665	56.0434	195.621
10	9.71484	2810.38	Resíduos a dispor	13	26.6	71.611	115.477	262.499	57.8575	204.641
11	9.71484	2824.45	Resíduos a dispor	13	26.6	72.7278	117.278	266.385	58.1472	208.238
12	9.71484	2891.36	Resíduos a dispor	13	26.6	75.0788	121.069	275.333	59.5247	215.808
13	9.71484	2816.05	Resíduos a dispor	13	26.6	74.0896	119.474	270.599	57.9741	212.625
14	9.71484	2804.33	Resíduos a dispor	13	26.6	74.5802	120.265	271.936	57.7329	214.203
15	9.71484	2698.49	Resíduos a dispor	13	26.6	72.7898	117.378	263.991	55.5539	208.437
16	9.71484	2563.86	Resíduos a dispor	13	26.6	70.2461	113.276	253.028	52.7824	200.245
17	9.71484	2454.1	Resíduos a dispor	13	26.6	68.2516	110.06	244.346	50.5226	193.824
18	9.71484	2220.05	Resíduos a dispor	13	26.6	63.1146	101.776	222.985	45.7042	177.281
19	9.71484	2064.01	Resíduos a dispor	13	26.6	59.8295	96.4786	209.195	42.492	166.703
20	9.71484	1786.07	Resíduos a dispor	13	26.6	53.3774	86.0742	182.696	36.77	145.926
21	9.71484	1520.95	Resíduos a dispor	13	26.6	47.1206	75.9848	157.09	31.3119	125.778
22	9.71484	1237.42	Resíduos a dispor	13	26.6	40.2576	64.9178	129.152	25.4748	103.678
23	9.71484	861.863	Resíduos a dispor	13	26.6	30.8413	49.7334	91.0981	17.7432	73.3549
24	9.71484	557.218	Resíduos a dispor	13	26.6	23.1042	37.2569	59.9115	11.4715	48.44
25	9.71484	115.045	Resíduos a dispor	13	26.6	11.5196	18.5761	13.5036	2.36843	11.1352

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.67597

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	30.4305	589.365	0	0	0
2	40.569	581.795	49.9179	0	0
3	50.7075	574.766	351.942	0	0
4	60.846	568.24	746.216	0	0
5	70.9844	562.186	1209.67	0	0
6	81.1229	556.575	1676.46	0	0
7	91.2614	551.384	2143.17	0	0
8	101.4	546.594	2577.04	0	0
9	111.538	542.186	2954.76	0	0
10	121.677	538.146	3278.8	0	0
11	131.815	534.461	3523.92	0	0
12	141.954	531.118	3691.07	0	0

13	152.092	528.107	3776.41	0	0
14	162.231	525.421	3776.29	0	0
15	172.369	523.051	3695.25	0	0
16	182.508	520.991	3537.2	0	0
17	192.646	519.236	3309.6	0	0
18	202.785	517.78	3017.98	0	0
19	212.923	516.621	2682.46	0	0
20	223.062	515.755	2306.09	0	0
21	233.2	515.181	1913.4	0	0
22	243.339	514.897	1526.9	0	0
23	253.477	514.901	1151.06	0	0
24	263.616	515.195	834.195	0	0
25	273.754	515.779	585.033	0	0
26	283.892	516.654	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.61256

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	37.1628	588.909	0	0	0
2	46.8777	580.675	77.7097	0	0
3	56.5925	573.124	407.798	0	0
4	66.3073	566.194	847.843	0	0
5	76.0222	559.831	1355.65	0	0
6	85.737	553.995	1895.52	0	0
7	95.4518	548.649	2409.95	0	0
8	105.167	543.765	2899.83	0	0
9	114.882	539.317	3319.17	0	0
10	124.596	535.284	3665.94	0	0
11	134.311	531.648	3924.97	0	0
12	144.026	528.394	4085.62	0	0
13	153.741	525.509	4151.08	0	0
14	163.456	522.98	4115.75	0	0
15	173.171	520.8	3984.37	0	0
16	182.885	518.961	3763.23	0	0
17	192.6	517.455	3462.15	0	0
18	202.315	516.278	3087.03	0	0
19	212.03	515.425	2664.23	0	0
20	221.745	514.895	2194.22	0	0
21	231.46	514.685	1714.29	0	0
22	241.174	514.794	1239.55	0	0
23	250.889	515.223	793.181	0	0
24	260.604	515.974	425.318	0	0
25	270.319	517.048	136.597	0	0
26	280.034	518.45	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	510.551

160.775	508
223.788	507
346.614	505.051

External Boundary

X	Y
279.927	518.5
274.911	518.5
263.375	523.5
258.359	523.5
246.823	528.5
241.807	528.5
230.271	533.5
225.255	533.5
213.719	538.5
208.703	538.5
197.167	543.5
192.151	543.5
180.615	548.5
175.599	548.5
164.063	553.5
159.047	553.5
147.511	558.5
142.495	558.5
130.959	563.5
125.943	563.5
114.407	568.5
109.391	568.5
97.8552	573.5
92.8395	573.5
81.3032	578.5
76.2875	578.5
64.7513	583.5
59.7355	583.5
48.1993	588.5
43.1836	588.5
13.707	590.5
5.03345	588.5
0	588.5
0	513.951
0	498.5
346.611	498.5
346.614	515.154
291.617	514.904
289.222	516.5
284.222	516.5

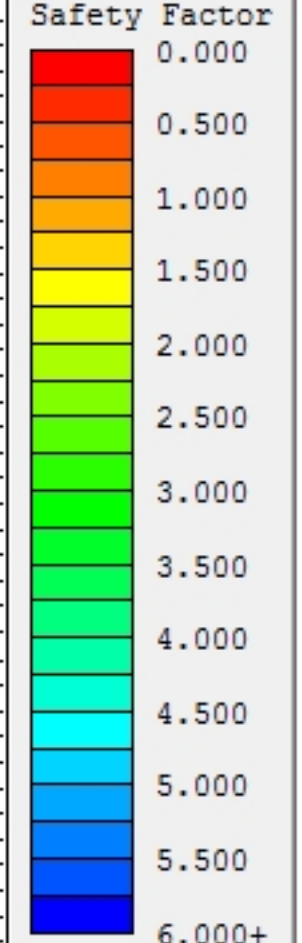
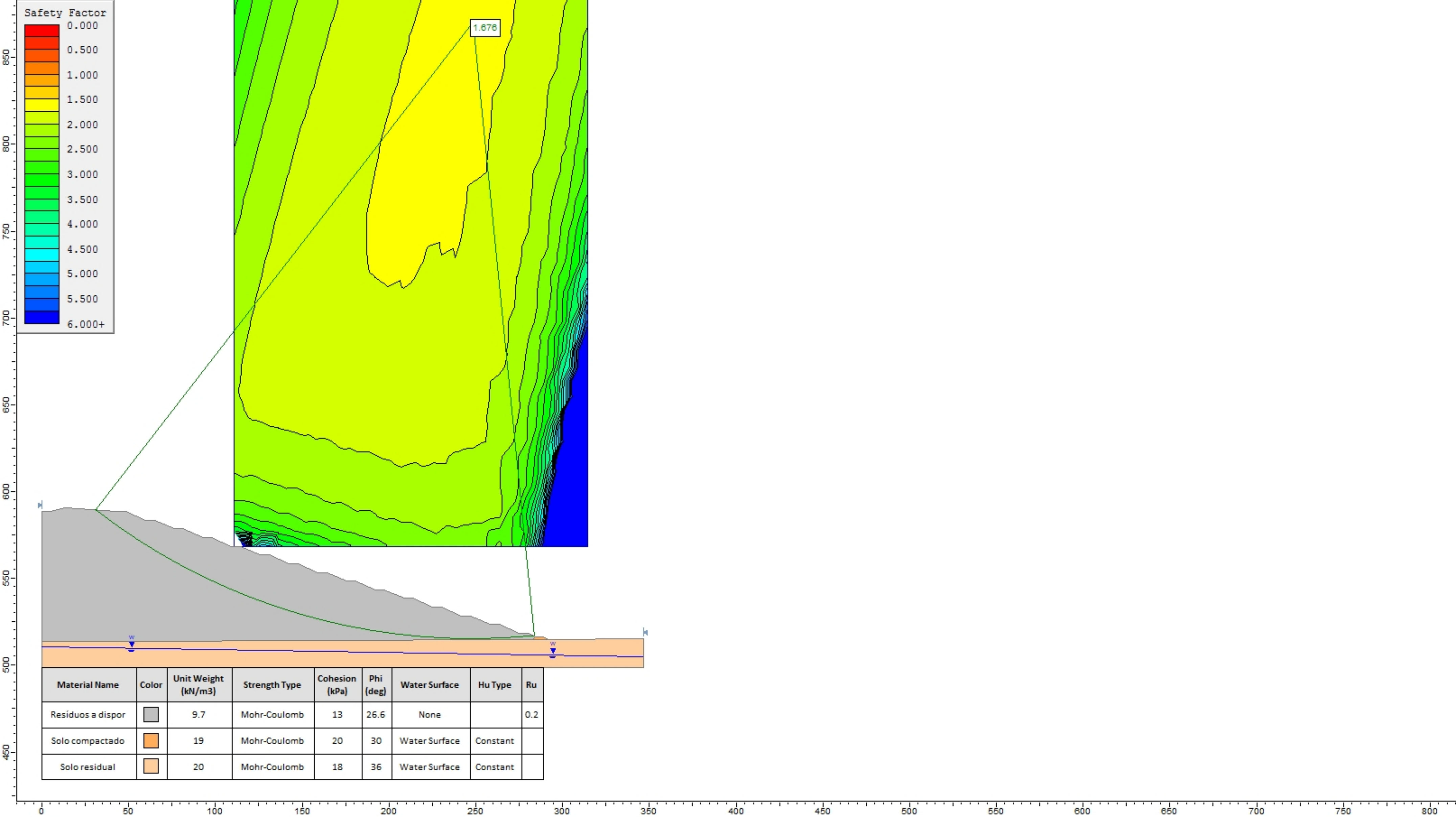
Material Boundary

X	Y
282.585	514.862




284.222	516.5
---------	-------

Material Boundary

X	Y
0	513.951
9.37503	513.9
27.7641	513.8
49.0891	513.8
71.0668	513.9
93.0445	514
115.022	514.1
137	514.2
158.978	514.3
180.955	514.4
202.933	514.5
224.911	514.6
246.889	514.7
268.866	514.8
282.585	514.862
291.617	514.904



1.676

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Ru
Resíduos a dispor		9.7	Mohr-Coulomb	13	26.6	None		0.2
Solo compactado		19	Mohr-Coulomb	20	30	Water Surface	Constant	
Solo residual		20	Mohr-Coulomb	18	36	Water Surface	Constant	

Project Summary

File Name: Seção T
Slide Modeler Version: 6.025
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 09/02/2021, 16:04:42

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None




Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Resíduos a dispor	Solo compactado	Solo residual
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	9.7	19	20
Cohesion [kPa]	13	20	18
Friction Angle [deg]	26.6	30	36
Water Surface	None	Water Table	Water Table
Hu Value		1	1
Ru Value	0.2		

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.664040
 Center: 250.212, 888.718
 Radius: 370.705
 Left Slip Surface Endpoint: 26.005, 593.500
 Right Slip Surface Endpoint: 283.386, 519.500
 Resisting Moment=8.35021e+006 kN-m
 Driving Moment=5.01803e+006 kN-m
 Total Slice Area=5096.8 m2

Method: janbu simplified

FS: 1.594580
 Center: 228.587, 792.401
 Radius: 276.731
 Left Slip Surface Endpoint: 36.185, 593.500
 Right Slip Surface Endpoint: 280.756, 520.632
 Resisting Horizontal Force=22693.4 kN
 Driving Horizontal Force=14231.6 kN
 Total Slice Area=5542.23 m2

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.66404

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	10.2952	376.636	Resíduos a dispor	13	26.6	13.6231	22.6693	26.6258	7.31669	19.3092
2	10.2952	1079.9	Resíduos a dispor	13	26.6	27.4478	45.6742	86.2274	20.9785	65.2489
3	10.2952	1420.47	Resíduos a dispor	13	26.6	34.4681	57.3563	116.172	27.5947	88.5774
4	10.2952	1792.54	Resíduos a dispor	13	26.6	42.2541	70.3125	149.273	34.8226	114.451
5	10.2952	2025.67	Resíduos a dispor	13	26.6	47.3972	78.8708	170.892	39.3515	131.541
6	10.2952	2258.62	Resíduos a dispor	13	26.6	52.6204	87.5625	192.775	43.8769	148.898

7	10.2952	2478.26	Resíduos a dispor	13	26.6	57.6529	95.9367	213.764	48.1437	165.621
8	10.2952	2582.09	Resíduos a dispor	13	26.6	60.3636	100.447	224.789	50.1608	174.628
9	10.2952	2740.69	Resíduos a dispor	13	26.6	64.2482	106.912	240.779	53.2419	187.537
10	10.2952	2806.3	Resíduos a dispor	13	26.6	66.2229	110.198	248.616	54.5164	194.099
11	10.2952	2820.42	Resíduos a dispor	13	26.6	67.1189	111.689	251.867	54.7907	197.077
12	10.2952	2885.83	Resíduos a dispor	13	26.6	69.1143	115.009	259.769	56.0614	203.708
13	10.2952	2823.83	Resíduos a dispor	13	26.6	68.371	113.772	256.094	54.8569	201.237
14	10.2952	2776.53	Resíduos a dispor	13	26.6	67.9214	113.024	253.682	53.938	199.744
15	10.2952	2719.26	Resíduos a dispor	13	26.6	67.2338	111.88	250.284	52.8256	197.459
16	10.2952	2557.81	Resíduos a dispor	13	26.6	64.211	106.85	237.102	49.6892	187.413
17	10.2952	2459.45	Resíduos a dispor	13	26.6	62.5419	104.072	229.646	47.7783	181.868
18	10.2952	2269.89	Resíduos a dispor	13	26.6	58.7801	97.8124	213.463	44.0959	169.367
19	10.2952	2038.3	Resíduos a dispor	13	26.6	53.9944	89.8488	193.06	39.597	153.463
20	10.2952	1859.95	Resíduos a dispor	13	26.6	50.3475	83.7803	177.477	36.1323	141.345
21	10.2952	1557.42	Resíduos a dispor	13	26.6	43.7647	72.8262	149.725	30.2551	119.47
22	10.2952	1276.78	Resíduos a dispor	13	26.6	37.5817	62.5374	123.727	24.8033	98.9239
23	10.2952	982.643	Resíduos a dispor	13	26.6	30.9772	51.5473	96.0663	19.0893	76.977
24	10.2952	589.775	Resíduos a dispor	13	26.6	21.9188	36.4738	58.3333	11.4572	46.8761
25	10.2952	259.958	Resíduos a dispor	13	26.6	14.2148	23.654	26.3256	5.05006	21.2756

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.59458

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	9.78281	412.154	Resíduos a dispor	13	26.6	14.5326	23.1734	28.7419	8.42608	20.3159
2	9.78281	932.544	Resíduos a dispor	13	26.6	25.4149	40.5261	74.0334	19.065	54.9684
3	9.78281	1443.2	Resíduos a dispor	13	26.6	36.4715	58.1567	119.68	29.5048	90.1755
4	9.78281	1786.15	Resíduos a dispor	13	26.6	44.3291	70.6863	151.713	36.516	115.197
5	9.78281	2170.31	Resíduos a dispor	13	26.6	53.2658	84.9366	188.024	44.3698	143.654
6	9.78281	2429.99	Resíduos a dispor	13	26.6	59.7105	95.2131	213.855	49.6787	164.176
7	9.78281	2647.98	Resíduos a dispor	13	26.6	65.3636	104.228	236.313	54.1355	182.177

8	9.78281	2871.54	Resíduos a dispor	13	26.6	71.2413	113.6	259.598	58.7058	200.892
9	9.78281	2958.45	Resíduos a dispor	13	26.6	74.1299	118.206	270.574	60.4826	210.091
10	9.78281	3108.94	Resíduos a dispor	13	26.6	78.5015	125.177	287.572	63.5592	224.013
11	9.78281	3133.5	Resíduos a dispor	13	26.6	80.0192	127.597	292.907	64.0615	228.845
12	9.78281	3149.72	Resíduos a dispor	13	26.6	81.3405	129.704	297.446	64.393	233.053
13	9.78281	3157.85	Resíduos a dispor	13	26.6	82.4687	131.503	301.205	64.5592	236.646
14	9.78281	3053.47	Resíduos a dispor	13	26.6	80.8959	128.995	294.062	62.4252	231.636
15	9.78281	3019.07	Resíduos a dispor	13	26.6	80.9636	129.103	293.575	61.7221	231.853
16	9.78281	2853.26	Resíduos a dispor	13	26.6	77.7904	124.043	280.08	58.3322	221.747
17	9.78281	2704.29	Resíduos a dispor	13	26.6	74.9508	119.515	267.992	55.2867	212.705
18	9.78281	2526.41	Resíduos a dispor	13	26.6	71.3134	113.715	252.773	51.6501	201.123
19	9.78281	2257.5	Resíduos a dispor	13	26.6	65.2811	104.096	228.067	46.1524	181.915
20	9.78281	2055.6	Resíduos a dispor	13	26.6	60.8296	96.9976	209.764	42.0247	167.74
21	9.78281	1716.99	Resíduos a dispor	13	26.6	52.7343	84.089	177.064	35.1023	141.961
22	9.78281	1415.15	Resíduos a dispor	13	26.6	45.4209	72.4273	147.605	28.9315	118.673
23	9.78281	1060.03	Resíduos a dispor	13	26.6	36.5294	58.249	112.031	21.6713	90.3601
24	9.78281	633.45	Resíduos a dispor	13	26.6	25.5156	40.6866	68.2392	12.9503	55.2889
25	9.78281	262.083	Resíduos a dispor	13	26.6	15.7399	25.0985	29.5181	5.35803	24.1601

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.66404

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	26.0051	593.5	0	0	0
2	36.3004	585.957	60.9168	0	0
3	46.5956	578.939	384.112	0	0
4	56.8909	572.412	788.371	0	0
5	67.1861	566.346	1259.96	0	0
6	77.4814	560.714	1735.53	0	0
7	87.7766	555.496	2201.07	0	0
8	98.0719	550.671	2640.25	0	0
9	108.367	546.224	3019.99	0	0
10	118.662	542.139	3343.62	0	0
11	128.958	538.404	3591.95	0	0
12	139.253	535.008	3757.86	0	0

13	149.548	531.942	3844.57	0	0
14	159.843	529.196	3845.49	0	0
15	170.139	526.764	3764.87	0	0
16	180.434	524.639	3606.15	0	0
17	190.729	522.816	3378.89	0	0
18	201.024	521.29	3086.88	0	0
19	211.32	520.058	2746.12	0	0
20	221.615	519.117	2373.25	0	0
21	231.91	518.465	1971.96	0	0
22	242.205	518.099	1577.19	0	0
23	252.501	518.02	1201.02	0	0
24	262.796	518.226	863.006	0	0
25	273.091	518.719	609.117	0	0
26	283.386	519.5	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.59458

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.1855	593.5	0	0	0
2	45.9683	584.482	117.113	0	0
3	55.7511	576.281	475.745	0	0
4	65.5339	568.809	1013.53	0	0
5	75.3167	561.992	1614.22	0	0
6	85.0995	555.776	2262.21	0	0
7	94.8823	550.114	2889.32	0	0
8	104.665	544.968	3466.43	0	0
9	114.448	540.306	3980.21	0	0
10	124.231	536.101	4393.05	0	0
11	134.014	532.332	4709.34	0	0
12	143.796	528.98	4908.79	0	0
13	153.579	526.03	4991.21	0	0
14	163.362	523.467	4956.83	0	0
15	173.145	521.281	4808.69	0	0
16	182.928	519.463	4550.81	0	0
17	192.71	518.006	4198.43	0	0
18	202.493	516.903	3761.09	0	0
19	212.276	516.152	3253.92	0	0
20	222.059	515.748	2707.83	0	0
21	231.842	515.69	2125.24	0	0
22	241.624	515.978	1558.64	0	0
23	251.407	516.613	1020.8	0	0
24	261.19	517.598	553.329	0	0
25	270.973	518.936	212.558	0	0
26	280.756	520.632	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
0	506.995

0.82645	507
169.46	508
345.826	509.046

External Boundary

X	Y
274.247	523.5
269.246	523.5
257.746	528.5
252.746	528.5
241.245	533.5
236.245	533.5
224.745	538.5
219.745	538.5
208.244	543.5
203.244	543.5
191.743	548.5
186.743	548.5
175.243	553.5
170.243	553.5
158.742	558.5
153.742	558.5
142.241	563.5
137.241	563.5
125.741	568.5
120.741	568.5
109.24	573.5
104.24	573.5
92.7395	578.5
87.7393	578.5
76.2389	583.5
71.2387	583.5
59.7382	588.5
54.738	588.5
43.2376	593.5
-3.37e-014	593.5
-4.88498e-015	513.058
0	498.5
345.826	498.5
345.826	516.908
293.09	516.315
288.326	519.5
283.326	519.5

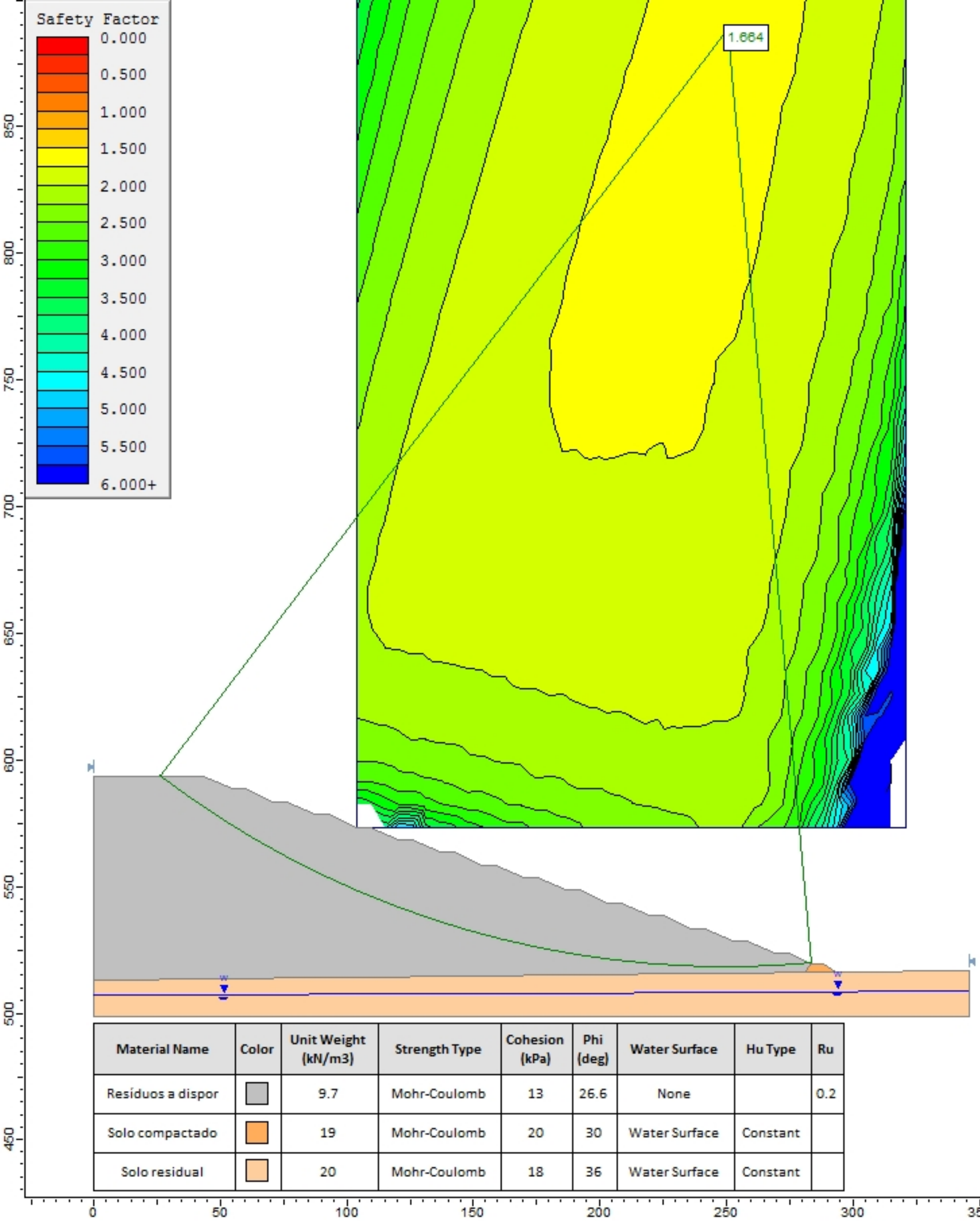
Material Boundary

X	Y
-4.88498e-015	513.058
3.75591	513.1
12.7378	513.2
21.7196	513.3

30.7015	513.4
39.6833	513.5
48.6652	513.6
57.647	513.7
66.6289	513.8
75.6107	513.9
84.5926	514
93.5744	514.1
102.556	514.2
111.538	514.3
120.52	514.4
129.502	514.5
138.484	514.6
147.466	514.7
156.447	514.8
165.429	514.9
174.411	515
183.393	515.1
192.375	515.2
201.357	515.3
210.339	515.4
219.32	515.5
228.302	515.6
237.284	515.7
246.266	515.8
255.248	515.9
264.23	516
273.212	516.1
280.775	516.182
293.09	516.315

Material Boundary

X	Y
280.775	516.182
283.326	519.5



ANEXO IV – Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
 Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
 28027230201509418

1. Responsável Técnico

MARCELO BENVENUTO

Título Profissional: Engenheiro Civil

RNP: 2613129417

Registro: 5069305675-SP

Empresa Contratada: **GEOTECH - GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJS LTDA**

Registro: 0489910-SP

2. Dados do Contrato

Contratante: **CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPR LTDA**

CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40

Endereço: **Rua ALBERTO NEDER**

Nº: 328

Complemento: **SALA 01**

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **Campo Grande**

UF: **MS**

CEP: 79002-160

Contrato: **PRO.TEC.PB-EIA-SOLURB-01/R** Celebrado em: **21/10/2020**

Vinculada à Art nº:

Valor:

Tipo de Contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Avenida HENRIQUE BERTIN**

Nº:

Complemento: **SN**

Bairro: **JARDIM LOS ANGELES**

Cidade: **Campo Grande**

UF: **MS**

CEP: 79073-785

Data de Início: **01/12/2020**

Previsão de Término: **21/01/2021**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

Proprietário: **CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPE LTDA**

CPF/CNPJ: 17.064.901/0001-40

Endereço: **Rua JOÃO DA CRUZ MELÃO**

Nº: 131

Complemento:

Bairro: **JARDIM LEONOR**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: 05621-020

Data de Início: **01/12/2020**

Previsão de Término: **21/01/2021**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

Proprietário: **GEOTECH - GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

CPF/CNPJ: 01.847.195/0001-72

4. Atividade Técnica

			Quantidade	Unidade
Elaboração				
1	Projeto básico	Estudo Ambiental Aterro Sanitário	109050,00000	metro quadrado

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO PARA O NOVO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE, MS.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 04 de dezembro de 2020

Local

data

MARCELO BENVENUTO - CPF: 277.822.618-48

CG SOLURB SOLUÇÕES AMBIENTAIS SPR LTDA - CPF/CNPJ:
17.064.901/0001-40

9. Informações

- A presente ART encontra-se devidamente quitada conforme dados constantes no rodapé-versão do sistema, certificada pelo *Nosso Número*.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creasp.org.br ou www.confea.org.br

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

www.creasp.org.br
Tel: 0800 17 18 11

E-mail: [acessar link Fale Conosco do site acima](#)



Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 01/12/2020

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Número: 28027230201509418

Versão do sistema

Impresso em: 04/12/2020 16:53:29

