



**RELATÓRIO DE ESTIMATIVA DE
CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DO
ATERRO SANITÁRIO DE MURIAÉ –
ETAPA I**

AGOSTO/2025

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Justificativa da Necessidade e Urgência.....	3
3. Objetivo	4
4. Base Técnica e Documental	5
5. Estimativa de Custos.....	6
6. Conclusão	22

Figura

FIGURA 1 DEMARCAÇÃO DAS ÁREAS DE CONSTRUÇÃO DO NOVO ATERRO COM A ÁREA DA I ETAPA E O ATERRO ATUAL..	4
---	---

Tabela

TABELA 1 - A ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DO NOVO ATERRO.....	6
TABELA 2 - TABELA DAS ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DO NOVO ATERRO.	21

1. Introdução

O presente relatório apresenta a estimativa de custos para a implantação do novo Aterro Sanitário de Muriaé – Etapa I, fundamentando-se na necessidade imediata de execução em função do esgotamento da vida útil do aterro atualmente em operação, conforme previsão indicada no Projeto de Alçamento e estudos técnicos anexos. O documento inclui a planilha de estimativa de custos, que foi baseada no projeto de implantação da primeira plataforma do aterro, executada em 2014, desenvolvido em conformidade com as normas ABNT NBR 8.419/1996 e NBR 13.896/1997.

2. Justificativa da Necessidade e Urgência

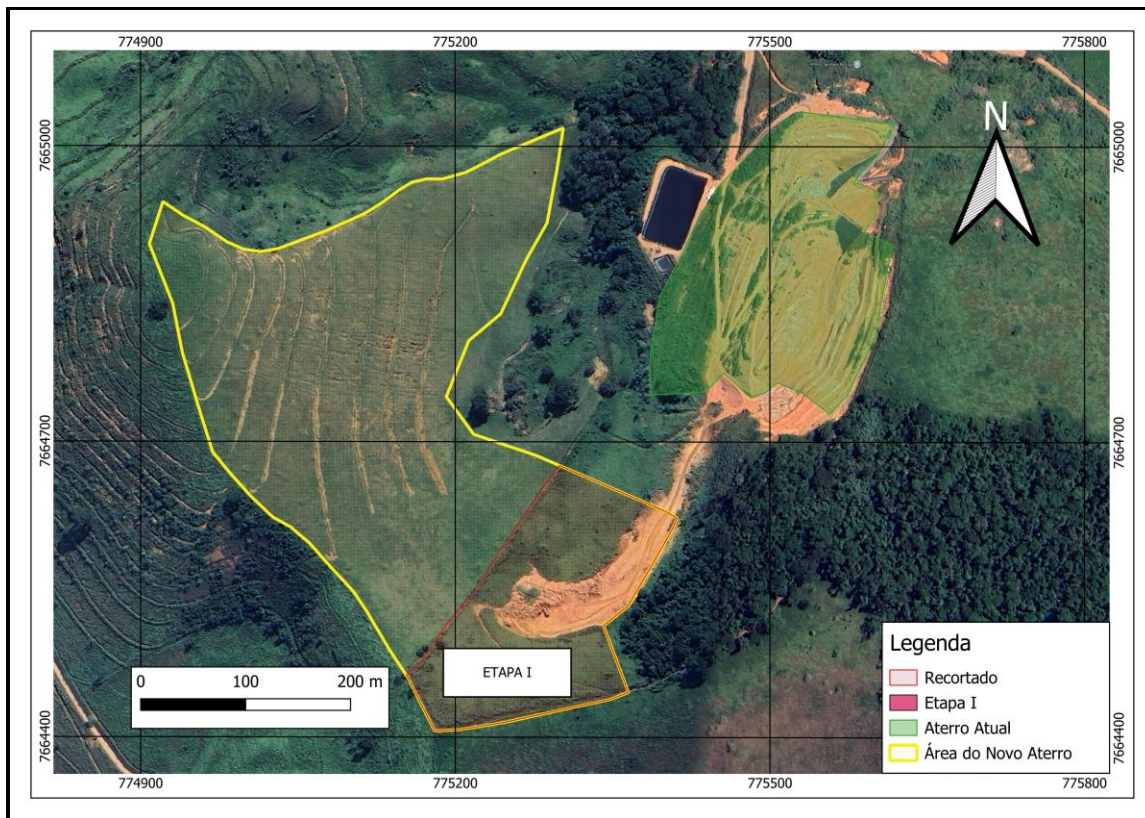
O aterro sanitário atualmente em operação pelo Departamento Municipal de Saneamento Urbano – DEMSUR encontra-se em fase final de sua vida útil, conforme estimativa técnica apresentada no projeto de alçamento. Ainda que o alçamento permita uma prorrogação temporária da capacidade, sua previsão de encerramento já está estabelecida, sendo imprescindível o início imediato dos trabalhos para posterior implantação do novo aterro para garantir a continuidade do serviço público de destinação final de resíduos sólidos urbanos.

A não execução tempestiva desta obra poderá gerar sérios impactos financeiros, ambientais, sanitários e sociais, incluindo riscos de disposição inadequada de resíduos, contaminação de águas superficiais e subterrâneas e aumento de vetores transmissores de doenças.

Adicionalmente, caso o DEMSUR não disponha de infraestrutura própria no momento do encerramento do aterro atual, será necessário contratar o transporte e a destinação dos resíduos para aterros particulares situados em outros municípios. Tal medida implicaria em aumento expressivo dos custos operacionais da autarquia, incluindo despesas de logística e taxas de disposição, onerando significativamente

seu orçamento e tornando o serviço menos eficiente. Abaixo figura 1 área com a demarcação das áreas citadas no documento.

Figura 1 Demarcação das áreas de construção do novo aterro com a área da etapa I e o aterro atual.



Fonte: DEMSUR 2025

Estamos acrescentando à estimativa de custo de implantação do novo aterro — referente à totalidade da área a ser licenciada, que corresponde a **152.745,00 m²** — o valor destinado à elaboração dos estudos ambientais (EIA/RIMA), tomando por base o Termo de Contrato AMA 9458828/2025 — DER/DG/Licitações, celebrado entre o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais e o Consórcio Direção E+/MG-238, para a contratação de empresa especializada visando à elaboração de estudos ambientais (licença de operação corretiva com EIA/RIMA) na Rodovia MG-238, em toda a sua extensão, incluído no PPAG, no valor de **R\$ 803.371,39** (oitocentos e três mil, trezentos e setenta e um reais e trinta e nove centavos).

3. Objetivo

O objetivo principal é viabilizar, com a urgência necessária, a construção do novo aterro sanitário (Etapa I), atendendo às exigências técnicas, ambientais e legais, de forma a assegurar a continuidade e a regularidade da disposição final de resíduos sólidos no município.

4. Base Técnica e Documental

Este relatório foi elaborado com base nos seguintes documentos anexos:

- Planilha de custo estimada do novo aterro sanitário – Etapa I;
- Projeto de Alçamento do Aterro Sanitário atual, com previsão de encerramento;
- Memoriais Descritivo e Técnico da ampliação e operação do aterro (Geotech Geotecnia Ambiental, 2025);
- Projeto inicial do aterro atual (Slope Consultoria e Projetos LTDA , 2010);

5. Estimativa de Custos

Tabela 1 - A estimativa de custos para implantação do novo aterro

DEMSUR - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO									
ORÇAMENTO:			EXECUÇÃO DA OBRA DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO - 1ª PLATAFORMA					Data: Agosto/2025	
LOCAL:			ATERRO SANITÁRIO - MURIAÉ - MG						
PROJETO:			SETOR TÉCNICO DEMSUR		FONTE: SINAPI - Julho/2025 (Não Desonerada) SETOP - Jan/2025				
ITEM	FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CÁLCULOS ORÇAMENTAIS					
1			CANTEIRO DE OBRAS E SERVIÇOS PRELIMINARES	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
1.1	SINAPI	103689	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE PLACA DE OBRA COM CHAPA GALVANIZADA E ESTRUTURA DE MADEIRA. AF 03/2022 PS	M²	6,00	R\$ 502,02	25,18%	R\$ 628,43	R\$ 3.770,58
1.2	SETOP	ED-50137	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE CONTAINER, INCLUSIVE CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE EM CAMINHÃO CARROCERIA COM GUINDAUTO (MUNCK), EXCLUSIVE LOCAÇÃO DO CONTAINER	UNID.	3,00	R\$ 1.572,02	25,18%	R\$ 1.967,85	R\$ 5.903,55
1.3	SETOP	ED-16343	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ÁGUA E ESGOTO PARA CONTAINER (VESTIÁRIO DE OBRA), EXCLUSIVE CHUVEIRO ELÉTRICO	UNID.	1,00	R\$ 326,66	25,18%	R\$ 408,91	R\$ 408,91
1.4	SETOP	ED-16342	LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA CONTAINER	UNID.	1,00	R\$ 307,63	25,18%	R\$ 385,09	R\$ 385,09

1.5	SETOP	ED-16348	LOCAÇÃO DE CONTAINER COM ISOLAMENTO TÉRMICO, TIPO 1, PARA ESCRITÓRIO DE OBRA, COM MEDIDAS REFERENCIAIS DE (6) METROS COMPRIMENTO, (2,3) METROS LARGURA E (2,5) METROS ALTURA ÚTIL INTERNA, INCLUSIVE AR CONDICIONADO E LIGAÇÕES ELÉTRICAS INTERNAS, EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO/ DESMOBILIZAÇÃO E LIGAÇÕES PROVISÓRIAS EXTERNAS	MÊS	5,00	R\$ 1.649,50	25,18%	R\$ 2.064,84	R\$ 10.324,20
1.6	SETOP	ED-16350	LOCAÇÃO DE CONTAINER COM ISOLAMENTO TÉRMICO, TIPO 3, PARA DEPÓSITO/ FERRAMENTARIA DE OBRA, COM MEDIDAS REFERENCIAIS DE (6) METROS COMPRIMENTO, (2,3) METROS LARGURA E (2,5) METROS ALTURA ÚTIL INTERNA, INCLUSIVE LIGAÇÕES ELÉTRICAS INTERNAS, EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO/ DESMOBILIZAÇÃO E LIGAÇÕES PROVISÓRIAS EXTERNAS	MÊS	5,00	R\$ 802,04	25,18%	R\$ 1.003,99	R\$ 5.019,95
1.7	SETOP	ED-16352	LOCAÇÃO DE CONTAINER COM ISOLAMENTO TÉRMICO, TIPO 5, PARA VESTIÁRIO DE OBRA COM SETE (7) CHUVEIROS E DOIS (2) LAVATÓRIOS, COM MEDIDAS REFERENCIAIS DE (6) METROS COMPRIMENTO, (2,3) METROS LARGURA E (2,5) METROS ALTURA ÚTIL INTERNA, INCLUSIVE LIGAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS INTERNAS, EXCLUSIVE MOBILIZAÇÃO/ DESMOBILIZAÇÃO E LIGAÇÕES PROVISÓRIAS EXTERNAS	MÊS	5,00	R\$ 1.392,01	25,18%	R\$ 1.742,52	R\$ 8.712,60
			TOTAL DO ITEM						R\$ 34.524,88
2			ADMINISTRAÇÃO DE OBRA	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor

2.1	COMP.	C-001	CUSTO MENSAL DA ADMINISTRAÇÃO LOCAL DA OBRA	mês	5,00	R\$ 26.307,38	25,18%	R\$ 32.931,58	R\$ 164.657,90
			TOTAL DO ITEM						R\$ 164.657,90
3			TERRAPLANAGEM E DRENAGEM DA ESTRADA DE ACESSO À 1ª PLATAFORMA	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
3.1	SETOP	ED-50276	LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA ACIMA DE CINQUENTA (50) PONTOS REFERENCIAIS, INCLUSIVE ESTACA (PIQUETE) DE MARCAÇÃO	UNID.	50,00	R\$ 39,23	25,18%	R\$ 49,11	R\$ 2.455,50
3.2	SINAPI	101138	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE EM SOLO DE 1A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (125HP/LÂMINA: 2,70M3) E CAMINHÃO BASCULANTE DE 10M3, DMT ATÉ 200M. AF_07/2020	M³	2500,00	R\$ 15,79	25,18%	R\$ 19,77	R\$ 49.425,00
3.3	SINAPI	105560	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE CAMADA FINAL DE ATERRO (100% DE ENERGIA DO PROCTOR NORMAL) COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO, EM CAMADAS COM ESPESSURA DE 20 CM - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2024	M³	1250,00	R\$ 12,59	25,18%	R\$ 15,76	R\$ 19.700,00
3.4	SINAPI	100575	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES COM MOTONIVELADORA. AF_09/2024	M²	2500,00	R\$ 0,57	25,18%	R\$ 0,71	R\$ 1.775,00
3.5	SINAPI	96396	CONSTRUÇÃO DE BASE E SUB-BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES, COM ESPESSURA DE 15 CM - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2024	M³	375,00	R\$ 214,43	25,18%	R\$ 268,42	R\$ 100.657,50

3.6	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	487,50	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 4.163,25
3.7	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	4875,00	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 16.770,00
3.8	SINAPI	102276	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M3), LARG. MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF 09/2024	M³	160,00	R\$ 11,31	25,18%	R\$ 14,16	R\$ 2.265,60
3.9	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	208,00	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 1.776,32
3.10	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	208,00	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 715,52
3.11	SINAPI	102991	CANAleta MEIA CANA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO (D = 40 CM) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 05/2025	M	1000,00	R\$ 86,51	25,18%	R\$ 108,29	R\$ 108.290,00
TOTAL DO ITEM									R\$ 307.993,69
4			IMPLANTAÇÃO DA 1ª PLATAFORMA						

4.1			LIMPEZA DA ÁREA E MOVIMENTAÇÃO DE TERRA	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
4.1.1	SINAPI	98525	LIMPEZA MECANIZADA DE CAMADA VEGETAL, VEGETAÇÃO E PEQUENAS ÁRVORES (DIÂMETRO DE TRONCO MENOR QUE 0,20 M), COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_03/2024	M²	20000,00	R\$ 0,71	25,18%	R\$ 0,89	R\$ 17.800,00
4.1.2	SINAPI	100983	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE ENTULHO EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 0,80 M³ / 111 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF_07/2020	M³	7800,00	R\$ 9,22	25,18%	R\$ 11,54	R\$ 90.012,00
4.1.3	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M³/KM	7800,00	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 26.832,00
4.1.4	SINAPI	100574	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_09/2024	M³	7800,00	R\$ 1,46	25,18%	R\$ 1,83	R\$ 14.274,00
4.1.5	SETOP	ED-50276	LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA ACIMA DE CINQUENTA (50) PONTOS REFERENCIAIS, INCLUSIVE ESTACA (PIQUETE) DE MARCAÇÃO	UNID.	200,00	R\$ 39,23	25,18%	R\$ 49,11	R\$ 9.822,00
4.1.6	SINAPI	101138	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE EM SOLO DE 1A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (125HP/LÂMINA: 2,70M3) E CAMINHÃO BASCULANTE DE 10M3, DMT ATÉ 200M. AF_07/2020	M³	35000,00	R\$ 15,79	25,18%	R\$ 19,77	R\$ 691.950,00

4.1.7	SINAPI	101230	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA INFRAESTRUTURA, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111 HP), FROTA DE 3 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M³, DMT ATÉ 1 KM E VELOCIDADE MÉDIA 14 KM/H. AF 05/2020	M³	35000,00	R\$ 11,31	25,18%	R\$ 14,16	R\$ 495.600,00
4.1.8	SINAPI	105559	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE CORPO DE ATERRO DE ATERRO (95% DE ENERGIA DO PROCTOR NORMAL) COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO, EM CAMADAS COM ESPESSURA DE 20 CM - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF 09/2024	M³	7000,00	R\$ 10,57	25,18%	R\$ 13,23	R\$ 92.610,00
4.1.9	SINAPI	105560	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE CAMADA FINAL DE ATERRO (100% DE ENERGIA DO PROCTOR NORMAL) COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO, EM CAMADAS COM ESPESSURA DE 20 CM - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF 09/2024	M³	3000,00	R\$ 12,59	25,18%	R\$ 15,76	R\$ 47.280,00
			TOTAL DO ITEM						R\$ 1.486.180,00
4.2			SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
4.2.1	SINAPI	102276	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M³), LARG. MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF 09/2024	M³	130,00	R\$ 11,31	25,18%	R\$ 14,16	R\$ 1.840,80

4.2.2	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	169,00	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 1.443,26
4.2.3	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	169,00	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 581,36
4.2.4	ATA Nº 063/2025 DEMSUR	53716	FORNECIMENTO DE GEOMEMBRANA DE PEAD, TEXTURIZADA NOS DOIS LADOS, COM ESPESSURA DE 2,0MM, EMENDA EXECUTADA PELO PROCESSO DE CUNHA A QUENTE E CONFORME NORMAS E ESPECIFICAÇÕES ABAIXO:- NBR 15.856/2010 - Geomembranas e produtos correlatos - Determinação das propriedades de tração; - NBR 16.199/2020 - Barreiras geossintéticas - Instalação de geomembrana poliméricas; - NBR 16.757/2020 - Geossintéticos - Requisitos para aplicação	M²	15000,00	R\$ 23,27	15,96%	R\$ 26,98	R\$ 404.700,00
4.2.5	ATA Nº 063/2025 DEMSUR	12169	INSTALAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD, TEXTURIZADA NOS DOIS LADOS, COM ESPESSURA DE 2,0MM, EMENDA EXECUTADA PELO PROCESSO DE CUNHA A QUENTE E CONFORME NORMAS E ESPECIFICAÇÕES ABAIXO:- NBR 15.856/2010 - Geomembranas e produtos correlatos - Determinação das propriedades de tração; - NBR 16.199/2020 - Barreiras geossintéticas - Instalação de geomembrana poliméricas; - NBR 16.757/2020 - Geossintéticos - Requisitos para aplicação	M²	15000,00	R\$ 4,20	25,18%	R\$ 5,26	R\$ 78.900,00

4.2.6	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	3900,00	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 33.306,00
4.2.7	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE:M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	3900,00	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 13.416,00
4.2.8	SINAPI	105559	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE CORPO DE ATERRO DE ATERRO (95% DE ENERGIA DO PROCTOR NORMAL) COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO, EM CAMADAS COM ESPESSURA DE 20 CM - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF 09/2024	M³	3000,00	R\$ 10,57	25,18%	R\$ 13,23	R\$ 39.690,00
			TOTAL DO ITEM						R\$ 520.771,42
4.3			SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
4.3.1	SINAPI	102276	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M3), LARG. MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF 09/2024	M³	1125,00	R\$ 11,31	25,18%	R\$ 14,16	R\$ 15.930,00

4.3.2	SINAPI	93379	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M³/POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA 0,8 A 1,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO AF 08/2023	M³	732,50	R\$ 20,21	25,18%	R\$ 25,30	R\$ 18.532,25
4.3.3	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	510,25	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 4.357,54
4.3.4	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	510,25	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 1.755,26
4.3.5	SINAPI	92216	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 1000 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF 03/2024	M	500,00	R\$ 514,59	25,18%	R\$ 644,16	R\$ 322.080,00
4.3.6	SINAPI	102991	CANALETA MEIA CANA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO (D = 40 CM) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 05/2025	M	400,00	R\$ 86,51	25,18%	R\$ 108,29	R\$ 43.316,00
4.3.7	SINAPI	99260	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X0,6X0,6 M PARA REDE DE DRENAGEM. AF 12/2020	UNID.	8,00	R\$ 478,93	25,18%	R\$ 599,52	R\$ 4.796,16

4.3.8	SINAPI	99290	BASE PARA POÇO DE VISITA RETANGULAR PARA DRENAGEM, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS = 1,5X1,5 M, PROFUNDIDADE = 1,40 M, EXCLUINDO TAMPÃO. AF 12/2020	UNID.	10,00	R\$ 4.384,21	25,18%	R\$ 5.488,15	R\$ 54.881,50
4.3.9	SINAPI	6243	TAMPAO FOFO SIMPLES COM BASE / REQUADRO, CLASSE B125 CARGA MAX. 12,5 T, REDONDO, TAMPA 600 MM (COM INSCRICAO EM RELEVO DO TIPO DE REDE)	UNID.	10,00	R\$ 415,35	25,18%	R\$ 519,94	R\$ 5.199,40
			TOTAL DO ITEM						R\$ 470.848,11
4.4			SISTEMA DE DRENAGEM DE PERCOLADO E REDE DE CONDUÇÃO PARA LAGOA EXISTENTE.	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
4.4.1	SINAPI	102689	DRENO ESPINHA DE PEIXE (SEÇÃO 0,40 X 0,40 M), COM TUBO DE PVC CORRUGADO RÍGIDO PERFURADO, DN 100 MM, ENCHIMENTO COM AREIA, INCLUSIVE CONEXÕES. AF 07/2021	M	170,00	R\$ 103,55	25,18%	R\$ 129,62	R\$ 22.035,40
4.4.2	SINAPI	102664	DRENO SUBSUPERFICIAL (SEÇÃO 0,40 X 0,40 M), CEGO, ENCHIMENTO DE BRITA, ENVOLVIDO COM MANTA GEOTÊXTIL. AF 07/2021	M	330,00	R\$ 51,07	25,18%	R\$ 63,93	R\$ 21.096,90
4.4.3	SINAPI	102716	ENCHIMENTO DE AREIA PARA DRENO, LANÇAMENTO MECANIZADO. AF 07/2021	M³	60,00	R\$ 211,43	25,18%	R\$ 264,67	R\$ 15.880,20
4.4.4	SINAPI	102276	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), ESCAVADEIRA (0,8 M3), LARG. MENOR QUE 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF 09/2024	M³	320,00	R\$ 11,31	25,18%	R\$ 14,16	R\$ 4.531,20

4.4.5	SINAPI	93379	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M³/POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA 0,8 A 1,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO AF 08/2023	M³	291,74	R\$ 20,21	25,18%	R\$ 25,30	R\$ 7.381,02
4.4.6	SINAPI	100979	CARGA, MANOBRA E DESCARGA DE SOLOS E MATERIAIS GRANULARES EM CAMINHÃO BASCULANTE 14 M³ - CARGA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA DE 1,20 M³ / 155 HP) E DESCARGA LIVRE (UNIDADE: M3). AF 07/2020	M³	36,74	R\$ 6,82	25,18%	R\$ 8,54	R\$ 313,74
4.4.7	SINAPI	93591	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 14 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF 07/2020	M3XKM	36,74	R\$ 2,75	25,18%	R\$ 3,44	R\$ 126,38
4.4.8	SINAPI	90737	ASSENTAMENTO DE TUBO DE PVC PARA REDE COLETORA DE ESGOTO DE PAREDE MACIÇA, DN 300 MM, JUNTA ELÁSTICA (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF 01/2021	M	400,00	R\$ 6,06	25,18%	R\$ 7,59	R\$ 3.036,00
4.4.9	SINAPI	97906	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 0,6X0,6X0,6 M PARA REDE DE ESGOTO. AF 12/2020	UNID.	10,00	R\$ 488,94	25,18%	R\$ 612,06	R\$ 6.120,60
			TOTAL DO ITEM						R\$ 80.521,44
4.5			SISTEMA DE DRENOS DE GÁS	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor

4.5.1	SINAPI	92212	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_03/2024	M	13,50	R\$ 268,35	25,18%	R\$ 335,92	R\$ 4.534,92
4.5.2	COMP.	C-002	ENCHIMENTO DE PEDRA DE MÃO PARA DRENO, LANÇAMENTO MECANIZADO (SIMILAR A COMPOSIÇÃO SINAPI 102717).	M³	3,82	R\$ 207,89	25,18%	R\$ 260,24	R\$ 992,84
4.5.3	SINAPI	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	276,48	R\$ 14,32	25,18%	R\$ 17,93	R\$ 4.957,29
4.5.4	SINAPI	96555	CONCRETAGEM DE BLOCO DE COROAMENTO OU VIGA BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	M³	3,46	R\$ 807,34	25,18%	R\$ 1.010,63	R\$ 3.492,74
4.5.5	SINAPI	96537	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BLOCO DE COROAMENTO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M²	0,96	R\$ 193,96	25,18%	R\$ 242,80	R\$ 233,09
4.5.6	SINAPI	5795	MARTELETE OU ROMPEDOR PNEUMÁTICO MANUAL, 28 KG, COM SILENCIADOR - CHP DIURNO. AF_07/2016	CHP	102,06	R\$ 31,24	25,18%	R\$ 39,11	R\$ 3.991,57
4.5.7	SINAPI	5952	MARTELETE OU ROMPEDOR PNEUMÁTICO MANUAL, 28 KG, COM SILENCIADOR - CHI DIURNO. AF_07/2016	CHI	147,42	R\$ 29,06	25,18%	R\$ 36,38	R\$ 5.363,14
4.5.8	SINAPI-I	10917	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA, CA-60, Q-61, (0,97 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 3,4 MM, LARGURA = 2,45 M, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	M²	25,43	R\$ 7,51	15,96%	R\$ 8,71	R\$ 221,53

4.5.9	SINAPI	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	283,50	R\$ 31,21	25,18%	R\$ 39,07	R\$ 11.076,35
TOTAL DO ITEM									R\$ 34.863,47
5			PAISAGISMO E CINTURÃO VERDE	Unid.	Quant.	Custo S/ BDI	BDI	Custo C/ BDI	Valor
5.1	SINAPI	98504	PLANTIO DE GRAMA BATATAIS EM PLACAS. AF_07/2024	M²	3000,00	R\$ 12,60	25,18%	R\$ 15,77	R\$ 47.310,00
5.2	SINAPI	98509	PLANTIO DE ARBUSTO OU CERCA VIVA. AF_07/2024	UNID.	3500,00	R\$ 57,97	25,18%	R\$ 72,57	R\$ 253.995,00
5.3	SINAPI	98510	PLANTIO DE ÁRVORE ORNAMENTAL COM ALTURA DE MUDA MENOR OU IGUAL A 2,00 M . AF_07/2024	UNID.	100,00	R\$ 96,96	25,18%	R\$ 121,37	R\$ 12.137,00
5.4	SINAPI	98520	APLICAÇÃO DE ADUBO EM SOLO. AF_07/2024	M²	200,00	R\$ 5,71	25,18%	R\$ 7,15	R\$ 1.430,00
TOTAL DO ITEM									R\$ 314.872,00
TOTAL GERAL DO ORÇAMENTO COM BDI									R\$ 3.415.232,91
Engª Civil Daniela Murucci Monteiro CREA 147.585/D - MG									

A estimativa de custos para implantação do novo aterro **ETAPA I** contempla:

- Estudos Ambientais (EIA/RIMA);
- Serviços de mobilização e desmobilização;
- Custos de administração da obra.
- Terraplanagem;
- Obras civis de infraestrutura e sistemas de impermeabilização;
- Sistemas de drenagem de lixiviados e biogás;
- Sistema de drenagem pluvial;
- Aquisição e instalação de equipamentos;

O valor das obras incluindo materiais e BDI, foi estimado em **R\$ 3.415.232,91 (três milhões, quatrocentos e quinze mil, duzentos e trinta e dois reais e noventa e um centavos)**, conforme planilha anexa.

Conforme dispõe a Resolução CONAMA, em seu Art. 2º, as atividades potencialmente modificadoras do meio ambiente estão sujeitas à elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA. No inciso X do referido artigo, encontra-se expressamente citado o aterro sanitário como uma dessas atividades.

Estamos acrescentando ao custo de implantação do novo aterro, o valor referente à elaboração dos estudos ambientais (EIA/RIMA), referente a toda área que será licenciada. A estimativa de custo deste estudo, foi elaborada, tomando por base o **Termo de Contrato AMA 9458828/2025 – DER/DG/Licitações**, celebrado entre o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais e o Consórcio Direção E+/MG-238, *“para a contratação de empresa especializada visando à elaboração de estudos ambientais (licença de operação corretiva com EIA/RIMA) na Rodovia MG-238, em toda a sua extensão, incluído no PPAG, no valor de R\$*

803.371,39 (*oitocentos e três mil, trezentos e setenta e um reais e trinta e nove centavos*).”

Somando o custo estimado das obras e materiais com **BDI (R\$ 3.415.232,91)** ao valor dos estudos ambientais (**R\$ 803.371,39**), tem-se um total de:

R\$ 4.218.604,30 (quatro milhões, duzentos e dezoito mil, seiscentos e quatro reais e trinta centavos).

Ressalta-se que nesta primeira etapa não está contemplada a aquisição de área de terceiros.

6. Cronograma

Tabela 2 - Tabela das Etapas da implantação do novo aterro.

TABELA DAS ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DO NOVO ATERRO MURIAÉ/MG							
Etapas	Licitação			Contratação	Situação atual	Finalização	Observação
	Iniciou	Preparação	Concluído				
Elaboração do Laudo de Viabilidade			x	x	Em elaboração	set/25	
Elaboração dos Projetos			x	x	Em elaboração	out/25	
Entrada com Licenciamento Ambiental junto ao SLA			x	x	Em elaboração	mai/25	
Elaboração dos estudos (EIA/RIMA) e outros					Não iniciada	dez/26	Durante a elaboração do estudo, as campanhas de análises precisam ser realizadas em duas fases, período seco e chuvoso. Nesse caso, teria que dar início em janeiro 2026 para finalizar em dezembro 2026.
Análise do órgão ambiental					Não iniciada	dez/27	
Execução das obras de terraplanagem e abertura de via					Não iniciada	fev/28	
Instalação de equipamentos					Não iniciada	fev/28	
Instalação da manta			x	x	Realizando empenho	mar/28	
Camada de base do aterro (dreno de base de lixiviados)					Não iniciada	abr/28	
Início da operação					Não iniciada	mar/28	
Aguardando =	aguardando a demanda dos serviços para ser concluído.						
Em processo =	Está sendo elaborado						

Fonte: DEMSUR 2025

As etapas do projeto terão a duração total de 33 meses, de forma otimista, incluindo elaboração de projetos, licenciamento ambiental e execução, contados a partir de setembro de 2025, com início das campanhas do Estudo de Impacto Ambiental em janeiro de 2026. Caso não sejam iniciadas nesse prazo, haverá um acréscimo de seis meses à duração total.

7. Conclusão

Conforme indicado no Projeto de Alçamento e no *As Built* de maio de 2025, o atual aterro sanitário operado pelo DEMSUR possui vida útil estimada em aproximadamente 10 meses a partir dessa data, considerando a taxa média de recebimento de 65 t/dia e a capacidade volumétrica remanescente de **24.982 m³**. Isso significa que o encerramento definitivo está previsto para ocorrer até **maio de 2026**, restando um prazo extremamente reduzido para a implantação da nova unidade.

A execução imediata do novo Aterro Sanitário de Muriaé – Etapa I, primeira plataforma, é fundamental para garantir a continuidade do serviço público de destinação final de resíduos sólidos urbanos. A postergação dessa obra implicaria, inevitavelmente, na necessidade de contratação emergencial do transporte e disposição de resíduos em aterros privados de outros municípios, com substancial aumento dos custos operacionais da autarquia, além de perda de autonomia e previsibilidade orçamentária.

Diante desse cenário, sugerimos que seja realizado um estudo de conformação do atual aterro, visando prolongar sua vida útil por mais dois anos, e que se iniciem as etapas dos processos licitatórios, de modo que as obras sejam concluídas conforme cronograma apresentado Tabela 2, garantindo segurança ambiental, eficiência operacional e sustentabilidade econômica ao DEMSUR.

O valor estimado para o início do novo aterro é de **R\$ 4.218.604,30 (quatro milhões, duzentos e dezoito mil, seiscentos e quatro reais e trinta centavos)**. O

DEMSUR já possui como contrapartida os projetos executivos e os estudos de viabilidade, que se encontram contratados e em processo de elaboração.

O cronograma das etapas necessárias terá duração de 33 meses, com previsão de conclusão em maio de 2028.

Muriaé, 28 de agosto de 2025

Documento assinado digitalmente
 **DANIELA MURUCCI MONTEIRO**
Data: 28/08/2025 13:10:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng^a Civil Daniela Murucci Monteiro

CREA 147.585/D - MG

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO LOURES MOREIRA**
Data: 28/08/2025 13:16:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rogério Loures Moreira

Engenheiro Ambiental CREA/MG - 131.051D

REVISÃO DO PROJETO EXECUTIVO DA AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE MURIAÉ/MG

Município de Muriaé, MG

VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO

PRF-MRE-ADQ-AMP-PEX-MDC-H-F

JULHO DE 2025

Muriaé, 31 de julho de 2025.

Ao

DEMSUR

Departamento Municipal de Saneamento Urbano

CNPJ: 02.318.396/0001-45 Muriaé-MG

A/C Renato Bernardes

Ref.: Entrega da Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé/MG – Memoriais Descritivo e Técnico, Desenhos e Quantitativos

SUMÁRIO

SUMÁRIO	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	4
1 APRESENTAÇÃO.....	5
2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA.....	6
2.1 Caracterização geológica-geotécnica (PCA, 2009)	7
2.1.1 Sondagem NSPT	7
2.1.2 Ensaio geotécnicos	8
2.2 Sondagens a percussão com medidas de NSPT	9
2.3 Caracterização Hidrogeológica.....	10
3 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DO PROJETO.....	11
3.1 Regularização do terreno	11
3.2 Sistema de Impermeabilização	12
3.2.1 Recomendações para implantação	12
3.3 Drenagem de Lixiviados	14
3.3.1 Drenos de camada de lixiviados	14
3.4 Drenagem de Biogás	15
3.5 Drenagem Pluvial	17
3.6 Disposição de Resíduos.....	22
3.7 Cobertura operacional e definitiva dos resíduos	23
3.8 Estimativa de Vida Útil e Balanço de Solos	24
3.9 Controle Tecnológico	25

3.9.1	Monitoramento Geotécnico	25
3.9.2	Monitoramento de Águas Superficiais e Subterrâneas.....	28
3.9.3	Plano de Inspeções e Manutenção Periódica	28

4 ATERRO SANITÁRIO - PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA

BIBLIOGRAFIA.....	34
--------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Geologia da Área de Interesse – Folha Muriaé	6
Figura 3-1. Esquema típico de dreno de lixiviados de camada.....	15
Figura 3-2. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.	18
Figura 3-3. Exemplo de descida hidráulica de gabião tipo manta (colchão).	19
Figura 3-4. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 na interligação de descidas hidráulicas com canaletas e tubo de concreto (travessia).	20
Figura 3-5. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b).	21
Figura 3-6. Exemplo de Cercas-silte (Fonte: EPA, 2007).	22
Figura 3-7. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1. Resumo dos resultados das análises em Laboratório, realizada em julho de 2009.....	8
Tabela 2-2. Valores de N_{SPTs} obtidos em cada sondagem em função da profundidade.....	9
Tabela 3-1. Modelo de <i>check-list</i>	30

1 APRESENTAÇÃO

A Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos apresenta o Memorial Descritivo da Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé, com descrição e detalhamento dos elementos construtivos e identificação dos tipos de serviços, materiais e equipamentos a serem utilizadas na ampliação e operação do referido aterro.

O projeto em questão foi elaborado com base nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a NBR 8.419/1996 – “Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos” e NBR 13.896/1997 – “Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação”.

A revisão da ampliação prevista utilizou como base o *As built* de maio de 2025, levantamento realizado por drone (modelo não especificado) e fornecido pela DEMSUR no dia 11 de junho de 2025. Nesse projeto contempla a realização do alteamento do maciço de resíduos da cota 327,00 m até a cota 342,00 m., com a necessidade de dar continuidade na implantação do sistema de impermeabilização de base, nas bermas e taludes, a partir da cota 337,00.

Destaca-se, para a viabilidade da revisão do projeto da ampliação do presente aterro, na melhor conformação geométrica definida, foi considerado a segurança a favor da estabilidade geotécnica e o melhor aproveitamento, em termos de volumetria, para a disposição de resíduos, além da implantação dos sistemas de proteção ambiental, que serão detalhados e estão apresentados nos itens a seguir. Ainda, é importante salientar, que para viabilizar a implantação da ampliação em questão, é necessário seguir as orientações e condições de projeto determinadas na Adequação de Projeto Executivo do Aterro Sanitário de Muriaé (Geotech, 2021).

2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA

A seguir apresentam-se as características geológicas-geotécnicas da área de implantação do empreendimento, com a finalidade de identificar as principais influências na dinâmica dos recursos minerais em função do cenário de implantação do Aterro sanitário e industrial.

O município de Muriaé está inserido no contexto da Faixa Ribeira, formada nas etapas finais da Orogênese Brasileiro de idade neoproterozoico-cambriana caracterizada como um evento de orogênese colisional que apresenta evidências metamórficas e deformacionais, profundamente erodido (Heilbron et al, 1998).

A Figura 2-1 apresenta a distribuição espacial das principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na área de interesse e em seu entorno, segundo a Carta Geológica Folha SF.23-X-D-III – Muriaé (Comig, 2002), a região está assentada em rochas de origem magmática como plutonito, charnokito, granodiorito e granitos, além de rochas metamórficas como gnaisses e ortognaisses.

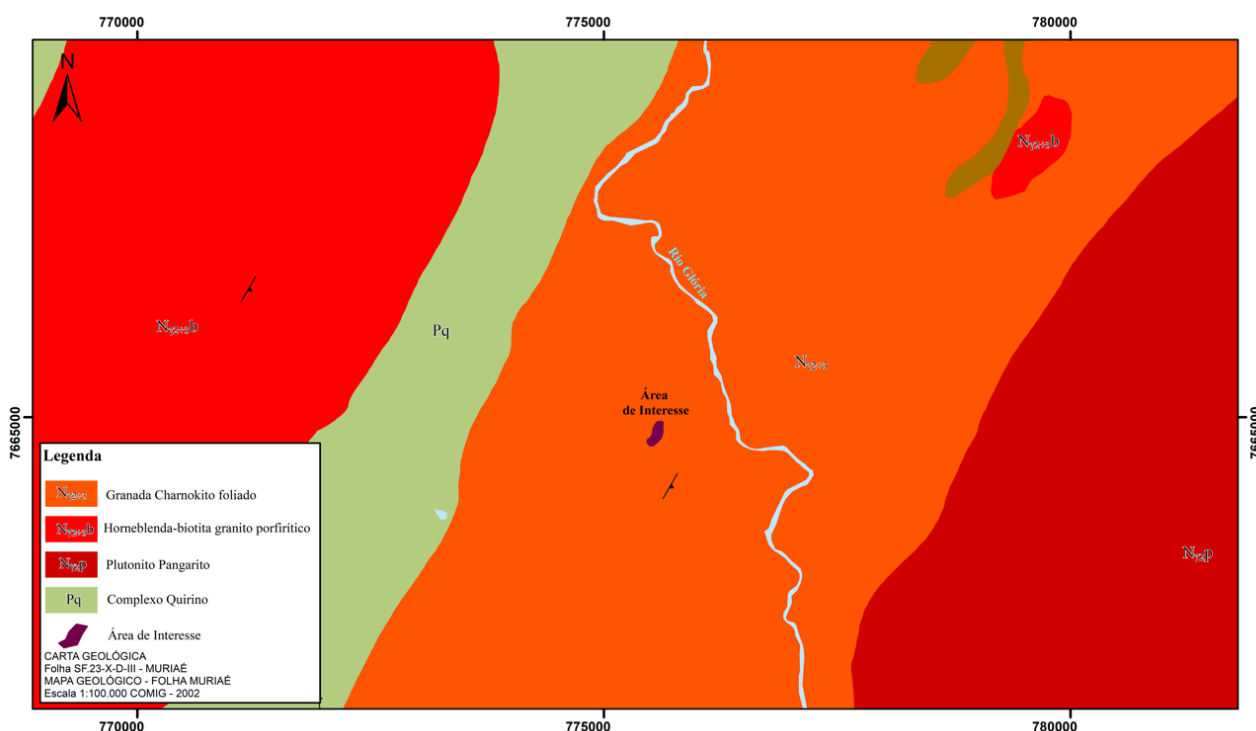


Figura 2-1. Geologia da Área de Interesse – Folha Muriaé

O empreendimento encontra-se assentado no segmento tectono-estratigráfico denominado Terreno Ocidental, pertencente ao Domínio Juiz de Fora. O embasamento desta unidade é composto por ortognaisses e metabasitos com paragenes da fácies granulíticos. Os litotipos predominantes apresentam composição tonalítica (enderbitos) a granítica (charnockitos), com rochas gabróicas e dioríticas subordinadas.

De modo a complementar tal análise foram realizadas no local de implantação, sondagens à percussão e o levantamento de dados de antigos trabalhos realizados na área de interesse.

2.1 Caracterização geológica-geotécnica (PCA, 2009)

O levantamento de dados dos estudos realizados na área do aterro sanitário municipal de Muriaé-MG apresentam sondagens NSPT, caracterizações de ensaios in situ de permeabilidade do solo e análise em laboratório dos parâmetros físicos dos solos, que podem ser encontrados no Relatório e Plano de Controle (PCA) do Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos do município de Muriaé, realizado no ano de 2010.

2.1.1 Sondagem NSPT

No período de junho de 2009, foram executados 9 furos de sondagem à percussão e pela empresa GEOPONTUALL ENGENHARIA LTDA., com o intuito de caracterizar o estudo geológico geotécnico e a determinação do nível d'água da área de interesse.

A partir das sondagens o PCA identifica a geologia local sendo composta por três camadas representativas, classificadas como camada superficial de colúvio, argilo-siltoso, sob o qual ocorre uma camada de solo residual maduro de gnisse, também argilo-siltoso. Na base do perfil ocorre uma camada de solo residual jovem de gnaiss variando desde areia (fina ou grossa) até um silte (arenoso ou argiloso). Sob estas ocorre o embasamento rochoso.

A sondagens não atingiram o Nível d'água, com exceção da sondagem SPT-09, que atingiu o nível d'água com profundidade de 8 metros, porém sua localização é próxima ao curso d'água presente nos arredores da área do empreendimento.

2.1.2 Ensaios geotécnicos

As propriedades dos solos da área de estudo foram determinadas pela realização de ensaios geotécnicos realizados pelo Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho de 2009, determinando o peso específico seco, o peso específico dos sólidos, o Limite de Liquidez, o Limite de Plasticidade, o teor de Umidade Ótimo de Compactação, granulometria e a Permeabilidade do material como pode ser observado na Tabela 2-1.

RESUMO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES EM LABORATÓRIO		
Amostra	Amostra 1	Amostra 2
Descrição	Argila arenosa	Argila arenosa
Análise granulométrica (Processo Parcial; % que passa)		
Argila	67%	66%
Silte	7%	7%
Areia	26%	27%
Pedregulho	-	-
Ensaio de Compactação Proctor		
Teor de Umidade Ótima	28,66%	28,46%
Massa Espec. Aparente Seca Máx.	2,703 (g/cm³)	2,702(g/cm³)
Limites de Atterberg		
Limite de Liquidez (LL)	71%	76%
Limite de Plasticidade (LP)	40%	41%
Índice de Plasticidade (IP)	31%	35%

Tabela 2-1. Resumo dos resultados das análises em Laboratório, realizada em julho de 2009.

De acordo com o PCA, os ensaios os solos existentes no local poderão ser utilizados para impermeabilização da base das plataformas do aterro. Vale ressaltar que todos estes estudos foram realizados antes da implantação do Aterro do município de Muriaé, o qual encontra-se instalado atualmente.

No Anexo III do Volume II – Memorial Técnico são apresentado o relatório de sondagem (GEOPONTUAL ENGENHARIA, 2009) e os ensaios de permeabilidade, compactação, limite liquidez, limite de plasticidade, análise granulométrica, densidade (UFV, 2009).

2.2 Sondagens a percussão com medidas de NSPT

No período compreendido entre os dias 24 a 29 de junho de 2022, foram executadas 12 sondagens a percussão, pela RJ PACELLI IMOBILIARIA E SERVICOS EIRELI. O objetivo dessas sondagens foi avaliar as características geológica da área do empreendimento propostos e seus limites de penetração e com isso poder embasar a definição das técnicas mais convenientes e seguras que deverão ser empregadas nesse projeto. Na tabela a seguir são apresentados os valores de N_{SPTs} das sondagens em questão.

		SP-101	SP-101A	SP-101B	SP-102	SP-103	SP-104	SP-105	SP-105A	SP-105B	SP-106	SP-106A	SP-106B
Cota (m)	Até (m)												
De (m)	Até (m)												
1,00	1,45	14	16	13	14	7	8	10	10	11	15	15	14
2,00	2,45	14	15	12	14	7	7	6	6	10	13	13	14
3,00	3,45	21		18/2	11	6	10	12		14	22/10	22/10	
4,00	4,45	30/10			8	7	12	15					
5,00	5,45				15	8	13						
6,00	6,45				44	24/5	16						
7,00	7,45						14						
8,00	8,45						26						
9,00	9,45						25						
10,00	10,45						38						

Descrição	NSPT Médio Geral
Solo Residual - Argila siltosa pouco arenosa e Silte arenoso amarelo a marrom amarelado.	10
Solo Residual - Areia siltosa a argilosa, marrom medianamente compacta.	15
Solo Residual- Silte argiloso pouco arenoso e silte arenoso pouco argiloso, marrom a variegado	15

Tabela 2-2. Valores de N_{SPTs} obtidos em cada sondagem em função da profundidade.

Através de análises dos resultados das sondagens realizadas na área do empreendimento verifica-se que o compartimento geotécnico principal corresponde a argilas siltosas e silte argilosos, com valor de N_{SPT} médios = 15, de colorações marrom, passando por marrom amarelado. Informa-se que os índices de resistência maiores que 50 golpes não foram contemplados na média, devido a serem caracterizados pela norma ABNT NBR 6484:2001 como “impenetrável à percussão”.

Em relação ao Índice de resistência à penetração dos solos, pode-se verificar que os valores NSPT obtidos na camada mais superficial das sondagens apresenta menores do que na camada inferior, este fato se dá devido ao intenso intemperismo dos solos que estão em contato direto com agentes intempéricos. De modo geral, os valores NSPT obtidos, denotam que a área de implantação do aterro sanitário possui boa capacidade de carga e suporte para o empreendimento em questão.

Corroborar-se a isto, os resultados das análises visuais tácteis realizadas nos solos da área como argilas silto-arenosas de coloração marrom avermelhada para ocre.

No Anexo IV do Volume II – Memorial Técnico são apresentados os boletins de sondagens à percussão com medidas NSPT (RJ ENGENHARIA, 2022).

2.3 Caracterização Hidrogeológica

De acordo com o Instituto Geológico (2019) a área do empreendimento abrange o sistema de aquífero denominado como Sistema Aquífero Cristalino ou Fraturado.

O Sistema Aquífero Cristalino, é classificado como aquífero fraturado que é formado a partir do acúmulo e percolação de água subterrânea através de sistema de falhas, fraturas e porções de rochas alteradas. A recarga destes aquíferos ocorre em decorrência das chuvas que escoam através das camadas de rochas alteradas e zonas fissuradas, apresenta baixa transmissividade e ausência de fluxos de águas, condiciona a formação de unidades independentes, existindo um regime de escoamento próprio. É representado por rochas ígneas e metamórficas. (CETESB, 2022).

De acordo com as sondagens a percussão não foi encontrado o nível d'água, vale ressaltar que as sondagens foram realizadas em períodos não chuvoso, além da incerteza do comportamento de aquíferos de origem fraturado.

3 DESCRIÇÃO E ESPECIFICAÇÕES DOS ELEMENTOS DO PROJETO

A descrição dos elementos da concepção do projeto executivo da ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé contemplou a execução de serviços de implantação dos sistemas de proteção ambiental e sanitária, cujos detalhamentos estão devidamente apresentados nesse item.

Ressalta-se que os sistemas de proteção ambiental e sanitária aqui descritos foram dimensionados para atender a ampliação do aterro sanitário aqui proposto, estes sistemas foram caracterizados e dimensionados individualmente.

Os taludes finais de disposição dos resíduos no aterro terão inclinação máxima de 1:2 (V:H), com alturas 5,0 m e bermas de 5,0 m. O volume útil para disposição dos resíduos sólidos na área do projeto proposto, considerando todas as camadas, é de 24.982 m³, já descontados os volumes de solo a serem utilizados na impermeabilização de base, na operação diária de cobertura dos resíduos dispostos, muito embora pretenda-se utilizar mantas de sacrifício ou provisórias e solo na cobertura definitiva do aterro proposto.

Aplicando-se uma taxa de geração de resíduos de até 65 t/dia e adotando-se o peso específico de 1,0 t/m³ (γ), tem-se uma vida útil de aproximadamente 1 (um) ano de operação, considerando o ano com 365 dias operacionais e conforme *As Built* de maio de 2025. A descrição da vida útil é apresentada no Volume II – Memorial Técnico.

3.1 Regularização do terreno

Para viabilizar a ampliação do aterro sanitário em questão, não serão necessárias grandes intervenções para a regularização do terreno, considerando que desde o *As Built* de maio de 2025 não houve nenhuma modificação na área definida para esta revisão de projeto.

Deverão ser realizadas pequenas regularizações no terreno natural com a finalidade de configurar um platô de base com declive mínimo de 2%, necessário ao funcionamento

adequado da drenagem de lixiviados e consequente encaminhamento do lixiviado para Estação de Tratamento de Líquidos Percolados - ETLP existente.

3.2 Sistema de Impermeabilização

O sistema de impermeabilização proposto neste projeto deverá ser interligado com o sistema de impermeabilização existente, dando continuidade na implantação de cada geossintético já instalado, até que toda a base da área prevista nessa ampliação esteja composta e protegida por sistema de impermeabilização. Sendo assim, de acordo com os projetos anteriores elaborados pela Geotech, recomenda-se realizar a união do *Geosynthetic Clay Liner* – GCL, da geomembrana de PEAD e do geotêxtil, conforme especificações descritas nesse item. Este sistema tem por objetivo isolar os resíduos, evitando a penetração dos lixiviados no solo natural.

Desta forma, o sistema de impermeabilização será composto por geocomposto bentonítico tipo *Geosynthetic Clay Liner* – GCL, seguido por geomembrana de Polietileno de Alta Densidade – PEAD texturizada em ambas as faces, de 2,0 mm de espessura, que por sua vez será recoberta por geotêxtil não tecido de polipropileno (RT-31), para a proteção mecânica da geomembrana.

O sistema de impermeabilização deverá ser implantado sob rigoroso acompanhamento e principalmente execução, por empresas especializadas, de modo a atender todas as especificações deste projeto e evitar eventuais problemas futuros.

Na Folha 08/08, do Anexo I, do Volume II – Memorial Técnico, é apresentado o detalhamento do sistema de impermeabilização e na Folha 02/08 a localização deste sistema.

3.2.1 Recomendações para implantação

A instalação do Geocomposto bentonítico (GCL) é semelhante a instalação da geomembrana. A superfície de apoio da área a ser impermeabilizada deve estar nivelada,

seca, limpa e livre de quaisquer materiais soltos ou pontiagudos e depressões que possam danificar o geocomposto. A ancoragem deve ser feita em canaletas escavadas na crista do talude, a colocação do geocomposto deve ser perpendicular ao talude e as emendas devem ser feitas por traspasse de no mínimo 0,15 m nas laterais dos rolos e 0,60 m nos finais de rolo, entre os quais deve ser colocada bentonita em pó (MPZ, 2009).

Ambos os geossintéticos deverão ser ancorados nas margens do limite da área prevista nessa ampliação, em terreno natural, conforme apresentado nos detalhes na Folha 08/08, no Anexo I do Volume I. A referida área impermeabilizada é apresentada nas Folhas 02/08 a 05/08 do Anexo I do Volume II.

Deve-se ainda evitar a exposição do GCL às intempéries antes de ser coberto pela geomembrana, bem como evitar que o material sofra ciclos de saturação e secagem, que possam reduzir o potencial de impermeabilização do GCL.

A aplicação da geomembrana de PEAD será realizada com a soldagem dos vários “panos” constituintes, recobrando toda a área definida para o assentamento da geomembrana de PEAD. A superposição entre as emendas das geomembranas deverá ser resguardada a fim de garantir uma condição plenamente adequada de soldagem a quente, que deverão seguir as recomendações do fabricante.

Para a acomodação da geomembrana, nos taludes, deve-se evitar desenrolar de montante para jusante, soltando-a, mas sim, desenrolar puxando-a sem arrastá-la. Deve-se ainda prevenir contra ações do vento, pois podem criar pontos fracos na geomembrana, por exemplo, danos por abrasão.

Para a instalação da geomembrana de PEAD texturizada em ambas as faces, sua execução deve ser realizada por equipe especializada neste tipo de serviço e devendo-se realizar ensaios de solda de geomembrana na obra.

Enfim, a instalação dos geossintéticos que compõem o sistema de impermeabilização de base deverá seguir os procedimentos dispostos nas normas da ABNT de geossintéticos e no Manual Brasileiro de Geossintéticos (VERTEMATTI, 2015).

3.3 Drenagem de Lixiviados

Os lixiviados são líquidos contidos no próprio resíduo, gerado pela decomposição biológica, por microrganismos, e proveniente das infiltrações das águas pluviais. Esse líquido quando não drenado adequadamente pode ocasionar diversos problemas ao aterro sanitário, como o aumento da pressão sobre o maciço de resíduos e consequente instabilização geotécnica, aumento do potencial do ataque as estruturas do aterro (camada de impermeabilização de base, por exemplo) e em excesso, retarda o processo de biodegradação dos resíduos e geração de biogás.

Dimensionou-se o sistema de drenagem de lixiviados para a presente área a ser ampliada do aterro sanitário de Muriaé. Por se tratar de alteamento, foi contemplada a implantação de drenos de camada.

3.3.1 Drenos de camada de lixiviados

Os drenos de camada serão aqueles implantados no término de cada célula, distanciados verticalmente a cada 5,0 metros, em trincheira escavada nos resíduos na profundidade de 1,00 metro, com abertura de 0,80 m x 0,80 m, preenchidas com rachão ou brita 4, conforme detalhe apresentado no Anexo I do Volume II - Folhas de Projeto, Folha 08/08. As locações dos drenos de camadas são apresentadas nas Folhas 03/08 a 07/08.

Na figura a seguir é apresentado o detalhamento do dreno de lixiviados de camada.

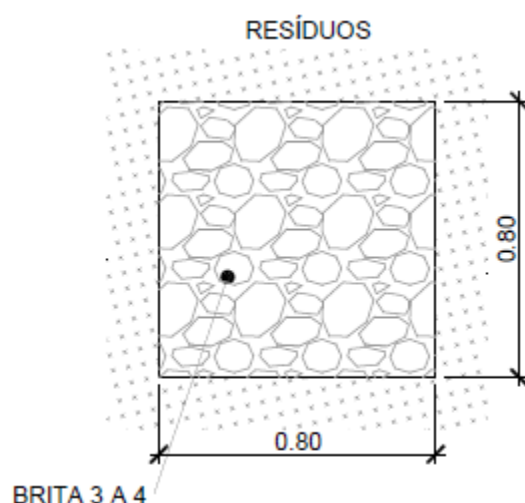


Figura 3-1. Esquema típico de dreno de lixiviados de camada.

Os drenos de camada deverão ser interconectados entre si, cujo fluxo sempre descendente conduzirá os lixiviados captados aos drenos de biogás existentes, que deverão desempenhar também a função de drenagem de lixiviados, através da drenagem descendente até a drenagem de base, conforme detalhe apresentado no Volume II, Anexo I, Folha 08/08.

Conforme mencionado anteriormente, a Estação de Tratamento de Líquidos Percolados - ETLP é existente e deverá ser mantido, para que possa receber o fluxo de lixiviados drenado do maciço de resíduos, tanto da área já existente, quanto da área a ser ampliada.

3.4 Drenagem de Biogás

Os drenos de biogás serão compostos por tubos de concreto armado com $\varnothing 0,60$ m, perfurados, que terão fluxo ascendente de gases e drenagem descendente de lixiviados. Estes tubos deverão ser de encaixe tipo ponta e bolsa, envoltos por rachão, com 0,50 m de espessura, contido por tela de aço, para formar um espaço anelar preenchido por material granular, material este que não pode ser de origem calcária.

Os gases deverão ser conduzidos para este sistema e serem queimados nas saídas dos tubos de concreto através de *flares* em aço ou ferro fundido. À medida que o aterro for

alteado, os drenos deverão ser prolongados, com o cuidado de substituir o tubo que será enterrado, caso esteja sendo utilizado para a queima dos gases sem o uso do *flare* (de aço ou ferro fundido). Esta medida visa garantir a integridade estrutural do sistema de tubos.

Na base do dreno de biogás, a parte inferior do tubo de concreto deverá estar apoiado sobre uma laje de concreto armado quadrada, de 1,60 m de lado e 0,15 m de espessura, para distribuir as tensões aplicadas sobre a camada de impermeabilização. Nessa parte em que o tubo de concreto de biogás estará apoiado sobre a laje de concreto, também deverá ser acoplado junto aos drenos de base de lixiviados. No presente projeto contemplou-se drenos de biogás apoiados sobre a o sistema de impermeabilização e drenos de biogás apoiado sobre o maciço de resíduos, além dos alteamentos dos tubos sobre os drenos já existentes.

Os drenos de camada de lixiviados deverão se acoplar junto aos tubos de concreto perfurados de drenagem de biogás, em suas cotas definidas, ao longo da altura de cada camada de disposição dos resíduos de 5,0 m de altura.

Para evitar colmatações e preenchimento de solo nos espaços vazios formados pela camada de pedras envolta do tubo, os solos de cobertura final não deverão entrar em contato direto com os drenos de biogás, devendo-se implantar temporariamente um geotêxtil não tecido de 300 g/m² entre os drenos de biogás e os solos.

Quanto à malha de drenos de biogás no aterro sanitário, sua distribuição foi definida considerando um espaçamento de 30,0 a 40,0 m de distância entre os drenos, de modo que a drenagem de biogás seja eficiente e contemple toda a área ampliada e toda área das novas camadas de resíduos superiores ao maciço existente.

Nas folhas do Anexo I do Volume II – Memorial Técnico, nas Folhas 02/08 a 06/08, é apresentada a localização dos drenos de biogás e na Folha 08/08, seus detalhes.

3.5 Drenagem Pluvial

O objetivo deste sistema é disciplinar a drenagem pluvial na área da revisão da ampliação do aterro sanitário – nas áreas de implantação, operação e encerradas, bem como desviar as águas pluviais das áreas de montante do empreendimento, impedindo-se a entrada de água pluvial, para dentro do empreendimento.

Desse modo, a drenagem pluvial do empreendimento tem como objetivo preservar a qualidade das águas, sem ter contato com os resíduos, propiciando que a energia das águas seja dissipada e grande parte dos sedimentos seja retida, antes de seu lançamento nas drenagens existentes nas regiões de jusante do empreendimento.

O sistema de drenagem pluvial da área foi definido de maneira a coletar as águas de chuva, utilizando-se dos seguintes dispositivos, que irão funcionar de maneira associada e encaminharão as águas pluviais drenadas ao sistema de drenagem pluvial existente.

O sistema de drenagem pluvial para esta revisão da ampliação do aterro sanitário é composto por:

- Canaletas de concreto tipo meia-cana;
- Descidas hidráulica trapezoidal em gabião manta (colchão);
- Caixas de passagem de concreto;
- Galerias em tubos de concreto armado (travessias); e
- Cercas-silte (caso necessário).

O dimensionamento deste sistema é apresentado no Volume II – Memorial Técnico, estando a locação dos componentes do sistema de drenagem de águas pluviais apresentada no Volume II, Anexo I – Folhas de Projeto, nas Folhas 02/08 a 06/08, e seus detalhes, na Folha 08/08.

Primeiramente, no início das obras de implantação, deverá ser executada a drenagem pluvial de implantação, para desviar e disciplinar as águas pluviais das áreas de implantação, bem como captar e conduzir as águas pluviais drenadas dentro do empreendimento, até as saídas d'água existentes.

Essa drenagem pluvial de implantação deverá ser executada no início das obras de implantação, e será composta basicamente por: canaletas de concreto tipo meia-cana, caixas de passagem, descidas hidráulicas e travessias subterrâneas (tubos de concreto).

As canaletas de concreto tipo meia-cana deverão ser implantadas nos acessos do empreendimento, nas bermas dos taludes e alguns platôs do aterro sanitário. Nas bermas dos taludes do aterro sanitário onde serão assentadas as canaletas deverá ser adotada declividade mínima de 2% na direção dos pés dos taludes, para impedir que o escoamento das águas pluviais desça diretamente na direção de maior inclinação dos taludes. Nos acessos e platôs, foi considerada declividade mínima de 2% também, na direção das canaletas.

Na Figura 3-2 é apresentado um exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.



Figura 3-2. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.

As descidas de água pluvial no aterro sanitário se darão por descidas hidráulicas trapezoidais de gabião tipo manta (colchão), que consistem em caixas de arame galvanizado tipo gaiola, preenchidas com pedras britadas (brita 3 ou 4). Os colchões acompanharão a declividade dos taludes e bermas, com suas partes inferiores sobrepondo-

se às superiores dos elementos seguintes de jusante. A seção transversal destas escadas será trapezoidal, tendo o colchão 0,17 m de espessura, com inclinação do talude lateral da seção interna da escada de 1:2 (V:H).

No maciço de resíduos (dentro do perímetro de resíduos), os colchões de gabião manta deverão ser assentados, sobre uma base, composta por: primeiramente, sobre solo compactado (cobertura definitiva) e após uma geomembrana de PEAD (1,0 mm), seguido por um geotêxtil (RT 16) tipo não tecido de poliéster e por último, os colchões de gabião manta, que deverão ser ancorados lateralmente, por grampos metálicos (espaçamento de 0,5 m).

Essas descidas hidráulicas deverão ser implantadas, perpendicularmente às faces do maciço do aterro sanitário, ou seja, atravessando os taludes e bermas das faces do maciço.

Devido a isso, as seções hidráulicas dessas descidas serão distintas, quando estiverem nos taludes e nas bermas. Nos taludes, as seções hidráulicas serão menores, devido a declividade dos taludes dos maciços sanitários (1:2; V:H) e nas bermas, as seções hidráulicas serão maiores, em função da horizontalidade das bermas, definindo-se em 2% em direção à próxima camada.

Na Figura 3-3 é apresentado um exemplo de descida hidráulica de gabião manta (colchão).



Figura 3-3. Exemplo de descida hidráulica de gabião tipo manta (colchão).

As caixas de passagem de concreto serão implantadas em diversas situações: nas mudanças de direção e para diminuição da energia do escoamento das canaletas de berma ou acesso e nas transições das descidas hidráulicas de gabião, canaletas e tubos de concreto (travessias subterrâneas).

A seguir são apresentadas as caixas de passagem de concreto projetadas:

- ✓ Tipo 1 (P1): na interligação das linhas de descidas hidráulicas com canaletas e tubos de concreto (travessias), para direcionar melhor o escoamento das águas, possibilitar a dissipação de energia hidráulica e retenção de sedimentos;



Figura 3-4. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 na interligação de descidas hidráulicas com canaletas e tubo de concreto (travessia).

- ✓ Tipo 2 (P2): nas mudanças de direção e diminuição da energia do escoamento das canaletas de concreto tipo meia-cana e retenção de sedimentos, bem como transição com travessias subterrâneas (tubos de concreto);



Figura 3-5. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b).

Em diversos pontos do empreendimento, devido aos acessos, foram propostas travessias subterrâneas de escoamento das águas pluviais, através de tubos de concreto armado.

Como já descrito, os dispositivos de drenagem pluvial aqui propostos, deverão ser interligados aos dispositivos já existentes, com lançamento nas saídas d'água já existentes.

Caso necessário, cercas-silte deverão ser implantadas nas saídas d'água pluviais do empreendimento, nas suas laterais, formando uma segunda linha de proteção contra o carreamento de sedimentos e assoreamento indesejado em áreas, como áreas verdes.

As cercas-silte ou *silt fences* ou *filter fence*, basicamente, são barreiras ou cercas que são instaladas nas áreas mais baixas do terreno, para impedir o carreamento de sedimentos, o que permite apenas a passagem de água. Estas cercas-silte são compostas geralmente por geotêxteis estendidas entre estacas de madeira ou ferro, cravadas e espaçadas uniformemente, formando uma linha horizontal de barreira, que acompanha a cota do terreno. No entanto, nunca devem ser instaladas interceptando as linhas de drenagem principais, como cursos d'água ou pequenos córregos, mas sim nas suas laterais.

Esse tipo de medida é uma barreira bastante eficiente e relativamente fácil de construir, além do baixo custo. A seguir, apresenta-se um exemplo de cerca-silte:

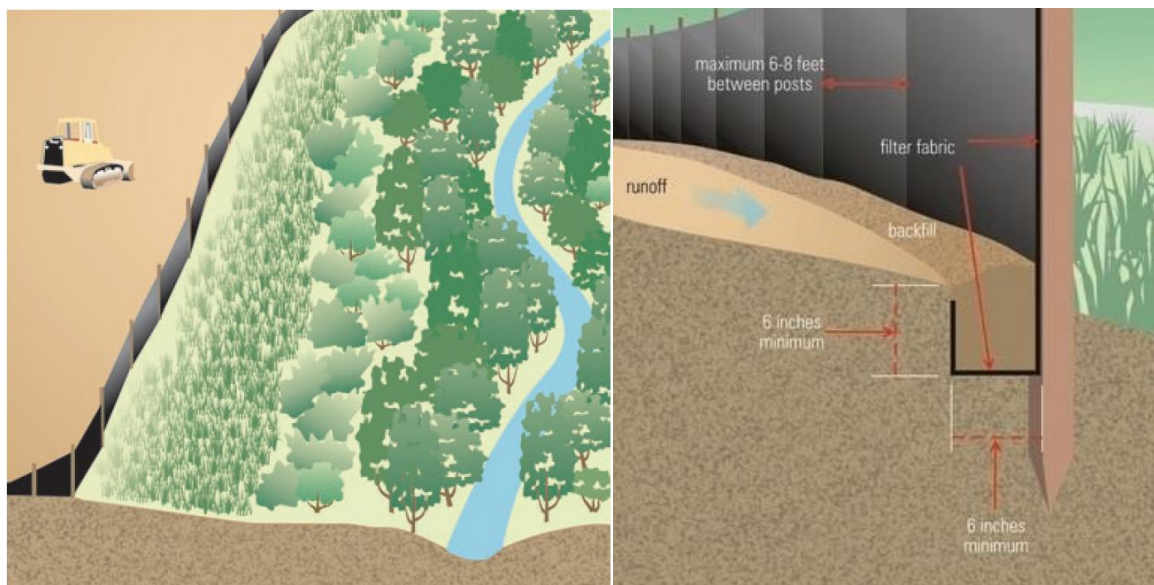


Figura 3-6. Exemplo de Cercas-silte (Fonte: EPA, 2007).

Além disso, para prevenir e evitar eventuais empoçamentos, deve-se prever a utilização de bombeamento, com interligação na drenagem pluvial definitiva.

Para o bom funcionamento da drenagem pluvial, é imprescindível sua manutenção periódica (principalmente após fortes chuvas), através de reparos e limpeza, como remoção de excesso de sedimentos.

3.6 Disposição de Resíduos

Através do devido preparo da frente de disposição de resíduos, os mesmos deverão ser transportados por caminhões de coleta ou carretas, que deverão ser depositados e compactados através de trator de esteira, no sentido ascendente contra o talude, configurando-se rampa com inclinação 1:3 (V:H). Para a adequada compactação dos resíduos, deverão ser executadas pelo trator, de 5 a 8 passadas sobre o material disposto.

As equipes de campo deverão ser treinadas para fiscalizar a descarga dos resíduos, atestando a conformidade com a procedência e os tipos declarados. Resíduos considerados duvidosos em relação à procedência e caracterização deverão ser armazenados em local separado, em recipientes impermeabilizados e protegidos contra

intempéries (chuva, vento e radiação solar), para análise apurada e definição de destino *a posteriori*.

O aterro sanitário de Muriaé deverá ser acompanhado através da execução de levantamento topográfico *as built* por técnico agrimensor, de maneira a controlar a evolução da disposição no tempo e dos sistemas instalados. Recomenda-se que seja realizada atualização das medições a cada 3 meses.

A frente de trabalho deverá ser mantida sempre com a menor superfície exposta de resíduos, planejando-se a disposição diária com o recebimento dos resíduos durante o período operacional.

O desenvolvimento da ampliação do aterro sanitário de Muriaé ocorrerá através da disposição de resíduos em 1 camada parcial e 3 camadas completas, sendo que a camada parcial deverá dispor resíduos até atingir a cota 327,00. Referente a disposição de resíduos nas 3 camadas completas, tem-se que a primeira camada iniciará na cota 327,00 até atingir a cota 332,00, a segunda camada iniciará na cota 332,00 até a cota 337,00 e, por último, a terceira camada, esta iniciará a disposição de resíduos na cota 337,00 até atingir a cota 342,00.

3.7 Cobertura operacional e definitiva dos resíduos

Ao final de cada dia de trabalho, a célula de resíduos correspondente a essa jornada deverá ser recoberta com uma camada de solo de 0,15 m ou geomembrana de sacrifício ou provisória, de forma a minimizar o déficit de solo do balanço de massa.

Diariamente no início dos trabalhos, a frente de trabalho deverá ser descoberta, retirando-se a cobertura operacional de 0,15 m de solo ou geomembrana, e os resíduos compactados sobre os do dia anterior.

A cobertura final e definitiva deverá ser aplicada concomitante a conformação geométrica de cada camada finalizada, em todas as superfícies expostas, consistindo em um sistema de impermeabilização.

Os taludes definitivos, após a cobertura prevista com camada solo compactado de 0,60 m de espessura e permeabilidade da ordem de 10^{-5} cm/s, deverão ser imediatamente submetidos ao plantio de grama, a fim de resguardá-los das erosões laminares, sulcos nos taludes e aumentar a evapotranspiração. Concomitante à cobertura final e ao plantio de gramíneas deverá ser implementada a drenagem superficial, conforme descrito no Item 3.5 Drenagem Pluvial.

Esta camada é a principal responsável pelo funcionamento adequado do sistema proposto de confinamento geotécnico, tendo como função impedir a migração e percolação das águas pluviais para os resíduos, além de restringir movimentos eventuais de gases dos resíduos de maneira descontrolada.

Nas bermas definitivas também deverão receber recobrimento com solo e tratamento de pavimento primário a fim de se estabelecerem como vias de acesso operacional.

3.8 Estimativa de Vida Útil e Balanço de Solos

O volume espacial da ampliação contemplada no presente projeto, conforme apresentado no Volume II – Memorial Técnico, é de 31.617 m³. Já o volume útil para disposição dos resíduos sólidos na área é de 24.982 m³, descontados os volumes de solo a serem utilizados na execução dos acessos, na impermeabilização de base e na cobertura operacional e definitiva do presente aterro sanitário.

Considerando o volume total de resíduos de 24.982 m³, com peso específico de 1,0 t/m³, e uma taxa de disposição de resíduos de 65 t/dia, a revisão da ampliação aterro sanitário proposta apresenta vida útil de cerca de 1 ano, considerando o ano com 365 dias operacionais.

Conforme balanço de solos apresentado no Volume II - Memorial Técnico, o volume de solo necessário para toda vida útil da ampliação do aterro sanitário de Muriaé é estimado em cerca de 13.993 m³. Considerando que não haverá escavação de base, conclui-se que haverá um déficit de solo da ordem de 13.993 m³

Os cálculos realizados para a obtenção dos volumes de resíduos a serem dispostos e o balanço dos solos para o projeto estão devidamente apresentados e detalhados no Volume II – Memorial Técnico.

3.9 Controle Tecnológico

Segundo a norma da ABNT NBR 13.896/1.997 – “Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação”, o aterro sanitário deve ser operado e mantido de forma a minimizar a possibilidade deslizamento/vazamento de resíduos/lixiviados que possam constituir ameaça à saúde humana ou ao meio ambiente.

Nesse sentido, visando garantir o bom desempenho, a segurança do aterro sanitário e sua qualidade ambiental, medidas de controle tecnológico devem ser adotadas seguindo as prescrições do projeto aqui descrito.

3.9.1 Monitoramento Geotécnico

O objetivo principal do monitoramento geotécnico é garantir a estabilidade da massa de resíduos, orientando a operação quanto à geometria das camadas e, mantendo o adequado funcionamento dos sistemas de proteção ambiental e sanitária.

Sendo assim, durante a operação e o encerramento do aterro sanitário, este monitoramento deverá garantir as condições de estabilidade e de funcionamento dos sistemas componentes da drenagem de lixiviados, de biogás e pluvial, até a inertização da massa de resíduos.

O sistema de monitoramento geotécnico deverá conter instrumentos especiais que medirão:

- Poropressões de lixiviados e biogás no interior do aterro (piezômetros);
- Deslocamentos horizontais e verticais do aterro, (marcos superficiais);
- Vazões de lixiviados; e

- Pluviometria local.

Os pontos de monitoramento dos marcos superficiais e piezômetros deverão ser escolhidos de maneira a permitir a análise ao longo do tempo do funcionamento e desempenho dos diversos sistemas do aterro sanitário proposto, principalmente nas áreas mais críticas, como as de maior altura do maciço, propondo-se um acréscimo de 4 piezômetros e 6 marcos superficiais.

A leitura destes instrumentos deverá ser realizada com periodicidade de no mínimo uma vez a cada mês e os dados tratados, para se ter o comportamento do aterro sanitário sob controle. Os detalhes dos marcos superficiais e piezômetros estão apresentados no Volume II, Anexo I - Folhas de Projeto, na Folha 08/08.

Assim, conforme os resultados que serão obtidos da análise de estabilidade das seções mais críticas do aterro sanitário, que serão realizadas ao longo do desenvolvimento do aterro sanitário, os níveis de alerta deverão ser considerados, conforme a análise.

Os critérios de segurança relativos aos deslocamentos para as áreas sobre resíduos deverão seguir as recomendações aqui apresentadas conforme a Figura 3-7.

DESLOCAMENTO VERTICAL			
ADEQUADO	ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$X \leq 20 \text{ mm/dia}$	$20 < X \leq 40 \text{ mm/dia}$	$40 < X \leq 100 \text{ mm/dia}$	$X > 100 \text{ mm/dia}$
DESLOCAMENTO HORIZONTAL			
ADEQUADO	ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$X \leq 10 \text{ mm/dia}$	$10 < X \leq 20 \text{ mm/dia}$	$20 < X \leq 50 \text{ mm/dia}$	$X > 50 \text{ mm/dia}$

Figura 3-7. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais.

Em geral, o deslocamento horizontal dos marcos superficiais a uma velocidade inferior a 25 mm/dia é considerado um padrão aceitável para os aterros sanitários tradicionais. As posições dos marcos superficiais no maciço foram definidas pelas condições geométricas

nos pontos, ou seja, levando-se em consideração principalmente, à altura, inclinação média do talude e espessura dos resíduos.

Além destes importantes instrumentos de medição, marcos superficiais e piezômetros, outros dois instrumentos que auxiliam o monitoramento geotécnico, são:

- Pluviômetro

No aterro sanitário deverão ser feitas leituras diárias do índice pluviométrico, sempre no mesmo horário. Este índice servirá como referência na análise do nível piezométrico e de vazão de lixiviados, além de verificar as características de comportamento do aterro frente as precipitações, definindo um modelo local para o balanço hídrico real. A plotagem das leituras num gráfico facilita a determinação dos períodos chuvosos característicos da região, bem como a intensidade destes períodos.

- Medidores de vazão de lixiviados

A leitura da vazão de lixiviados deverá ser realizada diariamente e sempre no mesmo horário. A observação destes valores permitirá uma análise da eficiência da drenagem de base de lixiviados, sistema este que tem como função evitar o acúmulo de líquidos no interior do maciço.

No caso de se verificar valores de vazão de lixiviados que não estejam dentro de intervalos esperados, as causas desta anormalidade poderão ser detectadas e as ações corretivas que se façam necessárias poderão ser executadas. Podendo-se desta forma evitar o risco da ocorrência de situações de instabilidade no aterro.

Ainda como parte desse monitoramento deverá ser realizada, conjuntamente, inspeções técnicas periódicas com preenchimento de formulários, baseados em *check-list*, por especialista geotécnico para verificação das condições de estabilidade do maciço.

Nestas inspeções deverão ser registradas as seguintes observações:

- Drenagem dos taludes – disfunções e assoreamento do sistema de drenagem;
- Erosões e proteção superficial das superfícies dos taludes;
- Trincas e instabilidades nas bermas e taludes;
- Recalques e poças d'água em platôs e bermas;
- Carreamento de sólidos para os corpos d'água de jusante;
- Reparos a serem realizados nos sistemas; e
- Surgências de gases e lixiviados.

A periodicidade dessas inspeções deve ser mensal podendo ser mais intensa após períodos chuvosos, excepcionais, de grande intensidade ou duração. As medições da vazão de líquidos lixiviados para o acompanhamento de sua geração deverá ser diária, a fim de se associar às variações das condições atmosféricas de períodos seco e chuvosos.

Visando ainda atestar a viabilidade do presente projeto foram realizados cálculos e análises, que modelam e comprovam a estabilidade do projeto, através da modelagem computacional, contemplando as situações futuras do aterro sanitário, cujos resultados se encontram apresentados no Volume II – Memorial Técnico.

3.9.2 Monitoramento de Águas Superficiais e Subterrâneas

O Monitoramento de águas, superficiais e subterrâneas, deverão ser mantidos conforme já vem sendo realizado.

3.9.3 Plano de Inspeções e Manutenção Periódica

Para garantia e manutenção das condições operacionais dos sistemas projetados, bem como da segurança operacional do aterro sanitário, é proposto um plano de inspeções e manutenção periódica para análise das condições de manutenção dos principais elementos

projetados, de modo que todos os sistemas componentes do empreendimento deverão ser avaliados periodicamente, por exemplo, através de um *check-list*.

Sendo assim, eventuais anomalias e não conformidades deverão ser registradas e corrigidas com recomposição das características conforme as definidas no projeto.

Este *check-list* deverá ser realizado por funcionário credenciado e o seu resultado fornecido ao órgão ambiental para conhecimento e análise. Os sistemas de drenagem pluvial, coberturas operacionais e definitivas finais deverão ser inspecionados por técnico especialista, mensalmente e, sempre após a ocorrência de chuvas intensas, para garantia de manutenção da operação e encerramento dentro das condições projetadas.

Na tabela a seguir é apresentada uma planilha modelo para a realização do *check-list*. Os componentes inseridos nessa planilha têm caráter apenas demonstrativo, podendo ser alterados ou acrescidos de acordo com as condições de projeto ou observadas em campo na época da vistoria dos órgãos ambientais competentes.

Componente e/ou estrutura da instalação, sistema ou peça de equipamento	Possível falha ou deterioração	Frequência de inspeção	Sugestões para ações corretivas
Edificações	Conservação inadequada	Mensal	Manutenção predial
Portões e Cercas	Mau funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Acessos Internos	Formação de lama e poças d'água	Mensal	Drenagem superficial e conservação da pavimentação
Sistema de Drenagem Superficial	Assoreamento, solapamento, mudança de declividade, rupturas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Limpeza e manutenção
Cobertura Final	Erosões, proteção vegetal danificada	Mensal ou após chuvas excepcionais	Recomposição dos sistemas de cobertura
Drenos de Lixiviados	Mau funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Reservatório de Lixiviados	Vazamentos e condições de nível dos lixiviados	Semanal	Manutenção e remoção dos lixiviados
Poços de Monitoramento	Quebra do sistema de proteção, solapamento, falta d'água	Trimestral	Manutenção, esgotamento, substituição do poço defeituoso
Piezômetros e Marcos superficiais	Quebra, mau funcionamento	Mensal	Manutenção, conserto, substituição
Proteção Vegetal dos Taludes	Não crescimento de espécies, escorregamentos da proteção vegetal, falhas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Replantios e correções locais
Cinturão Verde	Deficiência do crescimento da vegetação	Trimestral	Correção com replantio de novas mudas ou tratamento do solo.
Sistemas de Drenagem e Queima de Gases	Drenos apagados, ruptura dos tubos	Mensal	Substituição dos tubos e acendimento dos <i>flares</i>

Tabela 3-1. Modelo de *check-list*.

4 ATERRO SANITÁRIO - PLANO DE ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA

O processo construtivo concebido para o aterro sanitário de Muriaé/MG considerou que na medida em que forem sendo concluídas as camadas de células de resíduos, algumas atividades visando a desativação serão, concomitantemente, consolidadas.

Os platôs finais das camadas de células, assim como os taludes já concluídos receberão uma cobertura definitiva de solo compactado com espessura de 0,60 m respeitando os declives do projeto, e terá por finalidade selar a superfície final do aterro sanitário. Após este encerramento ocorrerá o desenvolvimento de uma área verde, com cobertura de gramíneas e vegetação tipo arbustiva em seus taludes e platôs, visando evitar a ocorrência de processos erosivos. As bermas serão mantidas como vias de acesso para veículos/maquinário.

O sistema de drenagem de águas pluviais descrito anteriormente será construído com o objetivo de permanecer em uso após a desativação da atividade de disposição de resíduos sólidos, constituindo em um dos importantes sistemas de proteção dessa gleba após a paralisação das atividades.

Após a desativação das diversas etapas do aterro sanitário, bem como de toda a unidade de disposição de resíduos sólidos, deverão ser realizadas nessa gleba, operações de manutenção de todo o maciço construído.

Essas operações visam garantir a segurança estrutural do maciço, através da correção de possíveis recalques diferenciais, principalmente nos taludes frontais do aterro sanitário, que ocorrem principalmente devido à decomposição da fração orgânica dos resíduos sólidos. Além disso, deverão ser realizadas operações de correção e manutenção da drenagem de águas pluviais, líquidos lixiviados e de biogás. Os líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário continuarão a ser tratados e encaminhados adequadamente.

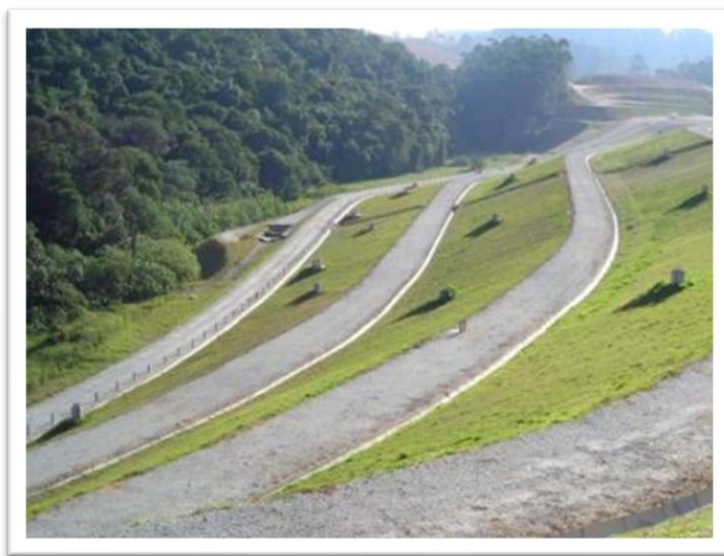


Foto 4-1. Exemplo de aterro sanitário encerrado.

A área do aterro sanitário deverá ainda ser integrada à paisagem com o incremento do plantio de vegetação no seu entorno, não devendo ser ocupada por edificações ou áreas de recreação até que se garanta a completa inertização e estabilidade da massa de resíduos.

Esta área, após a verificação de término das atividades biológicas internas do aterro, poderá ser aproveitada como área de lazer e de parque podendo-se aproveitar as áreas em solo natural e as edificações implantadas, inclusive como locais para palestras e orientações de alunos de escolas, dentro de um plano de educação ambiental e de um circuito de passeios ecológicos da região, divulgando a área como exemplo de disposição segura de resíduos sólidos domiciliares.

As medidas de controle tecnológico deverão dar seguimento conforme descrito no presente projeto por um período mínimo de 20 anos após o encerramento da disposição de resíduos, conforme prevê a Norma Técnica da ABNT, NBR 13896/1997, com inspeções periódicas de especialistas, até que garanta a completa inertização e estabilidade da massa de resíduos. Este período poderá ser reduzido, uma vez constatado o término da geração dos lixiviados e de gases, ou conforme determinações do órgão ambiental responsável.

Desse modo, o plano de monitoramento proposto para a área encerrada contempla:

- a) Monitoramento geotécnico (marcos superficiais; piezômetros; pluviometria e lixiviados);
- b) Monitoramento das águas subterrâneas e superficiais, por um período de 20 anos após o fechamento da instalação;
- c) Manutenção da cobertura de modo a corrigir subsidências, fissuras ou erosões;
- d) Manutenção do sistema de monitoramento, coleta, armazenamento e transporte dos lixiviados, até o término da sua geração;
- e) Manutenção do sistema de drenagem de biogás até que seja comprovado o término de sua geração;
- f) Manutenção do isolamento do local, caso exista risco de acidente para pessoas ou animais; e
- g) Monitoramento da recomposição vegetal (cobertura vegetal e cinturão verde).

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 15.847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento: Método de purga. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 21p.

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

_____, NBR 15.495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 1: Projeto e Construção. ABNT. Rio de Janeiro. 2007.

_____, NBR 15.495-2. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 2: Desenvolvimento. ABNT. Rio de Janeiro. 2007.

_____, NBR 16.199:2020 –Barreiras geossintéticas – Instalação de geomembranas poliméricas, datado de 25/03/2020.

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.

_____, 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.

_____, 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.; 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.; CUNHA, M. A. A estabilidade geotécnica de aterros sanitários. Revista Construção, Editora PINI, ano XLV n.º 2314, jun. 1992.

_____, Escorregamento em massa de lixo no Aterro Sanitário Bandeirantes em São Paulo, SP. II Simpósio sobre Barragens de Rejeito e Disposição de Resíduos - REGEO'91, Rio de Janeiro, nov. 1991.

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.

BRASIL. Resolução CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA nº 03 de 28/06/90. Estabelece “enquanto cada Estado não definir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução CONAMA 05/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução”. Diário Oficial da União, Brasília. 1990.

_____, nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez. 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Resíduos Sólidos Domésticos: Tratamento e Disposição Final. São Paulo: CETESB, 1994.

CONSONI, A. J. SILVA, I. C. GIMENEZ FILHO, A. Sistema de drenagem de biogás. In: D'ALMEIDA, M. L. O. & VILHENA, A. (coord.). Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. Cap. V, p. 285.

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

DEL GRECCO, O. & OGGERI C. Shear Resistance Tests on Municipal Solid Wastes. In: First International Congress on Environmental Geotechnics, Edmonton, Canadá, 1994.

_____, Geotechnical Parameters of Sanitary Wastes. In: SARDINIA, 1993, Sardinia, Itália. IV International Landfill Symposium.

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

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

PINTO, C. S. et al. Propriedades dos Solos Residuais, em Solos do Interior de São Paulo, São Paulo: ABMS e USP/SC, 1993, p. 97.

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.

TERZAGHI, K Theorical Soil Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1943.

REVISÃO DO PROJETO EXECUTIVO DA AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE MURIAÉ/MG

Município de Muriaé, MG

VOLUME II – MEMORIAL TÉCNICO, QUANTITATIVOS E FOLHAS DE PROJETO

PRF-MRE-ADQ-AMP-PEX-MTC-K-F

JULHO DE 2025

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE GRÁFICOS	4
LISTA DE TABELAS	4
PARTE A – MEMORIAL TÉCNICO.....	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL E BALANÇO DE SOLOS.....	8
3 SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS.....	10
4 ANÁLISE DE ESTABILIDADE.....	11
4.1 Geometria	11
4.2 Método de Análise	12
4.3 Superfícies de Ruptura	13
4.4 Pressões de Líquidos e Gases - Poropressões	15
4.5 Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos	16
4.5.1 <i>Justificativa para a adoção de parâmetros de resistência ao cisalhamento para os</i> <i>resíduos</i>	<i>17</i>
4.5.2 <i>Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais provenientes de limpeza</i> <i>de ruas e domicílios após a ocorrência de chuvas intensas e enchentes.....</i>	<i>18</i>
4.5.3 <i>Parâmetros de resistência dos solos compactados, naturais e de interface adotados</i> <i>na análise de estabilidade.....</i>	<i>20</i>
4.5.4 <i>Síntese dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais adotados nas</i> <i>hipóteses assumidas</i>	<i>20</i>
4.6 Peso Específico dos Resíduos	21

4.7 Resultados Obtidos	22
4.8 Considerações Finais	31
5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	33
BIBLIOGRAFIA.....	35
PARTE B – QUANTITATIVOS.....	39
ANEXOS.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 - Locação das seções de análise de estabilidade (sem escala).	12
Figura 4-2. Locação da região com ocorrências de trincas no aterro sanitário, no âmbito da inspeção técnica realizada em maio de 2020.	14
Figura 4-3. Locação da área em que foram dispostos resíduos provenientes da limpeza de vias públicas e domicílios após a enchente ocorrida em janeiro de 2020 (sem escala).	19
Figura 4-4. Seção A-A'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 3,10$.	25
Figura 4-5. Seção A-A'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 3,28$.	26
Figura 4-6. Seção B-B'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 2,05$.	27
Figura 4-7. Seção B-B'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 2,04$.	28
Figura 4-8. Seção C-C'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,2$; $FS \cong 2,15$.	29
Figura 4-9. Seção C-C'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,2$; $FS \cong 1,68$.	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1. Superfícies Circulares - Fator de Segurança obtidos para cada seção em função dos coeficientes r_u .	23
Gráfico 4-2. Superfícies Não Circulares - Fator de Segurança obtidos para cada seção em função dos coeficientes r_u .	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1. Capacidade volumétrica espacial disponível – Revisão da Ampliação.	8
Tabela 2-2. Balanço volumétrico do projeto executivo do aterro sanitário.	9
Tabela 3-1. Resumo da estimativa de geração de lixiviados.	10
Tabela 4-1. Piezômetros locados próximos das seções de análise e valores de r_u considerados nas seções de análise de estabilidade.	16
Tabela 4-2. Índices de resistência à penetração, N_{IRP} , obtidos nos ensaios realizados no maciço de resíduos do aterro sanitário.	17
Tabela 4-3. Parâmetros de resistência ao cisalhamento adotados na análise de estabilidade.	21

Tabela 4-4. Superfícies Circulares - Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u	22
Tabela 4-5. Superfícies Não Circulares - Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u	22
Tabela 4-6. Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u	24
Tabela 5-1. Dimensões mínimas das descidas hidráulicas.	33
Tabela 5-2: Dimensões das caixas de passagem tipo 1 – entre descidas hidráulicas.	33
Tabela 5-3: Dimensões das caixas de passagem tipo 2 – entre canaletas.....	34

PARTE A - MEMORIAL TÉCNICO

1 INTRODUÇÃO

A Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda. apresenta o Memorial Técnico, Quantitativos e Folhas de Projeto da Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé.

No memorial técnico, aqui descrito, são apresentados os procedimentos e os cálculos utilizados para o dimensionamento dos diversos sistemas que compõem o referido Projeto Executivo, 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, bem como suas quantidades estimadas. Entende-se insumo como sendo: equipamentos e materiais a serem utilizados, instalações e serviços de implantação e operação do projeto proposto.

2 ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL E BALANÇO DE SOLOS

O volume espacial total dessa revisão da ampliação do aterro sanitário proposto nesse projeto, conforme o *As Built* de maio de 2025, é de 31.617 m³. Na Tabela 2-2 é apresentado o volume espacial por camadas do presente projeto.

Adequação	h	H	Δh (m)	b (m ²)	B (m ²)	Volume (m ³)
1-1	325	327	2	727	920	1.643
1-2	327	332	5	583	3.524	9.233
1-3	332	337	5	2.396	2.738	12.826
1-4	337	342	5	1.430	1.742	7.915
Vol. Espacial						31.617

Tabela 2-1. Capacidade volumétrica espacial disponível – Revisão da Ampliação.

Ligeiramente inferior que o volume espacial, o volume útil para disposição dos resíduos sólidos na área mencionada é de 24.982 m³, com peso específico médio dos resíduos sólidos compactados (γ) de 1,0 t/m³, já descontados os volumes de solo a serem utilizados nos acessos, na impermeabilização de base, cobertura diária dos resíduos e cobertura definitiva do aterro proposto. Assim, o empreendimento terá capacidade útil de operação de cerca de 1 ano, considerando um recebimento máximo de 65 t/dia e operação de 365 dias ao ano.

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

Descrição	Total	Un.
Acessos Internos	1.212	m ³
Balanço de Solo	- 13.993	m ³
Dique de Solo	-	m ³
Resíduos - Peso Total	24.982	t
Resíduos - Volume Total	24.982	m ³
Volume Espacial	31.617	m ³
Solo de Aterro de Base	-	m ³
Solo de Cobertura	6.635	m ³
Solo de Escavação	-	m ³
Solo de Impermeabilização	-	m ³
Solo Operacional	6.147	m ³
Solo Utilizado	13.993	m ³
Solo Utilizado Acumulado	13.993	m ³
Vida Útil	1,05	anos

Tabela 2-2. Balanço volumétrico do projeto executivo 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 deste projeto, é estimado em cerca de 13.993 m³.

Sendo assim, considerando-se que não haverá escavação de base, conclui-se que haverá um déficit de solo da ordem de 13.993 m³. Para tanto, será necessária a obtenção de solos em jazida externa, devidamente licenciada e com comprovação da qualidade do solo conforme exigido em projeto.

Como alternativa para utilização na cobertura operacional, e de forma a minimizar o déficit de solo, poderá ser utilizado geomembrana de sacrifício ou provisória.

3 SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS

Esta revisão de projeto propõe o alteamento de mais 7,0 m, em relação ao Projeto executivo de ampliação. Devido a isso, esta revisão prevê a implantação de drenos de camadas de lixiviados, através da execução de trincheira escavada nos resíduos na profundidade de 1,00 m, com abertura de 0,80 m x 0,80 m, preenchidas com rachão ou brita 4 e declividade de 2,0 %, em direção aos drenos de biogás.

Em relação ao acréscimo de lixiviados desta revisão, em função da área adicional a ser impermeabilizada, sua contribuição adicional será desprezível, conforme apresentado na tabela a seguir:

ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LIXIVIADOS	
Áreas (m²)	Geração máxima de lixiviados (m³/dia)
56.298 (Proj. Ampliação – Mar/2024)	14,47
1.000 (Revisão do Proj. proposto)	0,26
57.298 (Total)	14,73

Tabela 3-1. Resumo da estimativa de geração de lixiviados.

Desta forma, o reservatório previsto para acondicionar os lixiviados gerados deverá apresentar capacidade mínima de 203 m³ suficiente para pelo menos 13,8 dias de retenção do lixiviado, considerando-se neste período, chuvas intensas durante a operação do aterro, e o mês de maior taxa de geração de lixiviados, conforme descrito, da ordem de 14,73 m³/dia ou 0,17 L/s para o mês de outubro. Estes dias de armazenamento foram considerados suficientes para o planejamento da retirada dos lixiviados coletados por caminhão tipo pipa, para evitar o transbordamento do reservatório.

Já em relação à drenagem de base de lixiviados da ampliação, o tubo de PEAD proposto (PE-80/DE 160 mm/e 9,5 mm/SDR 17/PN 8) apresenta capacidade de vazão de 255 m³/dia, bastante superior à vazão de lixiviados estimada para o aterro sanitário com esta revisão, que apresenta maior geração do lixiviado, na ordem de 14,73 m³/dia, demonstrando assim, que a dimensão adotada atende à demanda de lixiviados.

4 ANÁLISE DE ESTABILIDADE

A análise de estabilidade realizada reproduz as condições das seções consideradas mais críticas, conforme a situação atual do maciço de resíduos do aterro sanitário, segundo o levantamento topográfico encaminhado pelo cliente de maio de 2025.

4.1 Geometria

A geometria adotada para a análise de estabilidade do maciço de resíduos foi referente a 3 seções analisadas representando a disposição e compactação dos resíduos classe II no aterro sanitário, segundo a conformação geral proposta nesta revisão de projeto. As locações das seções analisadas são apresentadas na Figura 4-1, a seguir.

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 deles.

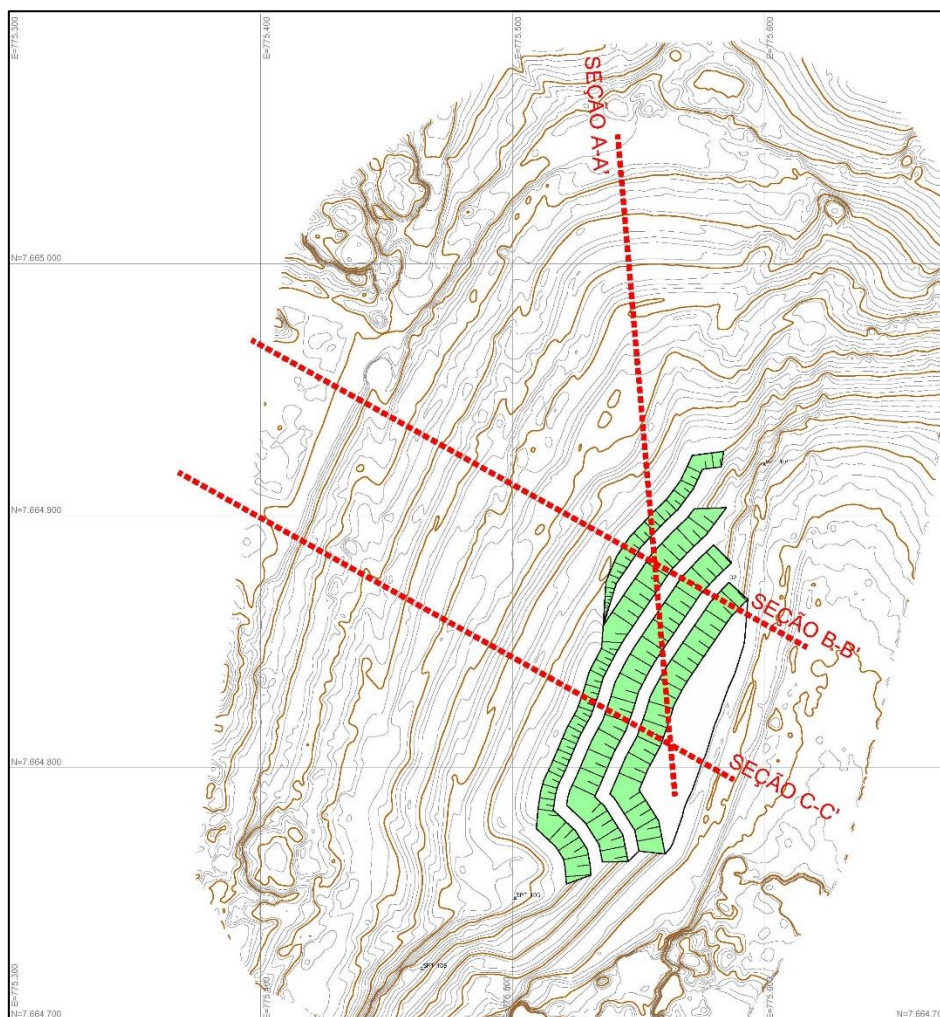


Figura 4-1 - Locação das seções de análise de estabilidade (sem escala).

4.2 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.

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.

4.3 Superfícies de Ruptura

Comumente, em aterros sanitários, as superfícies de ruptura consideradas mais críticas nos estudos estão preferencialmente dentro dos resíduos, resultando tangente aos solos de fundação, considerados mais resistentes que os resíduos, delimitando-se assim, superfícies circulares de rupturas hipotéticas.

Visando identificar o mais provável traçado da superfície de ruptura hipotética, de maior probabilidade de ocorrência, foi realizada vistoria técnica nos dias 20, 21 e 22/05/2020 pelos técnicos da Geotech acompanhados pelos técnicos do DEMSUR. Nesta vistoria foi constatada a ocorrência de trincas no platô superior do aterro, na região Norte do maciço de resíduos, conforme ilustrado na Figura 4-2, a seguir.

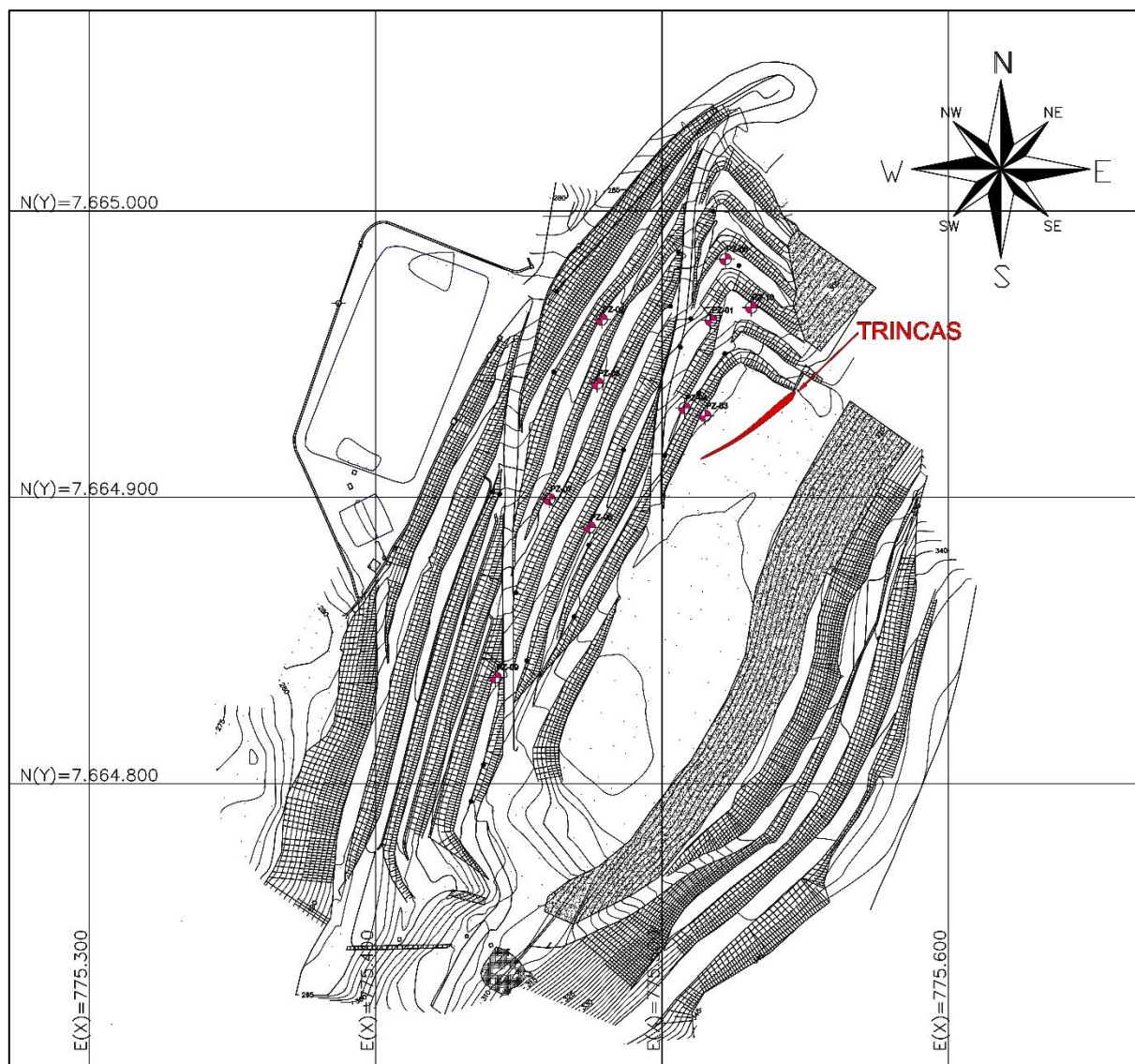


Figura 4-2. Localização da região com ocorrências de trincas no aterro sanitário, no âmbito da inspeção técnica realizada em maio de 2020.

Através das análises dos projetos pretéritos, análises dos dados obtidos através dos instrumentos geotécnicos (marcos superficiais e piezômetros) e entrevistas com os responsáveis pela implantação e operação do aterro sanitário, pode-se inferir que tal feição de instabilidade poderia ser ocasionada por três situações distintas, sendo elas:

- Recalques diferenciais, localmente restritos, ocasionados pela degradação desigual dos resíduos dispostos devido a sua origem, tipologia, geometria, desempenho dos sistemas de drenagem interna do maciço e compactação empregada;
- Ruptura incipiente dos resíduos, em superfícies circulares, comumente ocorrentes nesses casos; e
- Rupturas não circulares na interface da camada de impermeabilização, solo argiloso/geomembrana, solo utilizado como camada de proteção da geomembrana e a geomembrana de PEAD de 2 mm lisa.

Sendo assim, nesta análise de estabilidade foram estudados dois tipos de superfícies hipotéticas de ruptura, do tipo **circulares** e **não circulares**.

4.4 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 os valores das poropressões os sistemas de cobertura, provisórias e definitivas, além da evolução da frente de trabalho e sistema de drenagem superficial.

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.

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 0,70, de forma a obter a variação do fator de segurança do maciço para várias condições de poropressões.

Complementarmente, foi realizada análise de estabilidade, adotando-se os coeficientes r_u locais para as seções analisadas, considerando a última leitura dos piezômetros realizada no dia 28/12/2024, onde foi possível obter por critério de proximidade dos piezômetros às seções analisadas.

Seção	Piezômetros	Coefficiente r_u em 28/12/24
Seção A-A'	PZ-01, PZ-02, PZ-03 e PZ-04	0,03
Seção B-B'	PZ-03, PZ-04 e PZ-05	0,03
Seção C-C'	Médial Geral	0,12

Tabela 4-1. Piezômetros locados próximos das seções de análise e valores de r_u considerados nas seções de análise de estabilidade.

4.5 Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos

Apesar da heterogeneidade aparente dos resíduos, os parâmetros de resistência médios que preponderam na estabilidade de grandes massas são os representativos dos maiores volumes, que no caso, são os resíduos de origem domiciliar.

Através dos índices obtidos nos ensaios de prospecção no maciço do aterro sanitário de Muriaé, foram estimados os valores dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos, segundo Benvenuto & Benvenuto (2012).

Desse modo, utilizando-se como referência o índice de resistência a penetração dinâmica médio geral obtido (N_{IRP} médio = 14 golpes), resultaram os valores de coesão efetiva de 18,2 kPa e ângulo de atrito interno dos resíduos de 28°.

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, devem ser consideradas de maneira local, se esse for o caso de análise.

4.5.1 Justificativa para a adoção de parâmetros de resistência ao cisalhamento para os resíduos

Conforme descrito anteriormente, no período compreendido entre 20 a 23/05/2020 foram instalados 10 piezômetros no maciço de resíduos do aterro sanitário.

Nas perfurações, o avanço foi realizado a seco, com ensaio IRP – Índice de Resistência a Penetração em cada metro de perfuração, com a finalidade de determinar os índices de resistência a penetração, N_{IRP} dos resíduos, conforme apresentado na Tabela 4-2 a seguir.

		PZ-01	PZ-02	PZ-03	PZ-04	PZ-05	PZ-06	PZ-07	PZ-08	PZ-09	PZ-10
	Cota (m)	305,58	296,53	311,74	309,16	299,32	307,70	299,99	302,26	304,07	306,28
De (m)	Até (m)										
1,00	1,45	12	4	16	8	4	8	5	13	11	8
2,00	2,45	5	8	9	5	5	11	8	16	13	10
3,00	3,45	12	13	4	4	7	14	13	16	8	16
4,00	4,45	20	12	13	9	11	21	22	13	20	26
5,00	5,45	17	10	17	10	9	18	15	18	25	12
6,00	6,45	26	8	16	16	17	20	19		21	17
7,00	7,45			33	13	20	31	26		25	29
8,00	8,45				30	30	12			16	
9,00	9,45					46	17			40	
10,00	10,45						18				
11,00	11,45						17				
N_{IRP} Médio Geral		14 Golpes									

*Média geral obtida considerando-se somente valores de $N_{IRP} < 30$

Tabela 4-2. Índices de resistência à penetração, N_{IRP} , obtidos nos ensaios realizados no maciço de resíduos do aterro sanitário.

Os valores dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos foram considerados como sendo a condição atual dos resíduos domiciliares e da compactação usualmente empregada por tratores de esteira, adotando-se os parâmetros estimados segundo Benvenuto & Benvenuto (2012).

Assim, para melhor caracterizar geotecnicaamente os maciços de resíduos do aterro sanitário, foram realizadas sondagens geotécnicas à percussão com medidas N_{IRP} , nas quais

resultaram em um índice de resistência a penetração dinâmica médio, N_{IRP} médio de 14 golpes, como já citado.

Analisando-se 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 foram estimados segundo Benvenuto & Benvenuto (2012), com coesão efetiva de 18,2 KPa, e ângulo de atrito de 28°.

4.5.2 *Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais provenientes de limpeza de ruas e domicílios após a ocorrência de chuvas intensas e enchentes*

Conforme informações do empreendedor, em janeiro de 2020, foram dispostos resíduos provenientes de limpeza de ruas e domicílios após a ocorrência de chuvas intensas e enchentes. Naquela ocasião, estes materiais eram triados e selecionados, de modo que fossem dispostos no aterro sanitário somente resíduos misturados com materiais volumosos e lama. Na Figura 4-3 a seguir apresenta-se a locação da área em que foram dispostos resíduos, estima-se que esta camada possua cerca de 2 metros de espessura.

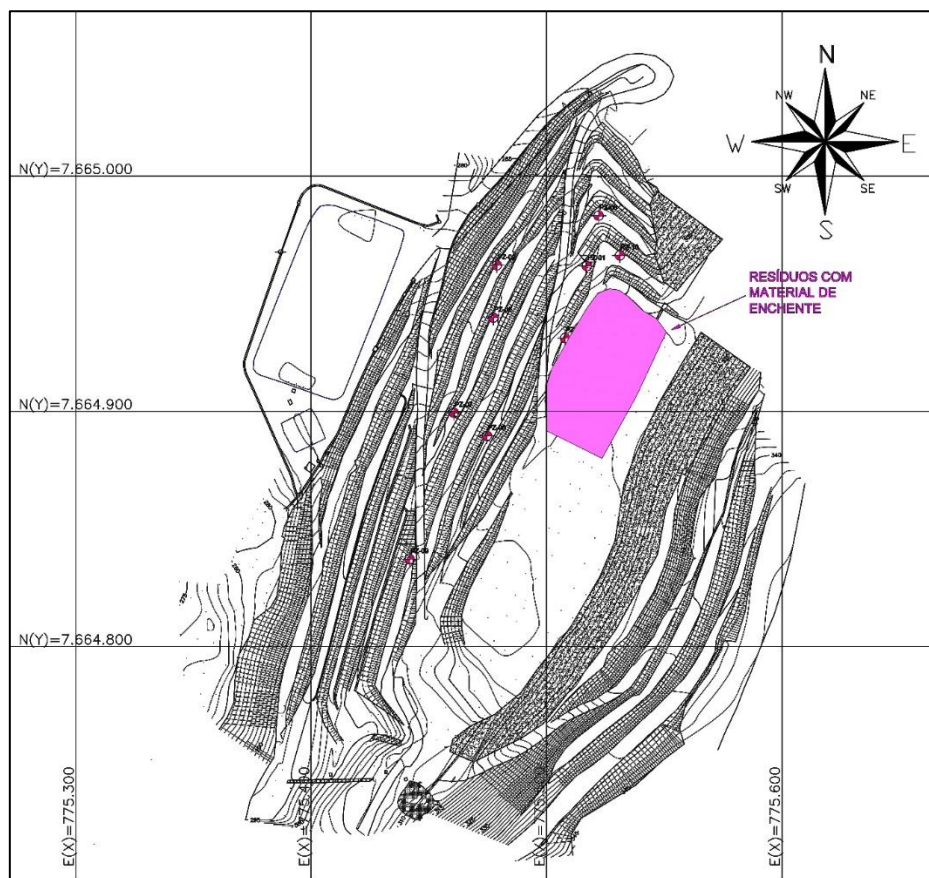


Figura 4-3. Localização da área em que foram dispostos resíduos provenientes da limpeza de vias públicas e domicílios após a enchente ocorrida em janeiro de 2020 (sem escala).

Segundo o empreendedor, devido à dificuldade de compactação, este material não foi compactado, sendo dispostos resíduos domiciliares sobre estes materiais e assim, compactados conforme as práticas usuais de operação de aterros sanitários.

De modo conservador, a favor da segurança, na análise de estabilidade realizada, para estes resíduos “de enchente” foram adotados os parâmetros resistência ao cisalhamento dos resíduos inferior aos encontrados na retroanálise de ruptura do Aterro Sanitário Bandeirantes, apresentado por Benvenuto e Cunha (1991, 1992), adotando-se valores de coesão efetiva de 10 kPa e ângulo de atrito de 20° e peso específico de 5 kN/m³.

4.5.3 Parâmetros de resistência dos solos compactados, naturais e de interface adotados na análise de estabilidade

Em aterros de meia encosta, deve ser levado em consideração na análise de estabilidade, o condicionante geotécnico atribuído a interface da camada de solo argiloso saturado de proteção e a geomembrana de PEAD lisa. No âmbito da concepção do projeto de escavação, foram adotadas declividades dos taludes escavados sem a realização de bermas ou adoção de alternativas tecnológicas que minimizassem este aspecto, associadas ao relativamente baixo confinamento geotécnico do maciço de resíduos contra o solo escavado.

Assim, a superfície de ruptura tende a mobilizar a massa diretamente associada a interface da camada de solo argiloso saturado de proteção e a geomembrana de PEAD lisa. Sendo assim, nesta análise foram adotados os parâmetros de resistência ao cisalhamento da referida interface, resultando-se em valores de coesão efetiva de 3 kPa e ângulo de atrito de 12° e peso específico de 10 kN/m³ (Vidal, 2007).

Os valores dos solos naturais e compactados foram considerados de acordo com a publicação da ABMS (1993), na ocorrência de solos semelhantes ensaiados no Estado de São Paulo. Na Tabela 4-3 a seguir são apresentados os valores de resistência adotados na análise de estabilidade.

4.5.4 Síntese dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais adotados nas hipóteses assumidas

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais, conforme citados e utilizados na análise de estabilidade em questão, são apresentados na tabela a seguir.

nº	Material	c' (kPa)	ϕ'	γ (kN/m³)	Referência
1	Resíduos	18,2	28°	8,5	Benvenuto & Benvenuto (2012)
2	Material de Enchete	10,0	20°	5,0	Adaptado Benvenuto & Cunha (1991)
3	Dique de Solo Compacto	20,0	30°	19,0	Cruz et al (1993)
4	Solo Natural	18,0	32°	18,0	Pinto et al (1993)
5	Solo de Proteção	20,0	30°	19,0	Cruz et al (1993)
6	Interface Solo x GMB Lisa	3,0	12°	10,0	Adaptado de Vidal (2007)

Tabela 4-3. Parâmetros de resistência ao cisalhamento adotados na análise de estabilidade.

Onde:

c' = coesão média efetiva;

ϕ' = ângulo de atrito médio efetivo;

γ = peso específico médio.

4.6 Peso Específico dos Resíduos

Para analisar a estabilidade de uma massa de resíduos, além dos parâmetros de resistência, critérios de propressões e um método de análise, é fundamental o conhecimento do peso específico médio, γ , característico dos resíduos dispostos, após a compactação, sua variação com o peso das camadas superiores de resíduos e com a digestão anaeróbia, que se dá ao longo do tempo.

A compactação realizada com tratores de esteira, em condições normais de operação, resulta em valores iniciais médios de peso específico dos resíduos, devendo-se variar este valor, para considerar outras condições devidas ao peso de camadas superiores, aumento e diminuição de teores de lixiviados na massa de resíduos e pressões de gás.

Assim, pode-se obter $7 \leq \gamma \leq 16$ kN/m³, de acordo com a literatura técnica, ao se considerar a variação de umidade dos resíduos por lixiviados, bolsões de biogás e as pressões devidas às profundidades dos resíduos dispostos. No caso em questão, foi adotado o peso específico médio de 8.5 kN/m³, considerando-se os valores obtidos no acompanhamento volumétrico encaminhado pelo interessado.

4.7 Resultados Obtidos

Para o maciço de resíduos, nas hipóteses assumidas, pode-se aplicar o modelo matemático, obtendo-se os valores de Fator de Segurança em função do r_u para cada seção analisada, conforme apresentados a seguir.

Superfície Circular			
Fator de Segurança, FS			
r_u	Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'
0,0	3,66	2,11	2,24
0,1	3,39	2,09	2,22
0,2	3,10	2,05	2,15
0,3	2,82	2,02	1,95
0,4	2,53	1,93	1,75
0,5	2,25	1,72	1,55
0,6	1,96	1,51	1,35
0,7	1,67	1,29	1,14

Tabela 4-4. Superfícies Circulares - Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u .

Superfície Não Circular			
Fator de Segurança, FS			
r_u	Seção A-A'	Seção B-B'	Seção C-C'
0,0	3,84	2,35	1,93
0,1	3,55	2,20	1,80
0,2	3,28	2,04	1,68
0,3	2,98	1,88	1,56
0,4	2,69	1,73	1,43
0,5	2,41	1,58	1,31
0,6	2,12	1,42	1,19
0,7	1,84	1,27	1,08

Tabela 4-5. Superfícies Não Circulares - Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u .

Os valores obtidos de Fator de Segurança, FS são apresentados nos gráficos a seguir, em função do r_u para cada seção analisada.

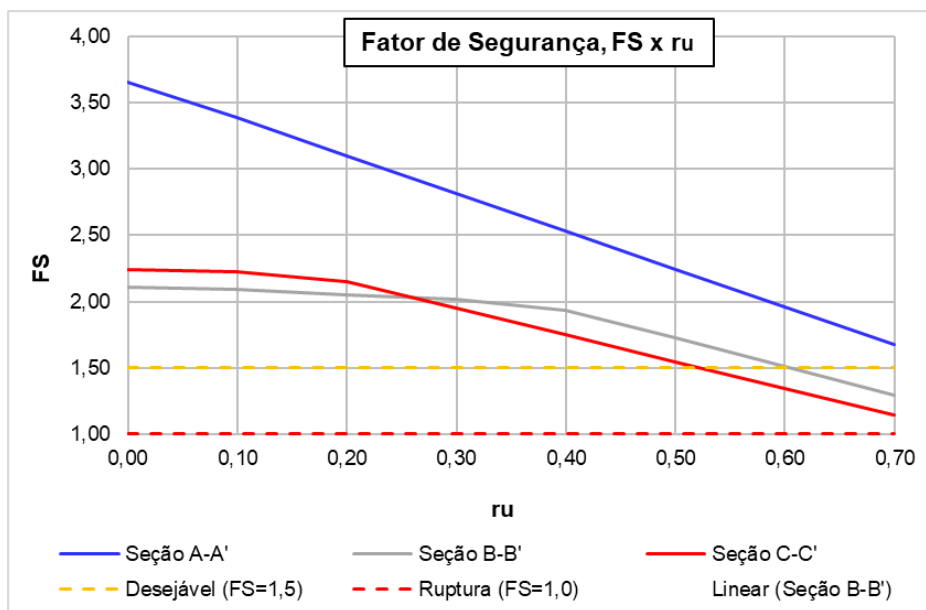


Gráfico 4-1. Superfícies Circulares - Fator de Segurança obtidos para cada seção em função dos coeficientes r_u .

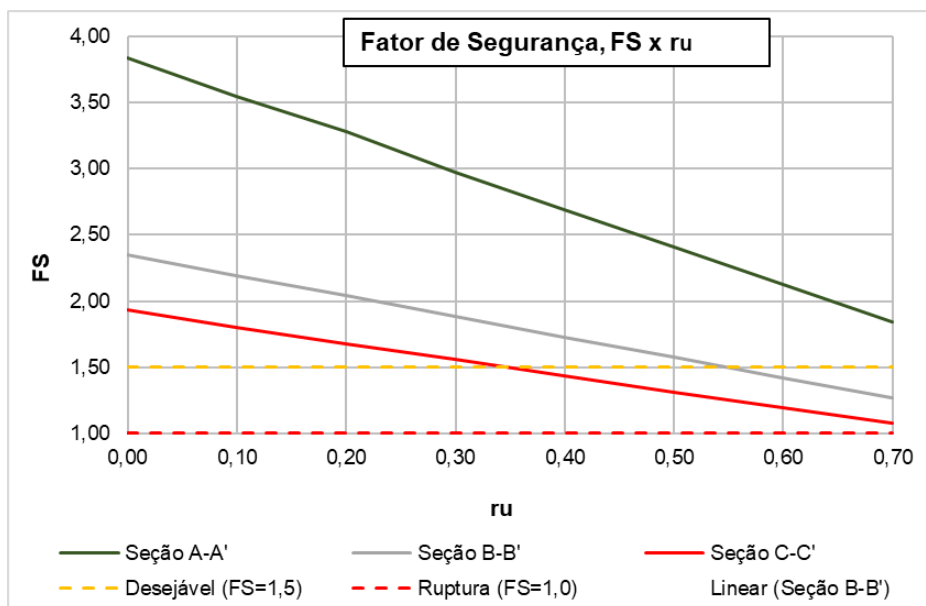


Gráfico 4-2. Superfícies Não Circulares - Fator de Segurança obtidos para cada seção em função dos coeficientes r_u .

Na Tabela 4-6 a seguir são apresentados os valores obtidos de Fator de Segurança, FS para as seções de análise de estabilidade, adotando-se os coeficientes r_u locais, considerando a última leitura dos piezômetros realizada no dia 28/12/2024.

Seção	Piezômetros	Coeficiente r_u em 28/12/24	Fator de Segurança, FS	
			Superfície Circular	Superfície Não Circular
Seção A-A'	PZ-01, PZ-02, PZ-03 e PZ-04	0,03	3,59	3,75
Seção B-B'	PZ-03, PZ-04 e PZ-05	0,03	2,10	2,30
Seção C-C'	Médial Geral	0,12	2,24	1,78

Tabela 4-6. Valores de Fator de Segurança obtidos para cada seção em função das hipóteses assumidas e coeficientes r_u .

As seções críticas de análises de estabilidade juntamente com suas superfícies hipotéticas de rupturas circulares e não circulares, juntamente com seus coeficientes r_u de 0,20, são apresentadas nas figuras a seguir.

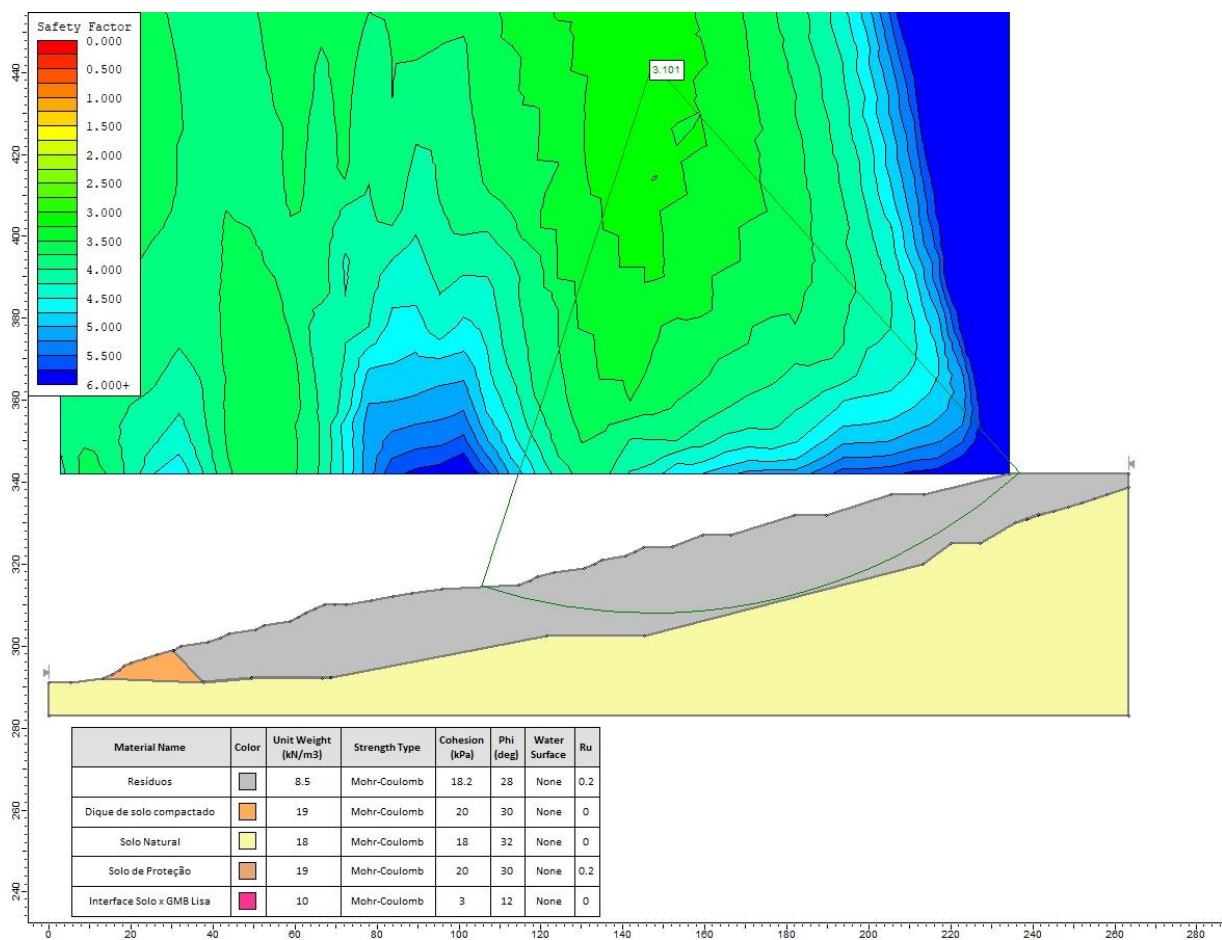


Figura 4-4. Seção A-A'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \approx 3,10$.

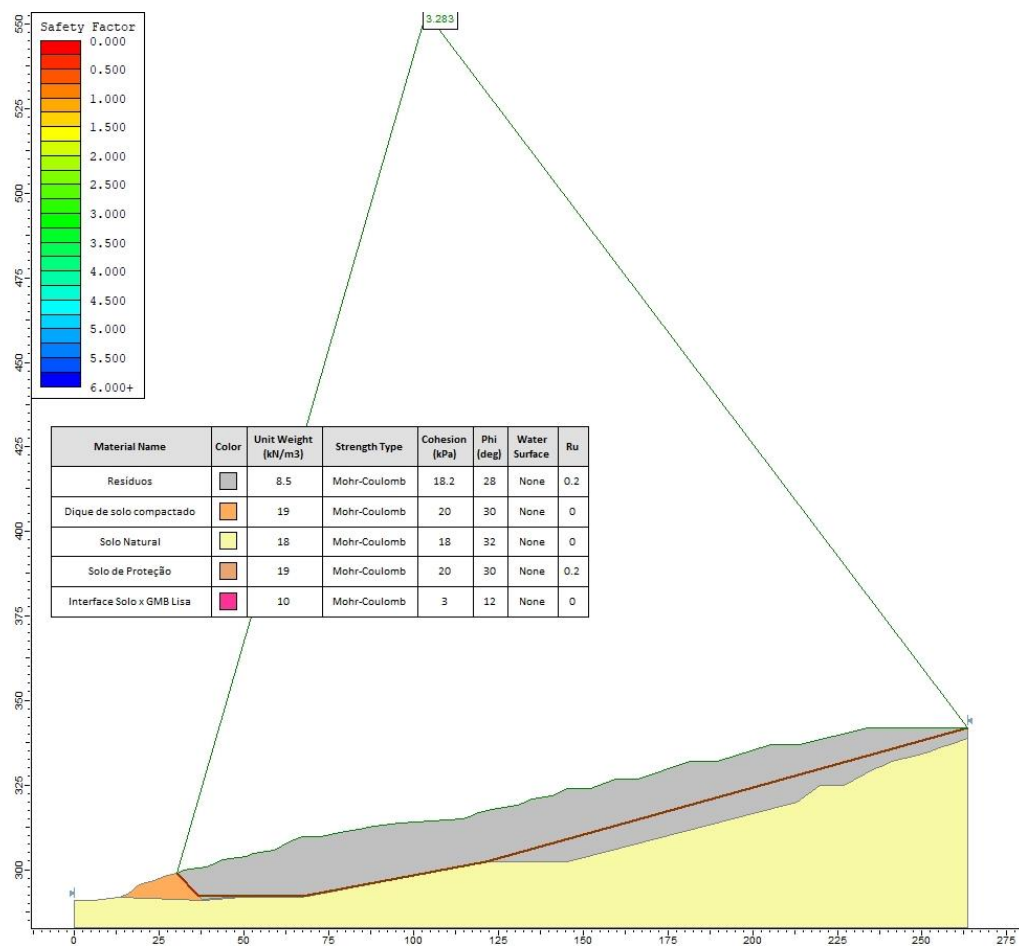


Figura 4-5. Seção A-A'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 3,28$.

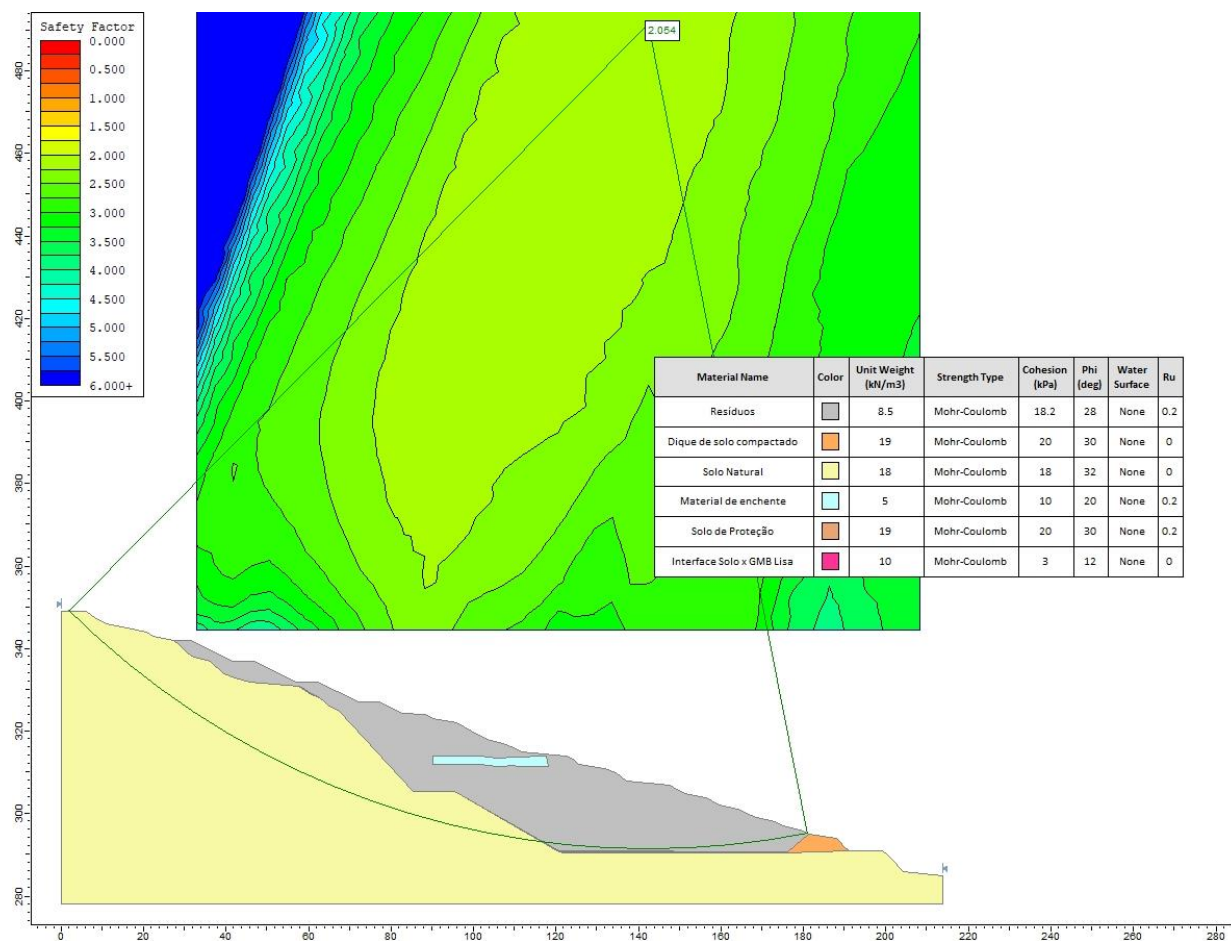


Figura 4-6. Seção B-B'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 2,05$.

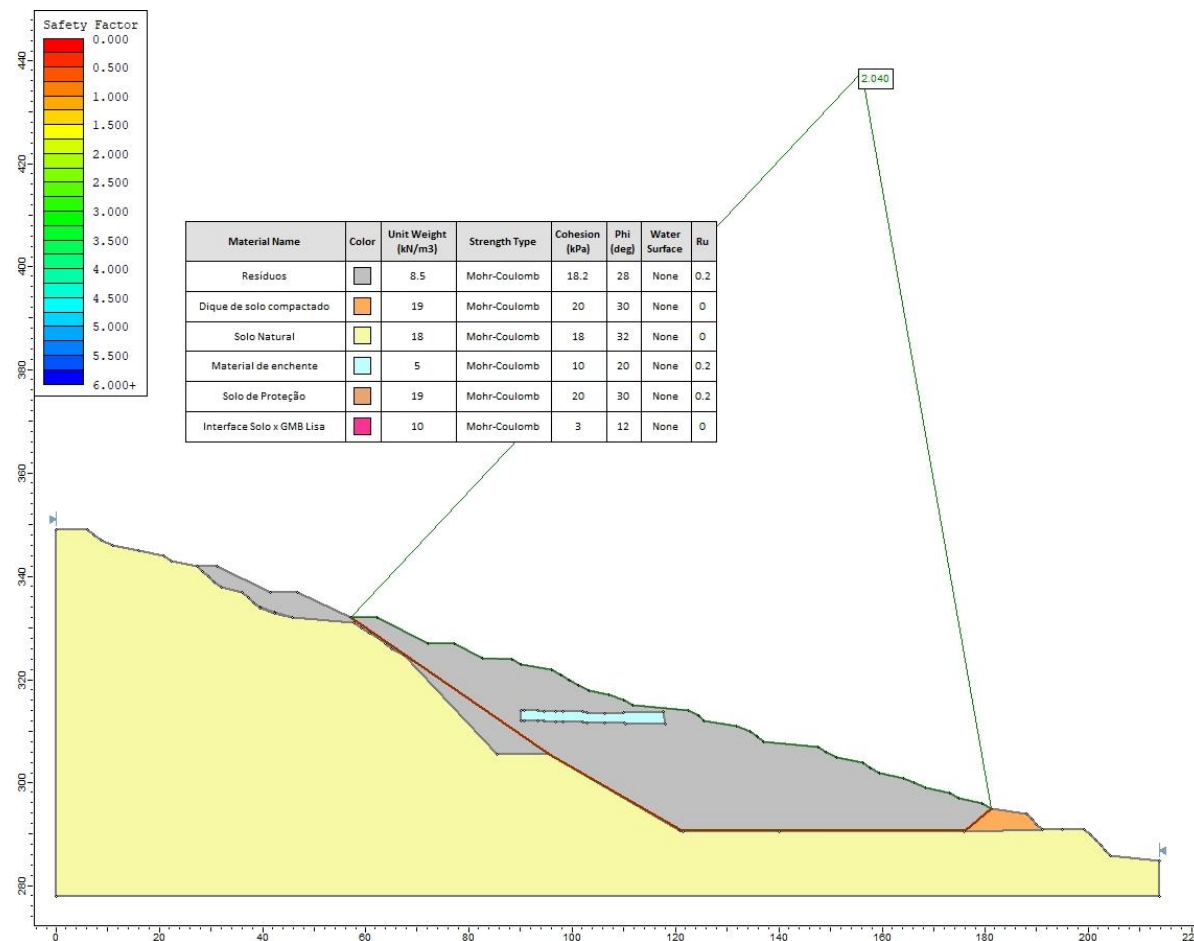


Figura 4-7. Seção B-B'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,20$; $FS \cong 2,04$.

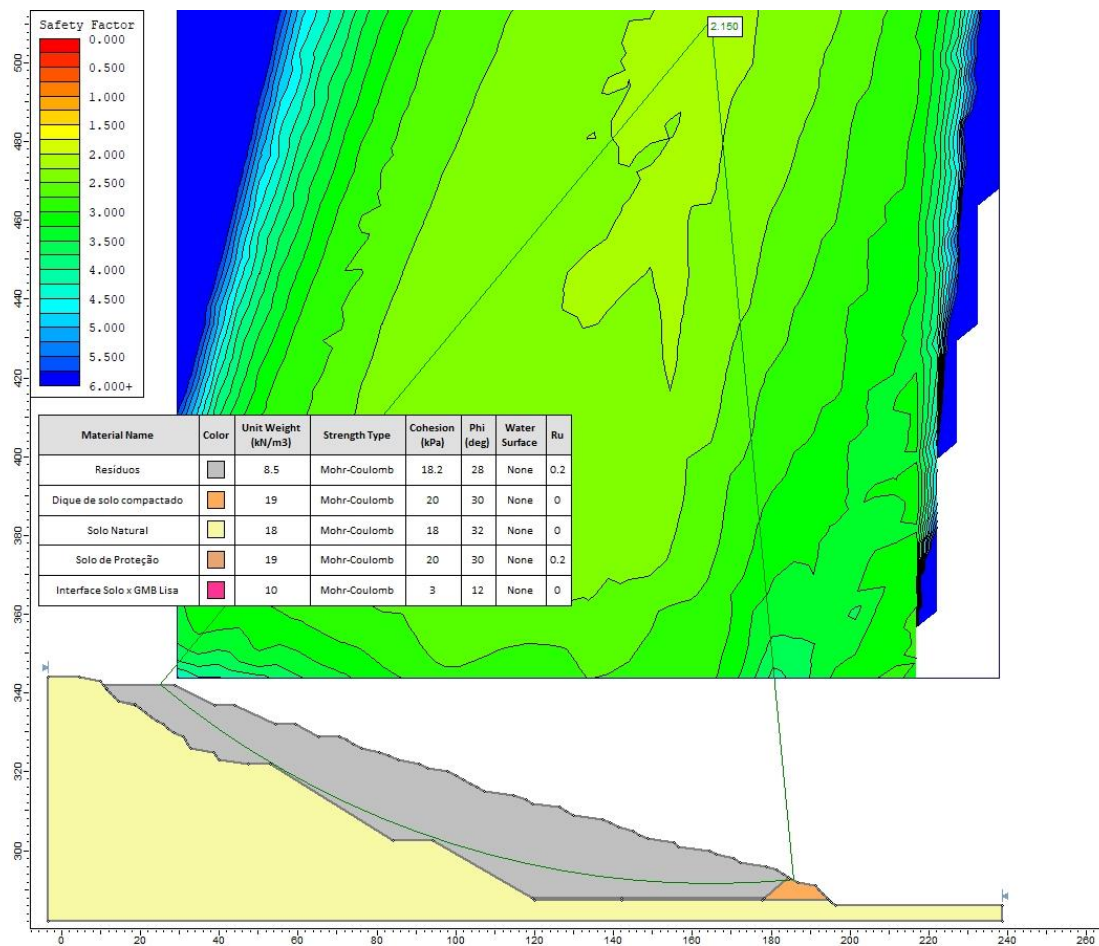


Figura 4-8. Seção C-C'; Superfície de Ruptura Circular; coeficientes $r_u = 0,2$; $FS \cong 2,15$.

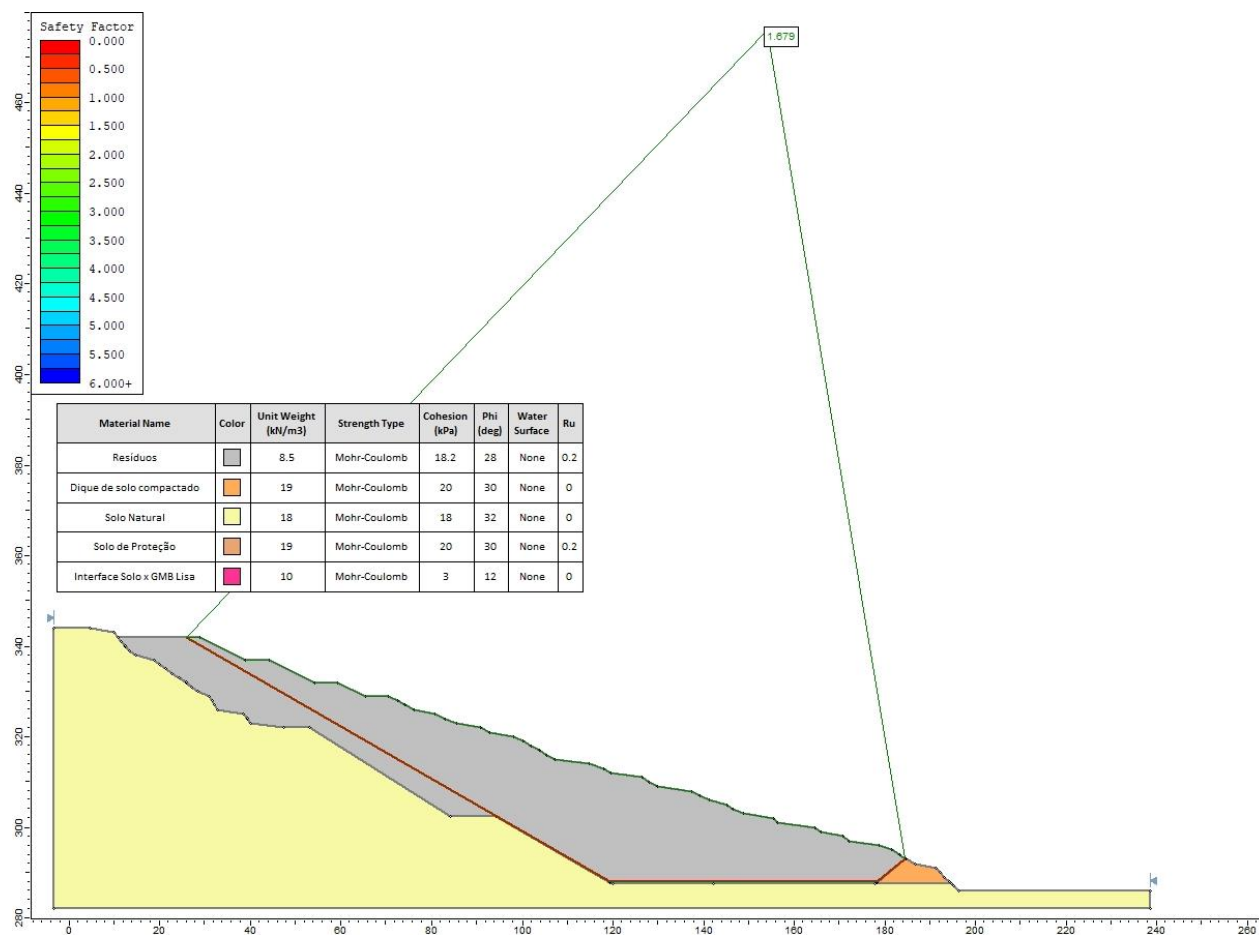


Figura 4-9. Seção C-C'; Superfície de Ruptura Não Circular; coeficientes $r_u = 0,2$; $FS \approx 1,68$.

4.8 Considerações Finais

A modelagem apresentada para a estabilidade geotécnica do maciço de resíduos, em suas seções mais críticas, demonstra que as superfícies críticas de ruptura **NÃO** circulares, passando pela interface da camada de solo argiloso saturado e geomembrana de PEAD lisa demonstraram ser mais críticas do que as superfícies de rupturas circulares, corroborando assim a hipótese de que o surgimento das trincas terem sido ocasionadas por uma ruptura incipiente (pré-ruptura) nesta interface e não, exclusivamente, por recalques diferenciais.

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos resíduos, no cenário atual, devem ser da ordem dos parâmetros obtidos por meio da modelagem proposta por Benvenuto & Benvenuto (2012), que utiliza como referência o índice de resistência a penetração dinâmica médio geral obtido (N_{IRP} médio = 14 golpes). Visto que, se adotados os parâmetros mais conservadores, o aterro sanitário já teria rompido.

Em geral, em aterros sanitários deste tipo, 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 a 0,30.

Estes valores de r_u obtidos podem ser atribuídos a ineficiência do sistema de drenagem interna do maciço de resíduos associado ao ineficiente sistema de drenagem pluvial (provisório e definitivo) e do sistema de cobertura definitiva das áreas encerradas do aterro.

Desta forma, de acordo com os resultados obtidos na análise de estabilidade, verifica-se que todas as seções analisadas, com superfícies circulares, apresentaram Fatores de Segurança, FS superiores a 1,5, valor recomendado pela Norma ABNT – NBR 11.682/09 “Estabilidade de encostas”, para estabilidade de longo período. Já as superfícies Não Circulares, também apresentaram em sua maioria $FS \leq 1,5$.

Considera-se que os sistemas de drenagens de lixiviados de camadas, de águas pluviais e a cobertura final nos taludes são fundamentais e contribuem para a manutenção da condi-

ção adequada do aterro, permitindo operar sempre com a margem de segurança recomendada, ou seja, $FS \geq 1,50$, o que é uma evidência de garantia de estabilidade geomecânica do maciço.

Ressalta-se, que o bombeamento de lixiviados dos Poços Drenos de Lixiviados, PDLs, contribuem para a redução dos coeficientes r_u . Nesse sentido, recomenda-se que este bombeamento seja intensificado durante o período de fortes chuvas, associado ainda com a implantação dos sistemas de cobertura final e de drenagem pluvial do aterro.

Recomenda-se, para que haja uma análise minuciosa e completa da estabilidade, que seja realizada a leitura diária das vazões de chorume na saída do sistema de drenagem de lixiviados (entrada para o reservatório) e que seja registrado e planilhado toda chuva ocorrida na área do aterro.

5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para esta revisão do projeto da ampliação do aterro sanitário de Muriaé não houve acréscimo de área de contribuição pluvial em relação ao Projeto Executivo de Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé (GEOTECH, 2024), ou seja, permanecendo-se a mesma área de contribuição pluvial total da ampliação aterro sanitário.

Sendo assim, uma vez dimensionado e definido os dispositivos de drenagem pluvial para a ampliação do aterro sanitário, serão utilizados as mesmas dimensões dos dispositivos pluviais já dimensionados para a ampliação.

Desse modo, os dispositivos de drenagem pluvial desta revisão de projeto são:

- **Canaletas de concreto tipo meia-cana ($\varnothing$ 0,30 m e $\varnothing$ 1,00 m);**
- **Descidas hidráulica trapezoidal em gabião manta (colchão);**

Local	z (m)	B (m)	L (m)
Taludes	0,30	0,80	2,00
Bermas	0,30	1,80	3,00

z = Altura da lâmina d'água (m);

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

L = Largura interna da descida – superior (m)

Tabela 5-1. Dimensões mínimas das descidas hidráulicas.

- **Caixas de passagem de concreto (Tipo P1 e P2);**
 - P1 → Nas mudanças de direção e para diminuição de energia de escoamento entre descidas hidráulicas e com transição com canaletas ou tubos de concreto.

Tipo	Ø Canaleta (m)	Ø Tubo (m)	Dimensões (L x C x h)	Espessura (m)
P1-A	0,30	0,50	3,00 x 0,80 x 1,60 m	0,15
P1-B	1,00	0,60	3,00 x 1,50 x 1,70 m	0,15

L = Largura interna da caixa (m); C = Comprimento interno da caixa (m); h = Altura interna da caixa (m)

Tabela 5-2: Dimensões das caixas de passagem tipo 1 – entre descidas hidráulicas.

- P2 → Entre canaletas de concreto tipo meia-cana, nas mudanças de direção e para diminuição de energia de escoamento;

Tipo	Ø Canaleta (m)	Ø Tubo (m)	Dimensões (L x L x h)	Espessura (m)
P2-A	ø 0,30	-	0,80 x 0,80 x 0,80 m	0,15
P2-B	ø 1,00	ø 0,60	1,20 x 1,20 x (1,10 a 1,70) m	0,15

L = Largura interna da caixa (m)

h = Altura interna da caixa (m)

Tabela 5-3: Dimensões das caixas de passagem tipo 2 – entre canaletas.

- **Galerias em tubos de concreto armado: ø 0,50 m (PA-2) e ø 0,60 m (PA-2); e**
- **Cercas-silte (caso necessário).**

A locação dos componentes do sistema de drenagem de águas pluviais é apresentada no Volume II, Anexo I – Folhas de Projeto, nas Folhas 02/08 a 06/08, e seus detalhes, na Folha 08/08.

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.

_____, NBR 16.199:2020 – Barreiras geossintéticas – Instalação de geomembranas poliméricas, datado de 25/03/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TUBOS POLIOLEFENÍLICOS E SISTEMAS. ABPE:

Home Page. Disponível em:< <http://www.abpebrasil.com.br/#> >. Acesso em: 20 jul. 2011

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 – Geotechnique – 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.

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 storm-water 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.

GEOTECH - GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS. Projeto Executivo de Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé. São Paulo, Mar. 2024.

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.

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

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.

SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO NACIONAL DE DADOS AMBIENTAIS – SONDA. Consulta geral a homepage oficial. Disponível em: <<http://sonda.ccst.inpe.br/index.html>>. Acesso em: 09 set. 2011.

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

TAPAHUASCO, W. F. C. Análise do comportamento de maciços sanitários e proposta de um novo modelo de previsão de recalques considerando a parcela de biodegradação. Departamento de Engenharia Civil – UNB. Brasília. 2009.

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

UNITED STATES ENVIRONMENTAL 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.

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

ZEKKOS, D., KAVAZANJIAN JR, E., BRAY, J.D., MATASOVIC, N., RIEMER, M.F. Physical Characterization of Municipal Solid Waste for Geotechnical Purposes. In Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 136 (9).September 2010

PARTE B - QUANTITATIVOS

PROJETO EXECUTIVO DO ATERRO SANITÁRIO DE MURIAÉ
Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços

Item	Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade
Parte A - Fase de Implantação				
1.	Impermeabilização de Base			
1.1	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	2,0 mm	m ²	1.669
1.2	GCL (Geocomposto Bentonítico) - forn., aplic. e controle de qualidade	3.600 g/m ²	m ²	1.669
1.3	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 31	m ²	1.669
2.	Drenagem Pluvial Implantação			
2.1	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,30 m	m	2.025
2.2	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 1,00 m	m	448
2.3	Caixa de Passagem Tipo P1-A - Entre escadas d'água	Concreto	un.	11
2.4	Caixa de Passagem Tipo P1-B - Entre escadas d'água	Concreto	un.	8
2.5	Caixa de Passagem Tipo P2-A - Entre canaletas	Concreto	un.	13
2.6	Caixa de Passagem Tipo P2-B - Entre canaletas	Concreto	un.	1
2.7	Tubo de Concreto Armado	Classe PA-2/DN 500 mm	m	67
2.8	Tubo de Concreto Armado	Classe PA-2/DN 600 mm	m	45
2.9	Descida D'Água em Gabião Tipo Manta	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m ²	1.520
2.10	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	1,0 mm	m ²	1.520
2.11	Geotêxtil Não Tecido Sob Escada D'Água	RT 16	m ²	1.520
3.	Drenagem de Biogás de Base			
3.1	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	4
3.2	Rachão	-	m ³	8
3.3	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m ²	24
3.4	Base de Concreto Armado	1,60 x 1,60 x 0,15 m	m ³	2

PROJETO EXECUTIVO DO ATERRO SANITÁRIO DE MURIAÉ
Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços

Item	Descrição	Especificação	Unidade	Quantidade
Parte B - Fase de Operação				
4.	Drenagem de Lixiviados de Camada			
4.1	Escavação (trincheira)	Seção: 0,80 x 0,80 m	m³	350
4.2	Brita	nº 4	m³	350
5.	Drenagem de Biogás Operacional			
5.1	"Flare" e adaptação metálica	-	un.	8
5.2	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	36
5.3	Tubo de Concreto Não Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	8
5.4	Rachão	-	m³	63
5.5	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m²	201
5.6	Geomembrana de PEAD Lisa	0,8 mm	m²	23
5.7	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 16	m²	19
6.	Operação do Aterro Sanitário			
6.1	Espalhamento e Compactação dos Resíduos	Trator Tipo D6 (y = 1 t/m³)	m³	24.982
6.2	Execução de Cobertura Diária Operacional	Trator Tipo D6	1km.m³	6.147
6.3	Tratamento Superficial de Acessos Internos Com Brita	0,60 m	m³	1.333
7.	Cobertura Definitiva dos Resíduos			
7.1	Camada de Solo Argiloso	GC = 98%; e = 0,60 m	m³	6.635
7.2	Plantio de Gramíneas nos Taludes	-	m²	6.635
8.	Drenagem Pluvial Operacional			
8.1	Descida D'Água em Gabião Tipo Manta	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m²	789
8.2	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	1,0 mm	m²	1.499
8.3	Geotêxtil Não Tecido Sob Escada D'Água	RT 16	m²	1.499
8.4	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,30 m	m	860
8.5	Caixa de Passagem Tipo P2-A- Entre canaletas	Concreto	un.	1
9.	Monitoramento Geoambiental			
9.1	Marco Superficial	Base 0,60 x 0,60 x 0,10 m	un.	7
9.2	Piezômetro	Tipo <i>Stand-Pipe</i>	un.	4

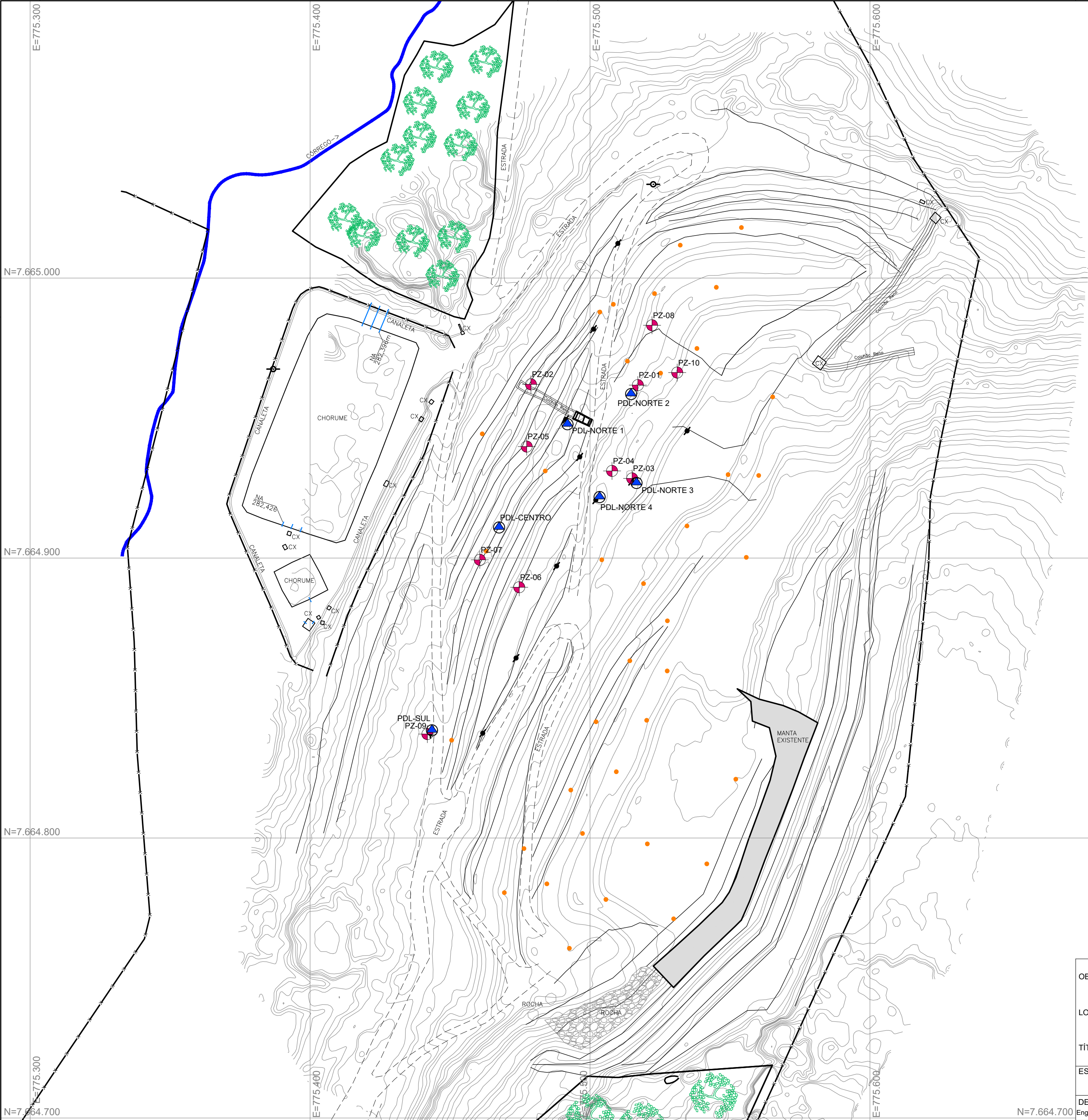
ANEXOS

Anexo I – Folhas de Projeto

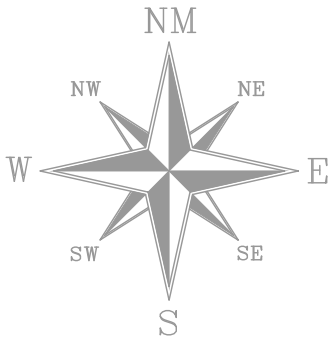
Anexo II – Anotação de Responsabilidade Técnica – ART

ANEXO I

Folhas de Projeto



LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Sondagem a Percussão
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
Nota: Levantamento Topográfico fornecido pelo cliente, de Maio de 2025.	



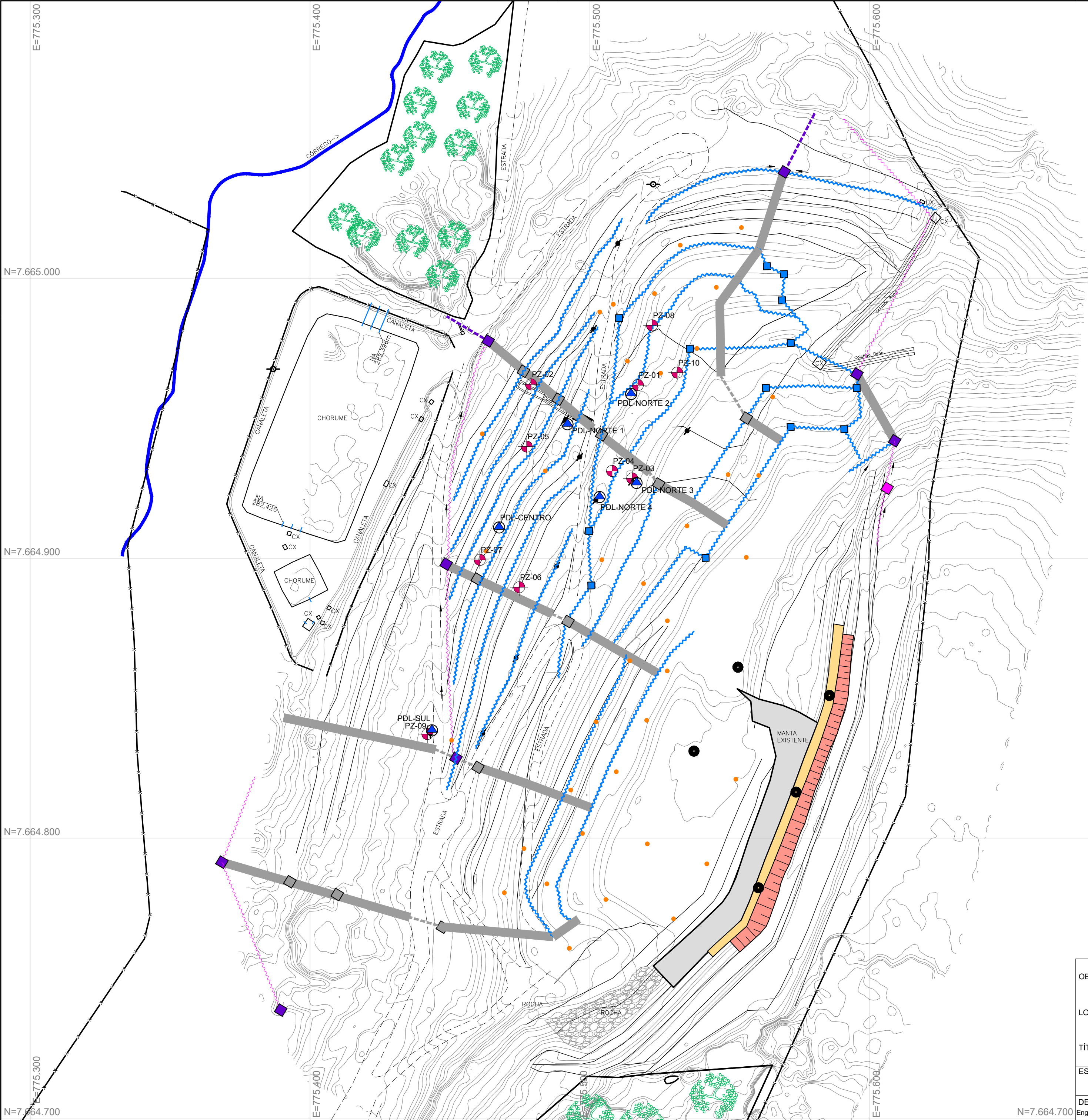
OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé

LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356
Muriaé - MG

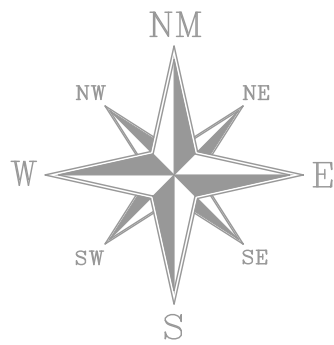
TÍTULO: Levantamento Topográfico - *As Built* de Maio de 2025



ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 01/08	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025



LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Dreno de Biogás a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Escada D' Água em Gabião Tipo 1



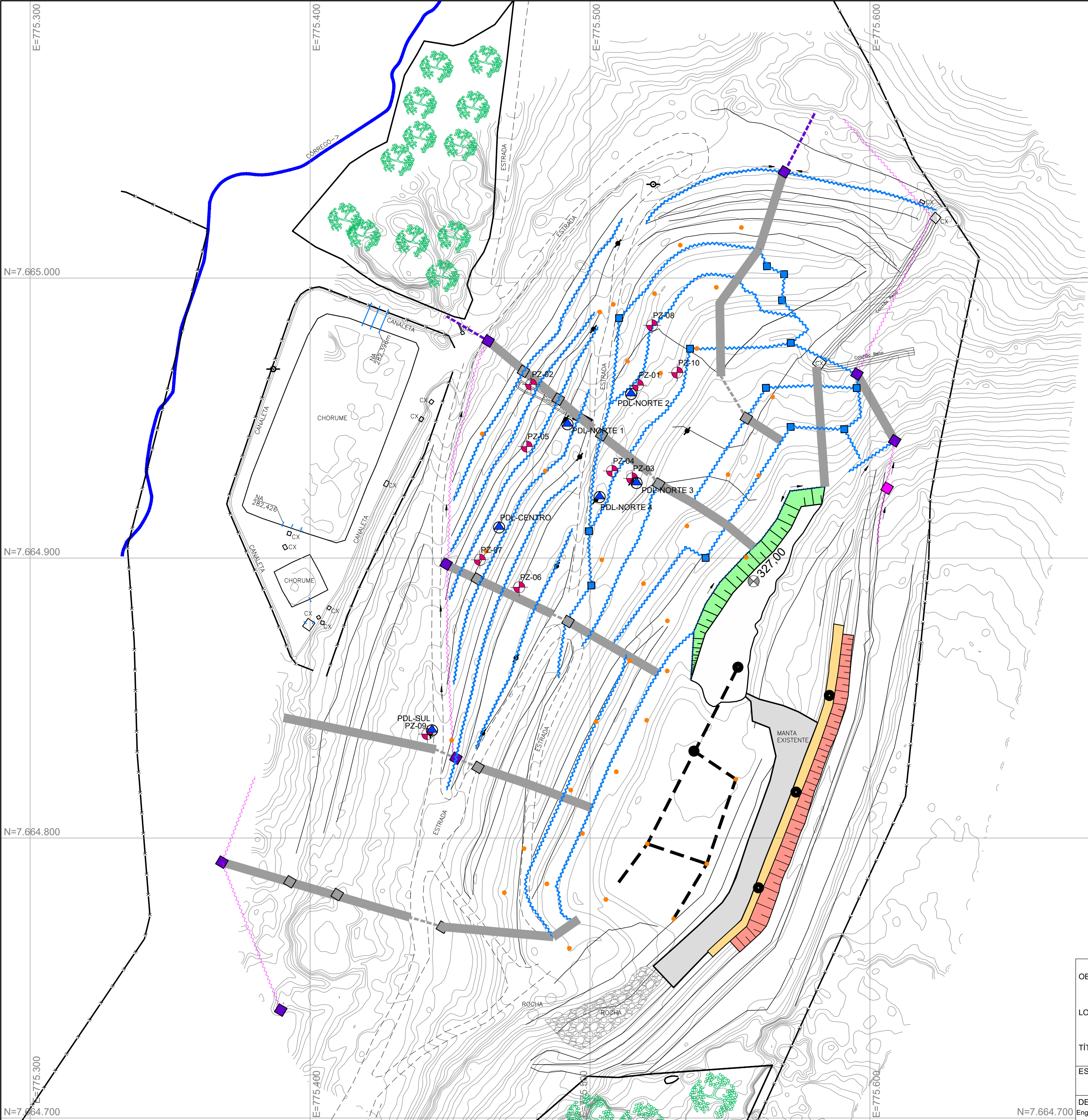
OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé

LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356
Muriaé - MG

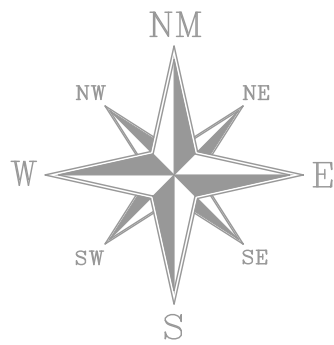
TÍTULO: Impermeabilização de Base e Drenagem de Lixiviados e Biogás



ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 02/08	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025

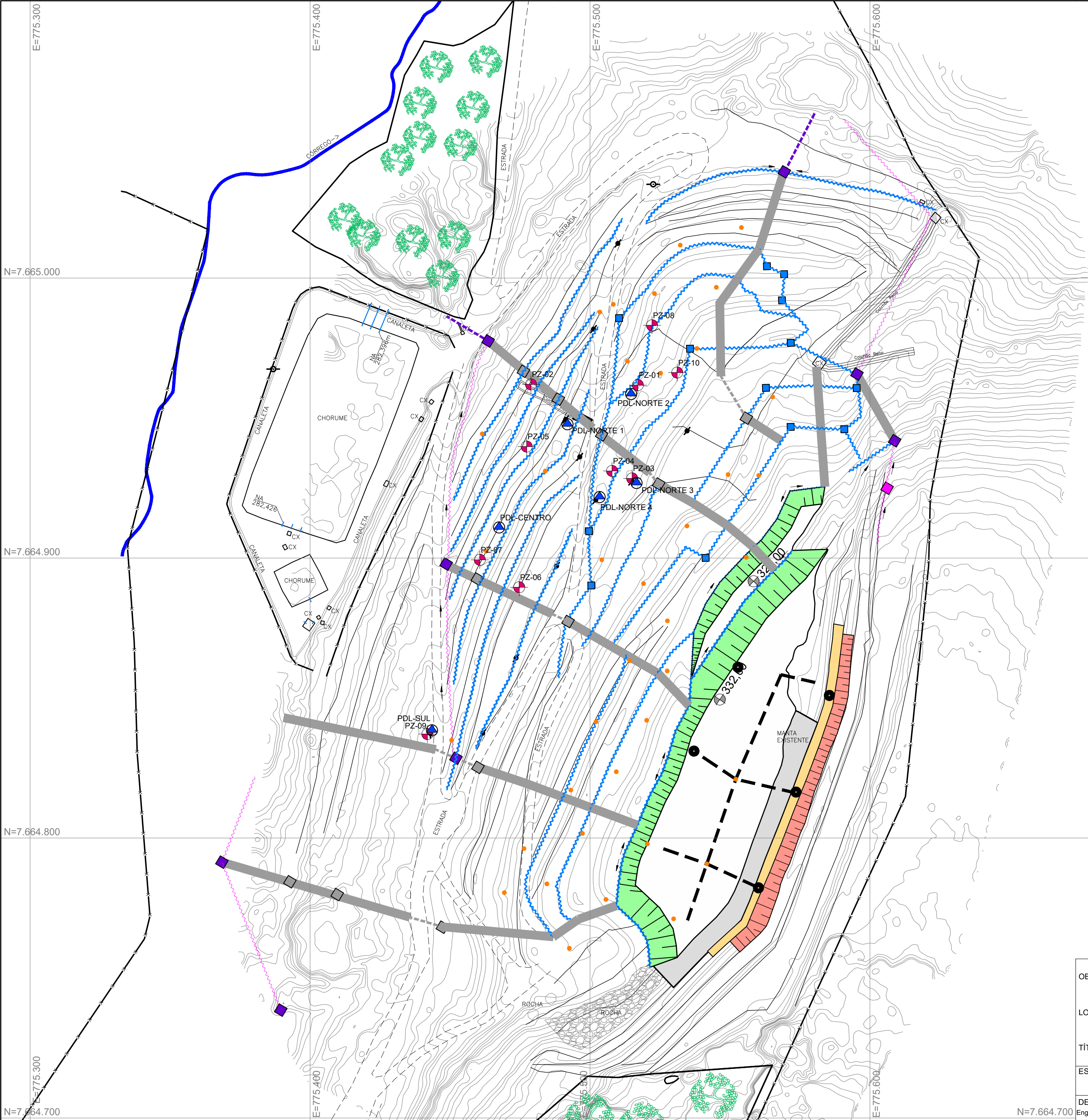


LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Escada D' Água em Gabião Tipo 1
	Dreno de Lixiviados de Camada

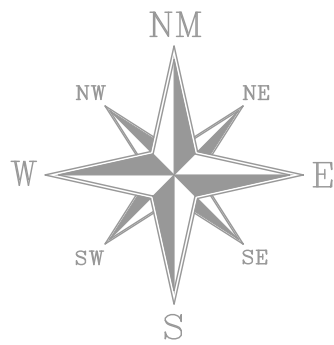


OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé			
LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356 Muriaé - MG			
TÍTULO: Disposição dos Resíduos - Cota 327,00 m			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5		FOLHA: 03/08
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025



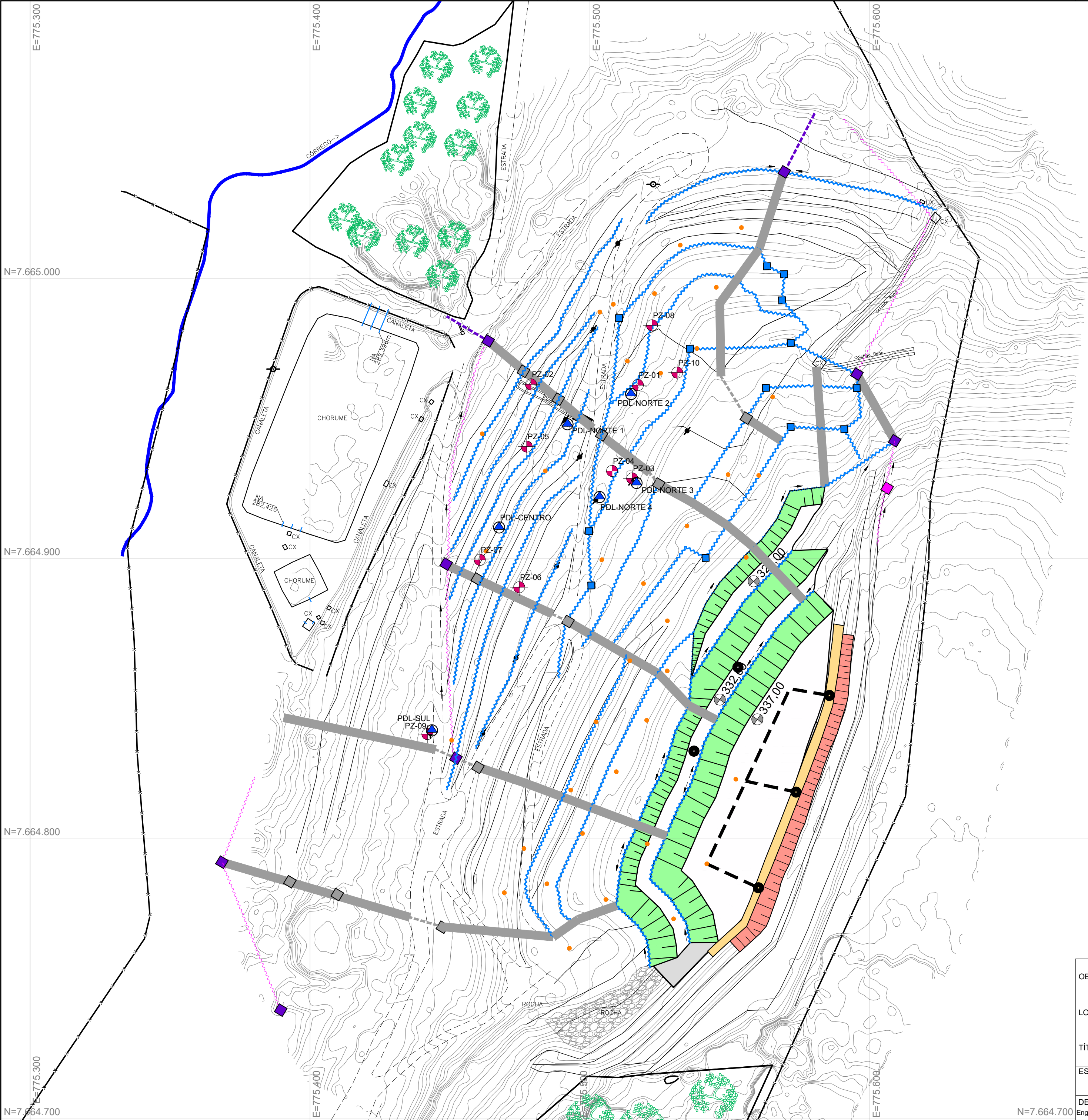


LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Escada D' Água em Gabião Tipo 1
	Dreno de Lixiviados de Camada

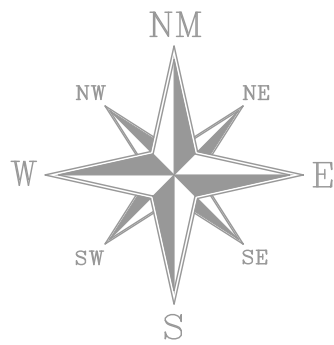


OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé			
LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356 Muriaé - MG			
TÍTULO: Disposição dos Resíduos - Cota 332,00 m			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5		FOLHA: 04/08
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025



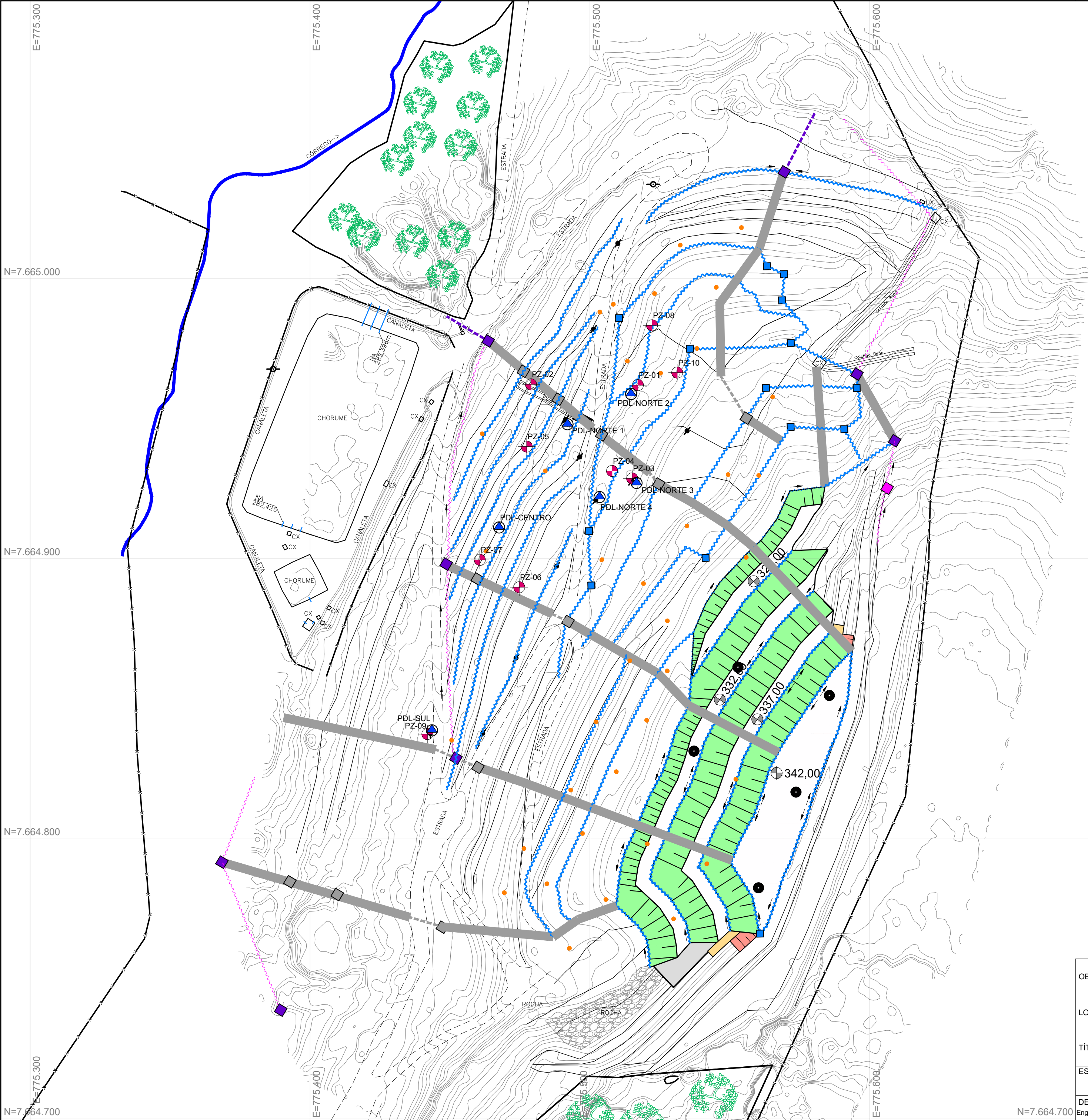


LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Escada D' Água em Gabião Tipo 1
	Dreno de Lixiviados de Camada

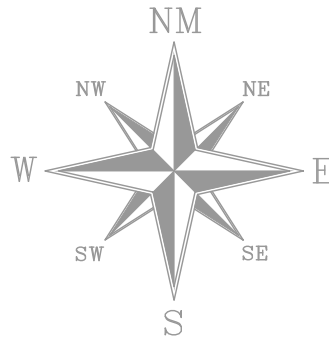


OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé			
LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356 Muriaé - MG			
TÍTULO: Disposição dos Resíduos - Cota 337,00 m			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5		FOLHA: 05/08 REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025





LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Escada D' Água em Gabião Tipo 1



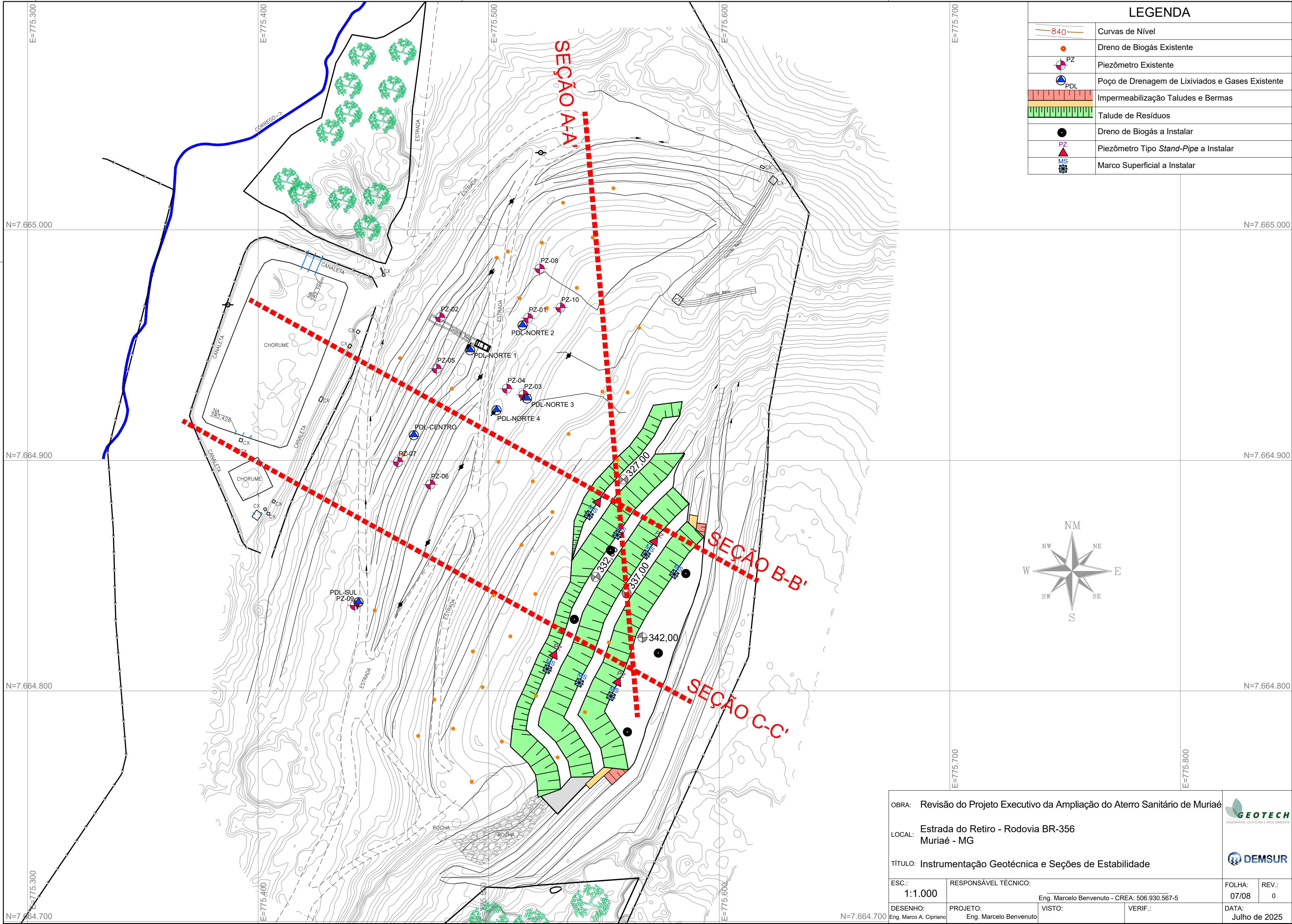
OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé

LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356
Muriaé - MG

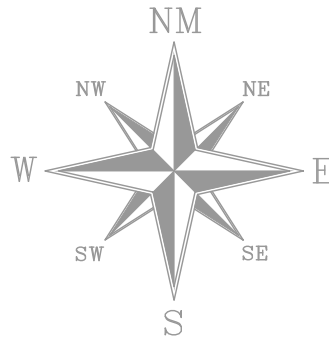
TÍTULO: Disposição dos Resíduos - Cota 342,00 m



ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 06/08	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Julho de 2025



LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Dreno de Biogás Existente
	Piezômetro Existente
	Poço de Drenagem de Lixiviados e Gases Existente
	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Talude de Resíduos
	Dreno de Biogás a Instalar
	Piezômetro Tipo <i>Stand-Pipe</i> a Instalar
	Marco Superficial a Instalar



OBRA: Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé				 ENGENHARIA, GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE	
LOCAL: Estrada do Retiro - Rodovia BR-356 Muriaé - MG					
TÍTULO: Instrumentação Geotécnica e Seções de Estabilidade					
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5			FOLHA: 07/08	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Marcelo Benvenuto	VISTO:	VERIF.:	DATA: Julho de 2025	

ANEXO II

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243209869

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO à
MG20232246790

1. Responsável Técnico

MARCELO BENVENUTO

Título profissional: **ENGENHEIRO CIVIL**

RNP: **2613129417**

Registro: **293824MG**

Empresa contratada: **GEOTECH - GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA**

Registro Nacional: **0000953342-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **DEMSUR - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO**

CPF/CNPJ: **02.318.396/0001-45**

AVENIDA MAESTRO SANSÃO

Nº: **236**

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **MURIAÉ**

UF: **MG**

CEP: **36880002**

Contrato: **017/2023**

Celebrado em: **05/06/2023**

Valor:

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

OUTROS RURAL

Nº: **SN**

Complemento:

Bairro: **ÁREA RURAL DE MURIAÉ**

Cidade: **MURIAÉ**

UF: **MG**

CEP: **36891899**

Data de Início: **26/07/2023**

Previsão de término: **07/12/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **AMBIENTAL**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **DEMSUR - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO**

CPF/CNPJ: **02.318.396/0001-45**

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
14 - Elaboração		
80 - Projeto > SANEAMENTO AMBIENTAL > SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS > DE SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS SÓLIDOS > #6.2.4.8 - ATERRO SANITÁRIO	61.921,00	m²
70 - Monitoramento > SANEAMENTO AMBIENTAL > SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS > DE SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS SÓLIDOS > #6.2.4.8 - ATERRO SANITÁRIO	61.921,00	m²
1 - Assessoria		
6 - Assessoria > SANEAMENTO AMBIENTAL > SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS > DE SISTEMA DE ESGOTO/RESÍDUOS SÓLIDOS > #6.2.4.8 - ATERRO SANITÁRIO	61.921,00	m²

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

5. Observações

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/igpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: YZByZ
 Impresso em: 06/08/2024 às 16:25:04 por: , ip: 189.33.65.249

www.crea-mg.org.br
 Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
 Fax:





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20243209869

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

SUBSTITUIÇÃO à
MG20232246790

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Sos Paulo, 06 de Agosto de 2024

Local

data

MARCELO BENVENUTO - CPF: 277.822.618-48

DEMSUR - DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO -
CNPJ: 02.318.396/0001-45

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

10. Valor

Esta ART é isenta de taxa

Registrada em: 06/08/2024

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: YZByZ
Impresso em: 06/08/2024 às 16:25:04 por: , ip: 189.33.65.249

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:

 **CREA-MG**
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



Revisão do Projeto Executivo da Ampliação do Aterro Sanitário de Muriaé						
Planilha de Quantitativos de Materiais e Serviços						
Item	Descrição		Unidade		Valor Unitário	Custo Total
Parte A - Fase de Implantação						
1.	Impermeabilização de Base					
1.1	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	2,0 mm	m²	1.669	R\$ 63,60	R\$ 106.169,45
1.2	GCL (Geocomposto Bentonítico) - forn., aplic. e controle de qualidade	3.600 g/m²	m²	1.669	R\$ 22,00	R\$ 36.725,28
1.3	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 31	m²	1.669	R\$ 23,27	R\$ 38.845,33
						R\$ 181.740,06
2.	Drenagem Pluvial Implantação					
2.1	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,30 m	m	2.025	R\$ 37,89	R\$ 76.726,70
2.2	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 1,00 m	m	448	R\$ 245,70	R\$ 497.538,96
2.3	Caixa de Passagem Tipo P1-A - Entre escadas d'água	Concreto	un.	11	R\$ 4.000,00	R\$ 44.000,00
2.4	Caixa de Passagem Tipo P1-B - Entre escadas d'água	Concreto	un.	8	R\$ 6.000,00	R\$ 48.000,00
2.5	Caixa de Passagem Tipo P2-A - Entre canaletas	Concreto	un.	13	R\$ 1.500,00	R\$ 19.500,00
2.6	Caixa de Passagem Tipo P2-B - Entre canaletas	Concreto	un.	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
2.7	Tubo de Concreto Armado	Classe PA-2/DN 500 mm	m	67	R\$ 162,38	R\$ 10.913,56
2.8	Tubo de Concreto Armado	Classe PA-2/DN 600 mm	m	45	R\$ 212,22	R\$ 9.571,12
2.9	Descida D'Água em Gabião Tipo Manta	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m²	1.520	R\$ 666,25	R\$ 1.012.589,61
2.10	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	1,0 mm	m²	1.520	R\$ 31,79	R\$ 48.315,53
2.11	Geotêxtil Não Tecido Sob Escada D'Água	RT 16	m²	1.520	R\$ 11,08	R\$ 16.839,76
						R\$ 1.787.995,26
3.	Drenagem de Biogás de Base					
3.1	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	4	R\$ 325,63	R\$ 1.432,77
3.2	Rachão	-	m³	8	R\$ 101,84	R\$ 774,25
3.3	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m²	24	R\$ 5,14	R\$ 125,05
3.4	Base de Concreto Armado	1,60 x 1,60 x 0,15 m	m³	2	R\$ 700,00	R\$ 1.182,72
						R\$ 3.514,79
Preço Total - Fase de Implantação (A)						R\$ 1.973.250,11
Parte B - Fase de Operação						
4.	Drenagem de Lixiviados de Camada					
4.1	Escavação (trincheira)	Seção: 0,80 x 0,80 m	m³	350	R\$ 6,44	R\$ 2.250,84
4.2	Brita	nº 4	m³	350	R\$ 101,46	R\$ 35.461,27
						R\$ 37.712,12
5.	Drenagem de Biogás Operacional					
5.1	"Flare" e adaptação metálica	-	un.	8	R\$ 600,00	R\$ 4.800,00
5.2	Tubo de Concreto Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	36	R\$ 327,63	R\$ 11.892,97
5.3	Tubo de Concreto Não Perfurado	Classe PA-3/DN 600 mm	m	8	R\$ 325,63	R\$ 2.605,04
5.4	Rachão	-	m³	63	R\$ 101,84	R\$ 6.387,60
5.5	Tela de Aço	Tipo Telcon ou Similar (3 mm)	m²	201	R\$ 5,14	R\$ 1.031,64
5.6	Geomembrana de PEAD Lisa	0,8 mm	m²	23	R\$ 21,17	R\$ 482,84
5.7	Geotêxtil Não Tecido de Polipropileno	RT 16	m²	19	R\$ 11,08	R\$ 210,59
						R\$ 27.410,68
6.	Operação do Aterro Sanitário					
6.1	Espalhamento e Compactação dos Resíduos	Trator Tipo D6 (y = 1 t/m³)	m³	24.982	R\$ 4,22	R\$ 105.423,38
6.2	Execução de Cobertura Diária Operacional	Trator Tipo D6	1km.m³	6.147	R\$ 5,62	R\$ 34.545,21
6.3	Tratamento Superficial de Acessos Internos Com Brita	0,60 m	m³	1.333	R\$ 26,92	R\$ 35.876,54
						R\$ 175.845,14
7.	Cobertura Definitiva dos Resíduos					
7.1	Camada de Solo Argiloso	GC = 98%; e = 0,60 m	m³	6.635	R\$ 18,00	R\$ 119.424,94
7.2	Plantio de Gramíneas nos Taludes	-	m²	6.635	R\$ 8,57	R\$ 56.859,54
						R\$ 176.284,49
8.	Drenagem Pluvial Operacional					
8.1	Descida D'Água em Gabião Tipo Manta	e = 17 mm; Brita 3 ou 4	m²	789	R\$ 666,25	R\$ 525.880,97
8.2	Geomembrana de PEAD Texturizada em Ambas as Faces	1,0 mm	m²	1.499	R\$ 31,79	R\$ 47.662,85
8.3	Geotêxtil Não Tecido Sob Escada D'Água	RT 16	m²	1.499	R\$ 11,08	R\$ 16.612,28
8.4	Canaleta de Concreto Tipo Meia-Cana	DN 0,30 m	m	860	R\$ 37,89	R\$ 32.581,64
8.5	Caixa de Passagem Tipo P2-A- Entre canaletas	Concreto	un.	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
						R\$ 624.237,73
9.	Monitoramento Geoambiental					
9.1	Marco Superficial	Base 0,60 x 0,60 x 0,10 m	un.	7	R\$ 500,00	R\$ 3.500,00
9.2	Piezômetro	Tipo Stand-Pipe	un.	4	R\$ 8.000,00	R\$ 32.000,00
						R\$ 35.500,00
Nota: preço final com BDI.						R\$ 1.076.990,16
Referências de consulta de valores: SINAPI-MG, SICRO e consulta a fornecedores.						R\$ 3.050.240,27
						R\$ 122,10

MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

**ATERRO SANITÁRIO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE MURIAÉ**

**EMPREENDEDOR: PREFEITURA MUNICIPAL DE
MURIAÉ**

MUNICÍPIO: MURIAÉ - MG

JANEIRO DE 2011

SUMARIO

1.0 - INTRODUÇÃO	5
2.0 - JUSTIFICATIVA	7
3.0 – OBJETIVOS	9
3.1. - OBJETIVO GERAL	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.0 - PÚBLICO ALVO/ BENEFICIADOS	10
5.0 - METODOLOGIA	10
6.0 - INFORMAÇÕES BÁSICAS	10
6.1. INFORMAÇÕES CADASTRAIS	10
6.2 – EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO	11
6.2.1 - EQUIPE TÉCNICA	11
7.0 - LOCALIZAÇÃO	12
7.1 – ACESSOS	12
8.0 - SISTEMA DE COLETA E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.	13
9.0 - IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	14
9.1 - SELEÇÃO DE TERRENOS PARA O ATERRO SANITÁRIO	14
9.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
9.1.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA Nº 1	15
9.1.3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA Nº 2	18
9.1.4 - CONCLUSÕES	20
9.2 - AQUISIÇÃO DO TERRENO	21
9.3 - OBJETIVOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO PROJETO	21
9.4 - USO DO SOLO ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO	22
9.5 - SISTEMA DE COLETA E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	22
9.6 – PREVISÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS	23
9.6.1 - ORIGEM E PROPRIEDADES DOS RESÍDUOS	24
9.6.2 - QUANTIDADES E VOLUMES	24
9.7 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO DA ÁREA ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO E A USINA DE RECICLAGEM	29
9.8 - ESCRITÓRIO	29
9.9 - DESCRIÇÃO DAS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA DA UNIDADE	29
9.10 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS, VEÍCULOS E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS PREVISTOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO E DA USINA DE TRIAGEM	30
9.11 - COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS	31
9.12 - LOCALIZAÇÃO, CUBAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO	31
9.13 - CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO	32
9.14 - SISTEMA DE COBERTURA DOS RESÍDUOS	34
9.14.1 - COBERTURA DIÁRIA	34
9.14.2 - COBERTURA FINAL	35
10.0 - DEFINIÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	35
10.1 - DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO	35
10.1.1 - CLIMA	36
10.1.1.1 - BALANÇO HÍDRICO	39
10.1.1.2 - PRECIPITAÇÃO (P)	40
10.1.1.3 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)	40
10.1.1.4 - ESCOAMENTO SUPERFICIAL (ES)	41

10.1.1.5 - INFILTRAÇÃO (IN)	42
10.1.1.6 - PERDA DE ÁGUA ACUMULADA (WL)	42
10.1.1.7 - ÁGUA ARMAZENADA NO SOLO (WS)	42
10.1.1.8 - VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA ARMAZENADA (CWS)	43
10.1.1.9 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO (ET)	44
10.1.1.10 - PERCOLAÇÃO (PERC)	44
10.1.1.11 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
10.1.2 - GEOLOGIA	46
10.1.2.1 – GEOLOGIA LOCAL	46
10.1.2.2 - GEOLOGIA REGIONAL	46
10.1.3 - GEOMORFOLOGIA	47
10.1.4 - PEDOLOGIA	48
10.1.5 - INVESTIGAÇÕES DO SUBSOLO	48
10.1.6. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO QUANTO À ESTABILIDADE, POROSIDADE, PLASTICIDADE E PERMEABILIDADE	49
10.1.7 - QUALIDADE DA ÁGUA	50
10.1.8 - ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS GERAIS	50
10.1.8.1 - VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS IDENTIFICADOS NA ÁREA	51
10.1.9 – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO, CURVAS DE METRO EM METRO.	53
10.1.9.1 - CARTA DE DECLIVIDADES	53
11.0 – DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO	54
11.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO PERCOLADO (CHORUME) DO ATERRO SANITÁRIO	58
b) DIÂMETROS DOS DRENOS DE CHORUME E REDE DE EFLUENTES - CÁLCULO DA VAZÃO DE PERCOLADO A SER DRENADA	58
11.2.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO PERCOLADO (CHORUME) DO ATERRO SANITÁRIO	60
11.2.1.1 - SISTEMA DE COLETA DOS EFLUENTES – DRENAGEM DOS LÍQUIDOS PERCOLÁVEIS DAS PLATAFORMAS DO ATERRO	60
11.3 - TRATAMENTO PRELIMINAR	62
11.4 - TRATAMENTO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO	62
JUSTIFICATIVA DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA	62
11.6 – INFRA-ESTRUTURA DE APOIO	66
11.6.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO DA ÁREA ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO	66
11.6.2 - ESCRITÓRIO	67
11.6.3 - DESCRIÇÃO DAS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA DA UNIDADE.	67
11.6.4 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS, VEÍCULOS E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS PREVISTOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO E DA USINA DE RECILCAGEM	67
11.6.5 - COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS	69
11.6.6 - LOCALIZAÇÃO, CUBAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO	69
11.6.7. SISTEMA DE COBERTURA DOS RESÍDUOS	69
11.7 – SERVIÇOS PRELIMINARES	70
11.7.1 – LIMPEZA DO TERRENO	70
11.7.2 – LOCAÇÃO DA OBRA	71
11.7.3 – MOVIMENTO DE TERRA	71

11.7.4 - CONSTRUÇÃO DOS TALUDES (DIQUES DE CONTENÇÃO) - ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	71
11.8 - ASPECTO GERAIS NAS LAGOAS ANAERÓBICA / FACULTATIVA.....	73
11.9 - RECOMENDAÇÕES PARA O INÍCIO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO.....	74
11.10 - PROGRAMA DE MEDIÇÕES E AMOSTRAGENS.....	75
11.11 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM E REMOÇÃO DE GASES:.....	76
12.0 - MÉTODOS CONSTRUTIVOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA IMPLANTACAO DO ATERRO SANITARIO.....	76

1.0 - INTRODUÇÃO

O saneamento no município de Muriaé necessita de correções urgentes, principalmente em relação à destinação final dos resíduos sólidos urbanos, melhorias habitacionais devidos os grandes estragos causados pelas chuvas nos últimos anos. Os únicos setores que estão bem desenvolvidos são: o esgotamento sanitário do município, onde já foram implantados vários sistemas de tratamento de esgoto sanitário atendo cerca de 75% da população e o abastecimento público de água de consumo onde 100% da população urbana recebem água potável para atender suas necessidades. Atualmente o quadro sanitário do município, ainda necessita de recursos públicos para melhorar a saúde da população e proporcionar melhor qualidade de vida aos seus cidadãos. Diversas ações neste sentido são metas administrativas, tais como: extensão de rede coletora de esgoto, com destino final adequado na sede municipal e distritos, destinação correta dos resíduos sólidos com a implantação do aterro, adequando os equipamentos da usina de triagem e compostagem de lixo para reciclar uma parte dos resíduos urbanos gerados no município e a continuidade do projeto de coleta seletiva no município.

A necessidade de renovação dos locais de destinação correta dos resíduos sólidos urbanos requer dos gestores um olhar abrangente sobre todos os impactos que qualquer medida venha a ter sobre a população local, em seus diversos aspectos.

Inicialmente, ressalta-se a importância da correta destinação dos resíduos sólidos como uma medida prioritária para o estabelecimento de condições sanitárias favoráveis à saúde e a qualidade de vida das populações. Este ponto traz, em seu bojo, outros desafios na equalização e solução de outras questões que se mostram vinculadas à limpeza urbana.

Um primeiro ponto é sobre a quantidade de lixo produzida pela população urbana. A zona urbana do município de Muriaé e as sedes dos sete distritos têm uma geração per capita de resíduos sólidos da ordem de 600 gramas/habitante/dia. Valor este, segundo o IBGE (2.000), compatível para municípios com população inferior a 200 mil habitantes.

Conjuntamente com a implantação do Aterro Sanitário Municipal e adequações da usina de triagem e compostagem, a Prefeitura de Muriaé através do Departamento Municipal de Saneamento Urbano – DEMSUR irá dar continuidade no programa de coleta seletiva nas residências, industriais, comércio, órgãos públicos, escolas, hospitais, etc., que prevê programas e ações não só visando a redução dos resíduos gerados pela

população, bem como a eficiência da coleta seletiva e a destinação adequada para resíduos da construção civil (entulho), resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, de poda da árvore urbana, varrição, não recicláveis, etc. A mobilização desta população, como alvo de campanhas de motivação da cidadania, em relação à manutenção da limpeza, traz para dentro de cada habitação, a divisão da responsabilidade da limpeza urbana com o setor público. Ressalta-se que os resíduos gerados na construção civil, nas unidades de saúde (farmácias, hospitais, clínicas, ambulatórios, consultórios, etc.), resíduos industriais, e outros resíduos classe I não serão coletados pelo DEMSUR e nem dispostos no Aterro Sanitário.

O Departamento Municipal de Saneamento Urbano – DEMSUR - utiliza desde 1996 um aterro controlado (lixão) para a disposição final dos resíduos sólidos. O mesmo opera com semi compactação e aterro diário dos resíduos, sistema de drenagem de gases e sistema de tratamento primário de efluentes líquidos. O empreendimento é de propriedade da Prefeitura Municipal sendo administrado pelo DEMSUR. Situa-se a cerca de 7 km do centro urbano da sede do município, numa região denominada de Retiro Campo Formoso (Fazenda Cachoeira da Encoberta) localizado na zona rural do município. Junto ao local da disposição existe uma usina de triagem com produção atual de triagem de 12 toneladas/dia com capacidade de reciclar até 35 t/dia com uma eficiência de 70%, a qual é operada pela Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Muriaé - ASMAM, cabendo ao DEMSUR o transporte do resíduo até a esteira de triagem, bem como a manutenção dos equipamentos existentes.

Considerando os aspectos inicialmente abordados, o dimensionamento da vida útil do aterro controlado (lixão) já existente no Município, aponta a necessidade de seleção de nova área, devidamente dimensionada, fundamentados nos critérios da engenharia, normas operacionais específicas e nos aspectos legais, a fim de atender a demanda do município nos próximos anos, já enquadrando como Aterro Sanitário e também realizar manutenção na usina de triagem e construção do pátio de compostagem para aproveitar o resíduo orgânico separado durante a reciclagem.

O aterro contará com impermeabilização de fundo e das paredes com manta PEAD de 2 mm. Antes de realizar a instalação da manta será feita a compactação das plataformas com solo existente na área, pelo fato do mesmo apresentar coeficiente de permeabilidade menor do que 1×10^{-7} cm/s ($K < 1 \times 10^{-7}$ cm/s), o aterro contará com sistema de drenagem de percolados (chorume), sistema de tratamento de percolados pelo

sistema de lagoa anaeróbica e aeróbica, sistema de tratamento de esgotamento sanitário através de fossa filtro (efluentes da guarita), sistema de drenagem e queima dos gases e canaletas de drenagem pluvial direcionando as águas de pluviais para fora da área do aterro.

O projeto do aterro sanitário do município de Muriaé, MG terá uma vida útil prevista superior a 22 anos com alcance até o ano de 2032. A vida útil do aterro está atrelada ao bom funcionamento da usina e a implantação de projetos de educação ambiental.

2.0 - JUSTIFICATIVA

Atualmente, a população estimada de Muriaé pelo IBGE/2009 é de 99.628 habitantes e a sua produção de resíduos sólidos urbanos é cerca de 60 toneladas/dia. As adequações que estão previstas na usina de triagem são para que a mesma tenha uma capacidade de triagem aumentada em no mínimo 50% dos resíduos com uma eficiência de 70% do que foi triado. Este percentual será facilmente atingido com a implantação do programa de coleta seletiva na cidade. O programa já foi iniciado e tem o apoio técnico da Fundação Israel Pinheiro.

O aterro controlado existente no município é uma célula adjacente ao lixão que foi remediado, ou seja, que recebeu cobertura de argila, e grama para proteger a pilha da água de chuva, possui sistema de captação de chorume funcionando precariamente, tratamento primário do chorume e possui dreno de gás funcionando também precariamente. Esta célula adjacente foi preparada para receber os resíduos sendo que a mesma não foi impermeabilizada tendo uma operação que procura minimizar os impactos negativos gerados pelo lixão, tais como a compactação do lixo, a cobertura diária da pilha de lixo com material areno argiloso.

Segundo a CETESB- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, o aterro sanitário é definido como “um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento seguro, em termos de controle da poluição ambiental e proteção ao meio ambiente.”

Desta forma, os aterros sanitários constituem-se em uma forma adequada de disposição de resíduos onde são analisados vários parâmetros ambientais, e populacionais, para escolha da área, como tipo de solo, profundidade do lençol freático, aspectos

hidrográficos e climáticos, condições geológicas e geomorfológicas e distância dos centros urbanos, zoneamento urbano, etc.

Outra característica marcante para implantação e operação do aterro sanitário é a exigência de sistema de drenagem pluvial, drenagem e tratamento do chorume e do gás gerado e sistemas de impermeabilização. A proliferação de vetores é impedida uma vez que é feita a compactação e cobertura com material inerte simultaneamente à disposição do resíduo. Quando a disposição final dos resíduos sólidos urbanos não é feita de maneira adequada tem-se a presença de uma série de problemas, tais como:

- Presença de catadores e animais;
- Mau cheiro e fumaça;
- Proliferação de vetores de doenças;
- Aspecto desagradável;
- Poluição do ar, solo e água.
- Enfim perda de qualidade de vida da população.

O local onde se pretende implantar o aterro sanitário e o local onde funciona a usina do Município de Muriaé situa-se a cerca de 7 km do centro urbano da sede do município, numa região denominada de Retiro Campo Formoso (Fazenda Cachoeira da Encoberta) localizado na zona rural do município. A área onde será implantado o futuro aterro sanitário foi adquirido pelo município e possui uma área superficial de 195.570,308 m² (19,570308 ha.). O acesso ao local é feito a partir do centro da cidade num percurso de 2 km seguindo a BR 356 sentido Itaperuna, RJ, entra à direita numa estrada vicinal de chão batido em boas condições de tráfego no sentido da Fazenda Cachoeira Encoberta num percurso total de aproximadamente 5 km chega-se ao local do futuro aterro na localidade denominada Retiro Campo Formoso (Fazenda Cachoeira da Encoberta).

Com a implantação do aterro sanitário e adequação da usina de triagem o município de Muriaé cumprirá um importante papel no sentido de melhorar a qualidade de vida de 99.628 habitantes dando a destinação final adequada dos resíduos produzidos por esta população e ainda buscar alinhar o município aos principais modelos de gestão e tecnologia de tratamento de resíduos, buscando uma redução global de carga poluidora gerada pelo município.

3.0 – OBJETIVOS

A proposta visa erradicar da cidade e dos distritos do município de Muriaé os problemas ocasionados e os riscos gerados pela má destinação dos resíduos sólidos urbanos, tanto os ambientais (poluição do ar, água e solo), como os sociais (doenças, sujeiras, mau cheiro, e etc.).

Para tanto, após a implantação do aterro sanitário e adequação da usina de reciclagem será promovida a recuperação do atual depósito de lixo (aterro controlado) construindo sistema de drenagem de água pluvial contornando toda a área, recobrimento de todo lixo que não estiver coberto, revegetação com gramíneas e árvores nativas de pequeno porte, cercamento e implantação de cerca viva em todo perímetro da área impactada. Será dada continuidade ao programa de educação ambiental para a conscientização da população do seu papel com a preservação ambiental, através dos cuidados com o lixo. Espera-se, com isso, o melhoramento da qualidade de vida da cidade, com a criação de novos empregos (pela própria operação do aterro e da usina), redução das doenças relacionadas ao lixo, redução da poluição ambiental causada pela destinação incorreta dos resíduos sólidos urbanos.

3.1. - OBJETIVO GERAL

- Elaboração do Projeto, implantação e início da operação da primeira célula do aterro sanitário do município de Muriaé.
- Adequações da usina de triagem (construção do pátio de compostagem e sistema de drenagem dos efluentes gerados).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar os estudos geológicos, hidrológicos, pedológicos, hidrogeológicos e geomorfológico do local onde será implantado o aterro sanitário;
- elaborar os projetos construtivos do aterro sanitário;
- elaborar os projetos dos sistemas de tratamento dos efluentes líquidos e gasosos gerados no empreendimento;
- implantar o aterro sanitário;
- iniciar a operação do aterro sanitário;
- construir o pátio de compostagem da usina de triagem;
- construir o sistema de drenagem e tratamento dos efluentes gerados no pátio de compostagem, na área de reciclagem, abrigo de equipamentos, etc.

- Dar continuidade ao Programa de Educação Ambiental no município de Muriaé. O município firmou convênio com a Fundação Israel Pinheiro e participa do programa Minas sem Lixões.

4.0 - PÚBLICO ALVO/ BENEFICIADOS

A implantação do projeto do aterro sanitário e adequações da usina de triagem buscam beneficiar os 99628 habitantes que, residindo na zona urbana do município e nos distritos, estão posicionados como atores e público-alvo, considerando o seu potencial social na promoção da melhoria da qualidade de vida.

5.0 - METODOLOGIA

Este projeto, tendo como objeto central à construção do Aterro Sanitário e adequação da usina para aumentar a capacidade de triagem.

6.0 - INFORMAÇÕES BÁSICAS

6.1. INFORMAÇÕES CADASTRAIS

Instituição Proponente:

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO – DEMSUR

CNPJ: 02.318.396/0001-45

Avenida Castelo Branco, s/n - Bairro Gávea

Muriaé, MG, CEP: 36880-000

Tel.: (32) 3696-3450

Endereço para correspondência:

Avenida Maestro Sansão, nº. 236 – Edifício Centro Administrativo Presidente Tancredo Neves, 2º andar, Bairro Centro, Muriaé – MG – CEP: 36880-000

Nome do empreendimento: Aterro Sanitário do Município de Muriaé.

Representante Legal do Empreendimento:

Maria Aparecida Muruci Monteiro

Diretora Geral do DEMSUR

RG: 03098188747 DETRAN – MG

CPF: 572.975.337-34

Tel.: (32) 3696-3469

6.2 – EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO

SLOPE CONSULTORIA E PROJETOS LTDA - CNPJ: 03.193.606/0001-89

Endereço da Empresa: Rua Gersonito Serafim Mendes, 41 Bairro de Fátima – Viçosa MG

CEP:36570-000

Nº do Registro da Empresa no CREA MG: CREA Nº 25981

Tel.: (32)9112-4940

Resp. Técnico: Eng. Gilmar Aparecido Lopes – CREA MG 69081/D

6.2.1 - EQUIPE TÉCNICA

- **Eng. Gilmar Aparecido Lopes – CREA 69081/D**

Eng. de Minas - UFOP

Espec. em Eng. de Segurança do Trabalho

Espec. em Eng. Ambiental

Especialista em Tratamento de Águas Residuárias.

Mestre em Eng. Civil com Ênfase em Geotecnia Ambiental

Doutorando em Eng. Civil com Ênfase em Geotecnia Ambiental

Eng. Susan de Cássia Alexandre

Engenheira Agrimensura

Mestre em Engenharia Civil

CREA Nº: 85357/DMG

- **Eng. Cláudio Rios Nepomuceno**

Eng. Florestal

CREA Nº` 77805/DMG

- **Marilton Chrispin Lupatini**

Estagiário de Engenheiro Civil

7.0 - LOCALIZAÇÃO

O Município possui uma área total de 874,48 Km², estando localizado na Zona da Mata Mineira exatamente na confluência das rodovias BR 116, BR 356 e BR 285, próximo às divisas com os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Ao norte divide com os municípios de Ervália, Miradouro e Vieiras; ao Sul com Santana de Cataguases, Laranjal e Palma; a oeste com Mirai e a leste com Eugenópolis, Patrocínio do Muriaé e Barão do Monte Alto.

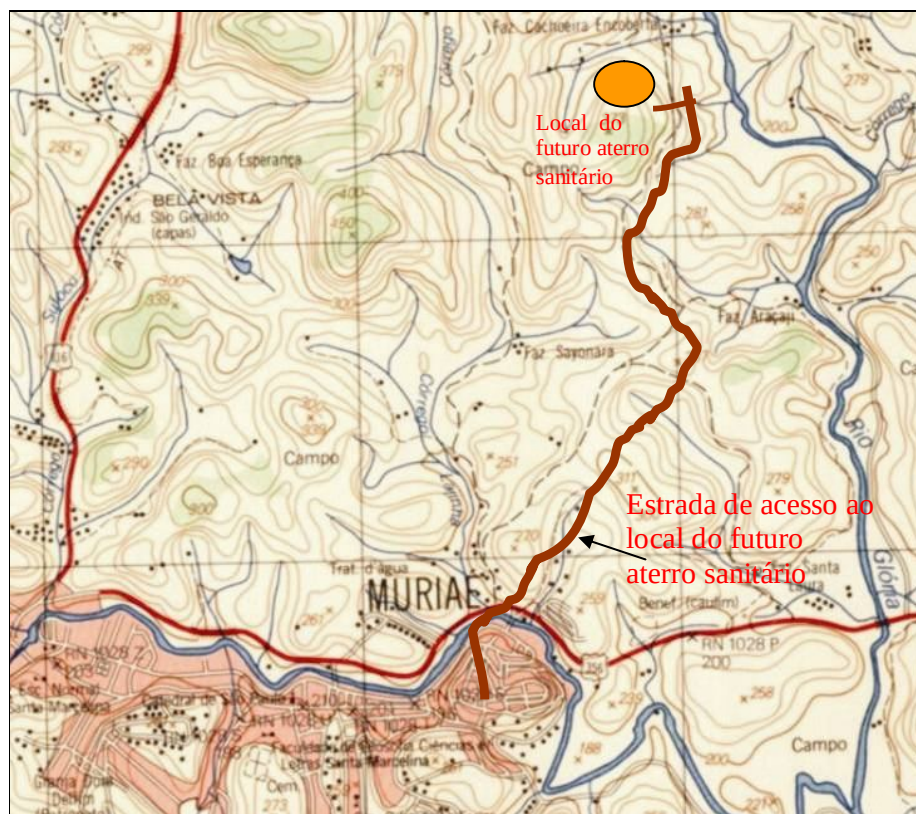
A Muriaé é dividida em 59 bairros e possui ainda 07 distritos e 04 povoados.

7.1 – ACESSOS

As principais rodovias que servem o município são a BR-116, BR-356 e MG-285. Os acessos poderão ser visualizados seguir:



Rodovias que cortam o município de Muriaé



Acesso ao local do futuro aterro a partir do centro de Muriaé

8.0 - SISTEMA DE COLETA E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

Muriaé dispõe de um sistema de coleta de lixo com 63 funcionários e 08 caminhões de 2ª feira a sábado de 8 as 17:00 horas, que atende a 100% da área urbana do município. A frequência de coleta para os resíduos de origem domiciliar, comercial e pública é de segunda a sábado no Centro, Barra e Porto e em outros bairros em dias alternados. São recolhidas 60 toneladas de lixo por dia tendo como destino final o aterro controlado e a usina de triagem. A usina segrega (plástico, papel, metal e seus derivados), que gera uma receita mensal da ordem de R\$ 12.000,00 (doze mil reais) suficiente para cobrir os gastos com os trinta cooperados (ex-catadores de lixo).

O Sistema de varrição dos logradouros públicos é feito por 120 funcionários que atendem a todos os bairros do município com a periodicidade de três vezes semanais, excetuando-se os bairros Barra, Porto e Centro que tem o serviço de varrição diário.

O DEMSUR mantém uma assessoria específica para Área de Proteção Ambiental que desenvolve trabalhos de educação ambiental nas escolas, inclusive com capacitação de professores e promove visitas aos referenciais ambientais do DEMSUR tais como: ETA, ETE e Aterro Controlado

9.0 - IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Para elaboração do projeto do aterro Sanitário de Muriaé e aproveitamento das instalações da usina de triagem, o primeiro passo foi à inspeção de várias áreas que pudessem atender a legislação ambiental e as condições econômicas do Município para a instalação do futuro aterro sanitário. Após percorrer várias áreas, duas foram selecionadas para uma investigação mais profunda conforme apresentado abaixo:

9.1 - SELEÇÃO DE TERRENOS PARA O ATERRO SANITÁRIO

9.1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A seleção de local destinado ao aterro sanitário do Município de Muriaé, MG foi realizada com observância da norma técnica da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas de nº NBR-8419, de março de 1992, Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.

A seleção da área para a implantação do aterro sanitário (em curto prazo) foi precedida de vistorias técnicas nos dois locais e em outras áreas indicadas pelo Departamento Municipal de Saneamento Urbano de Muriaé. Para cada terreno vistoriado, com a participação do Engenheiro do DEMSUR de Muriaé fez-se uma criteriosa avaliação dos pontos considerados positivos e negativos para a implantação do empreendimento, excluindo-se as áreas que apresentavam condições locais mais desfavoráveis consideradas sob os aspectos na NBR-8419 e considerando ainda as informações dos Relatórios existentes no DEMSUR.

Algumas das áreas avaliadas apresentaram como principal desvantagem o conflito de uso, condições geológicas e hidrológicas, acesso difícil, distância às vezes limitadas por áreas de expansão urbana de Muriaé, influência do aeroporto existente no município, além de outras dificuldades operacionais.

Após essas vistorias duas áreas foram selecionadas para realização de estudos preliminares de caracterização geológica geotécnica, nas duas áreas referidas.

As áreas 1 e 2, situadas em zona rural oposta ao sentido de crescimento da cidade, distando respectivamente 7 km e 10 km do centro de Muriaé e com facilidade de acesso para o município e os distritos, que distam a aproximadamente em média 5 km de Muriaé e a 11 e 13 km respectivamente das áreas avaliadas.

Caracterização das duas áreas mais adequadas para aterro sanitário.

9.1.2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA Nº I

Localização e caracterização topográfica	Limites do terreno: situa-se a 500 metros das margens da estrada da Fazenda da Cachoeira da Encoberta em terreno com topografia pouco acidentada, sendo que a maior parte da área está localizada em encosta suave. A área de mata existente no local será averbada como reserva legal da propriedade. • Área do terreno: 19,6 ha., inserida numa encosta, de perfil retilíneo pouco ravinada. • A declividade da área está inferior a 30%.
Infra-estrutura	• Energia Elétrica: Há rede elétrica no escritório e dentro da área; • Administração: no local possui um escritório que atende a usina e que poderá atender as necessidades do aterro; • <u>Á área já está bastante antropizada pois próximo ao local (aproximadamente 400m) já possui um aterro controlado praticamente exaurido.</u> • Água: possui água no local de uma captação em uma nascente; • Rede de esgoto: possui rede de esgoto até o local onde será implantado o sistema de tratamento de efluentes fossa-filtro; • Possui escritório com sanitários, local adequado para guardar os equipamentos e maquinários precisando de reforma. • No local já possui uma usina de triagem • Telefone: possui celular com antena; • Drenagem Pluvial: no local das áreas de apoio possui drenagem pluvial. Será necessário implantar drenagem pluvial na área onde será construído o aterro.
Sistema viário	• Acesso: O acesso ao local é feito a partir do centro da cidade num percurso de 2 km seguindo a BR 356 sentido Itaperuna entra à direita numa estrada vicinal de chão batido em boas condições de tráfego no sentido da Fazenda Cachoeira da Encoberta num percurso total de aproximadamente 5 km chega-se a área avaliada para implantação do futuro aterro na localidade denominada Retiro do Campo Formoso.
Caracterização geológica e geotécnica	• Tipo de solo disponível: argila arenosa e silte areno argiloso. Em sete furos foi perfurado até a profundidade de 10,5 m (SPT 01, SPT 02, SPT 03, SPT 04, SPT 05, SPT 07, SPT 08) e dois Furos, SPT 06 e SPT 09, foram perfurados até a profundidade de 13 e 14 m e somente no furo 9 foi detectado a presença de água, pois o mesmo está mais próximo do córrego.

	Permeabilidade natural do terreno: <u>A variação dos valores do coeficiente “k” de permeabilidade, em todos os furos e profundidades analisadas, está entre os valores de 10^{-8} cm/s a 10^{-6} cm/s.</u> E de acordo com a Tabela 01 esses valores encontram-se na faixa ou zona classificada como de drenagem DIFÍCIL ou RUÍM ao limite inferior da região definida como de PRATICAMENTE IMPERMEÁVEL. Os tipos de solos desta faixa que apresentam tais valores podem, por conseguinte, serem empregados em <u>obras de zonas com características de impermeabilização em obras geotécnicas.</u> Condições do terreno: não sujeito a erosões, de boas características para estabilidade do aterro, trabalhabilidade do solo e recobrimento das camadas de lixo a serem aterradas.
Titulação da área	• Propriedade do Terreno: O terreno é de propriedade do Departamento Municipal de Saneamento Urbano – DEMSUR.
Economia de Transporte	• Distância média de transporte: Para Muriaé é de 7 km e para os distritos varia de 05 a 23 km.
Vizinhança	• Atividades Predominantes: Fazendas/Sítios de criação de gado nos limites do terreno. A região é pouco habitada.
Economia Operacional	• Há disponibilidade de solo no local de boa qualidade e em quantidade suficiente para o recobrimento do aterro. • Há disponibilidade de solo no local de boa qualidade e em quantidade suficiente para impermeabilização da base do aterro. • O local é próximo ao município de Muriaé, com facilidade de acesso e distância de transporte economicamente viável,
Caracterização Climatológica	• Temperatura em valores médios anuais -°C: e média mínima anual igual a $18,2^{\circ}\text{C}$, média máxima anual igual a 31°C e média anual igual a $23,5^{\circ}\text{C}$ • Clima ameno, classificação de Köppen como tipo CWB. • Ventos predominantes: direção S –N.
Precipitação pluviométrica	• Precipitação média anual de 1340 mm a 1570 mm. Período de chuvas: meses de novembro a abril. Período de seca: meses de maio a outubro. • Umidade relativa. Valores médios (%) variando de 58 % (média mínima) a 83% (média máxima) .

Zoneamento Urbano	• Área rural, ocupada por pastagens. • Expansão urbana: longe do perímetro urbano, em região oposta à tendência de crescimento da cidade, sem edificações num raio superior a um km. • Tendência de crescimento da cidade: não há tendência de crescimento do perímetro urbano para região onde se localiza o terreno.
Hidrografia	• Bacia hidrográfica: o terreno situa-se na bacia hidrográfica do córrego do Retiro Campo Formoso que deságua no Rio Glória e este no Rio Muriaé, afluente do Rio Paraíba do Sul. • Sub-bacia hidrográfica: o terreno está inserido na sub-bacia hidrográfica de um pequeno córrego do retiro campo formoso, com distância superior a 30 m de seu leito.
Zoneamento Ambiente	• Uso do solo: exclusivamente para atividades rurais, prevalecendo à pecuária. • Vegetação: predominância de gramínea nativa, formação de pastagens. • Uso da água: para dessedentação de animais, distante da área. • Tipo de solo: argilo-arenoso e areno-argiloso, os mais apropriados para impermeabilização e cobertura do aterro sanitário. • Relevo: encosta com declividade muito suave. • Restrições legais e ambientais: não há nenhuma restrição. • Restrições de segurança: não há.
Vida útil	• O aterro sanitário terá vida útil para destinar os resíduos sólidos urbanos do município de Muriaé por um período mínimo de 20 anos (podendo ser ampliado por igual período). Caso futuramente amplie a capacidade da usina de reciclagem e compostagem de lixo o período poderá ser prolongado.
Distância do Aeródromo de Muriaé	• A área está localizada a aproximadamente 6 km do centro da pista do aeródromo mais próximo (aeroporto de Muriaé)

9.1.3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA Nº 2

Localização e caracterização topográfica	• Limites do terreno: situa-se às margens da estrada Muriaé - Ervália. • Área do terreno: 9 (nove) ha., inserida numa encosta convexa, ravinada, sem focos de erosão acelerada, apresentando apenas erosão laminar. • Área do terreno possibilidade de uso para implantação do aterro com aproximadamente 4,5 ha., sem possibilidade de ampliação.
Infra-estrutura	• Energia Elétrica: rede elétrica a 700 m da área • Água Potável: Não tem, terá que fazer um ponto de captação. • Rede de esgoto: Não tem • No local e em suas proximidades não está antropizada por disposição de resíduos sólidos urbanos. • Será necessário implantar estrada numa extensão de aproximadamente 500 m; • Não possui usina de reciclagem e compostagem de lixo no local. • Telefone: Não tem • Drenagem Pluvial: Não tem
Sistema viário	• Acesso: Pela Rodovia Muriaé - Ervália toda asfaltada num percurso de 9 km chega à entrada secundária. O acesso ao local do aterro que dista a aproximadamente 700 m da rodovia será necessário implantar toda infra-estrutura, pois no local existe uma estrada em péssimas condições de tráfego.
Caracterização geológica e geotécnica	• Tipo de solo disponível: areno-argiloso com presença de pedregulho e solo aluvial, presença de blocos de rocha. • Nível máximo de profundidade do lençol d' água: não foi determinado • Permeabilidade do terreno: De acordo com as características do solo o mesmo poderá apresentar permeabilidade da ordem de $k = 3,72 \times 10^{-4}$ cm/s. Condições do terreno: sujeito a erosões, de péssimas características para estabilidade do aterro, com alguns focos de erosão laminar.
Titulação da área	• Propriedade do Terreno: O terreno é de propriedade particular requerendo a necessidade de compra amigável ou desapropriação pelo DEMSUR / Prefeitura Municipal de Muriaé.
Economia de Transporte	• Distância média de transporte: Para Muriaé é de 10 km, para os distritos à distância é de aproximadamente de 13 a 32 km.

Vizinhança	• Atividades Predominantes: Área totalmente rural com Fazendas/Sítios de criação de gado nos limite do terreno. Pequenas propriedades rurais próximas à área.
Economia Operacional	• Há disponibilidade de solo no local para o recobrimento do aterro, de qualidade inferior ao disponível na área N^o 1. O local é mais distante do que o da área 1 do município de Muriaé, com facilidade de acesso e distância de transporte economicamente viável.
Caracterização Climatológica	• Temperatura em valores médios anuais -°C: e média mínima anual igual a 18,2^oC , média máxima anual igual a 31^oC e média anual igual a 23,5^oC • Clima ameno, classificação de Köppen como tipo CWB. • Ventos predominantes: direção S –N.
Precipitação pluviométrica	Precipitação média anual de 1340 mm a 1570 mm. Período de chuvas: meses de novembro a abril. Período de seca: meses de maio a outubro. • Umidade relativa. Valores médios (%) variando de 58 % (média mínima) a 83% (média máxima) .
Zoneamento Urbano	• Área rural, ocupada por pastagem. • Expansão urbana: longe do perímetro urbano, em região oposta à tendência de crescimento da cidade, sem edificações num raio superior a um km. • Tendência de crescimento da cidade: não há tendência de crescimento do perímetro urbano para região onde se localiza o terreno.
Hidrografia	• Bacia hidrográfica: o terreno situa-se na bacia hidrográfica do Rio Muriaé, afluente do Rio Paraíba do Sul. • Sub-bacia hidrográfica: o terreno está inserido na sub-bacia hidrográfica do Córrego sem, com distância de aproximadamente 60 m de seu leito.
Zoneamento Ambiente	• Uso do solo: exclusivamente para atividades rurais, prevalecendo à pecuária. • Vegetação: predominância de gramínea nativa, formação de pastagens e presença de árvores esparsas. • Uso da água: para dessedentação de animais, próximo a área. • Tipo de solo: areno-argiloso com presença de pedregulho e solo aluvial,

	presença de blocos de rocha não é bom para o recobrimento do aterro. • Relevo: encosta com declividade um pouco acentuada. • Restrições legais e ambientais: não há nenhuma restrição. • Restrições de segurança: a menos de 5 km do aeroporto de Muriaé
Vida útil	• Possibilidade de vida útil restrita, mesmo considerando solução conjunta com usina de reciclagem/compostagem, pela a qualidade do solo e da área disponível.
Distância do Aeródromo de Muriaé	• A área está localizada a aproximadamente 2 km do centro da pista do aeródromo mais próximo (aeroporto de Muriaé)

9.1.4 - CONCLUSÕES

Após avaliação das duas áreas pode-se concluir que a **ÁREA Nº 1** apresenta maiores vantagens para utilização como local para destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos por processo de aterro sanitário no município de Muriaé.

Como vantagens apresentam:

- A possibilidade de vida útil longa superior a 20 anos com a adequação da usina que já está ocorrendo, e ainda a área restante existente no local poderá ampliar o aterro por mais 20 anos perfazendo um total de 40 anos;
- Existência da usina de triagem / compostagem
- Distância de transporte dentro de uma faixa considerada econômica;
- Relevo favorável para implantação de aterro sanitário;
- Sem vizinhanças próximas;
- Distância ideal do perímetro urbano, cerca de 7 km;
- Situado em sentido oposto ao da direção de crescimento da cidade;
- Dispõe de solo apropriado para material de cobertura do aterro em quantidade e qualidade;
- Somente foi detectada a presença de água subterrânea em um dos furos realizados e está a 8 metros de profundidade;
- Apesar da pequena distância dos recursos hídricos superficiais é possível implantar o aterro e os sistemas de tratamento dos efluentes (chorume) sem impactar os mesmos. Sempre respeitando as áreas de preservação permanente de 30 metros para o córrego e 50 metros para as nascentes;

- Sem presença de vegetação arbórea ou arbustiva;
- Apresenta permeabilidade do terreno favorável ao uso para impermeabilização da base do aterro sanitário e material para cobertura do lixo;
- Dispõe de local para abrigo dos equipamentos já construído no local da usina;
- Dispõe de área administrativa já implantada próxima ao aterro e a usina de reciclagem;
- O sistema de tratamento dos efluentes sanitários da usina funciona precariamente, mas será implantado um novo sistema de tratamento em paralelo a implantação do aterro sanitário;
- Dispõe de rede de energia elétrica que atende a usina e atenderá ao aterro sanitário;
- Com possibilidade de controle de poluição do solo, águas e ar.
- O aeródromo do município está a uma distância superior ao da área 02.
- Próximo ao local do futuro aterro já possui uma usina de reciclagem e compostagem de resíduos e um lixão em fase de transformação para aterro controlado. No entanto, a área já está bastante antropizada pela disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos do município.

9.2 - AQUISIÇÃO DO TERRENO

Após as formalidades legais, o terreno foi adquirido pelo Departamento Municipal de Saneamento Urbano - para a implantação do aterro sanitário. Com área da ordem de 195.570,308 m², o terreno faz limite, com as propriedades rurais de João Batista de Souza, José Cruz Reis, Pedro Pedrosa, José Martins de Andrade e área da usina de triagem que pertence à Prefeitura Municipal de Muriaé. No anexo I encontra-se a planta topográfica da área onde será implantado o aterro sanitário. Na figura XI, abaixo mostra o local onde será implantado o aterro sanitário

9.3 - OBJETIVOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO PROJETO

O sistema adotado para a disposição dos resíduos sólidos urbanos de Muriaé foi o Aterro Sanitário consorciado com uma pequena usina de triagem existente no município que necessita de algumas adequações. O objetivo principal do projeto do Aterro Sanitário da cidade de Muriaé é o de possibilitar uma disposição final adequada, ambiental e sanitariamente segura, dos resíduos sólidos urbanos coletados no município, que

corresponde em média a 60 t/dia. O horizonte de projeto do Aterro Sanitário elaborado atenderá a comunidade de Muriaé por um período de 20 anos com início de operação no ano de 2010 e encerramento no ano de 2032. A população a ser atendida no início do projeto é de 99.628 habitantes.

O projeto visa, além da implantação do aterro sanitário, adequações da usina de triagem (construção de pátio de compostagem, sistema de tratamento de efluentes, etc.) e a reordenação do atual depósito de resíduos do município que deverá ocorrer após o início da operação do aterro sanitário. Até a presente data a disposição final dos resíduos ocorre inadequadamente, sem qualquer controle ambiental, configurando-se num vazadouro a céu aberto, fonte de potenciais impactos ao meio ambiente.

Espera-se aproveitar a disponibilidade das máquinas a serem utilizadas na implantação do aterro sanitário para promover melhorias na área do atual depósito de resíduos.

Não há população residente no local do atual depósito de resíduos, localizado em área contígua à que será utilizada para a implantação do aterro sanitário. No local existem alguns catadores, mas o DEMSUR está fazendo as adequações necessárias na usina para motivar os mesmos a não ficar catando recicláveis no atual depósito. E ainda, com a implantação da coleta seletiva facilitará para os catadores e melhorará seus ganhos.

O projeto do aterro sanitário constitui elemento chave de um plano de reestruturação do sistema de Limpeza Urbana, com previsão de melhoria dos serviços de coleta e limpeza pública, incluindo melhor adequação da frota de veículos, planejamento dos serviços de varrição, capina e poda, assim como maior eficiência na separação, coleta e acondicionamento dos resíduos.

9.4 - USO DO SOLO ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO

O uso do solo está perfeitamente caracterizado para as atividades do empreendimento em questão. Quanto à existência de pontos de interesse histórico, cênico, cultural e natural, não existem na área de influência direta e indireta.

9.5 - SISTEMA DE COLETA E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Muriaé dispõe de um sistema de coleta de lixo com 63 funcionários e 08 caminhões, sendo a coleta feita de 2ª feira a sábado, que atende a 100% da área urbana e todos os distritos do município. A frequência de coleta para os resíduos de origem domiciliar, comercial e pública é de segunda a sábado na região central e nos bairros Barra e Porto e

em outros bairros em dias alternados. São recolhidas 60 toneladas de lixo por dia, sendo que 20 toneladas passam pela a Usina de triagem e as outras 40 toneladas são dispostas diretamente no aterro (lixão). A usina recicla plástico, papel, metais, papel e papelão, que gera uma receita mensal da ordem de R\$ 12.000,00 (doze mil reais) suficiente para cobrir os gastos com os trinta cooperados (ex-catadores de lixo) que trabalham na usina. A usina atualmente recicla em torno de 8% do total de resíduo triados não fazendo a compostagem dos resíduos orgânicos, com as adequações a usina aumentará sua capacidade de reciclagem e fará a compostagem dos resíduos orgânicos.

O aterro controlado e a usina de triagem estão localizados próximo ao local onde será implantado o aterro sanitário. Neste local foram abertas plataformas onde os resíduos orgânicos e os não recicláveis da usina são dispostos, e recobertos com solo do próprio local diariamente. Todo resíduo é aterrado e 50% da área já foi revegetada com brachiaria e os outros 50% já está sendo feito o plantio de brachiaria, a água pluvial foi desviada para evitar o aparecimento de voçorocas no local.

9.6 – PREVISÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS

Foi realizada a caracterização dos resíduos produzidos no município em dezembro de 2006 e obteve a seguinte composição como pode ser visto no quadro a seguir.

Caracterização gravimétrica		
COMPONENTES	MASSA kg	PERCENTUAL
Borracha	1,4	0,25
Papel	50,75	9,06
Papelão	39,65	7,08
Plástico Filme	25,7	4,59
Plástico Duro	47,39	8,46
Plástico PET	6,75	1,21
Vidro	13,05	2,33
Metal Ferroso	18,96	3,39
Latas	12,79	2,28
Metal Não Ferroso	9,46	1,69
Trapo	50,4	9
Couro	10,5	1,88
Madeira	7,75	1,38
Matéria Orgânica	248,85	44,45
Perdas e Outros	16,45	2,94
Total	559,85	100

Quadro - Caracterização gravimétrica dos resíduos produzidos em Muriaé.

9.6.1 - ORIGEM E PROPRIEDADES DOS RESÍDUOS

a) Composição dos Resíduos

O aterro foi projetado para receber resíduos domiciliares, resíduos decorrentes de varrição, resíduos de feiras e mercados. No aterro não está previsto receber resíduos de serviços de saúde, resíduos industriais não compatível com os resíduos domésticos, resíduos de construção civil, e de outras atividade que geram resíduos não compatíveis com os resíduos domésticos, a prefeitura i notificará todos os empreendimentos que geram estes tipos de resíduos.

b) Peso Específico dos Resíduos

A determinação do peso específico dos resíduos varia com a compactação, composição, umidade, idade, etc., dos resíduos. Sua determinação exige a execução de ensaios “*in situ*” em aterros já construídos. Apesar de ser um parâmetro muito importante, sobretudo para a definição do volume que os resíduos vão ocupar ainda não se tem uma quantidade razoável de medições deste parâmetro em aterros sanitários brasileiros. Em vista disso, tem sido habitual adotar o valor de 7 kN/m^3 para o peso específico dos resíduos, o que pressupõe uma compactação média dos mesmos.

9.6.2 - QUANTIDADES E VOLUMES

a) Aspectos Demográficos

O Quadro abaixo apresenta os dados populacionais da cidade de Muriaé nos últimos anos e a previsão do crescimento até o final da vida útil do aterro. A partir destes dados, obteve-se uma taxa média de crescimento populacional de 1,01% por ano, com a qual fez-se a projeção do crescimento da população total do município (Figura XII).

Ano	População
1960	25.684
1970	37.530
1980	55.161
1990	71.652
2000	83.923
2009	99.628
2020	111.273
2029	121.806

Quadro: Crescimento Populacional de Muriaé (Fonte IBGE)

Taxa de crescimento calculada: 1,01% ao ano

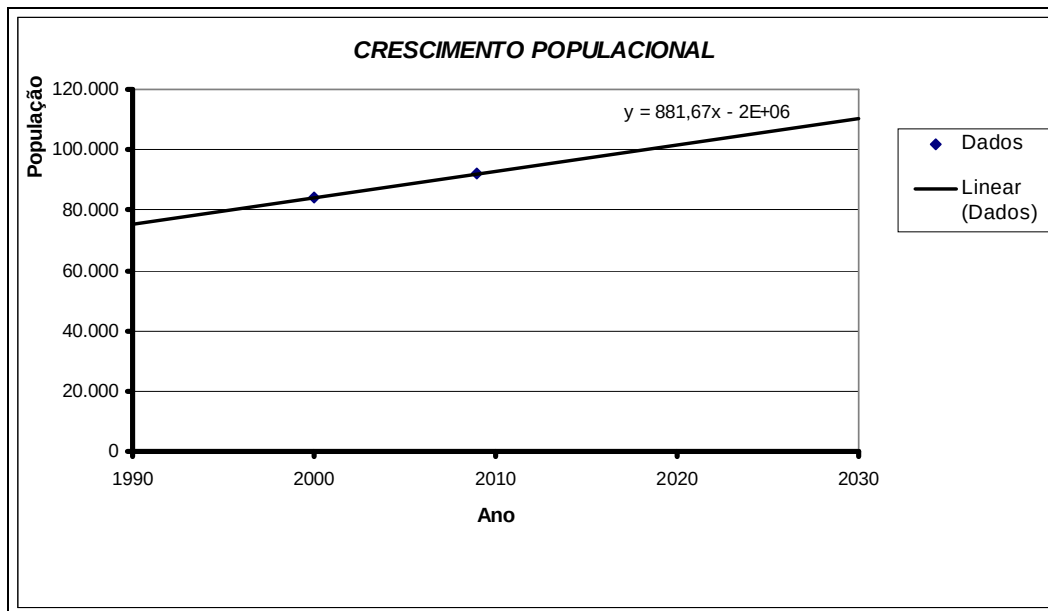


Figura: Ajuste da reta do Crescimento Populacional de Muriaé.

b) Produção e Cálculo do Volume de Resíduos

De acordo com informação obtida no DEMSUR, a cidade de Muriaé recolhe 60 toneladas de resíduos por dia. Ainda segundo a mesma fonte, a coleta atinge 100% da população urbana e não é coletado da população rural.

Como a população atual (2009) é de aproximadamente 99628 habitantes, a geração per capita é igual a:

$$g_{pp} = \frac{60000}{99628} = 0,60 \text{ kg/habitante/dia}$$

A projeção da produção de resíduos durante a vida útil do aterro foi feita de acordo com a expressão:

$$\text{Produção futura} = \{(1 + D) \times [A \times (1 + E)] \times [B \times (1 + C)]\}$$

onde

A – é a produção por habitante

B – população atual do município

C – taxa de crescimento populacional

D – taxa de incremento futuro de serviço de limpeza pública

E – taxa de incremento da geração por habitante.

A partir do peso, o volume dos resíduos foi calculado considerando-se o peso específico dos resíduos é igual a 7kN/m^3 . Ao volume ocupado pelos resíduos acrescentou-se um volume de terra para recobrimento (cobertura diária e cobertura final) e camadas de impermeabilização correspondente a 25% do volume de resíduos. O Quadro apresenta o cálculo do volume do aterro sanitário necessário para receber os RSU do município de Muriaé nos próximos 22 anos. O volume necessário, portanto, é de, aproximadamente, $769120,5\text{ m}^3$.

Como pode ser observado no Quadro apresentado a seguir, o volume RSU que poderá ser disposto nas plataformas é igual a $615296,4\text{ m}^3$, e 25% de solo compactado $153824,1\text{ m}^3$ somando um volume total de $769120,5\text{ m}^3$ portanto, mais do que o necessário para os 22 anos de projeto.

	VOLUME TOTAL DO ATERRO (m³) PARA 22ANOS
Volume total de lixo compactado a ser disposto no aterro	615296,4
Volume total de solo compactado (25%) para recobrimento dos resíduos	153824,105
Volume total a ser disposto no aterro sanitário em 22 anos	769120,525

Quadro: Calculo do Volume total do aterro sanitário para receber resíduos sólidos nos próximos 20 anos.

De acordo com dados fornecidos pelo empreendedor, o município produz diariamente a quantidade de resíduos de serviços de saúde apresentada no Quadro 12 e considerando 39 kg/ dia de animais mortos. Portanto, em 20 anos o município vai gerar:

$$P = 435,5 \times 365 \times 20 = 3179150 \text{ Kg/20 anos} = 3179,15 \text{ TON/20 ANOS}$$

Local	Peso (kg) por dia
Consultórios Odontológicos	50
Consultórios Médicos	48
Postos de Saúde	65
Hospitais	146
Farmácias	52
Clínicas	20
Laboratórios	26
Animais mortos	39
TOTAL	436

Quadro: Resíduos de Serviços de Saúde

Supondo, a favor da segurança, que estes resíduos sejam dispostos no aterro com uma densidade baixa (3kN/m^3), eles ocuparão um volume de:

$$V = 10597,17 \text{ m}^3 / 20 \text{ anos}$$

De acordo com as informações do DEMSUR estes resíduos não serão dispostos no aterro sanitário, os mesmos serão coletados por empresa especializada para dar a destinação final dos mesmos. O Demsur não realizará coleta de resíduos de construção civil.

PLANILHA DE PRODUÇÃO (GERENCIAMENTO) DE RESÍDUOS DO MUNICÍPIO DE MURIAÉ - MG

População inicial = **91858**

Taxa ger/pes inic = **0,65** kg/dia

Cresc pop/ano = **0,98** %

Cresc ger/pes/ano = **0,85** %

Pop In Atend = **100** %

Cresc coleta/ano = **100,00** %

Peso esp lixo = **7** KN/m3

produção reciclada atual	15000 kg/dia
crescimento da reciclagem/ ano	10 %
capacidade max. da usina	35000 kg/dia
rejeito	35 %

ANO	POPULAÇÃO	Produção Per capita (Kg/habxdia)	Produção estimada de lixo Kg/dia	Número de dias por ano	Produção de lixo t/ano	Volume de lixo m3/ano	Volume de lixo acumulado m3/ano	volume de resíduo que vai para a usina- m3/ano	produção líquida de recicláveis m3/ano = 38,4%	volume de material orgânico da usina que vai para compostagem (44,5%) m3/ano	volume de rejeito da usina que retorna para o aterro	volume de lixo líquido que vai para o aterro	Volume de lixo acumulado líquido que vai para o aterro m3/ano	Volume de resíduo que cada plataforma do aterro será capaz de receber	Numero da plataforma a ser disposto
2009	91858	0,60	55114,8	365	20116,9	28738,4	28738,4	5214,3	2002,3	2320,4	891,64	24415,79	24415,79	86018,65	1°
2010	92758,2	0,61	56128,0	365	20486,7	29266,7	58005,2	5527,1	2122,4	2459,6	945,14	24684,73	49100,5	98475,1	2°
2011	93667,2	0,61	57159,8	365	20863,3	29804,8	87809,9	5858,8	2249,8	2607,2	1001,85	24947,83	74048,36	90156,58	3°
2012	94585,2	0,62	58210,6	365	21246,9	30352,7	118162,6	6210,3	2384,8	2763,6	1061,96	25204,33	99252,7	98475,1	4°
2013	95512,1	0,62	59280,7	365	21637,5	30910,6	149073,2	6582,9	2527,8	2929,4	1125,68	25453,41	124706,09	89315,95	5°
2014	96448,1	0,63	60370,5	365	22035,2	31478,9	180552,1	6977,9	2679,5	3105,2	1193,22	25694,21	150400,3	77600	6°
2015	97393,3	0,63	61480,3	365	22440,3	32057,6	212609,7	7396,6	2840,3	3291,5	1264,81	25925,82	176326,12	88265,95	7°
2016	98347,8	0,64	62610,5	365	22852,8	32646,9	245256,6	7840,4	3010,7	3489,0	1340,70	26147,24	202473,4	77600	8°
2017	99311,6	0,64	63761,5	365	23272,9	33247,1	278503,7	8310,8	3191,3	3698,3	1421,14	26357,42	228830,78	69895,29	9°
2018	100284,8	0,65	64933,6	365	23700,8	33858,2	312361,9	8809,4	3382,8	3920,2	1506,41	26555,23	255386,0	775802,6	
2019	101267,6	0,65	66127,3	365	24136,5	34480,7	346842,6	9338,0	3585,8	4155,4	1596,80	26739,47	282125,48		
2020	102260,1	0,66	67343,0	365	24580,2	35114,5	381957,1	9898,3	3800,9	4404,7	1692,61	26908,87	309034,3		
2021	103262,2	0,66	68580,9	365	25032,0	35760,1	417717,2	10492,2	4029,0	4669,0	1794,16	27062,05	336096,40		
2022	104274,2	0,67	69841,7	365	25492,2	36417,5	454134,6	11121,7	4270,7	4949,2	1901,81	27197,56	363294,0		
2023	105296,1	0,68	71125,6	365	25960,8	37086,9	491221,6	11789,0	4527,0	5246,1	2015,92	27313,84	390607,79		
2024	106328,0	0,68	72433,1	365	26438,1	37768,7	528990,3	12496,3	4798,6	5560,9	2136,88	27409,23	418017,0		
2025	107370,0	0,69	73764,7	365	26924,1	38463,0	567453,3	13246,1	5086,5	5894,5	2265,09	27481,98	445499,00		
2026	108422,2	0,69	75120,7	365	27419,1	39170,1	606623,4	14040,9	5391,7	6248,2	2400,99	27530,19	473029,2		
2027	109484,7	0,70	76501,7	365	27923,1	39890,2	646513,6	14883,4	5715,2	6623,1	2545,05	27551,87	500581,06		
2028	110557,7	0,70	77908,1	365	28436,4	40623,5	687137,0	15776,4	6058,1	7020,5	2697,76	27544,89	528125,9		
2029	111641,2	0,71	79340,3	365	28959,2	41370,3	728507,3	15776,4	6058,1	7020,5	2697,76	28291,64	556417,59		
2030	112735,2	0,72	80798,8	365	29491,6	42130,8	770638,1	15776,4	6058,1	7020,5	2697,76	29052,16	585469,8		
2031	113840,0	0,72	82284,1	365	30033,7	42905,3	813543,4	15776,4	6058,1	7020,5	2697,76	29826,67	615296,42		
VOLUME TOTAL DE RESIDUO A SER PRODUZIDO EM 22 ANOS										VOLUME TOTAL DO ATERRO (m3) PARA 22 ANOS					
Volume total de lixo compactado do aterro					615296,4						615296,4				
Volume total de solo compactado =25%					153824,105						153824,1				
Volume total do aterro sanitário:					769120,525						769120,5				

9.7 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO DA ÁREA ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO E A USINA DE RECICLAGEM.

Na entrada do terreno do aterro controlado e da usina de triagem e compostagem, possui uma única passagem onde será construída uma guarita com cancela (porteira) para o controle de acesso ao local. Toda a área do aterro controlado é cercada, havendo uma única passagem, pela qual entram os caminhões e pessoal para serviço. Essa cerca é de arame farpado com 6 fios e afastando-se 1 m para dentro do terreno, haverá melhoria na cerca e será implantada cerca viva (Sansão do campo) contornando toda área do aterro controlado e da usina.

No local onde será implantado o aterro sanitário também o perímetro do mesmo será todo cercado com cerca de arame farpado de 4 fios e será implantada cerca viva de sansão do campo em todo perímetro da área. Na entrada do aterro sanitário e da usina de triagem mais especificamente na guarita será instalada uma balança com capacidade de 30 toneladas do tipo automática para pesagem dos resíduos para que seja feito o controle deste na entrada. Na entrada também será instalada uma cancela com vigilância de 24 horas para evitar entrada de resíduos de origem desconhecida no local.

O perímetro da área do aterro sanitário que será cercada possui uma extensão 1600 m. Em todo perímetro serão plantadas 3200 mudas de cerca viva (hibisco).

9.8 - ESCRITÓRIO

Para operação do aterro sanitário será usado o mesmo escritório que atende atualmente a usina de triagem. Nesta edificação já possui uma área destinada à administração (um sala), possui cozinha / refeitório, sanitário / vestiário masculino e feminino, sendo que estas edificações já estão sendo reformadas. Os efluentes de cada uma destas edificações são coletados pelo sistema grade, caixa de areia e fossa filtro que está sendo construído.

9.9 - DESCRIÇÃO DAS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA DA UNIDADE.

O abastecimento de água para o empreendimento é feito através da captação de água a partir de um ponto a jusante através de um poço raso (cisterna) próximo ao curso d'água existente no local e é bombeado a uma distância de aproximadamente 300m por uma bomba elétrica de 2CV e a água é armazenada através de caixa d'água de 5000

litros. O consumo de água previsto para o empreendimento é de 6000 litros por dia para lavagem e limpeza da área administrativa, das instalações da usina, lavagem dos equipamentos, vasos sanitários, etc. A água para consumo humano será captada nas estações de tratamento de água do município e será transportada em caminhões pipa até o local do empreendimento e armazenada em caixa d'água de 3000 litros separada da água para limpeza e outras finalidades.

Próximo ao local de implantação do aterro sanitário já possui rede elétrica que atende a usina de triagem e ao aterro controlado, sendo que a mesma será ampliada a uma distancia de aproximadamente 800 m para atender as necessidades do aterro sanitário.

9.10 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS, VEÍCULOS E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS PREVISTOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO E DA USINA DE TRIAGEM

A prefeitura municipal de Muriaé conta com 08 caminhões prensa (caminhão compactador) para coleta e transporte do lixo até o aterro controlado e a usina de triagem de lixo, a coleta é feita de segunda feira a sábado em todos os bairros da cidade e nos distritos. A frequência de coleta é a seguinte: De segunda feira a sábado no Centro, Barra e Porto. E nos demais bairros de segunda a sábado em dias alternados.

Para preparação da área, espalhamento, compactação e recobrimento do lixo possui um trator de esteira, um trator de pneus com scraper, uma retroescavadeira e esporadicamente uma pá carregadeira e outro trator de esteira. Todos estes equipamentos serão usados na i operação do aterro sanitário.

A Usina de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos é de operação mecânica e compõem-se basicamente de um galpão com um conjunto de silo, correia transportadora para triagem do resíduo coletado, um depósito para reserva de material reciclado (conjunto de baias). **Para adequar a usina no inicio de 2011 será iniciada a construção do o pátio para compostagem do material orgânico, ampliação da correia transportadora, melhoria na área administrativa, melhoria nos sanitários e construção do sistema de tratamento dos efluentes a serem gerados no pátio de compostagem, na área de separação, na área administrativa e no abrigo de equipamentos.**

A seleção dos componentes do lixo é feita manualmente por funcionários dotados de equipamentos EPI (luvas, máscaras, avental e botas). Quanto ao material para compostagem o mesmo será triturado em partículas da ordem de 2,5 cm e em seguida será feito o peneiramento do material.

A prensagem do material segregado (os recicláveis) será feita através de prensa hidráulica de 30 t. Será utilizada também uma balança de 50 kg para pesagem do material reciclado. Os resíduos sólidos chegarão à UTC através de caminhões com carroceria, compartimentado que efetuará a coleta seletiva implantada na cidade.

No aterro sanitário irá trabalhar um administrador do aterro e da usina (engenheiro responsável), dois auxiliares administrativos, dois vigias, quatro operadores de trator, dois operadores de retroescavadeira, dois operadores de pá carregadeira, um encarregado do aterro, um ajudante e um auxiliar de serviços gerais.

Na usina trabalharão 40 separadores de resíduos e um encarregado (toda essa equipe será da cooperativa de catadores que já trabalham na usina do município).

9.11 - COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS

Com o propósito de diminuir o volume ocupado pelos resíduos, bem como aumentar a sua resistência e diminuir a sua condutividade hidráulica, faz-se necessário compactá-los diariamente à medida que são depositados em células. Tal compactação deverá ser feita com trator de esteira apropriado, pesando, no mínimo, 20 toneladas, que deverá passar entre 3 a 5 vezes sobre camadas de até 1,5m de espessura de resíduos. Ressalta-se que tal procedimento é fundamental para um bom desempenho do projeto.

9.12 - LOCALIZAÇÃO, CUBAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO

A execução das sondagens de investigação do subsolo realizadas confirmou a presença de uma espessa camada de solo, cujas características serão descritas mais adiante, neste relatório. Esta espessa camada de solo, aliado ao projeto de aterro a ser desenvolvido na área selecionada, que prevê a adoção de rampas a serem escavadas, irá permitir que o solo escavado para a construção das valas e rampas seja utilizado como material de impermeabilização do aterro anterior a instalação das mantas PEADs de 2 mm e recobrimento dos resíduos. Segundo dados iniciais do projeto, a quantidade de material necessária para o recobrimento diário dos resíduos e para construir as camadas de

impermeabilização é suficiente para realizar a compactação da base do aterro e recobrimento diário dos resíduos dispostos durante toda vida útil do aterro.

9.13 - CONCEPÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROJETO

No Desenho em anexo apresenta-se a Concepção Geral do Projeto na qual aparecem os diversos componentes do Aterro Sanitário (entrada, escritório, vias de acesso, local para disposição dos resíduos, etc.).

O aterro sanitário foi projetado para ser construído pelo método da rampa em 9 grandes plataformas. As plataformas têm largura e comprimento variáveis. A primeira plataforma será implantada na cota 300; a segunda na cota 305; a terceira na cota 310; e, assim, sucessivamente até a nona que será implantada na cota 345, como pode ser visto na planta em anexo.

Na construção dos taludes das plataformas, o solo residual deverá ser escavado com inclinação de 1(V) para 2(H) ou seja 30° . Os taludes de resíduos deverão ter inclinação de 1(V) para 2(H), ou seja da ordem de 30° . Para a determinação dos parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes dos solos dos furos de sondagens foram coletadas amostras indeformada. Foram realizados ensaios permeabilidade in situ, granulometria, massa específica e determinação de curva característica, todos eles seguindo os procedimentos sugeridos por normas brasileiras. Nos anexos podem ser vistas as seções naturais do terreno, a seção de corte e aterro para formação dos taludes, e a seção da conformação final do aterro.

Para as análises da estabilidade dos taludes a serem formados durante o processo de escavação e disposição dos resíduos foi utilizado o método dos elementos finitos, utilizando-se o programa GEO-SLOPE/SEEP/W (2002) que permite analisar a estabilidade dos taludes.

As análises de estabilidade foram realizadas pelo método de equilíbrio limite que envolvem a definição de uma superfície de deslizamento por toda a massa do talude e a divisão desta massa em fatias verticais (Geo-Slope, 2002). Utilizaram-se os métodos de Bishop e Janbu, onde o primeiro faz derivação do fator de segurança em relação ao equilíbrio de momentos, efeito das forças de empuxo e cisalhamento ao longo das faces laterais das fatias e o segundo ao equilíbrio de forças e é dependente da forma da superfície de escorregamento (Geo-Slope, 2002).

Para a determinação dos parâmetros geotécnicos dos materiais constituintes dos

solos dos furos de sondagens foram coletadas amostras indeformadas e os parâmetros de resistência obtidos durante a execução dos furos (SPT). Foram realizados ensaios permeabilidade in situ, granulometria, massa específica e determinação de curva característica, todos eles seguindo os procedimentos sugeridos por normas brasileiras. As figuras abaixo mostram os resultados obtidos na modelagem da estabilidade dos taludes dos cortes e dos taludes de lixo.

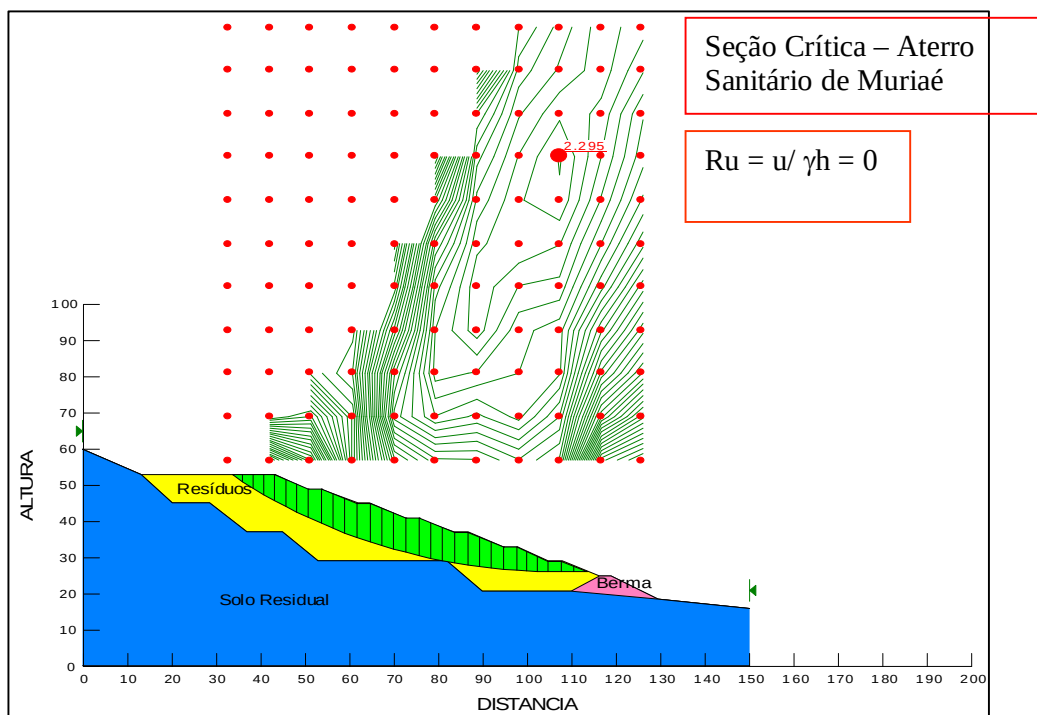


Figura: Resultados obtidos na modelagem da estabilidade dos taludes dos cortes e dos taludes de lixo

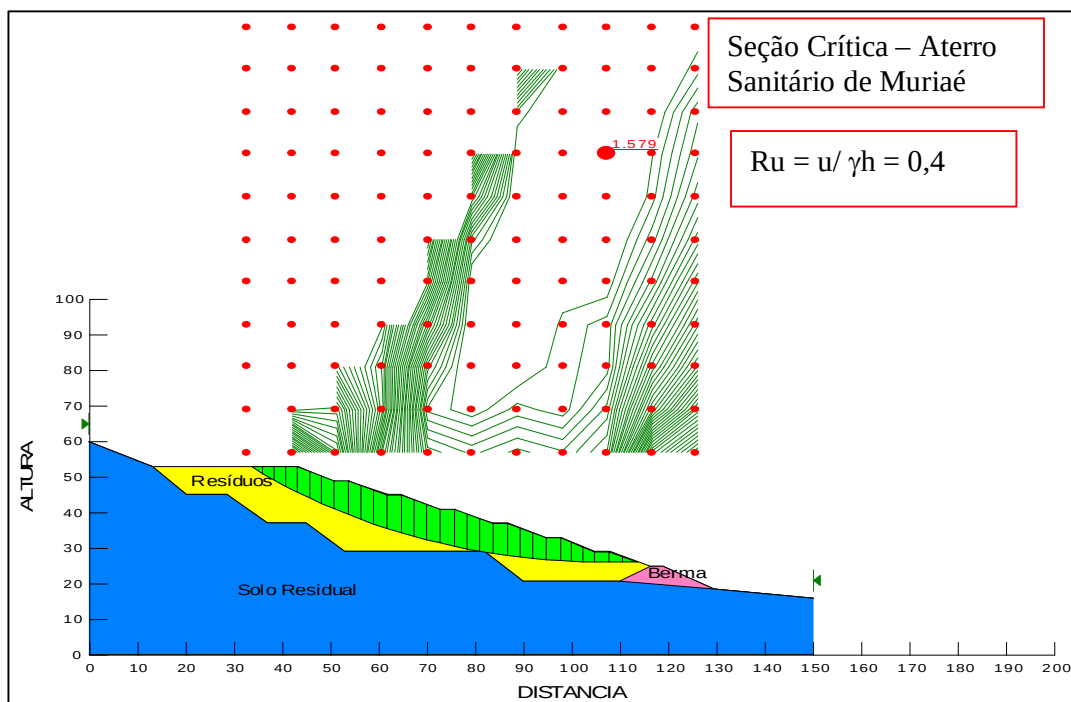


Figura: Resultados obtidos na modelagem da estabilidade dos taludes dos cortes e dos taludes de lixo.

Camada	$\gamma(\text{kN/m}^3)$ (peso específico)	c (kPa) (coesão)	ϕ (ângulo de atrito)
Berma	19	52	45°
Lixo	7	10	30°
Areia Fina Siltosa	13,5	51,6	45°

O fator de segurança (FS) a ser adotado para os taludes de solos será da ordem de 2,295 para taludes superior a 45° , pior situação sendo que os ângulos dos taludes a serem escavados será de 30° com isso aumentará a segurança dos mesmos. No caso dos taludes de lixo será adotado ângulo de talude de 30° com o fator de segurança de 2,295.

9.14 - SISTEMA DE COBERTURA DOS RESÍDUOS

9.14.1 - COBERTURA DIÁRIA

São muitos os benefícios advindos da execução da cobertura diária dos resíduos: promove uma melhor apresentação visual do aterro, melhora as condições de acesso à célula de lixo, reduz significativamente o transporte de lixo leve (papel, plástico, etc.) pelo vento, reduz consideravelmente os riscos de transmissão de vetores, diminuem odores, evita a presença de urubus, cachorros, de catadores, reduz a ocorrência de pontos de fogo, etc.

A cobertura diária dos resíduos deverá ser realizada com uma camada de 25 cm dos solos escavados durante as escavações feitas para a abertura das plataformas superiores.

9.14.2 - COBERTURA FINAL

A cobertura final das plataformas deverá ser executada com uma camada de **60cm de espessura dos solos existentes no local e removidos para a abertura das plataformas**. A camada de cobertura final não deve ser muito compactada para, desta maneira, ter uma razoável capacidade de aeração e armazenamento de água.

No topo desta camada de solo compactado, deverá ser colocada uma camada com cerca de 15 cm de terra vegetal, ou terra rica em matéria orgânica que servirá como elemento adubador para o plantio de gramíneas. Este adubo poderá ser fornecido pelo próprio material compostado na usina (composto orgânico da usina).

O plantio de gramíneas naturais da região busca proteger superficialmente as áreas expostas dos taludes formados pelos resíduos e dos taludes naturais, proporcionando condições de resistência à erosão superficial e preservando as características da paisagem natural da área.

A espécie de grama a ser utilizada será a grama batatais (*Paspalum notatum*) com a finalidade de cobrir uma área de aproximadamente três hectares. Para o plantio será utilizado o sistema de leivas, que consiste em transportar placas de gramas já desenvolvidas para plantio no local desejado. As placas são colocadas lado a lado e poderão ser fixadas com pequenas estacas de madeira para evitar o escorregamento. Para o bom desenvolvimento da grama, há necessidade de se espalhar sobre o talude uma camada de 5cm de terra vegetal, ou terra rica em matéria orgânica.

Deverá ser mantida vigilância sobre a área para que se preservem as obras e os sistemas de monitoramento, evitando-se a presença de pessoas não autorizadas.

10.0 - DEFINIÇÃO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

A qualidade ambiental da área de influência do Aterro Sanitário será caracterizada nos itens a seguir, referentes aos meios físico, biótico e sócio-econômico.

10.1 - DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

A caracterização do meio físico na área de influência do projeto foi realizada com base em visitas à área selecionada para a instalação do aterro sanitário, pesquisa bibliográfica sobre dados de interesse, realização de sondagens à percussão e à trado, e

coleta e análises químicas da água superficial coletada a jusante e a montante do local onde será implantado o aterro.

10.1.1 - CLIMA

O clima de Muriaé é o tropical de Altitude, segundo a classificação de W. Köppen é do tipo Cwa (mesotérmico, verão chuvoso e quente),

O clima de Muriaé apresenta duas estações bem definidas: uma, que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, mais fria e com menor presença de chuvas.

Este clima pode também ser definido, genericamente, como Tropical de Altitude, por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, em vista do relevo local apresentar altitudes baixa que contribuem para amenização das temperaturas.

Uma das características do verão local, além dos elevados índices de calor e umidade, é a presença de chuvas de tipo convectivo, típicas de final de tarde e início da noite, acompanhadas de elevadas e concentradas precipitações pluviométricas.

As temperaturas médias anuais oscilam entre 18°C e 23°C.

- Os índices pluviométricos anuais, nas últimas décadas acusaram valores médios próximos de 1.536 mm.
- A média anual de umidade relativa do ar atinge valores da ordem de 82%.
- Os valores máximos de insolação ocorrem em julho e os mínimos em outubro, com média anual de 1.654 horas de luz incidente direta.

Informações mais detalhadas encontram-se descritas a seguir.

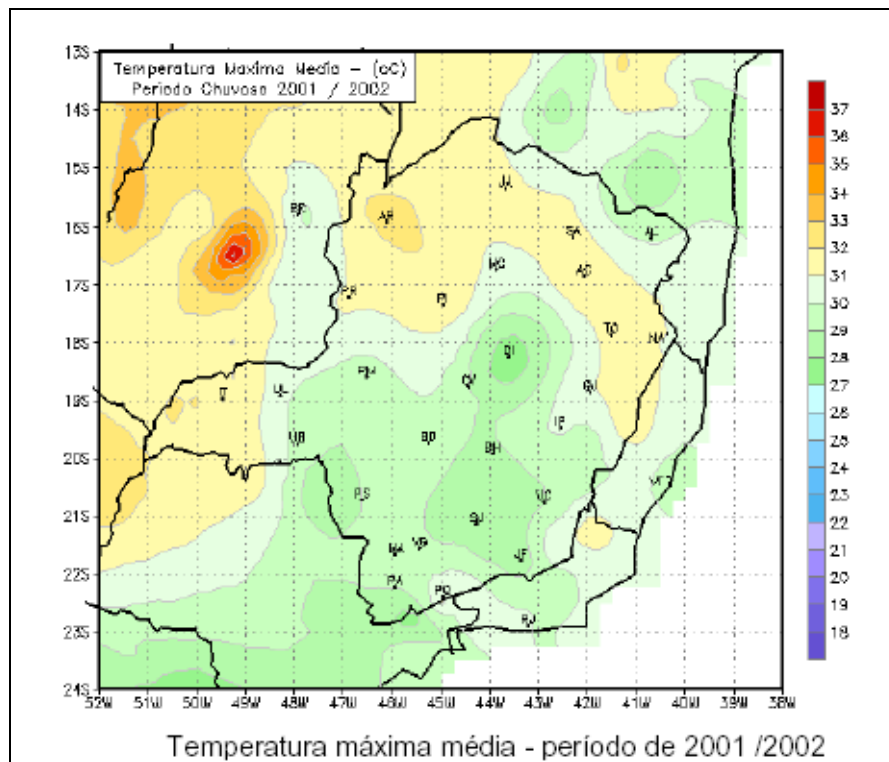


Figura: Temperatura máxima média.

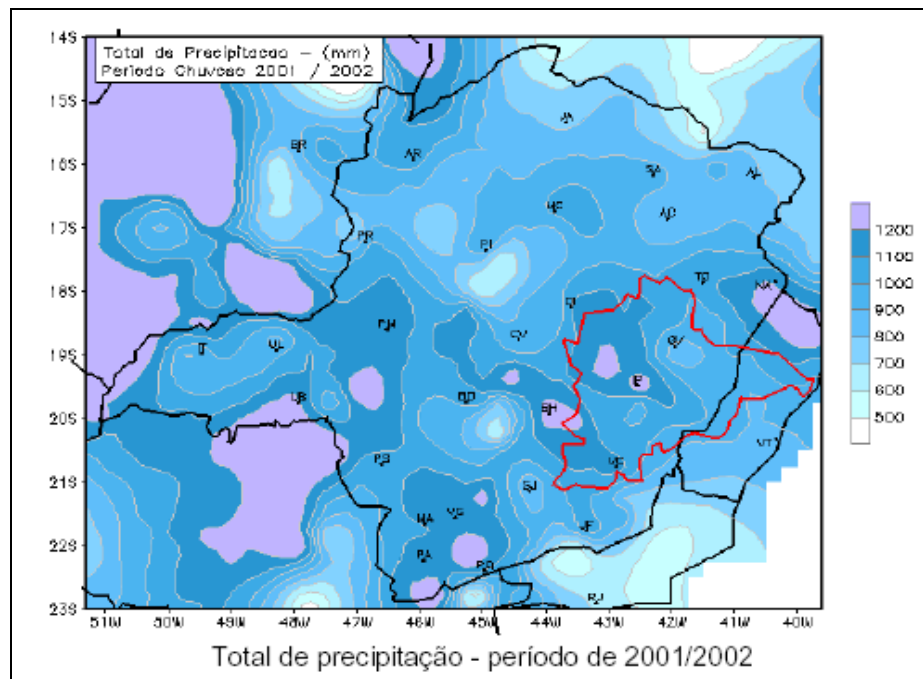


Figura: Total de precipitação.

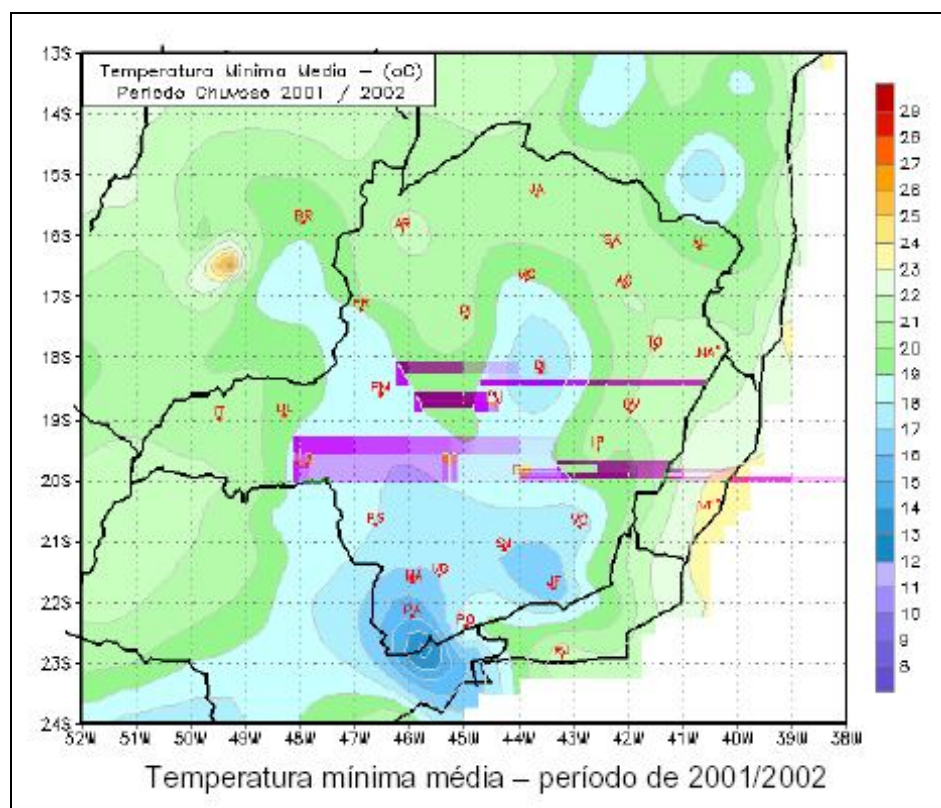


Figura: Temperatura mínima média.

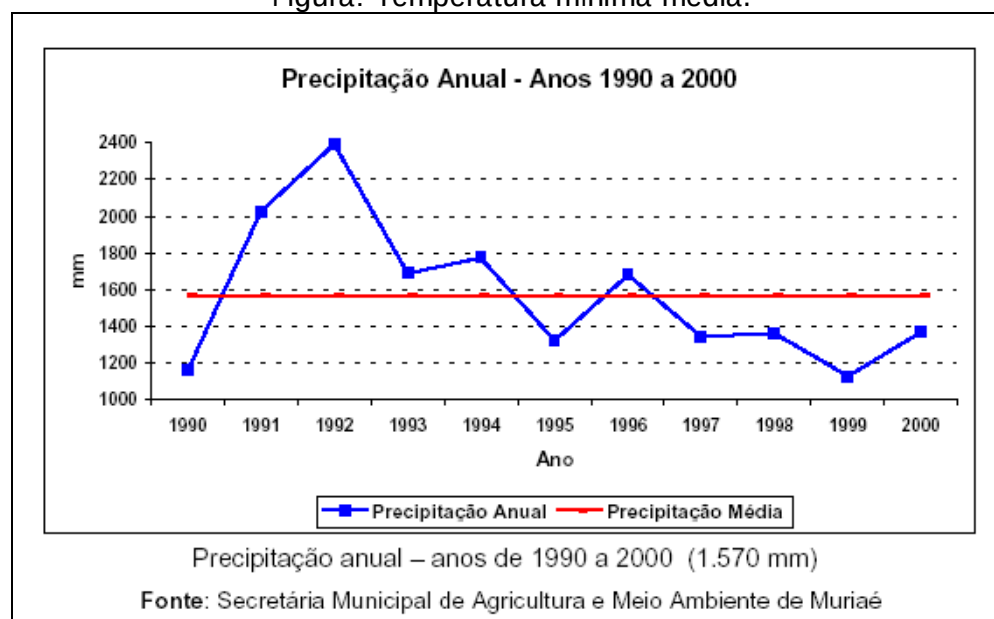


Figura: Precipitação anual.

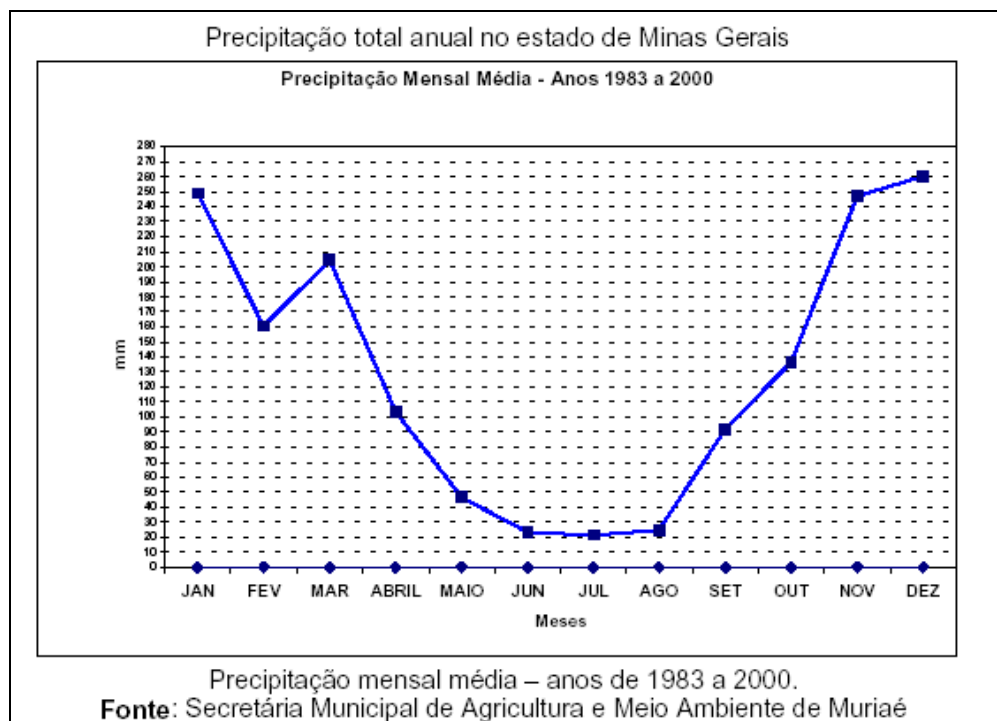


Figura: Precipitação mensal média.

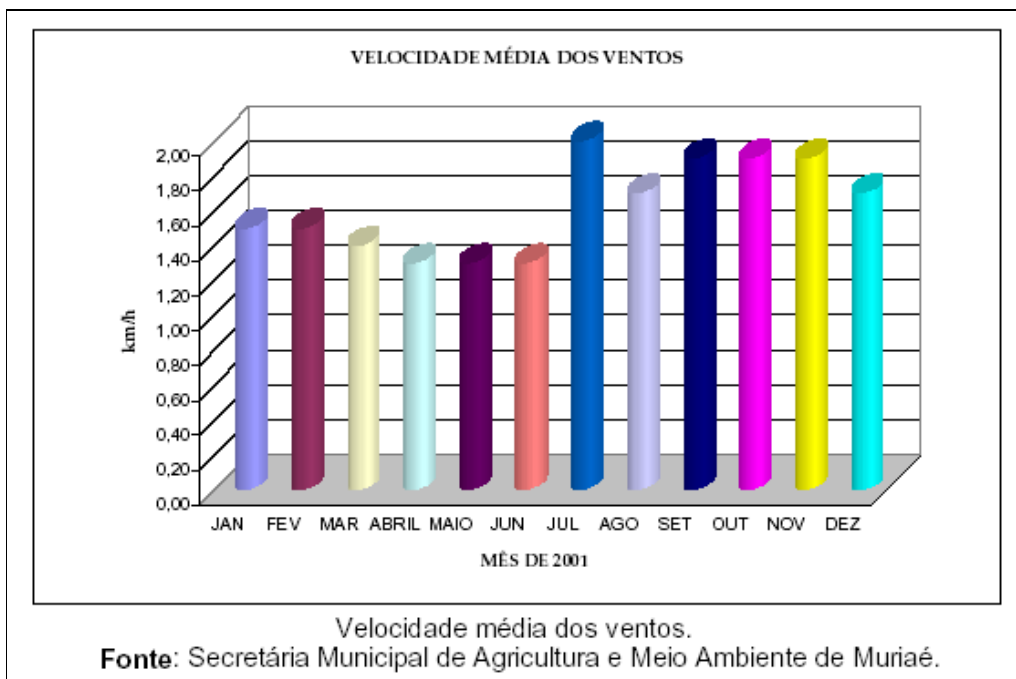


Figura: Velocidade média dos ventos.

10.1.1.1 - BALANÇO HÍDRICO

O Balanço Hídrico representa os fenômenos físicos da percolação em um maciço constituído por um material poroso. A precipitação sobre o maciço é, em parte, devolvida

à atmosfera pela evapotranspiração; outra parte esco superficialmente e o restante infiltra, podendo ficar retido na camada de cobertura ou produzir um fluxo de percolação.

O Balanço Hídrico de que trata este relatório foi elaborado através do método do balanço hídrico (Koerner e Daniel, 2000). Este método leva em consideração as variações climáticas durante o ano, o tipo de solo, a inclinação e a cobertura vegetal do maciço. Neste método, o balanço hídrico é calculado usando-se o princípio da conservação de massa, dado pela seguinte expressão:

$$\text{PERC} = P - \text{ET} - \text{ES} - \text{CWS} \quad (01)$$

em que:

P = precipitação (mm);

ET = evapotranspiração (mm);

ES = escoamento superficial (mm);

CWS = variação da água armazenada no solo (mm), e

PERC = água percolada no maciço (mm).

10.1.1.2 - PRECIPITAÇÃO (P)

A precipitação é obtida através de valores médios mensais medidos e fornecidos em boletins pluviométricos do Anuário estatístico da UFJF e do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

10.1.1.3 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)

Evapotranspiração potencial (ET_p) é definida como a perda de água por unidade de tempo de uma superfície completamente coberta com vegetação, em fase de crescimento ativo, sem limitações de água no solo e com dimensões suficientemente grandes para que os transportes horizontais de vapor de água sejam desprezados. Trata-se, portanto, da taxa de evapotranspiração máxima.

Segundo Thornthwaite e Mather (1955) a taxa da evapotranspiração potencial pode ser estimada da seguinte forma:

Se T (temperatura média mensal do ar, °C) for maior que 0 °C e menor que 27 °C, temos:

$$ET_p = 0,53 \times N (10 \times T / I) \text{ a} \quad (02)$$

Se T for maior que 27 °C, temos que:

$$ET_p = -0,015 \times T^2 + 1,093 \times T - 14,208 \quad (03)$$

onde:

N é a duração média mensal de luz solar expressa em períodos de 12 horas;

I é o índice anual de calor, dado pelo somatório ao longo do ano, calculado como:

$$I = \sum (0,2 \times T)^{1,514} \quad (04)$$

E, **a** é uma função cúbica do índice anual de calor dada por:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 + 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239 \quad (05)$$

Se houver deficiência de água no solo, a evapotranspiração será forçosamente restringida, verificando-se, então, a chamada evapotranspiração real ou, simplesmente, evapotranspiração (ET), inferior à potencial (máxima), cujo cálculo será explicado mais a frente.

10.1.1.4 - ESCOAMENTO SUPERFICIAL (ES)

O acúmulo de água sobre a superfície do terreno começa a ocorrer a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a velocidade de infiltração da água no solo. Quando isso acontece, a água começa a escoar com um sentido dado pela linha de maior declive do terreno.

O escoamento superficial em uma bacia de drenagem é influenciado por dois tipos principais de parâmetros: os agroclimáticos e os fisiográficos. Os primeiros incluem quantidade, intensidade e duração da precipitação; distribuição da precipitação em relação ao tempo e à área da bacia; interceptação causada pela cobertura vegetal e valor da evapotranspiração potencial. Dentre os fatores fisiográficos, destacam-se a extensão, a forma e a declividade média da bacia em estudo e as condições de superfície do terreno como geologia, tipo de solo, permeabilidade, tipo de cultivo e rede de drenagem.

Os valores médios mensais de escoamento superficial são obtidos aplicando-se o coeficiente de escoamento superficial (C) às medidas mensais de precipitação:

$$ES = C \times P \quad (06)$$

Os valores de C estão representados na Tabela I.

Vegetação e topografia	Arenoso	Argila e Silte	Argiloso
Mata:			
Plana, 0 – 5% de inclinação	0.10	0.30	0.40
Ondulada, 5–10% de inclinação	0.25	0.35	0.50
Acidentada, 10–30% de inclinação	0.30	0.50	0.60
Pasto:			
Plana	0.10	0.30	0.40
Ondulada	0.16	0.36	0.55
Acidentada	0.22	0.42	0.60
Cultivada:			
Plana	0.30	0.50	0.60
Ondulada	0.40	0.60	0.70
Acidentada	0.52	0.72	0.82

Quadro 1: Valores de coeficiente de escoamento superficial (C).

No estudo realizado considerou-se a área pouco ondulada, solo residual (entre os coeficientes de arenoso, argila e silte), 5% de mata, 90% de pasto e 5% de área cultivada. Neste caso, obteve-se C igual a 0,25.

10.1.1.5 - INFILTRAÇÃO (IN)

Os valores médios da infiltração são calculados através da expressão:

$$IN = P - ES - ETp \quad (07)$$

10.1.1.6 - PERDA DE ÁGUA ACUMULADA (WL)

Se a infiltração for positiva o maciço estará ganhando água (umedecendo). Ao contrário, se a infiltração for negativa o maciço estará perdendo água (secando).

A perda de água acumulada (WL) é calculada somando-se, mês a mês, os valores de infiltração em todos os meses que este valor for negativo (o maciço estiver secando). Nos meses nos quais o maciço estiver umedecendo, infiltração positiva, o valor de WL permanece inalterado.

10.1.1.7 - ÁGUA ARMAZENADA NO SOLO (WS)

A água armazenada no solo é calculada mensalmente a partir de um mês no qual este valor é conhecido. Se a infiltração for positiva num mês, este valor positivo deverá ser acrescentado à quantidade de água armazenada no mês anterior. Se a infiltração for negativa num mês, a diminuição da quantidade de água armazenada será um pouco

menor que a perda de água uma vez que, à medida que o maciço se torna mais seco fica progressivamente mais difícil se retirar água dele. Neste caso, infiltração negativa, a quantidade de água armazenada pode ser calculada pela expressão (Koerner e Daniel, 2000):

$$WS = (WS_{\max})10b \times WL \quad (08) \text{ Onde:}$$

$WS_{\max}$ é a capacidade máxima de armazenamento de água no maciço;

$$b = 0,658/WS_{\max}$$

A capacidade máxima de armazenamento de água no maciço depende da sua capacidade de campo (θ_{cc}).

Capacidade de campo é o máximo de água que o solo pode reter sem que ocorra percolação vertical. Em laboratório θ_{cc} é comumente determinado a partir da curva de retenção de água do solo. Verificou-se que na maioria dos solos e na maioria das situações, o solo encontra-se na capacidade de campo quando a sucção matricial no solo oscila em torno de $-1/3$ atm (-0,033 MPa). O Quadro 15 apresenta valores de θ_{cc} para alguns solos.

SOLO	Profundidade (cm)	$q_{cc} (\text{cm}^3 / \text{cm}^3)$
Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa Piracicaba, SP	0 – 30	0,238
	30 – 60	0,275
Latossolo Roxo Jaboticabal, SP	0 – 20	0,38
	20 – 40	0,36
	40 – 60	0,35
Latossolo Vermelho escuro, Orto Piracicaba, SP	0 – 15	0,235
	15 – 50	0,238
Latossolo Roxo distrófico, fase argilosa Lençóis Paulista, SP	0 – 30	0,288

Quadro: Valores da capacidade de campo de alguns solos.

10.1.1.8 - VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA ARMazenada (CWS)

Uma vez calculada a quantidade de água armazenada no maciço em todos os meses do ano, a variação mensal de água armazenada no maciço (CWS) é obtida em cada mês pela diferença entre a água armazenada no mês anterior e no mês em consideração.

No estudo realizado considerou-se a capacidade de campo igual a $50 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, valor correspondente à média dos valores encontrado para os de São Paulo, apresentados no Quadro 15 acima.

10.1.1.9 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO (ET)

A evapotranspiração depende da infiltração (IN). Assim, se:

$$IN > 0 \Rightarrow ET = E_{tp} \quad (09) \text{ e, se:}$$

$$IN < 0 \Rightarrow ET = I - CWS \quad (10)$$

10.1.1.10 - PERCOLAÇÃO (PERC)

A percolação (PERC) é calculada em função da infiltração (IN). Assim, se:

$$IN > 0 \Rightarrow PERC = IN - CWS \quad (11) \text{ e, se:}$$

$$IN < 0 \Rightarrow PERC = 0 \quad (12)$$

A partir da altura percolada (PERC), o volume é calculado multiplicando-se PERC pela área da bacia. A vazão é obtida dividindo-se o volume pelo tempo de análise (um ano).

O Quadro 16 apresenta os cálculos do balanço hídrico e o gráfico da figura XVIII apresenta a evolução anual de alguns componentes do balanço hídrico.

10.1.1.11 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

O balanço hídrico mostra que a infiltração para recarga do maciço corresponde a cerca de 21% da precipitação anual. Esta recarga é distribuída de forma irregular durante os 12 meses do ano, caracterizando-se por ser elevada nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março; enquanto nos demais meses, com uma ligeira exceção de março, a infiltração é negativa, ou seja, o maciço perde água. Em outubro, a infiltração volta a ser positiva, mas não se transforma totalmente em recarga do aquífero, uma vez que o maciço absorve parte desta infiltração, até atingir a sua capacidade de campo. Nos meses de dezembro e janeiro, toda a infiltração serve para alimentar o aquífero uma vez que o maciço está trabalhando com umidade acima da capacidade de campo. Se o volume de recarga destes três meses for dividido pelo número de dias em um ano, obtêm-se uma recarga média diária de 43,42 m³/dia na área do aterro sanitário, sendo que para o projeto será usada a vazão de 44,21m³/dia. Na realidade, o estudo realizado mostra que esta recarga média diária é bem mais elevada nos meses de novembro, dezembro e janeiro, e nula, ou praticamente nula, nos demais meses.

Evolução Anual dos componentes do Balanço Hídrico do Aterro Sanitário de Muriaé

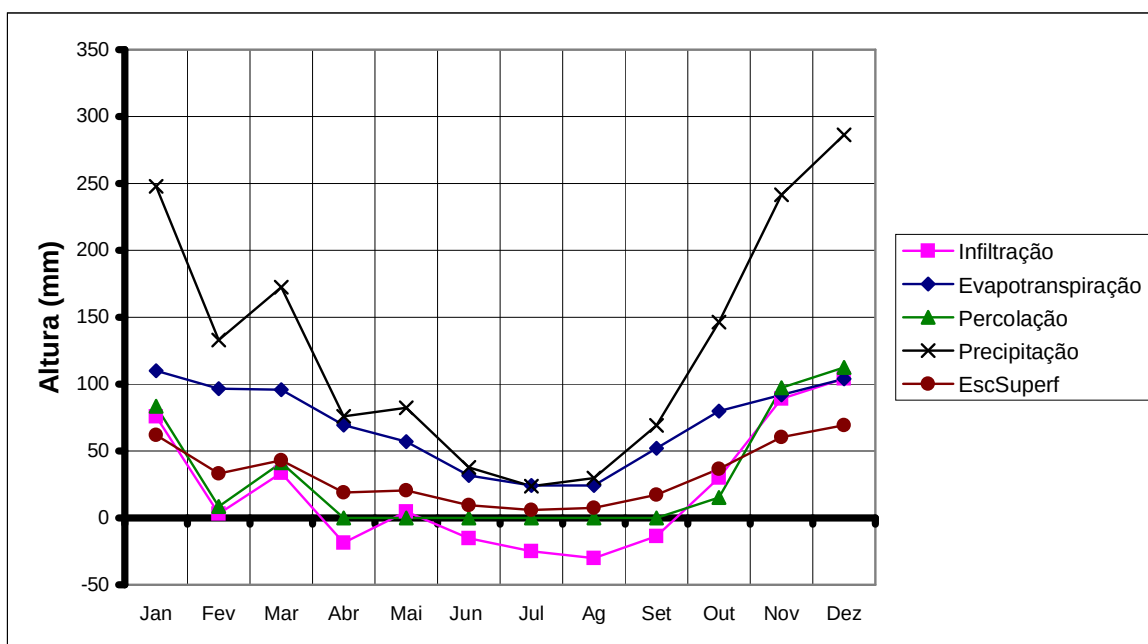


Figura – Evolução anual de alguns componentes do balanço hídrico da área do futuro Aterro Sanitário de Muriaé.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

Tabela – Cálculo do Balanço Hídrico para o Aterro Sanitário de Muriaé – MG

BALANÇO HÍDRICO - PLATAFORMAS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,e 9														
CIDADE DE MURIAE														
Coeficiente de Escoamento Superficial (C) =	0,25								Perc = P - ET - ES - CWS					
Capacidade de Campo =	0,3													
Área (m2) =	44221													
Parâmetros\Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez	TOT	
Média Mensal de Temperatura (°C)	22,6	22,7	22,1	20,5	18,1	16,3	15,9	17,1	18,9	20	21,3	22		
Precipitação (P) em mm	247,8	132,9	172,5	75,9	82,3	37,8	23,7	29,8	69,1	146,3	241,5	286,3	1546	
Média Mensal de Luz Solar (N)	34,5	30	31,5	29,1	28,6	27,3	28,2	29,7	30	32,4	32,7	34,5		
Cálculos														
Índice Mensal de Calor (Hm)	9,8	9,9	9,5	8,5	7	6	5,8	6,4	7,5	8,2	9	9,4	97	
Parâmetro de Evapotranspiração Máxima (ETp)	110	96,6	95,8	75,5	57	43,6	42,7	52,5	65,5	79,8	92	103,9		
Escoamento Superficial (ES) em mm	62	33,2	43,1	19	20,6	9,5	5,9	7,5	17,3	36,6	60,4	69,3	384,4	
Infiltração (IN = P - ES - ETp) em mm	75,8	3,1	33,6	-18,6	4,7	-15,2	-24,9	-30,1	-13,7	30	89,1	104,1		
Perda de Água Acumulada (WL) em mm	0	0	0	-18,6	0	-15,2	-40,1	-70,2	-83,9	0	0	0		
Água Armazenada (WS) em mm	20	20	20	7,57	12,32	9,01	2,44	0,5	0,25	20	20	20		
Varição Quantidade Água Armazenada (CWS) mm	0	0	0	-12,432	4,747	-3,301	-6,57	-1,94	-0,258	19,75	0	0		
Evapotranspiração (ET) em mm	110	96,6	95,8	69,4	57	31,7	24,3	24,3	52,1	79,8	92	103,9	836,9	
Percolação (PERC) em mm	83,5	8,5	41,3	0	0	0	0	0	0	15,3	97,3	112,5	358,4	
Q =43,42m³/dia =0,50l/s														
Obs.: SEMPRE começar no mês a partir do qual, no mês seguinte, IN se torna negativo														

10.1.2 - GEOLOGIA

A caracterização da geologia da área baseou-se em uma ampla pesquisa bibliográfica e, e para permitir uma melhor caracterização, foram feitas algumas visitas à área selecionada para a instalação do aterro sanitário.

10.1.2.1 – GEOLOGIA LOCAL

A geologia do local apresenta grande homogeneidade de características petrológicas e estruturais. A presença de Charnockitos típicos com granulação média a grossa com textura de granoblástica a migmatítica e milonítica são comuns em uma pequena porção da área percorrida. A mineralogia constitui-se de quartzo, feldspato, biotita, muscovita e secundariamente ocorre à magnetita.

10.1.2.2 - GEOLOGIA REGIONAL

A região de Muriaé encontra-se inserida no setor setentrional da Província da Mantiqueira, mais exatamente no Bloco Vitória, Bloco este que juntamente com mais os Blocos: Paraná, São Paulo e Brasília são considerados Unidades Geotectônicas Arqueanas de Minas Gerais. Os terrenos mais antigos do Arqueano podem ser divididos em:

- Terrenos de alto grau metamórfico.
- Complexos Gnáissico-Granitóides.
- Seqüências tipo "Greenstone Belts".

A geologia da região pode ser mapeada como Terrenos de alto grau metamórfico do Bloco Vitória, caracterizada como o "Cinturão de Alto Grau Atlântico", e pode ser interpretado como porções expostas da Crosta Inferior.

A área do futuro aterro está situada em região de ocorrência da unidade Gnaisses do Paraíba do Sul Indivisos, nas proximidades do seu contato geológico (por falhamento) com a Série ou Complexo Juiz de Fora (CPRM/DNPM, 1984). Estes litotipos pertencem, segundo a CPRM/DNPM (1983), ao Proterozóico Inferior.

A unidade Gnaisses Paraíba do Sul Indivisos (Pipsi) é constituída por biotita-anfibólio (hornblenda) gnaisses bandados, porfiroblásticos e/ou porfiroclásticos, com intercalações discretas de anfibolitos, núcleos calcissilicáticos, pegmatitos, mármore e importantes corpos de quartzitos, gnaisses quartzosos e xistos.

Os tipos litológicos do Complexo Juiz de Fora não têm uma distribuição regular, o que dificulta o seu detalhamento. Nos estudos até agora realizados, procurou-se sistematizar em termos de faixas longitudinais, mais ou menos continuas e paralelas. De maneira geral, entretanto, na Série Juiz de Fora (Ajf - CPRM/DNPM, 1984) ou Complexo Juiz de Fora (pEjf – RADAMBRASIL, 1983) predominam as rochas da suíte charnockítica (charnockitos, enderbitos, piroxênio dioritos e gabros) e, subordinadamente, os granulitos, gnaisses kinzigíticos, gnaisses miloníticos, blastomilonitos e quartzitos intercalados.

Sobre estas rochas encontra-se uma cobertura Terciária pouco espessa e aluviões quaternárias. Entre os recursos minerais do município destacam-se o caulim, a mica, o níquel, a bauxita, a argila e o gnaiss.

Em termos estruturais podem ser observadas duas famílias de falhamentos principais, compressivos, uma com direção NW-SE e mergulhos verticais, e outra, mais persistente, com direção NE-SW e mergulhos elevados para SE. A foliação se apresenta com direção predominantemente NE-SW e mergulhos elevados (superiores a 55°) para SE. Pelo menos duas fases de dobramentos superpostos são conhecidas (oliveira, 1983; in: CPRM/DNPM, 1984), ambas com vergências concordantes para NW em direção ao Cráton do Paramirim (Almeida, 1978, 1984; in: CPRM/DNPM, 1984), produzindo dobras muito fechadas isoclinais com eixos sub-horizontais de direções E-NE.

10.1.3 - GEOMORFOLOGIA

Com relação às condições morfoclimáticas predominam os processos químicos e bióticos, típicos das zonas tropicais úmidas. A região de Muriaé pertence ao “Domínio Tropical Atlântico das Matas de Morros”. Morfoestruturalmente faz parte do “Domínio dos Planaltos Cristalinos Rebaixados”, correspondendo à região mais baixa, situada entre a Mantiqueira e o Vale do Rio Paraíba do Sul, com predominância de dobramentos de direção geral SW-NE. De acordo com informações obtidas junto ao DEMSUR, a altitude no município varia entre um valor máximo de 1110m localizado no Morro do Serrote e um valor mínimo de 279m na Foz do Córrego São Bento.

O modelo é formado predominantemente por colinas policonvexas, de vertentes arredondadas, que formam meias-laranja ou mamelões, de altitudes variáveis e que se liga a vales de fundo chato. O conjunto de colinas de forma mamelonar forma a paisagem

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

de “Mares de Morros”. Nelas, os processos bióticos e químicos, através da decomposição, formaram um espesso manto de alteração, característico da pedogênese tropical.

Na maior parte do município predomina as colinas de nível altimétrico situado em torno de 550m e altitude relativa de 370m. Nas áreas de colinas menos elevadas as várzeas são mais freqüentes e mais amplas, como, por exemplo, na região do distrito de Vermelho.

Predominam os processos erosivos superficiais, nas áreas de forte declividade e onde ocorre excessivo pisoteio de gado, a erosão chega a ser intensa, sob a forma de rastejamento. Evidencia-se deformação das vertentes pela utilização contínua de passagens ralas.

10.1.4 - PEDOLOGIA

Em termos pedológicos predominam, na área, os Latossolos Vermelho-Amarelos álicos, com dois tipos diferenciados.

O primeiro tipo é constituído por um Latossolo Vermelho-Amarelo álico de textura argilosa associado a um Podzólico Vermelho-Amarelo, com argila de baixa atividade, com textura média, argilosa a muito argilosa, ambos com horizonte A em relevo moderado a forte ondulado.

O segundo tipo é um Latossolo Vermelho-Amarelo de relevo fortemente ondulado associado a um Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico de relevo ondulado e fortemente ondulado, ambos com horizonte A de textura moderadamente argilosa.

Nas várzeas ocorre solo hidromórfico de coloração escura. Nos topos e nas vertentes ocorre ainda litossolo de coloração vermelho-amarelo.

10.1.5 - INVESTIGAÇÕES DO SUBSOLO

De maneira a caracterizar os materiais existentes em profundidade do terreno natural na encosta sudoeste e a posição do nível d'água (NA), na área a ser utilizada para a implantação do aterro, foram realizadas uma série de sondagens à percussão num total de 9 furos.

As sondagens foram realizadas na encosta natural situada no local onde se pretende instalar as células do futuro aterro sanitário de Muriaé. Estas sondagens permitiram caracterizar a posição do NA no local, as camadas de solo existentes, e realizar

o ensaio de penetração do amostrador padrão (SPT), correlacionável com a resistência. Nos furos SPT-01, SPT02, SPT03, SPT04, SPT05, SPT06 SPT07 SPT-08 realizados nas porções mais elevadas da área, o NA não foi encontrado, a despeito das sondagens terem atingido um total de 10,45 de profundidade. No furo SPT-09 NA foi encontrado a profundidades de 8,0 m, era de se esperar pois o mesmo foi perfurado próximo ao curso d'água.

Em termos de materiais, foram encontradas 3 camadas (anexo IX). A camada mais superficial, constituída por uma argila arenosa com espessura máxima de 6,45m e mínima de 2,45m. Trata-se de uma argila-siltosa, castanha, com grãos de quartzo, mole à rija.

Sob a camada coluvionar ocorre um solo residual maduro de gnaiss constituído por uma argila siltosa, média a dura, localmente pouco siltosa ou arenosa, passando, em profundidade, a uma areia siltosa, pouco a medianamente compacta. Tem cor variegada (rósea, castanha, amarela ou cinza), localmente com mica. A espessura desta camada varia entre 2,0 e 4,0m. sendo que de acordo com os ensaios realizados o solo local poderá ser utilizado para compactação da base das plataformas do aterro e recobrimento dos resíduos.

Por fim, ocorre uma camada de solo residual jovem variando entre uma areia siltosa (fina ou grossa), um silte argiloso e um silte arenoso, localmente argiloso. A cor é variegada, todos contêm mica, e localmente pode ocorrer caulim e pedregulhos. As areias e os siltes arenosos são medianamente compactos a compactos, enquanto os siltes argilosos são médios à rijos.

Os resultados das sondagens realizadas permitiram a construção das seções geológico-geotécnicas do local de instalação do futuro Aterro Sanitário de Muriaé.

10.1.6. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO QUANTO À ESTABILIDADE, POROSIDADE, PLASTICIDADE E PERMEABILIDADE

A sondagem geológico-geotécnica permitiu a identificação de três tipos de solos principais. Uma camada superficial de colúvio, argilo-siltoso, sob o qual ocorre uma camada de solo residual maduro de ganiss, também argilo-siltoso. Na base do perfil ocorre uma camada de solo residual jovem de gnaiss variando desde areia (fina ou grossa) até um silte (arenoso ou argiloso). Sob estas ocorre o embasamento rochoso.

As propriedades destes solos foram determinadas a partir da realização de ensaios geotécnicos nestes materiais, de maneira a se determinar o peso específico seco, o peso específico dos sólidos, o Limite de Liquidez, o Limite de Plasticidade, o teor de Umidade Ótimo de Compactação, granulometria e a Permeabilidade. No anexo III encontram-se os ensaios realizados. De acordo com os ensaios os solos existentes no local poderão ser utilizados para impermeabilização da base das plataformas do aterro e poderá ser utilizado para o recobrimento dos resíduos dispostos no aterro.

10.1.7 - QUALIDADE DA ÁGUA

De maneira a caracterizar a qualidade da água na nascente existente em frente e próximo ao local do futuro aterro sanitário será realizada uma análise química da mesma e também será realizada uma análise a jusante e outra à montante do aterro antes de iniciar a operação do mesmo.

10.1.8 - ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS GERAIS

A análise dos tipos litológicos existentes na área do empreendimento e descritos anteriormente permite concluir que apenas dois tipos de aquíferos podem ocorrer neste local. Os aquíferos existentes são de importância moderada, em função da distribuição territorial e dos volumes de água que podem proporcionar, sobretudo os fraturados, onde a água encontra-se restrita às zonas de fraturamento das rochas cristalinas.

O primeiro tipo refere-se aos aquíferos do tipo granular livre, em que a água encontra-se armazenada nos poros entre grãos. São representados, na área a ser utilizada para a implantação do empreendimento, pelos solos resultantes da alteração intempérica das rochas metamórficas pré-Cambrianas.

O segundo tipo é representado pelos aquíferos do tipo fraturado, livre a semiconfinado, em que, em função da extremamente reduzida porosidade da matriz rochosa, a água acumula-se ao longo de suas descontinuidades estruturais (fraturas e falhas). Estes aquíferos são compostos pelas rochas dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora e não foram perfurados nas sondagens.

Os aquíferos do tipo fraturado apresentam características hidrogeológicas marcadas pela baixa capacidade de armazenamento - apesar do elevado potencial de recarga, decorrente dos espessos horizontes de rochas intemperizadas onde se encontram

armazenados importantes volumes de água da infiltração pluvial; e, em geral, pela elevada permeabilidade e transmissividade. Além disso, estes aquíferos de rochas cristalinas apresentam anisotropia de permeabilidade, variando de nula em rochas densas e compactas até apreciáveis valores quando as rochas estão intemperizadas e fraturadas. Essa propriedade varia lateralmente e em profundidade. Lateralmente, em função do grau de fraturamento, sendo maior nos planos de fraturas observadas em superfície através de imagens aéreas. Em profundidade, apresenta uma diminuição rápida da permeabilidade em razão das interconexões entre as fraturas, que diminuem à medida que aumenta a profundidade, sendo raras ou ausentes abaixo da centena de metros.

Para a área estudada, o fluxo de água em subsuperfície segue a mesma direção do fluxo superficial, ou seja, o fluxo da água subterrânea também é controlado pela topografia do terreno, pelo menos no que se refere ao aquífero poroso superficial composto pelos solos de alteração de rocha. Assim sendo, a água subterrânea escoar das porções mais próximas às bordas do anfiteatro e que se encontra recoberta por mata, para os locais mais próximos à entrada da área a ser utilizada, situada nas porções mais baixa, ou seja, próxima ao córrego.

10.1.8.1 - VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS AQUÍFEROS IDENTIFICADOS NA ÁREA

A vulnerabilidade pode ser classificada com base nos seguintes parâmetros:

- a) Profundidade do nível freático;
- b) Tipo de ocorrência de água subterrânea (confinado, semiconfinado, livre e surgente);
- c) Características litológicas e graus de consolidação dos estratos acima da zona não saturada.

Segundo a metodologia proposta por Foster (1993, in: Beato et al., 1999), para cada um destes fatores define-se um valor na escala de 0 a 1, e o produto entre eles é o índice de vulnerabilidade do aquífero. O índice obtido está associado às vulnerabilidades que vão de nenhuma a extrema.

Esta classificação é em nível de reconhecimento e deverá ser considerada com cautela quando se tratar de contaminantes móveis e persistentes no solo. Na verdade, a vulnerabilidade deverá ser avaliada para cada tipo de contaminante (bacteriológicos,

metais, químicos, orgânicos, etc.) ou cada grupo de atividades contaminantes (saneamento, efluentes industriais, atividades agrícolas, etc.).

No local estudado, em função da análise das características citadas acima, pode-se delimitar dois aquíferos com vulnerabilidades bastante semelhantes.

O aquífero mais superficial, composto pelos materiais resultantes da alteração das rochas subjacentes é o que se situa mais próximo à superfície do terreno, devendo compor aquífero do tipo “livre”, e, portanto, neste aspecto, está mais sujeito à contaminação em função da instalação do Aterro Sanitário. Entretanto, assim como se situa em posição mais desfavorável no perfil, apresenta, via de regra, características intrínsecas que permitem uma melhor filtragem da água em função da presença de partículas com granulometria variada que exercem uma ação filtrante extremamente eficiente. Resumindo, trata-se de um aquífero livre, pouco consolidado a inconsolidado, no qual a posição do lençol freático é distante da superfície abaixo de 8 m. Estas características permitem classificá-lo como um aquífero de vulnerabilidade baixa.

O aquífero composto pelas rochas metamórficas dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora se caracteriza por ser semiconfinado a confinado, consolidado, e se encontra protegido pela camada superficial de material alterado (aquífero superficial), que funciona como um filtro natural. Por se tratar de aquífero fraturado (fissurado), apresenta uma elevada permeabilidade e transmissividade, o que se por um lado favorece maiores vazões, por outro determina uma maior suscetibilidade à contaminação. Nestas condições, o aquífero também pode ser classificado como de vulnerabilidade baixa.

Quanto à hipótese de contaminação dos aquíferos, resultante da percolação vertical das águas de chuva, esta tem possibilidade remota de ocorrência. A profundidade do N.A., sempre superior a 8,0 m, mesmo após uma época de chuvas muito intensas, mostra que existe uma camada de aeração com espessura bastante razoável, o que favorece o processo de filtragem e dificulta a contaminação.

As permeabilidades obtidas nos ensaios realizados sofrem diminuição nestas camadas, tanto em função da textura mais silto-argilosa ou argilosa (portanto menos permeável) de algumas camadas mais profundas, como em função da redução natural da porosidade com a profundidade, em função da sobrecarga dos terrenos sobrejacentes.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

E ainda, todas as plataformas onde serão dispostos os resíduos, os solos (camada da ordem de 70 cm) serão compactadas até atingir um coeficiente de permeabilidade superior a 10^{-7} cm/s que dificultara ainda mais a infiltração do chorume.

As lagoas de tratamento de chorume serão impermeabilizadas com manta PEAD com espessura de 2 mm.

10.1.9 – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO, DEMARCAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DA OBRA

No anexo encontra-se o mapa topográfico de toda área do empreendimento com curvas de nível de metro em metro. Antes da implantação do aterro será feito a demarcação de todas as estruturas (VIAS DE ACESSO, AREA DA PLATAFORMA, AREAS DAS LAGOAS, AREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E TALUDE DE SUPORTE DE RESÍDUOS PERFAZENDO UMA AREA TOTAL DE 45500M²) a serem implantadas no aterro sanitário. Após a demarcação será feito o acompanhamento da obra por equipe de topografia especializada. Os serviços de topografia serão contratados pela construtora responsável pela implantação da obra. A fiscalização será responsável pela avaliação dos serviços prestados pela construtora e o pagamento somente será feito após aprovação.

10.1.9.1 - CARTA DE DECLIVIDADES

Para melhor visualizar as condições topográficas do local do empreendimento foi elaborada uma carta de declividade a partir do mapa topográfico.

A função desta carta é registrar a inclinação do terreno em estudo a partir de intervalos de porcentagens de declividade. O método para sua confecção foi sugerido por DE BIASI (1970) e utilizado por outros autores como Libaud, Siegnemartin e Cotta (in COTTAS, 1984).

Esse mapa cumpre um importante papel, nos estudos da adequabilidade de áreas para implantação de aterro sanitário, pois fornecem uma visão ampla das declividades do terreno em questão no tocante ao escoamento das águas superficiais, sua velocidade e infiltração. Para o planejamento urbano permite também a visualização e as possíveis medidas de controle quanto à erodibilidade, estabilidade de taludes e encostas, implantação de redes de drenagem de chorume, traçados de sistemas viários (estradas).

A confecção da carta de declividade consiste em tomar por base o mapa topográfico plani-altimétrico e marcar as áreas de mesma declividade entre as curvas de nível. Os intervalos de inclinação têm seus limites estabelecidos previamente em função da finalidade de uso do mapa. Ainda no planejamento urbano os limites dos intervalos de inclinação podem ser alterados de acordo com as dificuldades e exigências de aplicação do método e da variação de relevo da área planejada.

Na montagem do mapa de declividades, usa-se gabarito construído a partir do conceito de declividade, ou seja, tomando-se um triângulo retângulo e seus elementos geométricos. A definição dos intervalos de declividade para seleção de áreas para implantação de aterros sanitários são estabelecidos Deliberação Normativa COPAM nº. 52, de 14 de dezembro de 2001. Na área destinada à instalação, a declividade deve ser inferior a 30%. Desse modo, para tais objetivos, foi elaborada a carta de declividade onde se preocupou em dividir os intervalos de declividade da seguinte forma: de 0% a 15% de 15% a 25%, de 25% a 35% e maior que 35%. Em anexo encontra –se a carta de declividade do local do empreendimento. Como pode ser visto nessa carta, aproximadamente 100% da área do futuro aterro sanitário possui declividade inferior a 30%. Na área de construção do aterro será realizado terraplenagem para adequar o local para implantação do aterro. O solo existente no local onde será implantado o aterro é uma argila silto arenosa que será compactada, que possui alta capacidade de reter a infiltração do chorume. E ainda, como pode ser visualizado no gráfico do balanço hídrico apresentado anteriormente, a infiltração será baixa e a evapotranspiração será alta para a região do aterro sanitário. Em fim, após a compactação não existe a mínima possibilidade de ocorrer à contaminação do lençol freático, visto que, o mesmo está a uma profundidade superior a 5 metros do fundo da base das plataformas de lixo a serem construídas.

Nos taludes que irão formar durante o processo de terraplenagem (vias de acesso) apresentarão declividade inferior a 30%, sendo que estes serão drenados e revegetados com gramíneas para evitar processos erosivos nos locais.

11.0 – DIMENSIONAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO

Para construção do aterro sanitário será removida uma camada em média de 9,2 m do solo e em seguida será feita a compactação de 0,40 m com o próprio solo existente no

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

local (solo argiloso) e acerto para colocação da manta, sendo que esta superfície deverá ser bem lisa e sem a presença de pedregulho para evitar a perfuração da manta PEAD. A manta PEAD será do tipo texturizada e terá espessura de 2 mm. Estas camadas de impermeabilização serão construídas com os solos existentes no local. Estes solos deverão ser compactados na base de cada plataforma com grau de compactação de 95%, desvio de umidade de, mais ou menos, 2% e energia equivalente à do Proctor Normal ou Modificado visando alcançar uma permeabilidade menor ou igual 3×10^{-7} cm/s. Na base do aterro serão feitos drenos para o percolado (chorume) em espinha de peixe onde a linha principal será de dreno com tubo ranhurado de 150mm e as linhas secundárias de dreno francês (dreno cego).

O solo que sobrar será usado para construção das lagoas anaeróbica e facultativa e para o recobrimento do lixo. A medida que for colocando os resíduos na primeira célula (plataforma) deverá ir preparando concomitante a segunda célula (plataforma) e o solo desta será usado para o recobrimento da célula que estiver sendo utilizada. O solo superficial (horizonte A rico em matéria orgânica) será raspado e armazenado ao lado de cada plataforma para ser usado na revegetação dos taludes expostos e para revegetação após o fechamento da célula.

O aterro foi dimensionado em três plataformas de corte, sendo a primeira plataforma do corte terá uma vida útil de aproximadamente 10 anos, a segunda de 6,5 anos e a terceira de 5,5 anos. Cada plataforma de lixo terá uma vida útil de aproximadamente 2,4 anos. Após o fechamento de cada plataforma as mesmas deverão ser revegetadas com gramíneas não devendo plantar árvores para evitar que as raízes das mesmas alcancem o fundo das plataformas afetando a impermeabilização. Deverá deixar ocorrer à sucessão natural.

Vale salientar que no aterro somente serão dispostos resíduos classe IIA e IIB, os resíduos classe I (resíduos perigosos), resíduos industriais e resíduos de construção civil não serão coletados pelo DEMSUR.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

CALCULOS DOS VOLUMES DE CORTE E ATERRO PARA CONSTRUCAO DA PRIMEIRA PLATAFORMA

VOLUME DE CORTE PARA LIMPEZA DA AREA DA PLATAFORMA		
PROFUNDIDADE DE CORTE (m)	AREA DE CORTE (m ²)	VOLUME DE CORTE (m ³)
0,18	13.208	2377,44

CALCULO DO VOLUME DE CORTE NO SOLO PARA IMPLANTAÇÃO DA PRIMEIRA PLATAFORMA			
SECOES	PROFUNDIDADE MEDIA DE CORTE (m)	AREA DE CORTE (m²)	VOLUME TOTAL DE CORTE
SECAO 04	12,69	3011,7	34674,9174
SECAO 05	8,605	3372	24214,16
SECAO 06	6,35	1647	10457,815
	VOLUME TOTAL DE CORTE S/ EMPOLAMENTO		47932,074
CALCULO DO VOLUME DE SOLO COMPACTADO A SER UTILIZADO PARA CONSTRUCAO DO TALUDE DE SUPORTE DA PRIMEIRA PLATAFORMA			
ALTURA M'EDIA DO TALUDE DE SUPORTE (m)	AREA DO TALUDE (m²)	VOLUME DE SOLO A SER UTILIZADO (m³)	
3,8	2134,29	8110,302	
VOLUME DE SOLO TOTAL A SER COMPACTADO		8110,302	

COMPACTACAO MECANICA C/ CONTROLE DO GC>=95% DO PN (AREAS) (C/MONIVELADORA 140 HP E ROLO COMPRESSOR VIBRATORIO 80 HP) DA BASE DA PRIMEIRA TRINCHEIRA ANTES DE COLOCACAO DA MANTA		
AREA A SER COMPACTADA (m ²)	PROFUNDIDADE (m)	VOLUME DE SOLO A SER COMPACTADO
6267,14	0,4	2506,856

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

CALCULO DA QUANTIDADE DE MANTA PEAD NECESSARIA PARA IMPLANTACAO DA PRIMEIRA NA PLATAFORMA		
COMPRIMENTO MEDIO DA PRIMEIRA PLATAFORMA (m)	LARGURA MEDIA DA PRIMEIRA PLATAFORMA (m)	CONSUMO TOTAL DE MANTA PEAD RUGOSA (m ²)
210,85	46,25	9752

VOLUME DE SOLO A SER ESPALHADO APOS A INSTALACAO DA MANTA PEAD NA PLATAFORMA		
AREA A SER ESPALHADA SOLO APOS A INSTALACAO DA MANTA (m ³)	PROFUNDIDADE (m)	VOLUME DE SOLO A SER USADO (m ³)
8401,43	0,3	2520,43

VOLUME TOTAL A SER UTILIZADO	VOLUME DE SOLO A SER USADO (m ³)
VOLUME DE SOLO PARA CONSTRUCAO DO TALUDE DE SUPORTE	8110,302
volume de solo ser utilizado para compactação anterior a instalação da manta PEAD	2506,856
Volume de solo a ser utilizado apos a instalação da manta PEAD	2520,43
Volume de solo escavado na plataforma que será usado para construção das lagoas (anaeróbica e facultativa)	14222,01
Volume total de solo que será necessário para implantação das estruturas acima.	8110,302 + 2506,856+2520,43+14222,01=27.359,60
Volume de solo escavado que ficara disponível para recobrimento dos resíduos	47932,074-27359,6 =20.572,48m ³

11.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS DA PRIMEIRA PLATAFORMA A SER ESCAVADA

Serão implantadas canaletas de concreto meia cana de 60 cm de drenagem pluvial contornando a primeira plataforma a ser escavada perfazendo uma distancia total de 218,5 m. Será instalada canaletas de concreto meia cana de 60 cm em toda a extensão do talude de suporte de resíduos perfazendo uma extensão total de 244,30 metros.

11.2 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO PERCOLADO (CHORUME) DO ATERRO SANITARIO

Na base de cada uma das plataformas, serão construídas valas retangulares de drenagem de percolados, preenchidas com um tubo-dreno e brita 4 e envelopadas com manta de geotextil, formando drenos longitudinais, drenos de pé e drenos transversais. Estes drenos vão fazer parte de um sistema de drenos em espinha-de-peixe. O sistema de drenagem está indicado no desenho

a) ESPAÇAMENTO ENTRE DRENOS

$L = 2 \cdot h(k/R)^{1/2}$
$k = 1,00E-03 \text{ cm/s} = 315360,00 \text{ mm/ano}$
$R = 210 \text{ mm/ano}$
$h = 0,3 \text{ m}$
L = 19,8m (espaçamento entre os drenos)
K = Coeficiente de permeabilidade dos resíduos
R = Vazão a ser drenada
H = Altura acumulada acima da camada de impermeabilização

b) DIÂMETROS DOS DRENOS DE CHORUME E REDE DE EFLUENTES - CÁLCULO DA VAZÃO DE PERCOLADO A SER DRENADA

Em se tratando do aterro sanitário, o cálculo da vazão de percolado a ser drenada será em função do Método Suíço, que não leva em consideração a evapotranspiração da área. Essa medida foi tomada devido à capacidade diária menor do que 100 toneladas/dia. Assim, para pequenos arranjos, como é o caso tanto do Método Suíço quanto o Balanço Hídrico podem ser utilizados, pois o valor encontrado é sempre mais conservador. Mas iremos apresentar os cálculos utilizando o método de Balanço hídrico,

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

sendo que para elaboração dos projetos iremos usar o valor encontrado pelo método Suíço. Vazão a ser drenada aplicando-se o método suíço de avaliação da vazão:

$$Q = \frac{P \cdot X \cdot K \cdot X \cdot A}{T}$$

onde:

Q = vazão média de líquido percolado;

P = precipitação média anual = 1.564 mm;

K = coeficiente que depende do grau de compactação do lixo = 0,25

A = área de contribuição das plataformas

t = n de segundos em um ano (31536000).

$$Q = \frac{1564 \times 0,25 \times 44221}{31536000}$$

$$Q = 0,51 \text{ l/s} = 44,21 \text{ m}^3/\text{dia}$$

DIMENSIONAMENTO DOS DRENOS DE CHORUME E REDE DE EFLUENTES

Linha principal da espinha de peixe:

Seção drenante com tubo coletor

$$R = \frac{Q^{0,375}}{2,367}$$

$$Q = \frac{V_i^{2/3}}{n} \cdot S R h (m^3/s)$$

$$\Phi = \frac{(Q)^{0,375}}{(2,367)} = \frac{(Q)^{0,375}}{(2,367)} = 0,072 \text{ m} = R = 0,038 \text{ m}$$

$$Q = \frac{V \cdot i^{2/3}}{n} \cdot S R h$$

$$n = 0,012$$

$$i = 1\%$$

$$Y / A = 75\%$$

Para o tubo operando com 75% do diâmetro a fórmula pode ser escrita como:

$$R = 0,038 \text{ m}$$

O diâmetro dos drenos secundário será: $\varnothing = 150 \text{ mm}$

Linha secundária da espinha de peixe:

Seção drenante sem tubo coletor

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

$Q = KiA(\text{cm}^3 / \text{s})$ – Lei de Darcy;

$A = \text{cm}^2$

$K = 45\text{cm} / \text{s}$

Será adotada uma seção drenante sem tubo coletor de 0,40 x 0,40 m.

O diâmetro dos drenos da linha principal serão de 300 mm e o e o dreno que receberá o chorume dos drenos principais até o sistema de tratamento do chorume (lagoas anaeróbica e facultativa) serão de 300 mm de diâmetro perfazendo uma distancia de 106,65 m. Os drenos que transportarão os efluentes dentro das lagoas e uma lagoa para outra será de 300 m perfazendo uma extensão de 72 m. O dreno que transportara o efluente tratado das lagoas para o descarte final será de PVC com diâmetro de 400 mm e terá uma extensão de 78,5m.

11.2.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO PERCOLADO (CHORUME) DO ATERRO SANITÁRIO

11.2.1.1 - SISTEMA DE COLETA DOS EFLUENTES – DRENAGEM DOS LÍQUIDOS PERCOLÁVEIS DAS PLATAFORMAS DO ATERRO

O sistema de coleta dos efluentes será constituído de uma linha principal denominada como linha principal do sistema de coleta e de uma rede secundária que alimenta a linha principal, denominada sistema de coleta dos líquidos percoláveis das plataformas do aterro. A linha principal do sistema de coleta foi dimensionada para atender a uma vazão máxima de 0,51 l/s. Para o sistema de drenagem dos líquidos percoláveis das plataformas do aterro, está previsto um conjunto de drenos no fundo das valas em direção aos drenos secundários interligados à linha principal que levará ao tratamento. Os drenos apresentam seção quadrada com dimensões de 0.40 x 0.40 m, conformados com brita nº 4 e tubos ranhurados de 150mm, cobertos com brita.

VOLUME DE SOLO A SER ESCAVADO PRA IMPLANTACAO DO DRENO PRINCIPAL DA PRIMIERA PLATAFORMA				
ITEM	COMPRIMENTO DO DRENO PRINCIPAL (m)	LARGURA (m)	PROFUNDIDA DE (M)	VOLUME DE SOLO A SER ESCAVADO (m ³)
	173,5	0,4	0,4	27,76

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

CALCULO DO VOLUME DE SOLO A SER ESCAVADO PARA IMPLANTACAO DO DRENO CEGO - FRANCES				
	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	VOLUME TOTAL DE SOLO A SER ESCAVADO (m ³)
DRENO 1	21,6	0,4	0,4	3,456
DRENO 2	29,02	0,4	0,4	4,6432
DRENO 3	35,4	0,4	0,4	5,664
DRENO 4	54,16	0,4	0,4	8,6656
DRENO 5	65,75	0,4	0,4	10,52
VOLUME TOTAL DE SOLO A SER ESCAVADO				32,9488

CALCULO DO VOLUME DE BRITA NECESSARIA PARA O PREENCHIMENTO DOS DRENOS				
	COMPRIMENTO TOTAL (m)	LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	VOLUME TOTAL DE SOLO A SER ESCAVADO (m ³)
TODOS OS DRENOS	379,43	0,4	0,4	60,71

-Comprimento do dreno de 150 mm que transportara o chorume da primeira plataforma ate o dreno principal de 300 mm = 173,5 metros

- comprimento do dreno principal que transportara o chorume da primeira plataforma ate o sistema de tratamento do mesmo (vertedouros, caixa de areia e lagoas) = 106,65 metros

11.3 - TRATAMENTO PRELIMINAR

REMOÇÃO DE SÓLIDOS GROSSEIROS

A remoção de sólidos grosseiros será efetuada através de unidade de grade de barras de limpeza manual com dimensões descritas e detalhadas nas plantas que seguirão anexadas a este documento. O material retido no gradeamento será encaminhado para as plataformas de aterramento.

REMOÇÃO DE AREIA

A remoção de areia será efetuada através de caixas de areia de seção retangular de fundo plano, em alvenaria estrutural sobre base de concreto ciclópico, sendo a deposição dos sólidos efetuada por gravidade. Visto que o volume de areia no desarenador só atingirá valores consideráveis nos meses em que se observa maior precipitação, foi considerada suficiente a remoção destes sólidos de forma manual. A areia retirada dos compartimentos (desarenadores), deverá ser encaminhada juntamente com o material a ser removido das grades das barras, para as plataformas de lixo.

MEDIDOR DE VAZÃO – CONTROLADOR DE VELOCIDADE

O mecanismo adotado para medir a vazão afluyente ao tratamento primário é o medidor parshall de fibra de vidro com w (largura da garganta) = 0,35 m. Este dispositivo além de garantir uma medição precisa da vazão, mantém a velocidade constante do fluxo na câmara de sedimentação (desarenador). A tubulação de saída do sistema preliminar possui diâmetro nominal de 300 mm.

11.4 - TRATAMENTO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

JUSTIFICATIVA DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

A adoção do sistema citado neste trabalho é viável para as condições locais em virtude da disponibilidade de área e temperatura favorável. Além disso, por não exigir equipamentos especiais a serem adquiridos e capacitação especial de operadores, consideramos a solução proposta para o tratamento dos efluentes, a mais recomendada.

As dimensões das lagoas podem ser visualizadas nas plantas de detalhamento, bem como no memorial de cálculo.

QUADRO – DIMENSIONAMENTO DA LAGOA ANAERÓBICA

Lagoa Anaeróbia	
DBO =	3600 Carga de DBO afluente em mg/l = g/m ³
Q =	44,21 Vazão afluente em m ³ /dia
•v =	250 taxa de aplicação volumétrica (gDBO ₅ /m ³ .dia)
h =	4,5 Profundidade em metros
Carga de DBO afluente (L) = 159156,00 g/dia = 159,156kg/dia	
Volume =	636,624m³
Tempo de detenção	14,4dias
Largura=comprimento =	14,5 m sendo que será usado 15 m

Em função da taxa de aplicação superficial, a área requerida para a lagoa é:

$$A(\text{ha}) = L/L_s$$

Em que:

L é a carga de DBO aplicada (kgDBO₅/dia)

L_s é a taxa de aplicação superficial (kg/DBO₅/ha.dia)

Uma vez determinada a área, A, da lagoa facultativa, estima-se uma profundidade, h, para a mesma, calcula-se o seu volume, V, e, com a vazão de entrada, Q, calcula-se o tempo de detenção (t):

$$T = V/Q$$

Com o tempo de detenção, a eficiência da lagoa facultativa pode ser avaliada pela expressão:

$$L_p = L_o/(1 + K \cdot t)$$

Em que:

L_o é a porcentagem de DBO afluente (100%)

L_p é a porcentagem de DBO efluente

K é o coeficiente de desoxigenação e

t é o tempo de detenção

O coeficiente K depende das características da matéria orgânica, da temperatura e da presença de substâncias inibidoras. Para água residuária concentrada, Sperling (1996) recomenda valores entre 0,35 e 0,45, à temperatura de 20°C. Conservadoramente, no projeto, adotou-se K₂₀ = 0,10.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

Em relação à temperatura, Sperling (1996) propõem a seguinte expressão:

$$K = K_{20} \cdot \phi^{(T-20)}$$

Em que:

$$\phi = 1,0$$

$$K_{20} = 0,1$$

O Quadro abaixo apresenta os cálculos do dimensionamento da lagoa facultativa.

Em vista destes cálculos, adotar-se-á uma lagoa facultativa com profundidade de 1,5m, “free-board” de 0,5m, taludes de 2(V):1(H), 40m de largura e 80 m de comprimento.

QUADRO – DIMENSIONAMENTO DA LAGOA FACULTATIVA

Lagoa Facultativa				
Taxa de Aplicação Superficial				
T =	20,5	Temperatura média do ar em graus centígrados		
DBO =	1800	Carga de DBO afluente em mg/l = g/m³		
Q =	44,21	Vazão afluente em m³/dia		
h =	1,5	Profundidade em metros		
L =	79,578	kgDBO/dia		
Ls =	278,47	kgDBO/ha.dia	(Mara e Pearson, 1995)	
Ls =	608,40	kgDBO/ha.dia	(Mara, 1972)	Taxa de Aplicação Superficial
Ls =	434,00	kgDBO/ha.dia	(Arthur, 1983)	
Ls =	184,97	kgDBO/ha.dia	(Gloyna, 1971)	
Ls =	358,37	kgDBO/ha.dia	(Mara, 1996)	
Ls médio =	250,00	Taxa da aplicação superficial		
A = 3183,12m²		L = 39,9 m	C = 79,8 m	
Tempo de Detenção (t)				
V = 4512,143m³				
t = 102,06 dias				
DBO solúvel efluente				
K ₂₀ =	0,10	coeficiente de remoção de DBO/dia		
.. =	1,000	coeficiente de temperatura		
K =	0,10			
S =	8,92 %			
Eficiência =		91.08 %		

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

CALCULOS DOS VOLUMES DE CORTE A ATERRO PARA IMPLANTACAO DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DO CHOUME A SER GERADO NO ATERRO SANITARIO.

VOLUME DE CORTE PARA LIMPEZA DA AREA PARA IMPLANTACAO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHORUME		
PROFUNDIDADE DE CORTE (m)	AREA DE CORTE (m ²)	VOLUME DE CORTE (m ³)
0,25	9480	2370

CALCULO DO VOLUME DE CORTE PARA CONSTRUCAO DA LAGOA FACULTATIVA			
SECAO	PROFUNDIDADE(m)	AREA (m2)	VOLUME (m3)
1	0,8	155,37	124,296
2	0,75	250,7	188,025
3	1,2	290,06	348,072
4	1,8	299,963	539,9334
5	1,8	217,2	390,96
VOLUME TOTAL DE CORTE			1591,2864

CALCULO DO VOLUME DE ATERRO PARA CONSTRUCAO DA LAGOA FACULTATIVA			
SECAO	PROFUNDIDADE (m)	AREA (m2)	VOLUME
1	2,5	1041,9	2604,675
2	3,1	974,03	3019,502
3	3,8	898,09	3412,742
4	3,83	761,87	2917,962
5	4,85	772,1	3744,685
		4448	
VOLUME TOTAL DE ATERRO			15699,57

VOLUME DE CORTE PARA IMPLANTACAO DA LAGOA ANAEROBICA			
SECAO	PROFUNDIDADE (m)	AREA DE CORTE (m2)	VOLUME DE CORTE (m3)
1	3,3	98,85	326,205
2	4,05	127,206	515,1843
VOLUME TOTAL DE CORTE			841,3893

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

VOLUME DE ATERRO PARA IMPLANTACAO DA LAGOA ANAEROBICA			
SECAO	PROFUNDIDADE (m)	AREA DE ATERRO(m2)	VOLUME DE ATERRO (m3)
01	2,5	168,8	422
02	2,8	190,4	533,12
VOLUME TOTAL DE ATERRO			955,12

Em anexo apresentam as plantas do sistema de tratamento do chorume gerado no aterro sanitário.

11.5 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME

Serão implantadas canaletas meia cana de 60 cm de drenagem pluvial no pé de cada talude do sistema de tratamento dos efluentes gerados no aterro sanitário.

CANALETA MEIA CANA DE 60 cm NA COTA 299,5 DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERFAZENDO UM DISTANCIA TOTAL DE 475,9 m;

CANALETA MEIA CANA DE 60 cm NA COTA 294,5 DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PERFAZENDO UM DISTANCIA TOTAL DE 357,8m;

11.6 – INFRA-ESTRUTURA DE APOIO

11.6.1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ISOLAMENTO DA ÁREA ONDE SERÁ IMPLANTADO O ATERRO SANITÁRIO

Na entrada do terreno do aterro controlado e da usina de triagem e compostagem, possui única passagem onde será construída uma guarita com cancela (porteira) para o controle de acesso ao local. No Anexo encontra-se o projeto construtivo da guarita. Toda a área do aterro controlado é cercada, havendo uma única passagem, pela qual entram os caminhões e pessoal para serviço. Essa cerca é de arame farpado com 4 fios e afastando-se 1 m para dentro do terreno, haverá a implantação de cerca viva (Sansão do campo).

No local onde será implantado o aterro sanitário também o perímetro do mesmo será todo cercado com cerca de arame farpado de seis fios e será implantada cerca viva de sansão do campo em todo perímetro da área. Na entrada do aterro sanitário e da usina de triagem mais especificamente na guarita será instalada uma balança com

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

capacidade de 32 toneladas do tipo automática, para pesagem dos resíduos para que seja feito o controle deste na entrada. Na entrada também será instalada uma cancela com vigilância de 24 horas para evitar entrada de resíduos de origem desconhecida no local.

11.6.2 - ESCRITÓRIO

Para operação do aterro sanitário será usado o mesmo escritório que atende atualmente a usina de triagem. Nesta edificação já possui uma área destinada a administração (um sala), possui cozinha / refeitório, sanitário / vestiário masculino e feminino. Os efluentes de cada uma destas edificações serão coletados pelo sistema fossa filtro que será construído.

11.6.3 - DESCRIÇÃO DAS FONTES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA DA UNIDADE.

O abastecimento de água para o empreendimento é feito através da captação de água a partir de um ponto a jusante através de um poço raso (cisterna) próximo ao curso d'água existente no local e é transportada por gravidade a uma distância de aproximadamente é armazenada através de caixa d'água de 5000 litros. O consumo de água previsto para o empreendimento é de 3000 litros por dia para lavagem e limpeza da área administrativa, das instalações da usina, lavagem dos equipamentos, vasos sanitários, etc. A água para consumo humano será captada nas estações de tratamento de água do município e será transportada em caminhões pipa até o local do empreendimento e armazenada em caixa d'água de 3000 litros separada da água para limpeza e outras finalidades.

Próximo ao local de implantação do aterro sanitário já possui rede elétrica que atende a usina de reciclagem e ao aterro controlado, sendo que a mesma atenderá perfeitamente as necessidades do aterro sanitário.

11.6.4 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS, VEÍCULOS E NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS PREVISTOS PARA OPERAÇÃO DO ATERRO E DA USINA DE RECILCAGEM

A prefeitura municipal de Muriaé conta com 08 caminhões prensa para coleta e transporte do lixo até o aterro controlado e a usina de triagem de lixo, a coleta é feita de segunda feira a sábado em todos os bairros da cidade e nos distritos. A frequência de coleta para

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

os resíduos de origem domiciliar, comercial e pública é de segunda a sábado na região central e nos bairros Barra e Porto e em outros bairros em dias alternados.

Para preparação da área, espalhamento, compactação e recobrimento do lixo possui um trator de esteira, um trator de pneus com scraper, uma retroescavadeira e esporadicamente uma pá carregadeira e um trator de esteira. Todos estes equipamentos serão usados na implantação e operação do aterro sanitário.

Para o correto funcionamento do Aterro Sanitário de Muriaé, será necessário a aquisição de dois caminhões de 17 toneladas acoplados com compactador de lixo de 13 m³; um veículo para coleta de resíduos de saúde; um caminhão para coleta seletiva e um trator Scraiper.

A Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos de operação mecânica, compõe-se basicamente de um galpão com um conjunto de silo, esteira para triagem do resíduo coletado, um depósito para reserva de material reciclado (conjunto de baias). **Para adequar a usina será construído o pátio para compostagem do material orgânico, ampliação da correia transportadora, melhoria na área administrativa, melhoria nos sanitários e construção do sistema de tratamento dos efluentes a serem gerados no pátio compostagem, na área de separação, na área administrativa, no abrigo de equipamentos.**

A seleção dos componentes do lixo é feita manualmente por funcionários dotados de equipamentos EPI (luvas, máscaras, avental e botas). Quanto ao material para compostagem o mesmo será triturado em partículas da ordem de 2,5 cm e em seguida será feito o peneiramento do material.

A prensagem do material segregado (os recicláveis) será feita através de prensa hidráulica de 30 t. Será utilizada também uma balança de 50 kg para pesagem do material reciclado. Os resíduos sólidos chegarão na UTC através de caminhões com carroceria, compartimentado que efetuará a coleta seletiva a ser implantado na cidade.

No aterro sanitário irão trabalhar, um administrador do aterro e da usina (engenheiro responsável), dois auxiliares administrativos, dois vigias, quatro operadores de trator, dois operadores de retroescavadeira, dois operadores de pá carregadeira, um encarregado do aterro, um ajudante e um auxiliar de serviços gerais.

Na usina trabalharão 30 separadores de resíduos e um encarregado (toda essa equipe será da cooperativa de catadores que já trabalham na usina do município).

11.6.5 - COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS

Com o propósito de diminuir o volume ocupado pelos resíduos, bem como aumentar a sua resistência e diminuir a sua condutividade hidráulica, faz-se necessário compactá-los diariamente à medida que são depositados em células. Tal compactação deverá ser feita com trator de esteira apropriado, pesando, no mínimo, 20 toneladas, que deverá passar entre 3 a 5 vezes sobre camadas de até 1,5m de espessura de resíduos. Ressalta-se que tal procedimento é fundamental para um bom desempenho do projeto.

11.6.6 - LOCALIZAÇÃO, CUBAGEM E CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO

A execução das sondagens de investigação do subsolo, confirmou a presença de uma espessa camada de solo, cujas características serão descritas mais adiante, neste relatório. Esta espessa camada de solo, aliado ao projeto de aterro a ser desenvolvido na área selecionada, que prevê a adoção de rampas (plataformas) a serem escavadas, irá permitir que o solo escavado para a construção das valas e rampas seja utilizado como material de impermeabilização da base do aterro e recobrimento dos resíduos. Segundo dados iniciais do projeto, a quantidade de material necessária para o recobrimento diário dos resíduos e para construir as camadas de impermeabilização é muito inferior à quantidade de solo disponível para cobertura.

11.6.7. SISTEMA DE COBERTURA DOS RESÍDUOS

COBERTURA DIÁRIA

São muitos os benefícios advindos da execução da cobertura diária dos resíduos: promove uma melhor apresentação visual do aterro, melhora as condições de acesso à célula de lixo, reduz significativamente o transporte de lixo leve (papel, plástico, etc.) pelo vento, reduz consideravelmente os riscos de transmissão de vetores, diminui odores, reduz a ocorrência de pontos de fogo, etc..

A cobertura diária dos resíduos deverá ser realizada com uma camada de 20 cm dos solos escavados durante as escavações feitas para a abertura das plataformas.

COBERTURA FINAL

A cobertura final das plataformas deverá ser executada com uma camada de 60cm de espessura dos solos existentes no local e removidos para a abertura das plataformas. A camada de cobertura final não deve ser muito compactada para, desta maneira, ter uma razoável capacidade de aeração e armazenamento de água.

No topo desta camada de solo compactado, deverá ser colocada uma camada com cerca de 15cm de terra vegetal, ou terra rica em matéria orgânica que servirá como elemento adubador para o plantio de gramíneas.

O plantio de gramíneas naturais da região busca proteger superficialmente as áreas expostas dos taludes formados pelos resíduos e dos taludes naturais, proporcionando condições de resistência à erosão superficial e preservando as características da paisagem natural da área.

A espécie de grama a ser utilizada será a grama batatais (*paspalum notatum*) com a finalidade de cobrir uma área de aproximadamente um hectare. Para o plantio será utilizado o sistema de leivas, que consiste em transportar placas de gramas já desenvolvidas para plantio no local desejado. As placas são colocadas lado a lado e poderão ser fixadas com pequenas estacas de madeira para evitar o escorregamento. Para o bom desenvolvimento da grama, há necessidade de se espalhar sobre o talude uma camada de 5cm de terra vegetal, ou terra rica em matéria orgânica.

Deverá ser mantida vigilância sobre a área para que se preservem as obras e os sistemas de monitoramento, evitando-se a presença de pessoas não autorizadas.

11.7 – SERVIÇOS PRELIMINARES

11.7.1 – LIMPEZA DO TERRENO

No local destinado à implantação das plataformas de resíduos e do sistema de tratamento adotado, será realizada raspagem e limpeza do terreno, de modo a não deixar resíduos prejudiciais à correta execução dos serviços de terraplenagem, escavação e compactação das plataformas e das superfícies dos diques e dos taludes das lagoas. Este material rico em matéria orgânica será armazenado em local apropriado para ser utilizado na revegetação dos taludes e no recobrimento final das plataformas de resíduos.

11.7.2 – LOCAÇÃO DA OBRA

Serão implantados com marcos com cotas de nível perfeitamente definidas para demarcação dos eixos. A locação e o acompanhamento da obra será feita por equipe de topografia especializada. Equipe de topografia responsável pela demarcação da obra será contratada pela construtora responsável pela implantação da obra. Todos os serviços serão acompanhados e aprovados pelo DEMSUR.

11.7.3 – MOVIMENTO DE TERRA

Todo o movimento de terra será executado mecanicamente com o auxílio de retroescavadeira, rolo compactador, motoniveladora e trator de esteira de médio porte. O material a ser escavado para implantação da primeira plataforma serão usados para compactação da mesma, utilizados para construção do talude de proteção da base da plataforma, utilizados para aterro e compactação para construção das lagoas e o restante serão armazenados próximo a plataforma para ser usado no recobrimento dos resíduos a serem dispostos na plataforma.

Após a retirada do material que será utilizado para construção das estruturas de contenção (diques/talude), impermeabilização da superfície e da base das plataformas, construção das lagoas será efetuada adequada escarificação do fundo da lagoa e dos taludes e base das plataformas, de forma a obter uma ligação íntima do solo com o material a ser compactado. Vale ressaltar que o material encontrado no local é composto de camadas de argila com areia fina de cor avermelhada.

11.7.4 - CONSTRUÇÃO DOS TALUDES (DIQUES DE CONTENÇÃO) - ASPECTOS CONSTRUTIVOS

A profundidade máxima prevista da lagoa facultativa é de 2,00 m sendo 1,5 metros de profundidade útil. A maior parte do solo a ser usado na construção da lagoa facultativa será parte do solo escavado durante a construção da plataforma. Este solo vindo da plataforma deverá ser compactado com controle do grau de compactação (GC de 95%) em toda extensão da lagoa. Na lagoa anaeróbica a escavação máxima será de 5,0m sendo 4,5 m de profundidade útil. Uma parte do solo a ser usado na construção da lagoa anaeróbica será originário do solo escavado da plataforma. Este solo vindo da plataforma deverá ser

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

compactado com controle do grau de compactação (GC de 95%) em toda extensão da lagoa.

A constituição do solo nas profundidades previstas para escavação, é em geral de natureza Argilosa com areia fina.

Para impermeabilização das lagoas (anaeróbica / facultativa) serão usadas mantas de PEAD lisas com espessura de 2 mm em toda a extensão das mesmas.

MATERIAL DOS TALUDES

Os diques (taludes) serão construídos com solo do próprio local, com a retirada de eventuais camadas de solo onde fica constatada a presença de matéria orgânica ou pedregulhos.

INCLINAÇÃO DO TALUDE INTERNO

Como o solo a ser empregado para o fim exposto neste item é de natureza argilosa com areia fina, foi adotada uma inclinação de 1:1 (vert/horiz) tanto para o talude interno quanto para o talude externo.

COROAMENTO DO TALUDE (PISTA NA CRISTA DO TALUDE)

A largura adotada para o coroamento dos taludes das lagoas será de 2,50 metros e no caso do talude de suporte da plataforma de resíduo será de 3,0 m. Estas dimensões deve permitir a movimentação das máquinas durante a construção, o tráfego das equipes de manutenção e operação e a possibilidade de acréscimo da altura do dique, se necessário.

BORDA LIVRE

As bordas livres das lagoas terão alturas de 50 cm. A altura adotada visa a segurança contra o aumento de nível d'água além das condições de projeto e segurança contra o recalque do terreno devido ao eventual afundamento do próprio dique.

IMPERMEABILIZAÇÃO

Para impermeabilização da base da primeira plataforma ser utilizado manta PEAD texturizada de 2 mm.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

Será utilizado para impermeabilização do fundo e lateral das lagoas anaeróbicas e facultativa, ou seja, toda ela, manta PEAD lisa com espessura mínima de 2 mm.

CANTOS DOS TALUDES

As esquinas das lagoas deverão ser ligeiramente arredondadas visando facilitar a construção e a manutenção, e evitando pequenas zonas mortas.

Após a construção final das lagoas (anaeróbica e facultativa) será feita a revegetação com gramínea de todas as faces externas dos taludes para evitar o aparecimento de voçorocamento das estruturas.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Para evitar a ocorrência de zonas mortas e o desprendimento de gases mal cheirosos, as tubulações serão instaladas no fundo da lagoa de forma homogênea (três ramais). As tubulações terão diâmetro de 300 mm, apoiadas em placa de concreto fixada no fundo da lagoa no local de descarga do efluente, para evitar o solapamento do fundo da lagoa.

DISPOSITIVOS DE SAÍDA:

Os dispositivos de saída serão de nível variável (stop-logs), com placas defletoras situadas a 50 cm abaixo do NA, evitando assim a saída de material flutuante.

Maiores detalhes a respeito do processo construtivo das lagoas devem ser analisados nas plantas anexadas a este relatório.

11.8 - ASPECTO GERAIS NAS LAGOAS ANAERÓBICA / FACULTATIVA

- A operação principal de uma lagoa de tratamento é o controle da altura do NA (profundidade da lâmina). Nos meses em que a temperatura é baixa ou com tempo continuamente nebuloso, a lagoa deverá operar em profundidade mínima. No verão, em dias ensolarados e com pouca nebulosidade, a lagoa deverá operar com a profundidade máxima.
- A lagoa facultativa bem operada deverá ter oxigênio dissolvido em toda massa atingida pela radiação luminosa.
- Deverá ter coloração predominantemente verde. E pelo fato de estar recebendo um efluente praticamente desprovido de sólidos (percolado das trincheiras), deverá ser observado o provável e eventual aparecimento de sólidos em suspensão.

- O aparecimento de uma cor verde azulada ou mesmo de manchas verdes intensas indica proliferação excessiva de algas. Estas manchas deverão ser eliminadas com jato de mangueira, evitando assim o aparecimento de maus odores e alterações na concentração de oxigênio dissolvido, fato observado quando estas manchas aumentam de forma considerável.
- Havendo vazamento de água através dos taludes, isso deverá ser corrigido com aplicação de argila compactada nos pontos de vazamento.
- De maneira alguma deverão existir vegetais no interior da lagoa facultativa.

Obs: Os aspectos gerais das lagoas foram retirados do livro: Tratamento de esgotos domésticos – Jordão e Pessoa (1995).

11.9 - RECOMENDAÇÕES PARA O INÍCIO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO

• CARREGAMENTO DAS LAGOAS

O carregamento deverá ser feito no verão em virtude das temperaturas mais altas. A água a ser utilizada para o carregamento será retirada do poço tubular a ser construído. O nível d'água deverá atingir 3 metros na lagoa anaeróbica e 1 metro na lagoa facultativa, e os dispositivos de saída bloqueados.

Após este procedimento, iniciar a introdução dos efluentes (efluente advindo das plataformas), até a lâmina prevista em projeto. Como o objetivo das lagoas é tratar efluentes de vazões intermitentes, está atendido o requisito de carregamento, efetuado com contribuições pequenas e continuadas.

O aparecimento de cor verde azulada ou mesmo de manchas verdes intensas indica proliferação excessiva de algas. Estas manchas deverão ser eliminadas com jato de mangueira, evitando assim o aparecimento de maus odores e alterações na concentração de oxigênio dissolvido, fato observado quando estas manchas aumentam de forma considerável.

Havendo vazamento de água através dos taludes, isso deverá ser corrigido com aplicação de argila compactada nos pontos de vazamento.

De maneira alguma deverão existir vegetais no interior da lagoa facultativa.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

11.10 - PROGRAMA DE MEDIÇÕES E AMOSTRAGENS

Todos os dados demonstrados no quadro abaixo devem ter aplicabilidade ao longo da vida útil das lagoas através da interpretação das informações coletadas. Deverão ser produzidos gráficos de acompanhamento do desempenho da lagoa, com intensa participação do operador. Todos estes parâmetros deverão ser utilizados pela empresa responsável pelo monitoramento do aterro sanitário.

Freqüência	Parâmetro	Local da determinação	Efluente Bruto	Lagoa anaeróbica - facultativa.	Efluente Tratado
Diária	Vazão afluente (m³/d)	<i>in situ</i>			
	Altura da lâmina d'água (m)	<i>in situ</i>			
	Temperatura do ar (°C)	<i>in situ</i>			
	Temperatura do líquido (°C)	<i>in situ</i>			
	Penetração da luz (m)	<i>in situ</i>			
	PH	<i>in situ</i>			
	Sólidos sedimentáveis (ml/l)	<i>in situ</i>			
	Oxigênio dissolvido (mg/l)	<i>in situ</i>			
Mensal	DBO total (mg/l)	Laboratório			
	DBO solúvel (mg/l)	Laboratório			
	DQO total (mg/l)	Laboratório			
	DQO solúvel (mg/l)	Laboratório			
	NMPcoliformes (NMP/100 ml)	Laboratório			
	Sólidos em susp totais (mg/l)	Laboratório			
	Sólidos em suspensão voláteis (mg/l)	Laboratório			
Mensal	Nitrogênio orgânico (mg/l)	Laboratório			
	Nitrogênio amoniacal (mg/l)	Laboratório			
	Nitratos (mg/l)	Laboratório			
	Fósforo (mg/l)	Laboratório			
	Sulfatos (mg/l)	Laboratório			
	Sulfetos (mg/l)	Laboratório			
	Alcalinidade (mg/l)	Laboratório			
	Óleos e graxas	Laboratório			
Eventuais	Principais gêneros de algas	Laboratório			
	Vazão horária (m³/h)	<i>in situ</i>			

Quadro: Planilha de medições e amostragens.

11.11 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM E REMOÇÃO DE GASES:

Foi prevista a construção de drenos verticais para o biogás sobre as linhas de drenagem do chorume. A execução desses drenos se faz com o auxílio de manilha de concreto, espessura de 1/8", diâmetro de 30 cm, comprimento de 2,50 m, colocados verticalmente e enchidos com brita nº 4. À medida que as camadas de lixo em sua volta venham se sucedendo, o tubo deve ser progressivamente içado, através de alças dispostas em sua extremidade superior, deixando na massa de aterro a “chaminé” de brita, que se constituirá no caminho natural de percolação do biogás, através do lixo, em seu movimento ascendente.

Os drenos de biogás devem ser dispostos sobre a linha de drenagem de biogás, com um em cada encontro do dreno principal com o dreno secundário e sua construção se realizará progressivamente, concomitante com a construção das plataformas do aterro.

Quando estiver completa cada plataforma, os drenos que não tiverem continuidade devem receber uma proteção por manilha ou tubo de concreto para evitar acidentes de trabalho.

12.0 - MÉTODOS CONSTRUTIVOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA IMPLANTACAO DO ATERRO SANITARIO

1. Introdução

1.1.As especificações descritas a seguir referem-se às obras e serviços de Implantação do Aterro Sanitário, do Município de Muriae, MG.

1.2.A execução desta obra deverá obedecer:

- a) Às Normas Gerais para Serviços de Implantação do Aterro Sanitário a ser fornecido pelo DEMSUR
- b) Ao projeto, desenho e plantas fornecidas pelo CONTRATANTE.
- c) Às Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- d) Às presentes Especificações e Instruções complementares que forem fornecidas pela fiscalização.

1.3.Nesta especificação, assim como em outros documentos a ele referentes, denominam-se:

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

CONTRATANTE: DEMSUR, para a qual serão executados os serviços cobertos por esta especificação.

DEMSUR: Departamento Municipal de Serviços Urbanos – Autarquia responsável pelos serviços de saneamento do Município e normatizador dos serviços a ele correlatos.

FISCALIZAÇÃO: Entidade ou pessoal habilitado e credenciada pelo CONTRATANTE para acompanhar a execução dos serviços e agir em seu nome.

CONSTRUTOR, CONSTRUTORA OU EMPREITEIRO: Empresa ou Consórcio designado para a execução do serviço.

2. Canteiro de obras e serviços preliminares

2.1. No local onde vai ser implantado o Aterro Sanitário deverá ser implantar uma unidade administrativa de campo para abrigar as instalações provisórias, que deverão somar um mínimo de 60m² e deverão estar previstos áreas para:

- a) Escritório para CONSTRUTORA e FISCALIZAÇÃO;
- b) Locais apropriados à estocagem dos materiais necessários à execução da obra;
- c) Almoxarifado(s) para a guarda de equipamentos miúdos, utensílios, peças e ferramentas;
- d) Instalações sanitárias, vestiário e refeitório para todo o pessoal da obra;
- g) Ligação provisória de energia elétrica e instalações necessárias ao adequado fornecimento, transformação e condução da energia elétrica (luz e força);
- h) Ligação provisória de água e esgoto e a respectivas instalações necessárias ao adequado funcionamento das instalações sanitárias e saneamento do canteiro (Deverão ser instalados banheiros químicos).

A CONSTRUTORA apresentará à FISCALIZAÇÃO, antes da instalação do canteiro, um “croquis” para aprovação prévia.

2.2. Ao decorrer da obra, ficará por conta e a cargo da CONSTRUTORA as limpezas das instalações, móveis utensílios das dependências da FISCALIZAÇÃO e a reposição do material de consumo necessário (carga do extintor de incêndio, produtos para higiene ambiente e pessoal, etc).

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

- 2.3. Todo e qualquer ônus decorrente direta ou indiretamente das ligações de água, luz e força e dos respectivos consumos, será de inteira responsabilidade da CONSTRUTORA e não poderá ser invocado, sob qualquer motivo ou pretexto, falta ou insuficiência de água ou energia elétrica por parte da CONSTRUTORA, pois esta deverá estar adequada e suficientemente aparelhada para o seu fornecimento.
- 2.4. A CONSTRUTORA será responsável, até o final da obra, pela adequada manutenção e boa apresentação do canteiro de trabalho e de todas as suas instalações, inclusive especiais cuidados higiênicos com os compartimentos sanitários do pessoal.
- 2.5. CONSTRUTORA deverá fornecer e colocar 01 (uma) placa de 2,50 X 3,00 metros, em local a ser determinado pela Fiscalização, de acordo com o modelo do CONTRATANTE
- 2.6. Antes de instalar o canteiro a CONSTRUTORA deverá providenciar a limpeza o destocamento, o acerto do terreno e remoção da camada para um local adequado para poder ser usado para recobrimento do local após o termino da obra.
- 2.7. A locação da obra deverá ser feita a partir da referência topográfica que será fornecida pelo CONTRATANTE dentro do canteiro de obras e, a marcação da posição de cada unidade do aterro sanitário e devera ser feita com aparelhos de topografia de alta precisão.
- 2.8. Os serviços que constam na planilha de quantidades serão medidos de acordo com quantidade especificada e pagos quando executados de acordo com a cotação feita pelo empreiteiro, no entanto, a manutenção do canteiro e a execução de itens não cotados, deverão ser diluídos em outros itens que serão executados durante as obras.
- 2.9. Todo e qualquer ônus decorrente direta ou indiretamente das ligações de água, luz e força e dos respectivos consumos, será de inteira responsabilidade da CONSTRUTORA e não poderá ser invocado, sob qualquer motivo ou pretexto, falta ou insuficiência de água ou energia elétrica por parte da CONSTRUTORA,

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

pois esta deverá estar adequada e suficientemente aparelhada para o seu fornecimento.

2.10. A CONSTRUTORA será responsável, até o final da obra, pela adequada manutenção e boa apresentação do canteiro de trabalho, fixo ou móvel, e de todas as suas instalações, inclusive especiais cuidados higiênicos com os compartimentos sanitários do pessoal e a respectiva manutenção ou conservação.

3. Serviços técnicos a serem executados pela CONSTRUTORA

3.1. Assistência Técnica Permanente

A CONSTRUTORA deverá manter no serviço, um engenheiro com experiência comprovada para os tipos de serviços que são propostos na presente especificação, devidamente registrado no CREA, devendo indicá-lo ao CONTRATANTE, fornecendo o número do registro naquele Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura. Este engenheiro não poderá se ausentar das obras, em hipótese alguma, por mais de 3 (três) dias consecutivos ou não.

3.2. Serviços topográficos.

Os Serviços Topográficos de demarcação e acompanhamento da obra serão de inteira responsabilidade da CONSTRUTORA. Os RNs da planta de marcos fornecida pela FISCALIZAÇÃO.

3.3. Serviços Tecnológicos

Os serviços tecnológicos de campo ou laboratório, que se fizerem necessários, serão executados pela CONSTRUTORA, de modo a atender esta especificação e as Normas de ABNT, principalmente no que se refere ao controle de compactação de solo. Os serviços serão pagos pela fiscalização após a execução comprovada de acordo com o preço orçado.

3.4. Trânsito e Segurança

A CONSTRUTORA tomará todas as providências necessárias para prevenir possíveis acidentes que possam ocorrer por falta ou deficiência de sinalização

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

e/ou proteção das obras, assumindo total responsabilidade sobre eventuais acidentes e deverá observar:

- 3.4.1 Manutenção permanentemente, durante 24 horas, em todas as frentes de serviços, sistema de vigilância efetuado por pessoal devidamente habilitado e uniformizado.
- 3.4.2 A sinalização deverá obedecer às posturas municipais e exigências de outros órgãos públicos locais. Neste caso, independentemente do que for exigido, no mínimo deverá existir sinalização preventiva com placas indicativas, cones de sinalização (borracha). Para serviços noturnos, devem-se utilizar dispositivos luminosos de luz intermitente ou fixa, dependendo da periculosidade do local, bem como a duração dos trabalhos e facilidade de implantação desses dispositivos.
- 3.4.3 A medição será por unidade definida na planilha de orçamento, os itens não definidos e que o empreiteiro achar conveniente executar deverão ser diluídos nos serviços correspondentes aprovados pela fiscalização.
- 3.4.4 Antes de iniciar os serviços de implantação do aterro sanitário a construtora deverá fazer as adequações necessárias (aberturas, drenagem, cascalhamento, etc) na estrada de acesso ao local do aterro. O pagamento somente será efetuado após aprovação da fiscalização.
- 3.4.5 Após a adequação da estrada de acesso ao local de implantação do aterro sanitário a construtora deverá fazer a cerca de arame farpado de 4 fios (com mourão tratado e instalado de 2 em 2m) em todo perímetro do aterro sanitário e em seguida fazer o plantio da cerca viva. O pagamento somente será efetuado após aprovação da fiscalização.
- 3.4.6 Todos os taludes da estrada de acesso ao aterro sanitário deverão ser revegetados com gramínea conforme proposto na planilha orçamentária (os taludes serão revegetados a partir da guarita).
- 3.4.7 A balança de pesagem de resíduo de 32 t será adquirida e instalada com todos os acessórios necessário para o perfeito funcionamento pela construtora. A construtora entregará a balança com todos os acessórios e equipamentos em perfeito funcionamento. Sendo que o pagamento será feito após a aprovação da fiscalização.

4.0 – GUARITA

A base da guarita será feito com concreto conforme proposto na planilha orçamentária.

A alvenaria será em tijolos furados de 10x20x20, ou blocos de concreto 10x20x40 ou 20x20x40 assentes com argamassa de saibro cimento no traço 1;8.

As paredes externas, as internas e todos os tetos serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 e posteriormente revestidas com argamassa paulista traço 1:4, cimento e areia na espessura de 2cm e em seguida deverá realizar a pintura (externa e interna) da mesma.

As paredes do sanitário serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, desgrossadas com argamassa/emboço cimento e saibro no traço 1:8 e posteriormente assentado azulejo branco de primeira qualidade, colado com argamassa colante.

Os pisos,serão cimentados com argamassa 1:3 e levarão revestimento com ladrilho cerâmico anti-derrapante, de 11 x 24 cm e espessura de 13 mm, assentes e rejuntados com argamassas próprias.

As Instalações elétricas e hidro-sanitárias seguirão as quantidades de aparelhos definidas nas planilhas orçamentárias.

Todas as janelas e portas seguirão as quantidades seguidas na planilha orçamentária.

Todas as paredes internas e tetos serão pintados com duas demãos de tinta acrílica sobre massa corrida e selador e todas as paredes externas será aplicada pintura acrílica texturizada hidro-repelente.

Após a colocação da laje pré moldada será feita a cobertura com telha de fibro cimento conforme proposto na planilha orçamentária.

Energia Elétrica e Iluminação, seguira as quantidades e especificações nas planilhas orçamentárias.

A fossa filtro seguira a especificação nas planilhas orçamentárias.

As instalações hidráulicas seguiram as quantidades e especificações nas planilhas orçamentárias.

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

Demais elementos e detalhes estão com as quantidades e especificações definidas nos desenhos e na planilha de quantidades e qualidade. Qualquer mudança nas quantidades e qualidade de materiais a construtora deverá comunicar a fiscalização.

5.0 - Execução das escavações a aterros

A CONSTRUTORA deverá executar os serviços de escavação e aterro da via de acesso, lagoas, plataforma, drenos de chorume, drenagem pluvial, etc.

5.1- Escavações:

As escavações e aterros em geral para implantação da obra do aterro sanitário, serão executadas conforme os melhores procedimentos, sendo para as escavações mecânicas empregadas trator de esteira com alta capacidade de corte no mínimo D6D, motoscrapers, motoniveladoras, escavadeiras, retroescavadeiras, rolo compactador, compactador de pequeno porte para compactação de valas e para as escavações manuais ferramentas apropriadas e seguras e deverão estar de acordo com o que segue:

Os cortes e os aterros deverão ser acompanhadas por equipe de topografia.

A Fiscalização fornecerá as disposições necessárias com relação a particularidades que se possam apresentar caso por caso.

A declividade dos taludes no decorrer das escavações e dos aterros deverão seguir as seções topográficas de corte e aterro, caso seja necessário alguma mudança deverá ser comunicado a fiscalização antes de iniciar a mesma.

Os trabalhos de escavação serão executados de acordo com as presentes especificações, desenhos do projeto ou eventuais modificações fornecidas pela Fiscalização.

As escavações a serem realizadas compreenderão escavações em terra ou moleto, rocha ou embaraço d'água, assim classificadas:

Escavações em terra ou moleto: sob a denominação de terra ou moleto entendem-se todos os materiais que não necessitem de meios especiais para a sua extração. Incluem-se nesta classificação, além da terra propriamente dita, a piçarra, o

DEMSUR – RCA / PCA ATERRO SANITÁRIO USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MURIAÉ

cascalho, os xistos argilosos, o grês mole, a rocha decomposta e todos os materiais semelhantes. Estão incluídos também, todos os blocos soltos de rocha ou material duro de volume aproximado de até 0,30 m³.

A Fiscalização fornecerá as disposições necessárias com relação a particularidades que possam apresentar caso por caso. O fundo e as laterais da plataforma e das lagoas de tratamento do chorume terão que ser perfeitamente regular e devidamente compactado com grau de compactação de 95%.

O material resultante das escavações e que não for empregado para os aterros, será imediatamente removido e dispostos em locais indicados pela Fiscalização. O custo deste transporte deverá ser diluído no custo de escavação.

Os trabalhos de escavação em geral sempre serão feitos de acordo com as presentes Especificações, desenhos dos projetos ou eventuais modificações fornecidas pela Fiscalização.

Os aterros serão executados com material proveniente da escavação da plataforma de lixo e das lagoas de tratamento. O aterro deverá ser compactado em camadas de 30 cm com compactador mecânico, pneumático ou motorizado. O solo a ser utilizado na construção do talude de contenção (dique) e na construção das lagoas de tratamento do chorume será proveniente da escavação da plataforma). O custo de transporte do material para construção do talude (dique) e das lagoas deverá ser diluído no custo de escavação.

Os tubos e conexões serão em PVC, colocados nas posições e diâmetros indicados nas plantas do sistema hidráulico.

Os drenos de chorume serão em tubos drenantes, PVC, diam=150 mm, envoltos em brita e geotextil.

Será também fornecido e montado pela CONSTRUTORA todo o sistema de medição de vazão. A calha parshall como as comportas de descarte, serão em fibra de vidro nas dimensões indicadas nas plantas do sistema hidráulico.

Em toda extensão do perímetro do aterro deverá ser plantada de 0,50 a 0,50 m, mudas de cerca vivas tipo esponjinha ou buganvília. A medição desses serviços será por metro linear para a cerca incluindo as mudas da cerca viva.

6.0 – SISTEMAS DO ATERRO SANITARIO

6.1 – ESTRADA DE ACESSO AO ATERRO SANITARIO: a estrada de acesso ao aterro sanitário devera ser toda reformada (incluindo drenagem pluvial, encascalhamento, bueiros. A reforma devera seguir as especificações da planilha orçamentária. Todos os serviços e seus respectivos custos serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.2 - PLATAFORMA DE DISPOSICAO DOS RESIDUOS: A Plataforma de disposição dos resíduos devera seguir as especificações das plantas e da planilha orçamentária (cortes, aterros, compactação, etc, inclui escavação da plataforma, compactação da plataforma, construção do talude de suporte de resíduos, transporte de solo escavado na plataforma ate o local de construção das lagoas onde o mesmo será espalhado e compactado, fornecimento e instalação das mantas texturizadas PEAD 2 mm, drenagem do chorume, compra dos tubos de drenagem, concreto, ferragem, mão de obra para construção, brita, escavação para as drenagens de chorume, drenagem pluvial com canaletas de concreto de 60 mm conforme dispostas na planta topográfica , todo os materiais, serviços e obras serão de responsabilidade da construtora). Todos os serviços, materiais e seus respectivos custos necessários para construção da plataforma de lixo serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.3 - DRENAGEM DE CHORUME: A drenagem do chorume devera seguir as especificações das plantas e da planilha orçamentária (inclui escavação da vala, compra dos tubos, fechamento das valas, brita, todo os materiais, necessários serviços e obras para implantação da drenagem do chorume serão de responsabilidade da construtora). Todos os materiais necessários para implantação da drenagem do chorume, serviços, e seus respectivos custos e o perfeito funcionamento serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.4 - DRENAGEM DOS GASES: Os drenos de gases deverão seguir as especificações das plantas e da planilha orçamentária (inclui escavação da vala, compra dos tubos, fechamento das valas, brita, instalação dos tubos, todo os materiais, serviços e obras serão de responsabilidade da construtora). Todos os serviços e seus respectivos custos para construção dos drenos de gases, perfeito funcionamento serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.5 – SISTEMA DE TRATAMENTO DO CHORUME: O sistema de tratamento do chorume deverão seguir as especificações das plantas e da planilha orçamentária. (inclui escavação e compactação das lagoas, fornecimento e instalação das mantas lisa PEAD 2 mm, construção dos vertedouros, caixa de areia, compra dos tubos de drenagem, concreto, ferragem, mão de obra para construção, brita, drenagem pluvial, instalações hidráulicas, todos os materiais, serviços e obras serão de responsabilidade da construtora). Todos os serviços e seus respectivos custos e o perfeito funcionamento do sistema serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.6 - REVESTIMENTO VEGETAL

Todos os taludes escavados e aterrado e outras áreas descoberta de vegetação serão revestidos com gramíneas. O revestimento vegetal será feito com grama, de preferência, tipo “batatais” folha lisa, em placas ou em mudas. No caso de plantio de grama por mudas o espaçamento será de 10cm e o terreno deverá estar previamente adubado e molhado e no caso de placas, essas serão aplicadas justaposição, sem espaçamentos, comprimidas contra o terreno e depois recobertas por camada de terra vegetal. A medição desse serviço será por metro quadrado de grama plantada. Todos os serviços e seus respectivos custos e o perfeito funcionamento serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.

6.7 - DRENAGEM PLUVIAL

A rede de drenagem pluvial a ser implantada no pé de todos os taludes formados durante os cortes e aterros (das lagoas, da plataforma e do talude da base do aterro) será em canaleta meia cana de concreto armado, diâmetro 60 cm tipo CA 1. A medição desse serviço será por metro de canaleta implantada.

Todos os serviços e seus respectivos custos e o perfeito funcionamento serão de inteira responsabilidade da construtora e os mesmos serão pagos após aprovação da fiscalização.