NOVO MEIO ENGENHARIA & CONSULTORIA LTDA.
SOLUÇÕES EM ENGENHARIA, SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE.






PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - PCA -

Todos por Paracatu
Prefeitura Municipal

VOL. 01/02
- CORPO DO RELATÓRIO E ANEXOS DO 01 AO 08 -

EMPREENDIMENTO:	ATERRO SANITÁRIO DE PARACATU/MG
EMPREENDEDOR:	PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU/MG
FASE DO LICENCIAMENTO:	LIC – LICENÇA DE INSTALAÇÃO CORRETIVA – PROCESSO Nº.: 00355/1998

JULHO DE 2010

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

Papel Reciclado Papel Reciclado

VOCÊ SABIA QUE.....

- *O papel corresponde a aproximadamente 20% dos resíduos produzidos pelo brasileiro;*
- *Para ficar branquinho, o papel sofre um clareamento químico que é um dos processos mais poluentes das indústrias de celulose;*
- *Apenas adotando o uso do papel dos dois lados podemos reduzir em até 50% o uso de papéis para impressão e escrita e, conseqüentemente, reduziremos também todos os impactos causados desde o corte de árvores até o descarte final do papel;*
- *No processo de reciclagem do papel, há uma redução considerável no consumo de energia e água, e na poluição da água e do ar, se comparado à fabricação do papel a partir da matéria-prima virgem:*
    - *1000 kg de papel reciclado = 20 árvores poupadas*
    - *1000 kg de papel reciclado = consomem 2000 litros de água*
    - *1000 kg de papel não reciclado = consomem 100 000 litros de água*

AGORA QUE VOCÊ JÁ SABE, FAÇA A SUA PARTE.....

- *Reduza, reutilize e recicle.....*
- *Pratique a coleta seletiva em sua casa ou empresa.....*
- *Utilize papel reciclado sempre que possível.....*



A NOVO MEIO ENGENHARIA JÁ PRATICA ESTAS AÇÕES

ÍTEM / CONTEÚDO **PÁG.**

1 - INTRODUÇÃO 6

2 – INFORMAÇÕES GERAIS 7

2.1 – DADOS DO EMPREENDEDOR 7
2.1.1 – Dados gerais do empreendedor 7
2.1.2 – Responsabilidade pela condução do processo de licenciamento ambiental 7
2.2 – DADOS DO EMPREENDIMENTO 7
2.3 – RESPONSABILIDADE PELO LICENCIAMENTO, ESTUDOS E PROJETOS 8
2.3.1 – Responsabilidade pela elaboração do PCA, projetos e licenciamento 8
2.3.2 – Equipe técnica multidisciplinar envolvida na elaboração do PCA 8
2.3.3 – Empresas responsáveis pelos estudos de base utilizados no PCA 9

3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL E SUCINTA DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO 10
3.1 – LOCALIZAÇÃO 10
3.2 – CARACTERÍSTICAS GERAIS 12
3.3 – ÁREA DE INFLUÊNCIA 14
3.4 – MANANCIAIS DE ÁGUA / RECURSOS HIDRICOS 17
3.5 – CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS E GEOLÓGICAS 22
3.6 – COBERTURA VEGETAL 29
3.7 – FAUNA 34

4 – CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO 41
4.1 – OBJETIVO DO EMPREENDIMENTO 41
4.2 – VIDA ÚTIL ESTIMADA 42
4.2.1 – Definição das populações de projeto 43
4.2.2 – Definição das taxas de geração de resíduos no município de Paracatu 46
4.2.3 – Estimativas de geração/disposição futura de RSU no Aterro Sanitário 47
4.2.3.1 – Estimativas de RDC gerados e aterrados 47
4.2.3.2 – Estimativas de RSS gerados e aterrados 51
4.2.3.3 – Estimativas de carcaças de animais mortos – AM coletadas e aterrados 53
4.2.3.4 – Estimativas do total de RSU gerados e aterrados 56
4.2.4 – Capacidade de aterragem/disposição final 58
4.2.5 – Vida útil e quantidade operacional estimada 58
4.3 – MEMORIAL DESCRITIVO 60
4.3.1 – Etapas de implantação / faseamento do empreendimento 62
4.3.2 – Aterro Sanitário/unidade de aterragem 67
4.3.2.1 – Especificações geométricas da unidade de aterragem 68
4.3.2.2 – Capacidade de aterragem e vida útil por etapas e por maciço 70
4.3.2.3 – Sistemas de impermeabilização da unidade de aterragem/aterro sanitário 72
4.3.2.4 – Sistemas de drenagem interna de percolados/chorume e de gases 77
4.3.2.5 – Sistema de drenagem superficial de águas pluviais na unidade de aterragem 91
4.3.2.6 – Monitoramento de percolados/chorume 92
4.3.2.7 – Monitoramento geotécnico 92

4.3.2.8 – Operações de aterragem e de recobrimento diário e final dos resíduos....93
4.3.2.9 – Controle operacional sobre a atração de avifauna....100
4.3.2.9.1 – Qualidade dos procedimentos de aterragem dos resíduos....101
4.3.2.9.2 – Recobrimento dos resíduos utilizando-se de solo e de lonas....101
4.3.2.9.3 – Utilização de fogos de artifício para afugentar as aves....102
4.3.2.9.4 – Pastoreio de aves....103
4.3.2.9.5 – Bandeirolas e/ou bonecos infláveis....103
4.3.2.9.6 – Novas ações que deverão ser estudas para aplicação futura....104
4.3.2.9.6.1 – Manejo de aves....104
4.3.2.9.6.2 – Instalação de corujas artificiais pela área....104
4.3.2.9.6.3 – Aves de rapina....105
4.3.2.10 – Estabilidade geotécnica de taludes....105
4.3.2.10.1 – Conceitos e hipóteses de análises....105
4.3.2.10.1.1 – Preliminares....105
4.3.2.10.1.2 – Instrumentação de aterros sanitários....106
4.3.2.10.1.3 – Influência da compactação dos RSU....107
4.3.2.10.1.4 – Peso específico dos RSU....110
4.3.2.10.1.5 – Parâmetros de compressibilidade dos RSU....111
4.3.2.10.1.6 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos RSU....111
4.3.2.10.1.7 – Parâmetros a serem adotados na análise de estabilidade....113
4.3.2.10.1.8 – Principais conclusões da literatura sobre estabilidade de taludes de RSU....117
4.3.2.10.2 – Estudo de estabilidade geotécnica realizado....118
4.3.2.10.2.1 – Modelo geotécnico utilizado....118
4.3.2.10.2.2 – Metodologia....119
4.3.2.10.2.3 – Geometria considerada....119
4.3.2.10.2.4 – Cenários considerados nos estudos de estabilidade geotécnica....120
4.3.2.10.2.5 – Parâmetros de cálculo considerados....121
4.3.2.10.2.6 – Configurações do sistema/software de cálculo....122
4.3.2.10.2.7 – Resultados e conclusões das análises de estabilidade....123
4.3.2.11 – Capacidade de carga de fundação....132
4.3.3 – Readequação e encerramento das áreas atuais de disposição final de lixo....134
4.3.4 – Aterro de Bota-fora operacional - BF....142
4.3.5 – Unidade de compostagem - UC....149
4.3.6 – Instalações, estradas e edificações de apoio administrativo e operacional....153
4.3.6.1 – Controle sobre o acesso ao empreendimento....153
4.3.6.2 – Controle sobre o acesso à ETE do empreendimento....157
4.3.6.3 – Edificações de apoio operacional e administrativo....157
4.3.6.4 – Sinalização interna ao empreendimento....161
4.3.6.5 – Estradas e vias de acesso internas....162
4.3.6.6 – Sistemas de comunicação interna e externa....164
4.3.6.7 – Sistema de abastecimento de água....165
4.3.6.8 – Fornecimento de energia elétrica....169
4.3.6.9 – Cinturão verde, paisagismo e recomposição de cobertura vegetal....170
4.3.6.10 – Viveiro de mudas....178
4.3.6.11 – Sistema de monitoramento da qualidade do lençol freático....178
4.3.6.12 – Estação meteorológica....180

4.3.7 – Coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes líquidos 181
4.3.7.1 – Vazões dos efluentes gerados 188
4.3.7.1.1 – Percolados gerados no aterro sanitário e no aterro controlado encerrado 188
4.3.7.1.2 – Efluentes gerados no pátio de compostagem 194
4.3.7.1.3 – Efluentes totais gerados 195
4.3.7.2 – Características (DBO/coliformes fecais) dos efluentes gerados 196
4.3.7.2.1 – Concentração de DBO 196
4.3.7.2.1.1 – Percolados gerados no aterro sanitário 196
4.3.7.2.1.2 – Percolados gerados no aterro controlado 197
4.3.7.2.1.3 – Efluentes gerados no pátio de compostagem 197
4.3.7.2.1.4 – Efluentes totais gerados 198
4.3.7.2.2 – Concentração de coliformes fecais - CF 198
4.3.7.3 – Dimensionamento do sistema de coleta e transporte de efluentes 199
4.3.7.4 – Estação de Tratamento de Efluentes - ETE 201
4.3.7.4.1 – Dispositivos de medição de vazões – DMV's 203
4.3.7.4.2 – Tratamento preliminar - TP 204
4.3.7.4.2.1 – Gradeamento fino 204
4.3.7.4.2.2 – Caixa de areia 204
4.3.7.4.3 – Leito de secagem - LS 206
4.3.7.4.4 – Tanques e lagoas de tratamento 207
4.3.7.4.4.1 – Tanques anaeróbios - TA 208
4.3.7.4.4.2 – Lagoas facultativas LFE e LFP 210
4.3.7.5 – Lançamento/disposição final dos efluentes tratados em sumidouros - S 215
4.3.8 – Sistema de drenagem superficial de águas pluviais 217
4.3.9 – Estimativas de custos e de cronograma de implantação 220
4.4 – PROJETOS TÉCNICOS 221

5 – MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL 222
5.1 – NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO DA ETAPAS/OBRAS 222
5.1.1 – No meio físico 222
5.1.1.1 – Recursos hídricos 222
5.1.1.2 – interferências no solo 224
5.1.1.3 – Poluição sonora 225
5.1.1.4 – Poluição atmosférica 226
5.1.1.5 – Poluição visual 227
5.1.2 – No meio biótico 228
5.1.2.1 – Na flora 228
5.1.2.2 – Na fauna 228
5.1.3 – No meio antrópico 229
5.1.4 – Encerramento do atual aterro controlado 231
5.2 – NA OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 233
5.2.1 – No meio físico 233
5.2.1.1 – Recursos hídricos 233
5.2.1.2 – interferências no solo 235
5.2.1.3 – Poluição sonora 237
5.2.1.4 – Poluição atmosférica 238

5.2.1.5 – Poluição visual....239
5.2.2 – No meio biótico....240
5.2.2.1 – Na flora....240
5.2.2.2 – Na fauna....241
5.2.3 – No meio antrópico....244

6 – PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL....248
6.1 – ASPECTOS GERAIS PARA REALIZAÇÃO DOS MONITORAMENTOS....248
6.2 – MONITORAMENTO DE ÁGUAS DE MANANCIAIS SUPERFICIAIS....250
6.3 – MONITORAMENTO DE MANANCIAIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS....250
6.4 – MONITORAMENTO DE EFLUENTES/PERCOLADOS/ESGOTOS....251
6.5 – MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DE USO OPERACIONAL....252
6.6 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS GERADO NA UNIDADE DE ATERRAGEM....253
6.7 – MONITORAMENTO DO RECOBRIMENTO DIÁRIO E FINAL DOS RESÍDUOS....253
6.8 – MONITORAMENTO GEOTÉCNICO....253
6.9 – MONITORAMENTO DA AVIFAUNA E DE VETORES....255
6.9.1 – Monitoramento da avifauna....255
6.9.2 – Monitoramento de vetores....255
6.10 – ACOMPANHAMENTO DA SAÚDE DOS FUNCIONÁRIOS....259
6.11 – CONTROLE DO ACESSO DE PESSOAS, VEÍCULOS E RESÍDUOS....259
6.12 – RECUPERAÇÃO PAISAGÍSTICA....260
6.13 – MONITORAMENTO DOS ASPECTOS CLIMÁTICOS....260
6.14 – MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO....260

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS....263

8 – BIBLIOGRAFIA....264

9 – ANEXOS....273
9.1 – PCA - VOLUME 01/02....273
ANEXO 01 – ART'S DA EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR RESPONSÁVEL PELO PCA....273
ANEXO 02 – ESTIMATIVA DO COMPORTAMENTO POPULACIONAL E DA GERAÇÃO DE LIXO....273
ANEXO 03 – CAPACIDADE DE ATERRAGEM DO ATERRO SANITÁRIO....273
ANEXO 04 – BALANÇO DE MASSA/SOLO E DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO....273
ANEXO 05 – QUANTITATIVOS DE REVEGETAÇÃO E PAISAGISMO....273
ANEXO 06 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS....273
ANEXO 07 – DIMENSIONAMENTO DA ETE....273
ANEXO 08 – PLANILHA DE CUSTO E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO....273
9.2 – PCA - VOLUME 02/02....273
ANEXO 09 – PROJETOS TÉCNICOS (APRESENTADOS EM PASTA/VOLUME SEPARADO)....273

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico tem como objetivo apresentar o **PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL – PCA** elaborado para o novo **ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL** a ser instalado no município de **PARACATU/MG** pela **PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU** visando a solicitação e obtenção de **LICENÇA DE INSTALAÇÃO – LI**, em caráter corretivo, para o empreendimento em questão junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, ao Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e à Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Noroeste de Minas Gerais – SUPRAMNOR.

Ressalta-se que os projetos técnicos do novo Aterro Sanitário de Paracatu aqui apresentados foram elaborados em conformidade com as seguintes normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT:

- NBR-13.896/1997 – Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;
- NBR-8.419/1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.

Além disto, a elaboração deste PCA orientou-se pelas disposições apresentadas no *"Termo de Referência para elaboração do Plano de Controle Ambiental – PCA - PCA-GER001"* disponibilizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Procurou-se, ainda, a concepção de um empreendimento viável dos pontos de vista econômico, financeiro e técnico e portador, antes de tudo, de compromisso ambiental e social.

Em resumo, com a implantação do novo Aterro Sanitário de Paracatu/MG, pretende-se regularizar a situação do atual depósito de lixo do município e viabilizar o tratamento e a disposição final adequados dos resíduos sólidos urbanos gerados e coletados no município por um período de aproximadamente 30 anos a partir do início da sua operação.

2 – INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 – DADOS DO EMPREENDEDOR

2.1.1 – Dados gerais do empreendedor

Razão social:	PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU/MG
CNPJ:	18.278.051/0001-45
Inscrição estadual:	Isenta
Endereço geral:	Av. Olegário Maciel, 166, Centro, Paracatu/MG, CEP: 38.600-000
Telefone/fax:	(38) 3672-1169 / (38) 3671-5334
E-mail:	claudiatorres.neto@hotmail.com / meioambiente@paracatu.mg.gov.br

2.1.2 – Responsabilidade pela condução do processo de licenciamento ambiental

Órgão:	SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTAL
Responsável:	Cláudia Araújo Torres
Cargo:	Secretária Municipal de Meio Ambiente
End. p/ correspond.:	Rua Candico Neiva, 112, Centro,Paracatu/MG, CEP: 38.600-000
Telefone/fax:	(38) 3672-1169 / (38) 3671-5334
E-mail:	claudiatorres.neto@hotmail.com / meioambiente@paracatu.mg.gov.br

2.2 – DADOS DO EMPREENDIMENTO

Nome:	ATERRO SANITÁRIO DE PARACATU/MG
Endereço:	Fazenda Várzea do Moinho, sem número, zona rural de Paracatu
Coord. geográficas:	E = 309.600,000 metros / N = 8.093.500,000 metros
	Datum horizontal: SAD 69
	Datum vertical: Imbituba/SC
	Meridiano: 45º WGr
	(Obs.: Coordenada de um ponto interno)

2.3 – RESPONSABILIDADE PELO LICENCIAMENTO, ESTUDOS E PROJETOS

2.3.1 – Responsabilidade pela elaboração do PCA, projetos e licenciamento

Empresa:	NOVO MEIO ENGENHARIA & CONSULTORIA LTDA
CPNJ:	07.409.769/0001-07
Inscrição estadual:	Isenta
Responsável:	Marcelo Batista Monteiro
Cargo:	Sócio-diretor
Formação técnica:	Engenheiro civil / sanitarista
Registro profissional:	CREA/MG nº. 75.715/D
Endereço:	Rua Marília de Dirceu, nº 226, sala 703, Lourdes
	CEP: 30.170-090 - Belo Horizonte/MG
Telefone/fax:	(31) 3373-8669
E-mail:	marcelo@novomeioengenharia.com.br
Site na internet:	www.novomeioengenharia.com.br

2.3.2 – Equipe técnica multidisciplinar envolvida na elaboração do PCA

- **MARCELO BATISTA MONTEIRO – Novo Meio Engenharia & Consultoria Ltda**
  - Engenheiro civil / sanitarista, especialista em meio ambiente, saneamento e recursos hídricos;
  - Coordenação da equipe, estudos e projetos, elaboração do PCA e dos projetos técnico-ambientais correspondentes e consultoria no processo de licenciamento ambiental.
- **CORNÉLIO ZAMPIER TEIXEIRA – Geoambiental Consultoria Ltda.**
  - Engenheiro civil / geotécnico, mestre e doutor em geotecnia;
  - Elaboração de estudos e diagnósticos ambientais e de proposições de medidas mitigadoras relacionados aos aspectos geotécnico-ambientais.

- Elaboração de estudos geotécnicos de estabilidade de taludes, de capacidade de carga de fundação e de definição dos sistemas de impermeabilização da unidade de aterragem.

- **JOSÉ CARLOS POSSAS – JCPossas Consultoria em Geologia de Engenharia Ltda.**
  - Geólogo, especialista geotécnica de barragens;
  - Elaboração de estudos e diagnósticos ambientais e de proposições de medidas mitigadoras relacionados aos aspectos geológico-ambientais.

- **EDIVANE CARDOSO DA SILVA**
  - Biólogo, mestre em geografia e doutor em Ecologia;
  - Elaboração de estudos e diagnósticos ambientais e de proposições de medidas mitigadoras relacionados ao meio biótico – fauna e flora.

2.3.3 – Empresas responsáveis pelos estudos de base utilizados no PCA

- **L&E TOPOGRAFIA**
  - Levantamento planialtimétrico e cadastral da área.

- **COPLAN**
  - Coleta de amostras de solo, ensaios geotécnicos de campo constituídos por furos de sondagem a percussão SPT e ensaios de permeabilidade “in situ” nos furos SPT.

- **ENGESOLO**
  - Execução de ensaios geotécnicos laboratoriais

- **BIOLÓGICA BIOTECNOLOGIA**
  - Execução de análises físico-químicas e bacteriológicas de amostra de água coletada no poço artesiano existente

3 – CARACTERIZAÇÃO GERAL E SUCINTA DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO

Neste tópico, serão apresentadas informações resumidas quanto às principais características da área de implantação e operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, em conformidade com os estudos apresentados e abordados no Relatório de Controle Ambiental - RCA correspondente ao presente PCA.

3.1 – LOCALIZAÇÃO

O novo Aterro Sanitário de Paracatu será instalado e operado em terreno localizado a leste da mancha urbana da cidade na área constituída pela Fazenda Várzea do Moinho, zona rural do município.

O terreno em estudo possui uma área total de 52,919 hectares e se localiza entre as seguintes coordenadas geográficas UTM (datum horizontal: SAD 69 / datum vertical: Imbituba/SC):

- E = 309.340,000 e 309.980,000 metros
- N = 8.092.970,000 e 8.094.080,000 metros

O acesso de veículos à área se dá através da rodovia federal BR-040, no sentido Paracatu-João Pinheiro, pela qual são percorridos aproximadamente 9,0 km até o entroncamento com a estrada que liga a BR-040 à localidade de Entre - Ribeiro. Deste ponto em diante, percorre-se um trecho asfaltado de aproximadamente 300 metros até a entrada, à esquerda, para uma estrada vicinal/municipal dotada de pavimentação primária na qual é percorrido um trajeto de aproximadamente 600 m até o portão de entrada da área de instalação do empreendimento em questão.

Observa-se que todas as estradas de acesso possuem características favoráveis e adequadas ao tráfego de veículos pesados, tanto quanto aos seus estados de conservação, quanto às declividades, traçados e larguras de pista.



FIGURA 01 *– Localização do município de Paracatu em relação ao Estado de Minas Gerais e ao Brasil.*

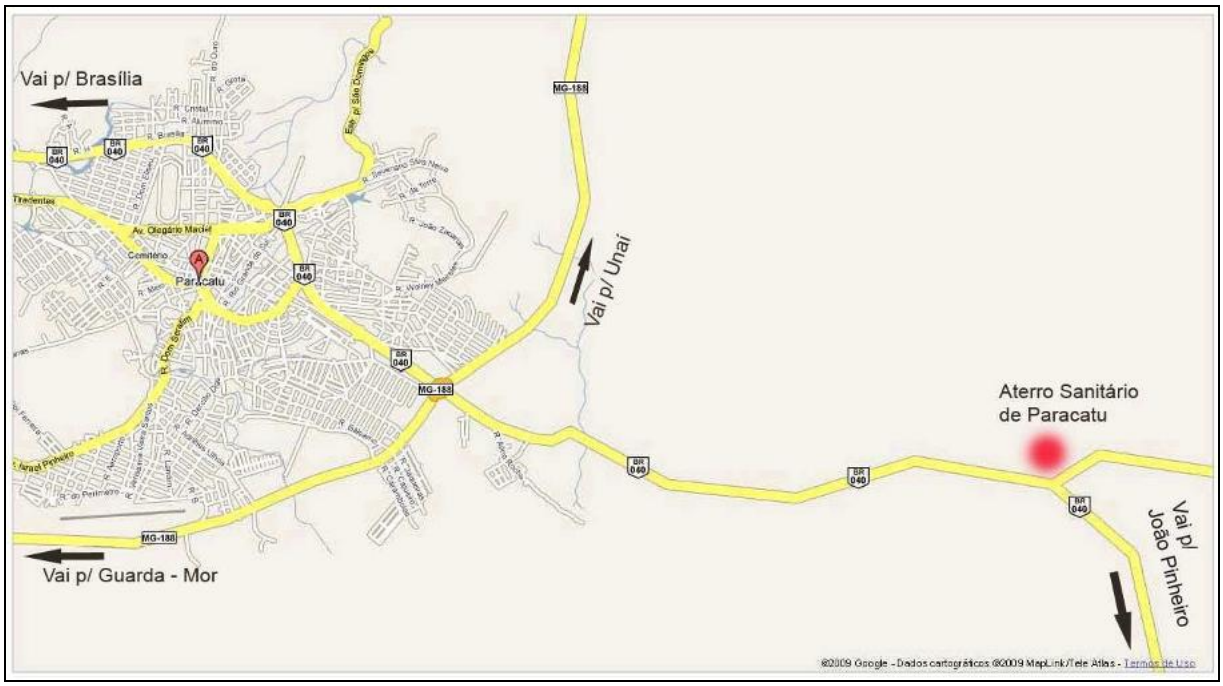


FIGURA 02 *– Localização da área do novo Aterro Sanitário de Paracatu em relação ao sistema viário regional.*

3.2 – CARACTERÍSTICAS GERAIS

O terreno de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu já é de propriedade da Prefeitura Municipal de Paracatu, ora empreendedora, sendo constituído pela Fazenda Várzea do Moinho localizada nas proximidades do entroncamento da rodovia BR-040 (em direção à Belo Horizonte) com a estrada de acesso a Entre-Ribeiros, na zona rural do município.

Um levantamento planialtimétrico e cadastral atualizado e detalhado da área de instalação do empreendimento foi elaborado em outubro de 2008 pelo técnico em agrimensura Roberto José Viana, CREA/MG 2.306/TD, através da empresa L&E Topografia, quando foi encontrada uma área total de 52,919 hectares.

A área investigada possui um relevo suave em toda a sua extensão e apresentando uma declividade média de aproximadamente 3,0% e declividades pontuais, máxima e média de aproximadamente 7,0% e 1,0% respectivamente. Não foram identificadas formações erosivas em nenhum ponto do terreno. Em relação ao nível do mar, a área se localiza entre as cotas altimétricas 690 e 720 metros.

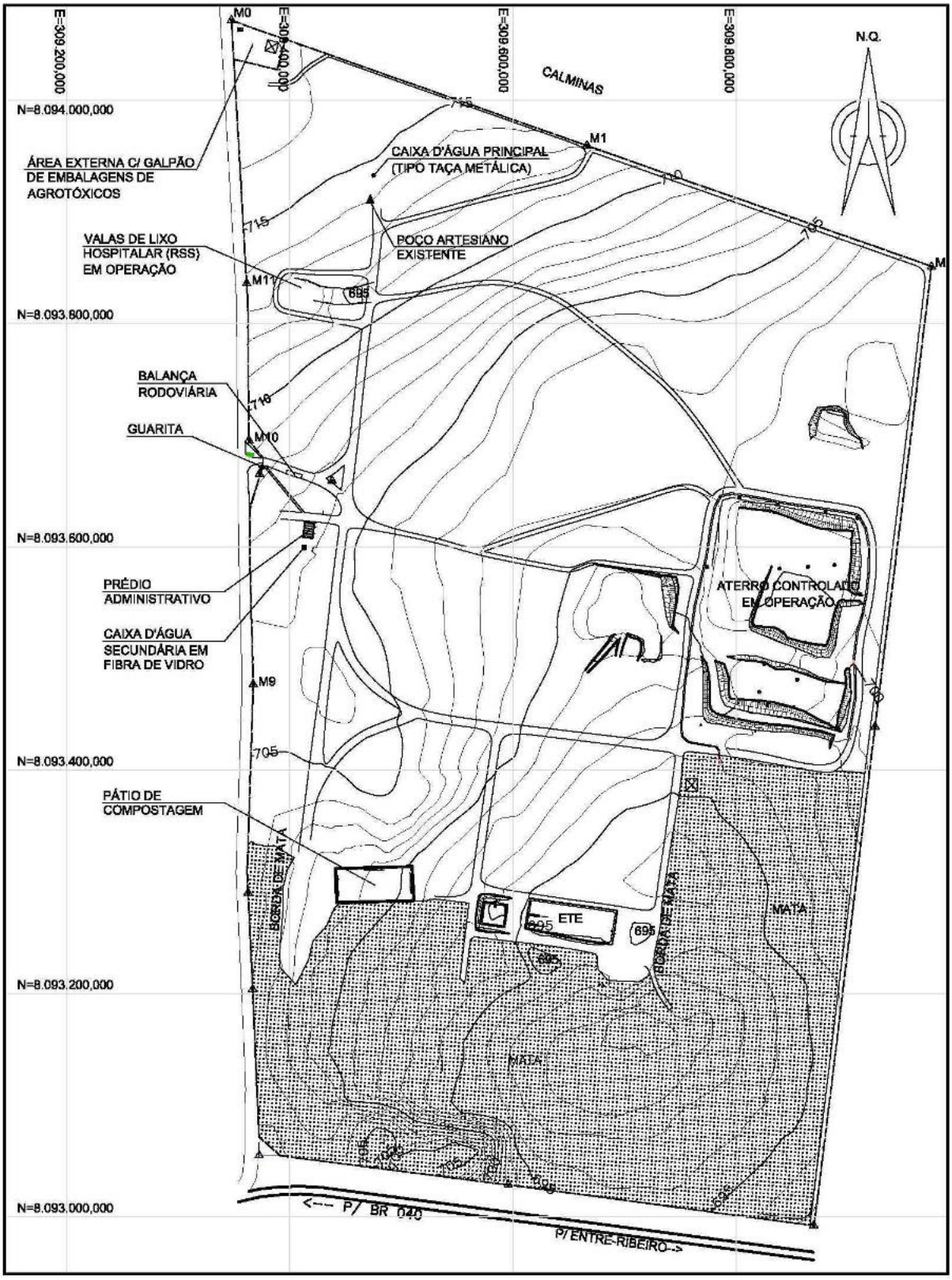


FIGURA 03 *– Croqui da topografia total da área do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

3.3 – ÁREA DE INFLUÊNCIA

A definição da **Área de Influência – AI** apresenta-se como ponto de partida para a elaboração de um diagnóstico ambiental adequado, uma vez que as investigações ambientais devem ser direcionadas para as regiões, locais e comunidades direta ou indiretamente afetadas pelo empreendimento projetado.

No caso da área de implantação do Aterro Sanitário de Paracatu, considerando-se a sua localização, as características preliminares observadas no seu entorno e os impactos positivos ou negativos advindos da implantação e operação do empreendimento em relação aos recursos naturais e ao meio sócio-econômico, definiu-se pela adoção das seguintes AI's:

- Área de Influência Indireta – AII;
- Área de Influência Direta – AID.

Dentro da **AID**, também foi definida a **Área Diretamente Afetada – ADA** cujos limites coincidem com a área territorial propriamente dita do Aterro Sanitário de Paracatu, na qual serão efetivamente instaladas e operadas todas as suas unidades do empreendimento.

A **Área de Influência Indireta - AII** foi delimitada como sendo todo o território do município de Paracatu para todos os meios investigados, físico, biótico ou antrópico, visto que a implantação do novo Aterro Sanitário de Paracatu implicará em impactos ambientais diversos e abrangentes, sem espaço geográfico bem delimitado e sabidamente inter-relacionado e complementando-se ou sobrepondo-se em tempo, espaço e/ou fator ambiental.

Quanto às **Áreas de Influência Direta - AID's,** considerou-se pertinente que as suas delimitações se norteassem pela abrangência, temporalidade e incidência dos impactos prováveis do empreendimento sobre os meios físico, biótico e antrópico, observando-se assim as especificidades de cada um dos meios investigados. Deste raciocínio, resultou a definição/delimitação das seguintes **AID's**:

- Meio físico:

- Aspectos topográficos, geológicos/hidrogeológicos e geotécnicos:
  - Extensão territorial coincidente com ADA (área do empreendimento).
- Recursos hídricos:
  - Extensão territorial coincidente com ADA (área do empreendimento);
  - Margem externa de 200 m além dos limites territoriais do empreendimento.
- Aspectos climáticos
  - Extensão territorial coincidente com ADA (área do empreendimento), utilizando-se, entretanto, de informações regionais.

- Meio biótico:
  - Fauna e flora:
    - Extensão territorial coincidente com ADA (área do empreendimento).
- Meio antrópico
  - Extensão territorial coincidente com ADA (área do empreendimento);
  - Margem de 500 metros além dos limites territoriais do empreendimento.

As figuras adiante ilustram a delimitação das AID's aqui definidas.

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

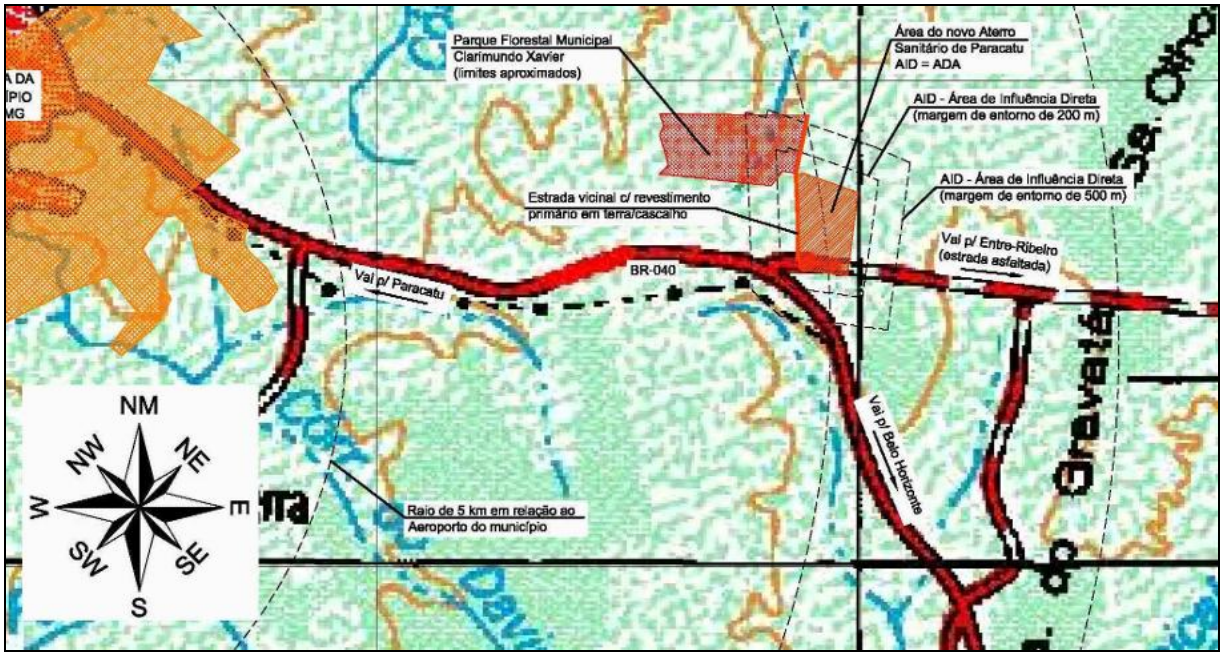


FIGURA 04 *– Delimitação das AID's do novo Aterro Sanitário de Paracatu, utilizando-se como base o mapa cartográfico do IBGE do município de Paracatu.*



FIGURA 05 *– Delimitação das AID's do novo Aterro Sanitário de Paracatu, utilizando-se como bases imagens disponibilizadas pelo software "Google Earth".*

3.4 – MANANCIAIS DE ÁGUA / RECURSOS HIDRICOS

Como resultado das investigações realizadas quanto à identificação de mananciais de água superficial, constatou-se a inexistência destes na AID do empreendimento aqui definida para recursos hídricos, conforme ilustrado na figura adiante.

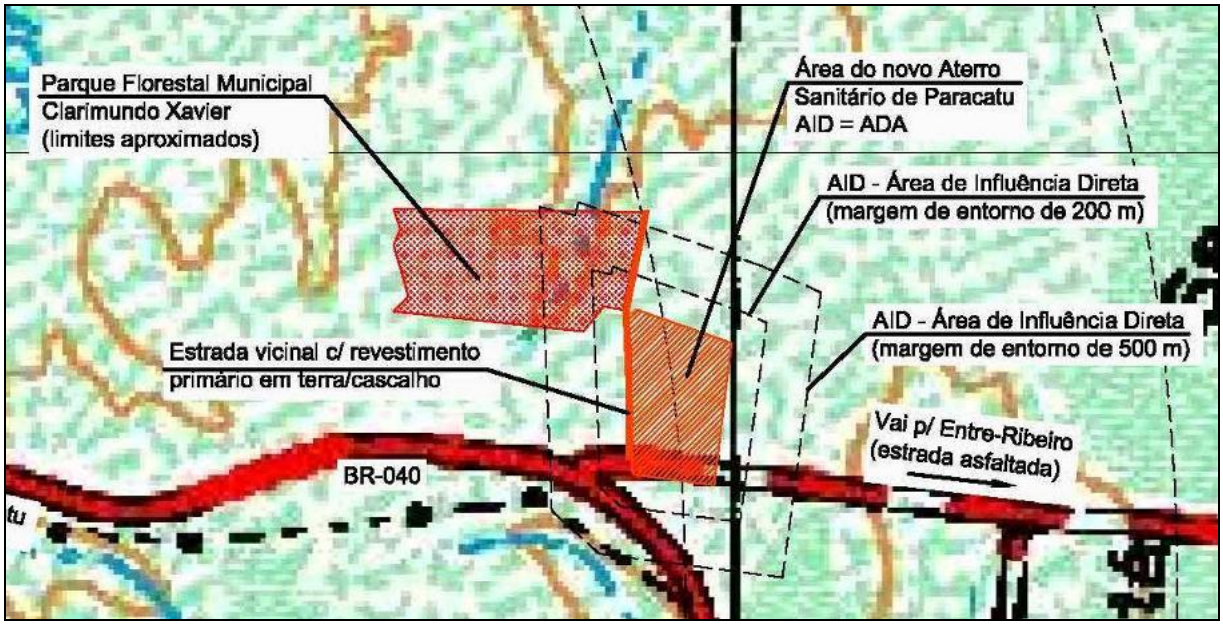


FIGURA 06 *– Localização da área ilustrando a inexistência de mananciais superficiais de água dentro de um raio de 200 m além dos seus limites territoriais (ADA).*

Regionalmente, a área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu encontra-se inserida na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, sub-bacia do Rio Paracatu.

Quanto a mananciais de água subterrânea, constatou-se somente a existência de um poço artesiano já instalado dentro da própria área estudada.

As figuras adiante mostram a localização do poço artesiano dentro da área estudada, a sua instalação de topo e a sua área de entorno.

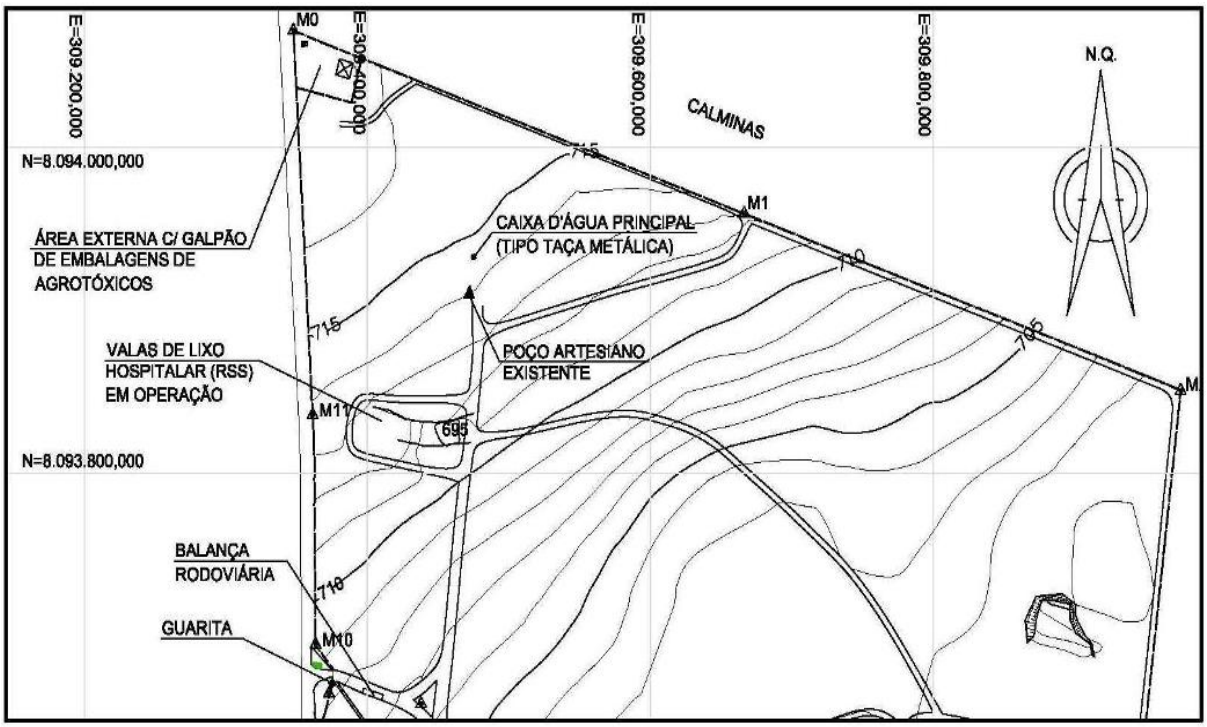


FIGURA 07 *– Localização do poço artesiano existente em relação à área do empreendimento.*



FIGURA 08 *– Instalação de topo do poço artesiano identificado na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*



FIGURA 09 *– Localização do poço artesiano identificado na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

Cabe informar ainda que o projeto do novo Aterro Sanitário de Paracatu propõe a utilização do referido poço artesiano para o fornecimento de água para uso geral do empreendimento (umedecimento de vias, lavagem e manutenção de unidades e dispositivos operacionais, irrigação de jardins, paisagismo, viveiro de mudas e recomposições vegetais em geral, etc.), com exceção da água para consumo humano e para abastecimento do prédio administrativo. Estes se darão através da instalação de galões de água mineral e do abastecimento da caixa d'água secundária e já existente no prédio administrativo com água potável fornecida pela COPASA (concessionária local). Para tanto, está sendo solicitada, concomitantemente com a Licença de Instalação – LI, a regularização do poço artesiano em questão junto ao IGAM e ao órgão ambiental estadual através de processo de outorga para uso de água de poço tubular existente.

Também foram realizadas investigações quanto à profundidade do lençol freático dentro da área estudada através da execução de 15 (quinze) furos de sondagem a percussão SPT cujas características e locações estão mostradas no quadro adiante.

QUADRO 01 – Furos de sondagem a percussão SPT (SP) executados na área

FURO DE SONDAGEM SPT	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)		COTAS ALTIMÉTRICAS DO TERRENO (m)	PROFUNDIDADE DO FURO (m)
	E (m)	N (m)		
SP-01	309.620,000	8.093.855,000	708,495	15,30
SP-02	309.500,000	8.093.780,000	708,465	16,25
SP-03	309.740,000	8.093.780,000	703,569	16,40
SP-04	309.860,000	8.093.780,000	701,908	15,50
SP-05	309.610,000	8.093.705,000	703,028	13,25
SP-06	309.490,000	8.093.630,000	704,491	14,28
SP-07	309.730,000	8.093.555,000	701,623	14,25
SP-08	309.600,000	8.093.480,000	701,172	12,40
SP-09	309.480,000	8.093.480,000	705,288	14,40
SP-10	309.720,000	8.093.405,000	698,218	15,15
SP-11	309.600,000	8.093.405,000	699,748	11,40
SP-12	309.480,000	8.093.330,000	701,962	11,40
SP-13	309.790,000	8.093.330,000	694,524	13,10
SP-14	309.550,000	8.093.205,000	696,329	12,20
ST-15	309.720,000	8.093.180,000	601,060	12,40

Fonte: Coplan Ltda, 2008.

Como se pode notar no quadro acima, o nível do lençol freático não foi detectado em nenhum dos furos SPT executados o que, em conjunto com as elevadas profundidades neles observadas, demonstra que a linha freática na área investigada se apresenta a grandes profundidades, certamente sempre superiores a 10 metros.

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

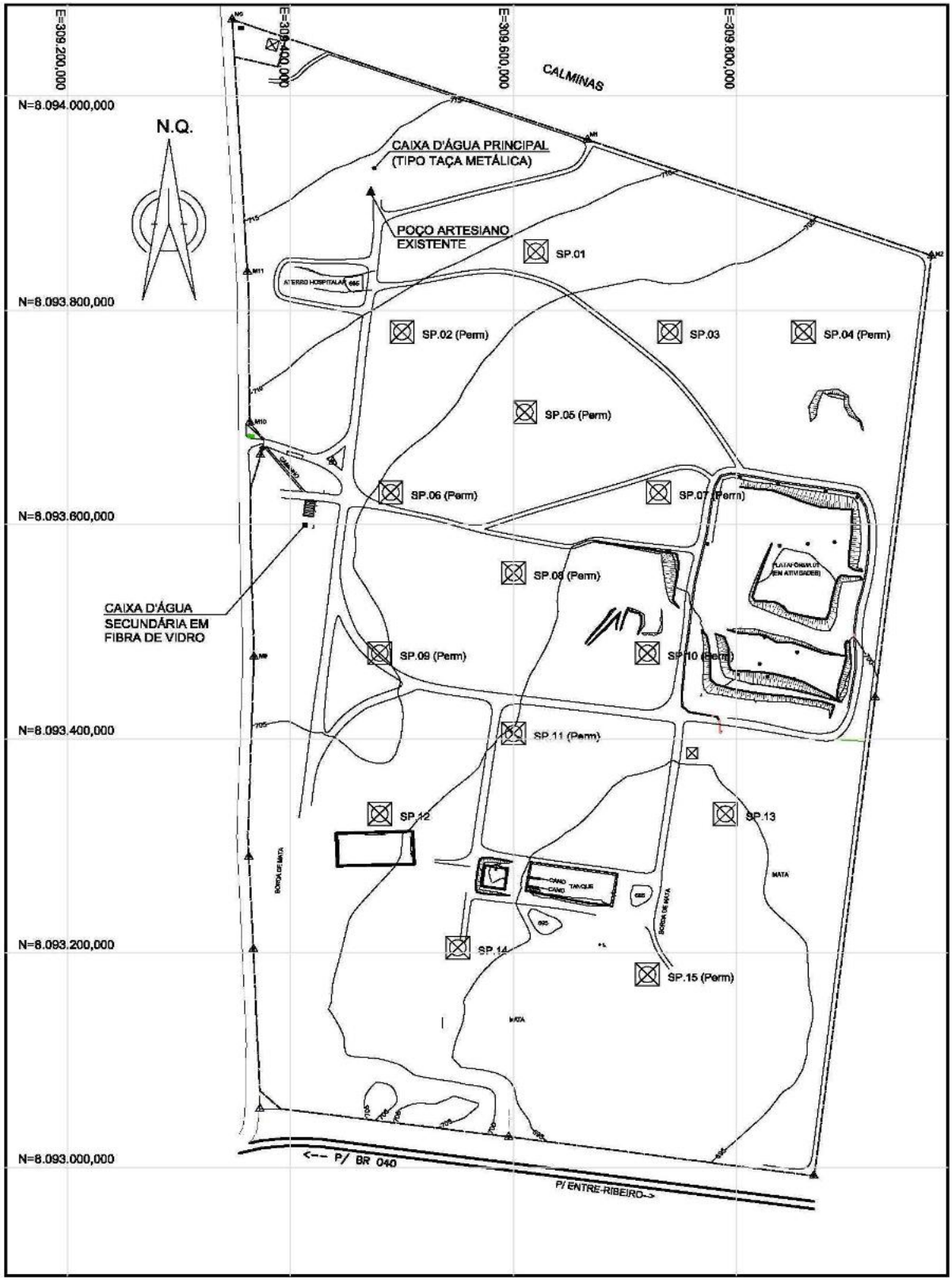


FIGURA 10 *– Croqui de localização dos furos de sondagem a percussão SPT na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

3.5 – CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS E GEOLÓGICAS

Para uma caracterização geotécnica e geológica da área em estudo, foram executados, além dos 15 furos de sondagem a percussão SPT (SP), ensaios geotécnicos laboratoriais em amostras (indeformadas e deformadas) coletadas em 16 pontos diferentes do terreno, tal como mostrado nos quadros e figura apresentados adiante.

QUADRO 02 – Pontos de coleta de amostras deformadas (ST) e indeformadas (PAI)

PONTO DE AMOSTRAGEM	COTA ALTIMÉTRICA DO TERRENO (m)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)	
		E (m)	N (m)
PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS INDEFORMADAS (PAI)			
PAI-01	702,128	309.610,000	8.093.630,000
PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DEFORMADAS (ST)			
ST-01	711,418	309.500,000	8.093.855,000
ST-02	706,316	309.740,000	8.093.855,000
ST-03	704,059	309.620,000	8.093.780,000
ST-04	701,908	309.860,000	8.093.780,000
ST-05	706,327	309.490,000	8.093.705,000
ST-06	703,028	309.610,000	8.093.705,000
ST-07	702,512	309.730,000	8.093.705,000
ST-08	704,498	309.480,000	8.093.555,000
ST-09	701,172	309.600,000	8.093.555,000
ST-10	698,273	309.720,000	8.093.555,000
ST-11	705,288	309.480,000	8.093.480,000
ST-12	700,886	309.600,000	8.093.480,000
ST-13	705,345	309.480,000	8.093.405,000
ST-14	696,160	309.720,000	8.093.405,000
ST-15	697,181	309.600,000	8.093.330,000

QUADRO 03 – Pontos de execução dos furos de sondagem a percussão SPT (SP)

PONTO DE AMOSTRAGEM	COTA ALTIMÉTRICA DO TERRENO (m)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM)	
		E (m)	N (m)
PONTOS SONDAGEM A PERCUSSÃO SPT (SP)			
SP-01	708,495	309.620,000	8.093.855,000
SP-02	708,465	309.500,000	8.093.780,000
SP-03	703,569	309.740,000	8.093.780,000
SP-04	701,908	309.860,000	8.093.780,000
SP-05	703,028	309.610,000	8.093.705,000
SP-06	704,491	309.490,000	8.093.630,000
SP-07	701,623	309.730,000	8.093.555,000
SP-08	701,172	309.600,000	8.093.480,000
SP-09	705,288	309.480,000	8.093.480,000
SP-10	698,218	309.720,000	8.093.405,000
SP-11	699,748	309.600,000	8.093.405,000
SP-12	701,962	309.480,000	8.093.330,000
SP-13	694,524	309.790,000	8.093.330,000
SP-14	696,329	309.550,000	8.093.205,000
SP-15	601,060	309.720,000	8.093.180,000

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

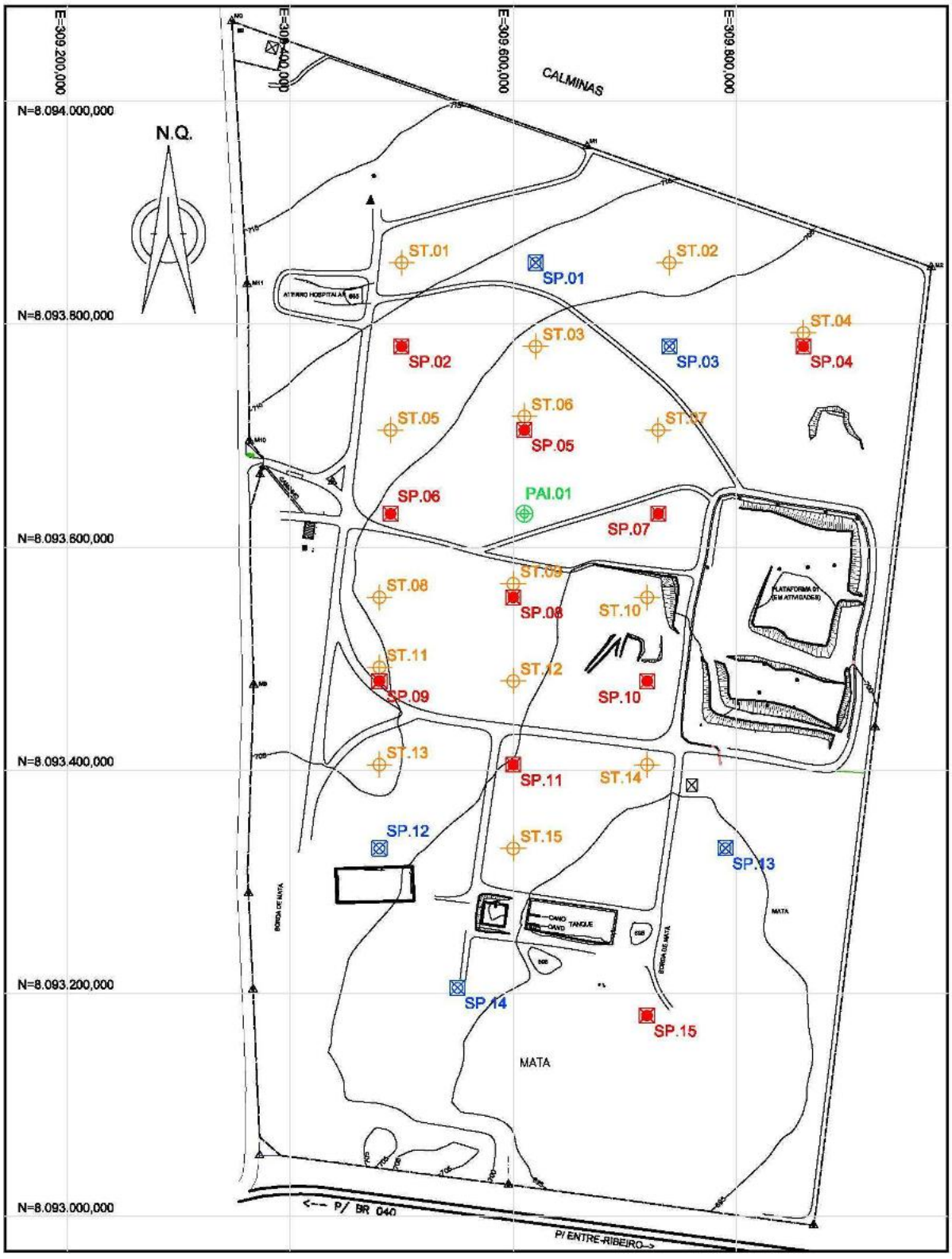


FIGURA 11 *– Croqui de localização dos pontos de investigação geotécnica realizados na área em estudo.*

QUADRO 04 – Legenda e simbologia dos pontos de investigação geotécnica

PONTO DE INVESTIGAÇÃO		TIPO DE INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA
SIGLA	**SÍMBOLO**	
SP		Sondagem a percussão SPT
		Sondagem a percussão SPT nos quais foram executados ensaios de permeabilidade *in situ*
ST		Sondagem a trado p/ coleta de amostras deformadas de solo p/ ensaios laboratoriais
PAI		Poço de amostragem p/ coleta de amostra (bloco) indeformada de solo p/ ensaios laboratoriais

De uma forma geral, os estudos geotécnico-ambientais realizados na área de instalação do novo Aterro Sanitário Paracatu apresentaram as seguintes conclusões e recomendações:

- Quanto ao material de empréstimo estudado e composto pelo próprio solo a ser escavado para instalação da unidade de aterragem/aterro sanitário:
    - Os ensaios de plasticidade mostraram um solo de plasticidade moderada, com comportamento bastante homogêneo em relação a este atributo;
    - Na análise granulométrica, verificou-se o predomínio da fração argila sobre as demais, com valores sempre superiores a 60% na maioria dos ensaios. No entanto, devido à baixa atividade da fração argila, o solo estudado se comporta mais como silte que como argila, frequentemente classificado como CL-ML ou ML;
    - A umidade natural foi obtida em amostras coletadas em época anterior às grandes chuvas de verão, e, portanto, reflete o que se pode esperar na época em que os trabalhos de terraplenagem forem realizados. Constata-se que, mesmo para energias de compactação baixas (Proctor Normal) o teor de umidade natural é bastante aproximado da umidade ótima. No entanto, trata-se de um parâmetro com grande dispersão em torno da média, o que não dispensará controles mais rigorosos no processo de compactação;
    - Os resultados obtidos nos ensaios de permeabilidade a carga variável (corpos de prova moldados em condições de umidade ótima e massa específica seca máxima dos ensaios de compactação) denotam a

heterogeneidade do subsolo no local, não sendo adequado para proteção da fundação quando compactado nas energias de laboratório (PN e PM);

- Em consequência dos resultados encontrados, recomendou-se a adoção de geossintético (manta de PEAD 1,5 mm) para proteção da base e dos taludes da unidade de aterragem/aterro sanitário;
- A permeabilidade in situ foi obtida nos furos de sondagens SPT no trecho de 3,0 a 6,0 m de profundidade, mostrando valores da ordem de 10^{-5} cm/s, compatíveis com as exigências institucionais. Além disso, o solo demonstra boa homogeneidade neste aspecto.

- Quanto ao sistema de impermeabilização do aterro sanitário (base e taludes) utilizando-se do solo estudado:
  - Devido às características do solo de empréstimo existente, considerado como aquele proveniente das escavações que serão realizadas para implantação do aterro sanitário, recomenda-se um sistema misto de impermeabilização de base/*liner* constituído das seguintes parcelas/camadas, de baixo para cima:
    - Camada de 100 cm (05 camadas de 20 cm) em argila compactada a 100% do Proctor Normal - PN;
    - Geomembrana de PEAD de 1,50 mm de espessura;
    - Camada de 50 cm (02 camadas de 25 cm) de proteção da geomembrana em argila adensada com rolo compactador liso.
  - A camada de 100 cm por sob a geomembrana de PEAD do liner, além de ter uma função de melhorar a capacidade de carga da fundação, também funcionará como uma camada adicional de proteção das águas subterrâneas no caso de ocorrer defeitos e/ou furos na geomembrana;
  - Os taludes da plataforma de base do maciço de RSU (aterro sanitário) deverão ser impermeabilizados através da instalação de geomembrana de PEAD de 1,50 mm de espessura.
- Quanto à capacidade de carga do terreno de fundação estudado:

- Como fundação, o comportamento esperado é bastante satisfatório, pois, mesmo observando-se a presença de camadas fracas nos primeiros metros, tanto os recalques máximos quanto os máximos deslocamentos horizontais estimados pela teoria elástica serão pequenos tendo em vista os cortes programados;
- Não obstante, é fortemente recomendável que se execute uma camada de argila compactada a 100% em relação ao Proctor Normal imediatamente sobre os planos de corte para absorver os esforços diretamente transferidos ao terreno de fundação, o que acontecerá por sob a geomembrana de PEAD a ser instalada na base da plataforma de aterragem.

- Conclusões gerais quanto às características geotécnicas e hidrogeológicas da área estudada:
  - O lençol freático se apresenta a grandes profundidades, certamente sempre superior a 10 metros;
  - Constatou-se uma boa qualidade do material de fundação;
  - Constatou-se a existência de material de empréstimo na própria área a ser escavada, sem necessidade de abrir novas caixas de empréstimo e, por consequência, de se impactar novas áreas;
  - Observou-se um balanço de massas favorável para implantação das diversas etapas do empreendimento e, principalmente, para a sua operação.

Geologicamente, a região na qual se encontra situado o município de Paracatu corresponde à área de ocorrência das Formações Vazante e Paracatu, estudadas por Dardenne (1978), Almeida (1967) e Madalosso e Vale (1978) e constituídas por várias fácies, com contatos litoestratigráficos interdigitados e gradacionais, que comprovam o caráter faciológico das mesmas. Constitui uma unidade geológica orientada grosseiramente segundo a direção Norte-Sul composta por filitos ardósias quartzitos, metassiltitos, raros calcários e abundantes dolomitos de origem algal.

Duas unidades geomorfológicas do relevo brasileiro ocorrem na região, a saber:

- Os Planaltos Residuais do São Francisco;

- Pequenos trechos da Depressão Sanfranciscana.

Regionalmente, a área em estudo para instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, situada a leste da cidade de Paracatu, corresponde ao bloco da margem esquerda do Rio São Francisco que apresenta extensas áreas de dissecação fluvial desenvolvidas sobre rochas dos Grupos Bambuí e Vazante, onde predominam vertentes ravinadas com vales encaixados.

A área destinada à implantação do novo Aterro Sanitário de Paracatu está localizada em um espigão divisor das bacias do Ribeirão Santa Rita, ao norte e do Córrego Rico, ao sul.

A topografia local é relativamente aplainada, com elevações variando entre 717 m (cota mais alta) e 691 m (cota mais baixa) e dominada por colinas com vertentes suaves a pouco inclinadas. A diferença de elevações é pequena e pouco notada na área destinada ao empreendimento, que possui a sua maior parte entre as elevações 697 m e 706 m.

De uma forma geral, os estudos geológico-ambientais realizados na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu indicaram as seguintes conclusões e recomendações:

- A área apresenta características topográficas favoráveis à implantação do empreendimento;
- A inexistência de afloramentos rochosos e a não proximidade do topo rochoso permitem escavações e terraplenagem de materiais de 1ª. categoria, sem aumento dos custos de escavação;
- A presença do Horizonte Coluvionar e do Solo Residual de constituição silto-argilosa, é fator positivo quanto à sua estabilidade e à manifestação de erosões e quanto à possibilidade de impermeabilização geral da área através de melhoria na compactação destes horizontes;
- A permeabilidade média verificada nos ensaios *in situ* foi da ordem de 0,10 a 0,40 x 10^{-4} cm/s, no solo coluvionar, apenas no furo SP-07 o valor encontrado foi da ordem de 0,10 x 10^{-3} cm/s. Os valores médios foram corroborados pelo ensaio de permeabilidade de laboratório a carga variável, que apresentou um valor de 0,50 x 10^{-3} cm/s;

- Os ensaios de permeabilidade realizados em laboratório, em amostras amolgadas, confirmam a característica argilosa destes materiais e mostram que a redução do índice de vazios com a compactação torna-os bastante impermeáveis. Quando compactados, estes materiais sofrem uma substancial redução nos valores de permeabilidade, ficando o material mais argiloso com valores entre 0,20 e 0,60 x 10^{-6} cm/s;
- A sondagem SP-15, executada no centro da estrutura em forma de pequena depressão não apresentou perfil muito diferente do restante da região. O ensaio de permeabilidade realizado no furo de sondagem também não apresentou resultado fora da média geral obtida nos furos executados na área.

3.6 – COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal característica da região na qual a área em estudo se insere é composta por Cerrado, Cerradões e Matas Seca e de Galeria, sendo estas últimas associadas a canais de drenagem. O uso predominante do solo das imediações é de agropecuária nas áreas mais planas e de vegetação nativa nas vertentes das serras e ao longo de planícies locais que apresentam grau de umidade suficiente para dificultar a agricultura e a pecuária.

A área de implantação do novo Aterro Sanitário de Paracatu se distribui em relevo predominantemente plano a levemente inclinado passando a declividades maiores nas proximidades da rodovia de acesso a Entre Ribeiros. Não há drenagens definidas dentro do perímetro da área do aterro.

No entorno das edificações de apoio operacional, já existentes, a vegetação encontrada é predominantemente arbórea e composta por representantes de espécies nativas e também ornamentais exóticas ao cerrado.

A maior parte da propriedade de instalação do aterro apresenta superfície com vegetação nativa e o tipo de vegetação predominante, que se estende da parte central até a extremidade norte da área, é o Cerrado típico. O dossel (superfície formada pelo topo das copas das árvores) é descontínuo e as árvores apresentam altura máxima variando de 5 a 7 metros. A cobertura do estrato arbóreo é de aproximadamente 40%.



FIGURA 12 *– Aspecto da área administrativa do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

Na parte sul da área estudada, a vegetação apresenta porte mais elevado e mais denso, com composição florística e características estruturais indicativas de Cerradão. Nesta formação florestal a cobertura arbórea é de 80 a 90%. A altura máxima do estrato arbóreo é de 10 a 12 metros, formando dossel e apresentando alguns indivíduos emergentes (sobressaem acima das demais árvores), tais como o carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum*).

O levantamento florístico da vegetação ocorrente na área em estudo indicou a existência de algumas espécies protegidas por lei ou que fazem parte de alguma categoria de extinção ou que são definidas com imunes de corte, a saber:

- Gonçalo (*Astronium fraxinifolium*), da lista federal de espécies vegetais ameaçadas de extinção (IBAMA, 1992);
- Pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), espécie de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, pela Lei Estadual nº. 10.883 de 02/10/1992;

- Ipê-amarelo (*Tabebuia aurea*), tratada na Lei Estadual nº. 9.743 de 15/12/1988, como espécie de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte.



FIGURA 13 *- Vegetação de Cerrado típico ocorrente na área estudada, da sua porção central até a sua divisa norte.*

O estrato herbáceo graminoso está presente e destacado na formação de Cerrado. À medida que a vegetação passa a apresentar características florestais (Cerradão), as gramíneas ocorrem cada vez com menor frequência até se ausentar totalmente. Na área estudada, é encontrada uma espécie de gramínea exótica e invasora denominada capim-gordura.



FIGURA 14 *- Interior da fitofisionomia de Cerradão presente na porção sul da área estudada.*

Na porção do terreno em estudo onde estão depositados alguns montes de resíduos de construção civil – RCC e de resíduos de poda, logo acima da área do maciço do atual aterro controlado, observou-se o início do estabelecimento e disseminação de espécies daninhas sobre tais resíduos inertes e/ou material vegetal lenhoso. Por sobre os RCC's foram encontrados indivíduos de bananeira (*Musa* sp) além de espécies daninhas como a mamona (*Ricinus* sp) e o caruru (*Amaranthus retroflexus*).



FIGURA 15 *– Indivíduos de bananeira (Musa sp) se estabelecendo por sobre os RCC 's..*



FIGURA 16 *– Proliferação de mamonas (Ricinus sp) por sobre os RCC's.*



FIGURA 17 *– Erva daninha caruru (Amaranthus retroflexus) proliferando por sobre os RCC's.*

As estradas ao longo da maior parte da divisa da propriedade, além de outras no interior da mesma, de uma forma ou outra desempenham papel de aceiro contra o espalhamento de fogo. Este emaranhado de estradas, de aproximadamente 5,0 m de largura cada uma, proporciona a formação de diversas glebas de vegetação isoladas entre si. No entanto, os acessos não foram produzidos ao longo de toda a divisa, sendo ausentes nas proximidades da caixa d'água principal (tipo taça metálica) até o galpão de agrotóxicos localizado externamente junto ao vértice mais a noroeste da área em estudo, e deste até a rodovia de acesso a Entre Ribeiros (junto à divisa oeste de todo o terreno).

3.7 – FAUNA

Em 03 dias de caminhadas pela área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, foram listadas 37 espécies de aves de 21 famílias diferentes, sendo que apenas a suindara e a arara-canindé foram identificadas por relato dos funcionários do empreendimento, sendo que a última também foi visualidade na região de entorno da área investigada. As demais espécies foram identificadas por visualização, pegadas ou por suas vocalizações.



FIGURA 18 *- Aves encontradas na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

Dentre as espécies identificadas, o canário-da-terra e a arara-canindé são espécies citadas por MACHADO et all (1998), em listagem para o Estado de Minas Gerais, como espécies constantes em listas de espécies ameaçadas. Segundo o autor, estas espécies são citadas na Deliberação Normativa – DN nº. 041/95 do COPAM como “vulneráveis”. Além disto, a arara-canindé é citada na lista do anexo II da CITES - Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e da Fauna Selvagens em Perigo de Extinção.

Poucos indivíduos de urubus-de-cabeça-preta foram observados sobrevoando a área, porém em nenhum momento visitaram a área do atual depósito de lixo. Sobre tal constatação, foi relatado de forma enfática pelos trabalhadores responsáveis pela operação do aterro controlado que não há a ocorrência e nem a atração destas aves decorrentes da disposição final de lixo naquele local o que já ocorre há aproximadamente 09 anos.

Por outro lado, foram observadas e registradas as espécies Quero-quero (*Vanellus chilensis*) e Andorinha-de-bando (*Hirundo rustica*) frequentando a plataforma do atual aterro controlado em operação. As caminhadas do Quero-quero e os sobrevôos insistentes das Andorinhas sobre o aterro controlado indicam que estavam capturando insetos atraídos pelo lixo ali depositado.

A vegetação nativa e aquela existente nas proximidades da área administrativa são ambientes que abrigam e fornecem alimentos a várias espécies de aves. No entanto, foi junto às lagoas de tratamento já existentes (LAE e LFE) que foram avistadas várias das espécies de aves ocorrentes no local e região. A maioria das aves encontradas neste setor utilizava a água das lagoas para beber, banhar-se e também para se alimentar de pequenos animais que ali vivem. São os casos de Maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*), Pombão (*Patagioenas picazuro*), Graúna (*Gnorimopsar chopi*), Quero-quero (*Vanellus chilensis*), Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), Gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*) e Tesourinha (*Tyrannus savana*).



FIGURA 19 *– Alguns exemplares de artrópodes encontrados na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

Também foi observada uma fauna ocorrente e relatada na área composta por insetos, aranhas, mamíferos (relatados e identificados por sinais indiretos de sua presença) e répteis.

Os insetos são representados por abelhas, vespas (incluem-se marimbondos diversos), libélulas (predadores ativos), cigarras, formigas, borboletas, mariposas, grilos, cupins, moscas e mosquitos. A maioria das espécies de formigas encontradas apresenta interações benéficas com a vegetação, incluindo-se aí o patrulhamento das plantas de forma a evitar assim a sua herbivoria. Em se tratando de cupins, algumas espécies podem ser potenciais ameaças a implantação de gramados, enquanto outras são importantes decompositores de matéria morta e desempenham papel na renovação e retorno da matéria ao sistema.

Na lagoa anaeróbia de tratamento existente (LAE) foram encontrados inúmeros girinos e ninfas (fases juvenis) de libélulas. Tanto a fase de ninfa quanto a adulta de libélulas são conhecidos como animais predadores ativos de alevinos, girinos (quando ninfa e vivente em ambiente aquático dulcícola) e insetos diversos (também na fase adulta).

Faz parte da herpetofauna (répteis) observada, duas morfo-espécies de lagartos, sendo eles o Calango-verde (*Ameiva ameiva*) e o Calango-comum (gênero *Tropidurus*). Em entrevista aos frequentadores do local (operários do aterro controlado), foi relatada também a ocorrência regional de Teiús (gênero *Tupinambis*). Os chamados calangos, encontrados na área, são insetívoros, enquanto que o Teiú é onívoro (animais que se alimentam de ovos, frutos, pequenos animais, etc.). A ocorrência de vários indivíduos de calango-comum é uma indicativa de abundância de insetos (oriundos da vegetação nativa e do lixo). A frequência de visitas de Teiús à área do aterro, na tentativa de encontrar alimento, tais como ovos, pode ser fator regulador da ocorrência de urubus, os quais montam seus ninhos no chão ou entre rochas.

A partir de entrevistas com o pessoal que trabalha no aterro controlado atualmente em operação, foi relatada a ocorrência de serpentes como Jibóia (*Boa constrictor*), Cascavel (*Crotalus terrificus*), Jararaca (*Bothrops* sp.) e Jararacuçu (*Bothrops moojeni*). Todas estas espécies de serpentes são carnívoras, o que indica a presença de pequenos animais na área, os quais fazem parte da alimentação destas espécies.

As espécies de mamíferos listadas como ocorrentes na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu foram dadas por registro de pegadas, avistamentos e relatos. Dentre os mamíferos que frequentam a área, apenas o cão doméstico é espécie exótica, sendo as demais espécies nativas da região. Cabe salientar, ainda, que a mastofauna encontrada na área é composta principalmente por animais de hábito noturno.



FIGURA 20 *– Alguns exemplares de lagartos ocorrentes na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

QUADRO 05 – Listagem de mamíferos ocorrentes na área em estudo

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	HÁBITO	REGISTRO
Callithricidae	*Callithrix penicillatta*	Soim, Mico-estrela	Diurno	Avistamento
Canidae	*Cerdocyon thous*	Cachorro-do-mato	Noturno	Pegadas
Canidae	*Pseudalopex vetulus*	Raposa-do-campo	Noturno	Pegadas
Canidae	*Canis familiaris*	Cão doméstico	Diurno	Avistamento/pegadas
Cervidae	*Mazama* sp	Veado		Relato
Dasypodidae	*Dasypus* sp	Tatu-galinha	Noturno	Relato
Didelphidae	*Didelphis albiventris*	Gambá	Noturno	Relato
Leporidae	*Sylvilagus brasiliensis*	Tapiti, coelho	Noturno	Relato

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

4 – CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

No presente tópico, será feita uma apresentação detalhada dos estudos e projetos técnicos elaborados para o novo Aterro Sanitário de Paracatu. Vale ressaltar que algumas informações aqui apresentadas já foram relatadas, mesmo que de forma simplificada e/ou conceitual, no Relatório de Controle Ambiental - RCA correspondente ao presente PCA.

4.1 – OBJETIVO DO EMPREENDIMENTO

O novo Aterro Sanitário de Paracatu foi concebido para tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos – RSU classificados como Classe II-A (não perigosos – não inertes) pela NBR-10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, incluindo:

- Resíduos sólidos urbanos domiciliares e comerciais gerados e coletados no município de Paracatu;
- Resíduos dos estabelecimentos/serviços de saúde – RSS, em codisposição com os demais resíduos, respeitando-se as determinações legais estabelecidas pela DN – Deliberação Normativa nº. 097/2006 do COPAM e pela Resolução CONAMA 358/2005, aonde são classificados quais os RSS podem ser dispostos e tratados em aterros sanitários e se estes devem ou não passar por tratamentos preliminares específicas (autoclave/descaracterização, incineração, etc.);
- Carcaças de animais mortos recolhidas no município.

Desta forma, a atividade a ser desenvolvida no novo Aterro Sanitário de Paracatu e considerada no presente processo de licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental estadual, conforme classificação da Deliberação Normativa – DN nº. 074/2004 do COPAM (código e atividade indicados no seu anexo único), será a seguinte:

- E-03-07-7 – Tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU).

É importante informar que o processo de licenciamento ambiental do novo Aterro Sanitário de Paracatu será tratado na forma de Licença de Instalação corretiva - LIC pelo fato de que

a área já é utilizada para disposição final e tratamento dos resíduos sólidos gerados e coletados em Paracatu na forma de um Aterro Controlado utilizando-se, para tanto, diversas unidades e equipamentos operacionais oriundos de um Aterro Sanitário que outrora funcionou no local (entre os anos 2000 e 2004) e cuja Licença de Operação – LO foi cassada pelo COPAM por inadequações operacionais.

Portanto, visando a readequação operacional e ambiental da área atual nos moldes de um Aterro Sanitário, foi providenciada pela Prefeitura Municipal de Paracatu a elaboração de novos estudos ambientais e de um novo projeto para ser implantado no local visto que o projeto originalmente licenciado e instalado não foi devidamente obedecido ocasionando na sua ineficiência parcial, principalmente no tange ao aterro sanitário (unidade de aterragem) propriamente dito e ao sistema de tratamento de efluentes gerados na massa de lixo. Por outro lado, grande parte das instalações existentes serão aproveitadas (edificações, estradas, cerca de divisa, algumas das instalações de tratamento de efluentes, pátio de compostagem, sistemas de abastecimento de água e de fornecimento de energia elétrica, balança rodoviária, etc.) e/ou readequadas (sistemas de tratamento de efluentes e de drenagem superficial, etc.).

Diante do exposto acima, definiu-se pela solicitação da Licença de Instalação, em caráter corretivo, junto ao sistema SUPRAM/SEMAD/COPAM para o novo Aterro Sanitário de Paracatu nos moldes acima indicados e em conformidade com as demais informações, estudos e projetos apresentados no presente PCA e no seu correspondente RCA.

4.2 – VIDA ÚTIL ESTIMADA

Nos subitens adiante, serão apresentados os estudos e procedimentos que foram realizados para a definição das estimativas das populações de projeto, dos volumes/quantidades de resíduos sólidos urbanos - RSU que serão dispostos novo Aterro Sanitário de Paracatu, da sua capacidade de aterragem/disposição final de RSU e, finalmente, da sua vida útil.

4.2.1 – Definição das populações de projeto

Neste tópico, serão definidas as populações de projeto para o novo Aterro Sanitário de Paracatu através de estudos estimativos sobre o comportamento e evolução populacional do município de Paracatu.

Para tanto, foram utilizados os dados referentes à população de Paracatu, constantes nos Censos Demográficos de 1991 e 2000 de forma a se considerar a situação mais próxima da realidade atual, conforme resumo apresentado no quadro adiante:

QUADRO 06 – Evolução da população de Paracatu/MG

ANO	POPULAÇÃO		
	URBANA	RURAL	TOTAL
1991	49.710	13.064	62.774
2000	63.000	12.184	75.184

Fonte: Censos Demográficos de 1991 e 2000 realizados pelo IBGE.

De posse dos dados de população acima apresentados, utilizou-se da formulação matemática abaixo apresentada:

$$Pop_B = Pop_A \times (1+i)^{B-A}$$

Onde,

- Pop_B = População urbana no ano B (ano de 2000);
- Pop_A = População urbana no ano A (ano de 1991);
- B = Ano final do período considerado (ano de 2000);
- A = Ano inicial do período considerado (ano de 1991);
- i = Taxa unitária de crescimento anual.

Como resultados, foram encontradas as seguintes taxas de crescimento para as populações urbana e rural de Paracatu:

- $i_{POP,\ URBANA} = 2{,}6675\%$
- $i_{POP,\ RURAL} = -0{,}7719\%$

Como se pode notar, as taxas de crescimento populacional encontradas estão coerentes com a realidade observada para o município de Paracatu, o que as habilitou a serem adotadas como sendo iguais àquelas que seriam observadas após o ano de 2000 e, por conseqüência, iguais àquelas que serão observadas após o início da operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu. Seguindo-se esta linha de raciocínio, promoveu-se com a realização de estimativas anuais das populações que provavelmente ocorrerão durante a operação do empreendimento em questão considerando-se, inicialmente, uma vida útil superior a 30 anos e cujos resultados são apresentados no quadro adiante.

QUADRO 07 - Comportamento populacional estimado para o município de Paracatu

ANO	POPULAÇÃO			TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL (%) (2)		
	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL
1991 (1)	49.710	13.064	62.774			
2000 (1)	63.000	12.184	75.184	2,6675%	-0,7719%	2,0246%
2001	64.681	12.090	76.770	2,6675%	-0,7719%	2,1101%
2002	66.406	11.997	78.403	2,6675%	-0,7719%	2,1259%
2003	68.177	11.904	80.081	2,6675%	-0,7719%	2,1412%
2004	69.996	11.812	81.808	2,6675%	-0,7719%	2,1562%
2005	71.863	11.721	83.584	2,6675%	-0,7719%	2,1709%
2006	73.780	11.631	85.410	2,6675%	-0,7719%	2,1852%
2007	75.748	11.541	87.289	2,6675%	-0,7719%	2,1992%
2008	77.769	11.452	89.220	2,6675%	-0,7719%	2,2128%
2009	79.843	11.363	91.206	2,6675%	-0,7719%	2,2260%
2010	81.973	11.276	93.248	2,6675%	-0,7719%	2,2390%
2011	*84.160*	*11.189*	*95.348*	*2,6675%*	*-0,7719%*	*2,2516%*
2012	86.404	11.102	97.507	2,6675%	-0,7719%	2,2639%
2013	88.709	11.016	99.726	2,6675%	-0,7719%	2,2759%
2014	91.076	10.931	102.007	2,6675%	-0,7719%	2,2876%
2015	93.505	10.847	104.352	2,6675%	-0,7719%	2,2989%
2016	***95.999***	***10.763***	***106.763***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,3100%***

2017	98.560	10.680	109.240	2,6675%	-0,7719%	2,3208%
2018	101.189	10.598	111.787	2,6675%	-0,7719%	2,3312%
2019	103.888	10.516	114.404	2,6675%	-0,7719%	2,3414%
2020	106.660	10.435	117.095	2,6675%	-0,7719%	2,3514%
2021	***109.505***	***10.354***	***119.859***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,3610%***
2022	112.426	10.274	122.700	2,6675%	-0,7719%	2,3704%
2023	115.425	10.195	125.620	2,6675%	-0,7719%	2,3795%
2024	118.504	10.116	128.620	2,6675%	-0,7719%	2,3884%
2025	121.665	10.038	131.703	2,6675%	-0,7719%	2,3970%
2026	***124.910***	***9.961***	***134.871***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,4054%***
2027	128.242	9.884	138.126	2,6675%	-0,7719%	2,4135%
2028	131.663	9.808	141.471	2,6675%	-0,7719%	2,4214%
2029	135.175	9.732	144.907	2,6675%	-0,7719%	2,4291%
2030	138.781	9.657	148.438	2,6675%	-0,7719%	2,4365%
2031	***142.483***	***9.582***	***152.065***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,4437%***
2032	146.284	9.508	155.792	2,6675%	-0,7719%	2,4508%
2033	150.186	9.435	159.621	2,6675%	-0,7719%	2,4576%
2034	154.192	9.362	163.554	2,6675%	-0,7719%	2,4642%
2035	158.305	9.290	167.595	2,6675%	-0,7719%	2,4706%
2036	***162.528***	***9.218***	***171.746***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,4769%***
2037	166.863	9.147	176.010	2,6675%	-0,7719%	2,4829%
2038	171.314	9.076	180.391	2,6675%	-0,7719%	2,4888%
2039	175.884	9.006	184.890	2,6675%	-0,7719%	2,4944%
2040	***180.576***	***8.937***	***189.513***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,5000%***
2041	***185.393***	***8.868***	***194.261***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,5053%***
2042	190.338	8.799	199.137	2,6675%	-0,7719%	2,5105%
2043	200.628	8.731	204.147	2,6675%	-0,7719%	2,5155%
2044	205.980	8.664	209.292	2,6675%	-0,7719%	2,5204%
2045	205.980	8.597	214.577	2,6675%	-0,7719%	2,5251%
2046	***211.474***	***8.531***	***220.005***	***2,6675%***	***-0,7719%***	***2,5297%***

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

4.2.2 – Definição das taxas de geração de resíduos no município de Paracatu

Em pesquisa realizada junto à Prefeitura Municipal de Paracatu somente foram encontrados e disponibilizados registros históricos satisfatórios quanto à quantidade de resíduos encaminhados ao atual depósito de lixo de Paracatu, que ora opera na forma de um Aterro Controlado, correspondentes ao ano de 2008.

Tais registros de geração e disposição final de lixo, por se referirem a apenas um ano, não proporcionam informações suficientes para a definição das taxas de crescimento da geração e disposição final de RSU no município. Por outro lado, forneceram subsídios suficientes e satisfatórios para uma adequada estimativa da taxa de geração/disposição final “per capita” de lixo no ano de 2008, em kg/hab.dia.

Estes dados se referem aos registros realizados junto à balança rodoviária existente na entrada do terreno do atual Aterro Controlado e aonde será instalado e operado o Aterro Sanitário de Paracatu, na qual são aferidas e registradas as quantidades, em peso, de todos os resíduos sólidos urbanos – RSU que para lá são encaminhados para disposição final, separando-os da seguinte forma:

- Resíduos de origem domiciliar e comercial - RDC;
- Resíduos provenientes dos Serviços de Saúde – RSS (ambulatórios, hospitais, etc.);
- Carcaças de animais mortos – AM.

O quadro adiante apresenta as quantidades de resíduos dispostos no Aterro Controlado de Paracatu no ano de 2008, a população urbana estimada para aquele ano e as taxas de geração/disposição final “per capita” encontradas para cada tipo de resíduo.

QUADRO 08 – Quantidade de resíduos recebidos no Aterro Controlado no ano de 2008

TIPO DE RESÍDUO	QUANTIDADE TOTAL DE RESÍDUOS DISPOSTOS NO ATERRO CONTROLADO (ton/ano) (1)	POPULAÇÃO URBANA ESTIMADA PARA O ANO DE 2008 (habitantes) (2)	TAXAS *PER CAPITA* DE RESÍDUOS GERADOS E ATERRADOS ESTIMADA PARA PARACATU NO ANO DE 2008 (kg/hab.dia)
RDC	14.514,56	77.769	0,511
RSS	167,41	77.769	0,006
AM	49,95	77.769	0,002
RSU (RDC + RSS + AM)	**14.731,92**	**77.769**	**0,519**

Obs.:

(1) Quantitativos informados pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Paracatu em março de 2009;

(2) População urbana estimada através dos dados indicados nos Censos de 1991 e 2000 realizados pelo IBGE;

Os resultados encontrados para as taxas de geração *per capita* de RDC, RSS e AM se mostraram coerentes com o esperado e com as taxas indicadas pelas bibliografias especializadas o que os validam para serem utilizados nos cálculos estimativos das quantidades de RSU que serão gerados e dispostos no novo Aterro Sanitário de Paracatu através de suas correlações diretas com as populações urbanas estimadas em tópico anterior.

4.2.3 – Estimativas de geração/disposição futura de RSU no Aterro Sanitário

4.2.3.1 – Estimativas de RDC gerados e aterrados

Para a estimativa da quantidade de resíduos de origem domiciliar e comercial - RDC que serão gerados e dispostos no novo Aterro Sanitário de Paracatu considerou-se, a princípio, uma vida útil mínima de 30 anos, contados a partir do ano de 2011, ou seja, de 2011 até 2040.

A partir daí, foram calculados os volumes totais anuais e acumulados de RDC que serão gerados e dispostos no empreendimento durante a sua vida útil inicialmente considerada.

Para efeito desta estimativa, foram considerados os seguintes parâmetros a serem respeitados na conformação operacional da unidade de aterragem:

QUADRO 09 - Conformação operacional do novo Aterro Sanitário de Paracatu – RDC

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Altura total das células diárias de lixo ($h_{RDC} + r_{RDC}$)	5,00 m
Espessura mínima da camada de recobrimento diário (r_{RDC})	0,20 m
Altura de lixo na célula diária (h_{RDC})	4,80 m
Percentual de material de recobrimento diário (MR_{RDC})	4,0¨%
Taxa de geração/disposição final "per capita" de RDC (p_{RDC})	0,511 kg/hab.dia
Grau/densidade de compactação dos RDC aterrados (d_{RDC}) – compactação através de tratores de esteiras com peso operacional igual ou superior a 15 toneladas	0,700 ton./m³
Percentual de rejeitos (R_{RDC}) – resíduos aterrados x resíduos totais gerados/coletados	100%
Fator de proporcionalidade geométrica da célula diária de lixo ($F_{P,RDC}$)	1:1 (largura: profundidade)
Fator de segurança sobre os quantitativos totais dos resíduos gerados e aterrados (FS_{RDC})	15%

Tendo em mãos os parâmetros acima relacionados, efetuou-se o cálculo do volume médio diário de lixo a ser aterrado através da seguinte fórmula:

$$P_{RDC,A} = \frac{\left(Pop_A \times p_{RDC} \times R\right)}{1000}$$

$$V_{RDC,A} = \frac{\left(P_{RDC,A} \times 1000\right)}{d_{RDC}}$$

Onde:

- $V_{RDC,A}$= volume estimado de lixo diário gerado, no ano A (m³/dia)
- A = ano considerado
- Pop_A = população de projeto no ano A considerado
- R_{RDC} = percentual de resíduos aterrados adotado como 100%

- p_{RDC} = produção *per capita* de lixo (kg/hab.dia)
- $P_{RDC, A}$ = produção diária média de lixo, no ano A (kg/dia)

Para cálculo do volume diário de material de recobrimento, considerou-se a seguinte formulação:

$$MR = \frac{r}{h+r} = 4{,}0\%(\%recobrimento)$$

$$V_{MR,A} = MR \times V_{RDC,A)}$$

Onde:

- $V_{MR, A}$ = volume de material de recobrimento diário, no ano A (m³);
- *MR* = Percentual de material de recobrimento diário em relação ao RDC;

Por fim, para o cálculo do volume total anual de RDC que será aterrado no novo Aterro Sanitário de Paracatu ($V_{T, RDC}$), incluindo o material de recobrimento dos resíduos, considerou-se a seguinte formulação:

$$V_{RDCT,A} = V_{RDC,A} + V_{MR,A}$$

Utilizando-se das formulações acima apresentadas, partiu-se para a elaboração de cálculos, ano a ano e de forma acumulativa, das estimativas de geração de resíduos (*RDC*), de material de recobrimento (*MR*) demandado para a operação do empreendimento e de lixo total nele aterrado (*RDC* + *MR*), cujos resultados estão mostrados na tabela adiante.

QUADRO 10 – Estimativas de RDC que serão dispostos no Aterro Sanitário de Paracatu

ANO	POP. URBANA (hab.)	RESÍDUOS GERADOS ATERRADOS				RECOBRIMENTO DIÁRIO (m^3)		VOLUME TOTAL ATERRADO (LIXO + RECOBRIMENTO) (m^3)	
		QUANT. DIÁRIOS		VOLUMES ANUAIS (m^3)					
		PESO (t)	VOL (m^3)	PARCIAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.
2011	***84.160***	***43,01***	***61,44***	***22.424,31***	***22.424,31***	***896,97***	***896,97***	***26.819,47***	***26.819,47***
2012	86.404	44,15	63,08	23.022,47	45.446,78	920,90	1.817,87	27.534,88	54.354,35
2013	88.709	45,33	64,76	23.636,60	69.083,38	945,46	2.763,34	28.269,37	82.623,72
2014	91.076	46,54	66,49	24.267,10	93.350,48	970,68	3.734,02	29.023,46	111.647,18
2015	93.505	47,78	68,26	24.914,43	118.264,91	996,58	4.730,60	29.797,66	141.444,83
2016	***95.999***	***49,06***	***70,08***	***25.579,02***	***143.843,93***	***1.023,16***	***5.753,76***	***30.592,51***	***172.037,34***
2017	98.560	50,36	71,95	26.261,34	170.105,27	1.050,45	6.804,21	31.408,56	203.445,90
2018	101.189	51,71	73,87	26.961,86	197.067,13	1.078,47	7.882,69	32.246,38	235.692,28
2019	103.888	53,09	75,84	27.681,07	224.748,19	1.107,24	8.989,93	33.106,56	268.798,84
2020	106.660	54,50	77,86	28.419,46	253.167,65	1.136,78	10.126,71	33.989,67	302.788,51
2021	***109.505***	***55,96***	***79,94***	***29.177,55***	***282.345,20***	***1.167,10***	***11.293,81***	***34.896,35***	***337.684,86***
2022	112.426	57,45	82,07	29.955,86	312.301,06	1.198,23	12.492,04	35.827,21	373.512,06
2023	115.425	58,98	84,26	30.754,93	343.055,99	1.230,20	13.722,24	36.782,90	410.294,96
2024	118.504	60,56	86,51	31.575,32	374.631,30	1.263,01	14.985,25	37.764,08	448.059,04
2025	121.665	62,17	88,82	32.417,59	407.048,89	1.296,70	16.281,96	38.771,43	486.830,47
2026	***124.910***	***63,83***	***91,18***	***33.282,32***	***440.331,21***	***1.331,29***	***17.613,25***	***39.805,66***	***526.636,13***
2027	128.242	65,53	93,62	34.170,13	474.501,34	1.366,81	18.980,05	40.867,48	567.503,61
2028	131.663	67,28	96,11	35.081,62	509.582,96	1.403,26	20.383,32	41.957,61	609.461,22
2029	135.175	69,07	98,68	36.017,42	545.600,38	1.440,70	21.824,02	43.076,83	652.538,05
2030	138.781	70,92	101,31	36.978,18	582.578,56	1.479,13	23.303,14	44.225,91	696.763,96
2031	***142.483***	***72,81***	***104,01***	***37.964,57***	***620.543,14***	***1.518,58***	***24.821,73***	***45.405,63***	***742.169,59***
2032	146.284	74,75	106,79	38.977,28	659.520,42	1.559,09	26.380,82	46.616,83	788.786,42
2033	150.186	76,74	109,64	40.017,00	699.537,41	1.600,68	27.981,50	47.860,33	836.646,75
2034	154.192	78,79	112,56	41.084,45	740.621,86	1.643,38	29.624,87	49.137,00	885.783,75
2035	158.305	80,89	115,56	42.180,38	782.802,24	1.687,22	31.312,09	50.447,73	936.231,48
2036	***162.528***	***83,05***	***118,65***	***43.305,54***	***826.107,77***	***1.732,22***	***33.044,31***	***51.793,42***	***988.024,90***
2037	166.863	85,27	121,81	44.460,71	870.568,48	1.778,43	34.822,74	53.175,01	1.041.199,91
2038	171.314	87,54	125,06	45.646,70	916.215,18	1.825,87	36.648,61	54.593,45	1.095.793,36

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

2039	175.884	89,88	128,40	46.864,32	963.079,50	1.874,57	38.523,18	56.049,73	1.151.843,09
2040	***180.576***	***92,27***	***131,82***	***48.114,43***	***1.011.193,93***	***1.924,58***	***40.447,76***	***57.544,86***	***1.209.387,94***
2041	***185.393***	***94,74***	***135,34***	***49.397,88***	***1.060.591,84***	***1.975,92***	***42.423,67***	***59.079,86***	***1.268,467,81***
2042	190.338	97,26	138,95	50.715,57	1.111.307,38	2.028,62	44.452,30	60.655,82	1.329.123,62
2043	195.415	99,86	142,65	52.068,40	1.163.375,78	2.082,74	46.535,03	62.273,81	1.391.397,43
2044	200.628	102,52	146,46	53.457,33	1.216.833,11	2.138,29	48.673,32	*63.934,96*	*1.455.332,39*
2045	205.980	105,26	150,37	54.883,30	1.271.716,40	2.195,33	50.868,66	65.640,43	1.520.972,82
2046	***211.474***	***108,06***	***154,38***	***56.347,31***	***1.328.063,71***	***2.253,89***	***53.122,55***	***67.391,38***	***1.588.364,20***

Deste modo, para um horizonte de projeto de 30 anos, estima-se que haverá o um volume de ***1.209.387,94 m³*** de resíduos de origem domiciliar e comercial – RDC (lixo + material de recobrimento) aterrados no novo Aterro Sanitário de Paracatu.

4.2.3.2 – Estimativas de RSS gerados e aterrados

Seguindo os mesmos passos do item 4.2.3.1, foram calculados os volumes de resíduos de serviços de saúde – RSS que serão gerados e aterrados no novo Aterro Sanitário de Paracatu, sendo aqui considerados aqueles que podem ser dispostos em aterros sanitários pela DN – Deliberação Normativa nº. 097/2006 do COPAM e pela Resolução CONAMA 358/2005.

Porém, devido às características quantitativas e qualitativas dos RSS, estes deverão ser dispostos/aterrados considerando-se os seguintes parâmetros de conformação operacional na unidade de aterragem:

QUADRO 11 - Conformação operacional do novo Aterro Sanitário de Paracatu – RSS

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Altura total das células diárias de lixo ($h_{RSS} + r_{RSS}$)	1,00 m
Espessura mínima da camada de recobrimento diário (r_{RSS})	0,20 m
Altura de lixo na célula diária (h_{RSS})	0,80 m
Percentual de material de recobrimento diário (MR_{RSS})	20,0 %
Taxa de geração/disposição final “per capita” de RSS (p_{RSS})	0,006 kg/hab.dia

Grau/densidade de compactação dos RSS aterrados (d_{RSS}) – compactação indireta c/ o trator de esteiras, após os resíduos serem dispostos em valetas abertas dentro da própria massa de lixo e recobertas pelo próprio lixo escavado daquele local	0,500 ton./m³
Percentual de rejeitos (R_{RSS}) – resíduos aterrados x resíduos totais gerados/coletados	100%
Fator de proporcionalidade geométrica da célula diária de lixo ($F_{P,RSS}$)	1:1 (largura: profundidade)
Fator de segurança sobre os quantitativos totais dos resíduos gerados e aterrados (FS_{RSS})	15%

Novamente assim como no item 4.2.3.1, partiu-se para a elaboração de cálculos estimativos, ano a ano e de forma acumulativa, dos quais resultou a tabela mostrada adiante na qual estão informadas as estimativas de geração de resíduos (*RSS*), de material de recobrimento (*MR*) demandado para a operação do empreendimento e de lixo total nele aterrado (*RSS* + *MR*).

QUADRO 12 – Estimativas de RSS que serão dispostos no Aterro Sanitário de Paracatu

ANO	POP. URBANA (hab.)	RESÍDUOS GERADOS ATERRADOS				RECOBRIMENTO DIÁRIO (m³)		VOLUME TOTAL ATERRADO (LIXO + RECOBRIMENTO) (m³)	
		QUANT. DIÁRIOS		VOLUMES ANUAIS (m³)					
		PESO (t)	VOL (m³)	PARCIAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.
2011	***81.973***	***0,50***	***1,01***	***368,62***	***368,62***	***73,72***	***73,72***	***508,69***	***508,69***
2012	84.160	0,52	1,04	378,45	747,07	75,69	149,41	522,26	1.030,96
2013	86.404	0,53	1,06	388,55	1.135,62	77,71	227,12	536,19	1.567,15
2014	88.709	0,55	1,09	398,91	1.534,53	79,78	306,91	550,50	2.117,65
2015	91.076	0,56	1,12	409,55	1.944,08	81,91	388,82	565,18	2.682,83
2016	***93.505***	***0,58***	***1,15***	***420,48***	***2.364,56***	***84,10***	***472,91***	***580,26***	***3.263,09***
2017	95.999	0,59	1,18	431,69	2.796,25	86,34	559,25	595,74	3.858,83
2018	98.560	0,61	1,21	443,21	3.239,46	88,64	647,89	611,63	4.470,45
2019	101.189	0,62	1,25	455,03	3.694,49	91,01	738,90	627,94	5.098,40
2020	103.888	0,64	1,28	467,17	4.161,66	93,43	832,33	644,69	5.743,09
2021	***106.660***	***0,66***	***1,31***	***479,63***	***4.641,29***	***95,93***	***928,26***	***661,89***	***6.404,98***
2022	109.505	0,67	1,35	492,43	5.133,72	98,49	1.026,74	679,55	7.084,53
2023	112.426	0,69	1,39	505,56	5.639,28	101,11	1.127,86	697,67	7.782,20
2024	115.425	0,71	1,42	519,05	6.158,32	103,81	1.231,66	716,28	8.498,49

2025	118.504	0,73	1,46	532,89	6.691,21	106,58	1.338,24	735,39	9.233,88
2026	***121.665***	***0,75***	***1,50***	***547,11***	***7.238,32***	***109,42***	***1.447,66***	***755,01***	***9.988,88***
2027	124.910	0,77	1,54	561,70	7.800,02	112,34	1.560,00	775,15	10.764,03
2028	128.242	0,79	1,58	576,68	8.376,71	115,34	1.675,34	795,82	11.559,85
2029	131.663	0,81	1,62	592,07	8.968,77	118,41	1.793,75	817,05	12.376,91
2030	135.175	0,83	1,67	607,86	9.576,63	121,57	1.915,33	838,85	13.215,75
2031	***138.781***	***0,85***	***1,71***	***624,08***	***10.200,71***	***124,82***	***2.040,14***	***861,22***	***14.076,98***
2032	142.483	0,88	1,76	640,72	10.841,43	128,14	2.168,29	884,20	14.961,18
2033	146.284	0,90	1,80	657,81	11.499,25	131,56	2.299,85	907,78	15.868,96
2034	150.186	0,93	1,85	675,36	12.174,61	135,07	2.434,92	932,00	16.800,96
2035	154.192	0,95	1,90	693,38	12.867,98	138,68	2.573,60	956,86	17.757,82
2036	***158.305***	***0,98***	***1,95***	***711,87***	***13.579,85***	***142,37***	***2.715,97***	***982,38***	***18.740,20***
2037	162.528	1,00	2,00	730,86	14.310,71	146,17	2.862,14	1.008,59	19.748,79
2038	166.863	1,03	2,06	750,36	15.061,07	150,07	3.012,21	1.035,49	20.784,28
2039	171.314	1,06	2,11	770,37	15.831,44	154,07	3.166,29	1.063,11	21.847,39
2040	***175.884***	***1,08***	***2,17***	***790,92***	***16.622,37***	***158,18***	***3.324,47***	***1.091,47***	***22.938,87***
2041	***180.576***	***1,11***	***2,22***	***812,02***	***17.434,39***	***162,40***	***3.486,88***	***1.120,59***	***24.059,45***
2042	185.393	1,14	2,28	833,68	18.268,07	166,74	3.653,61	1.150,48	25.209,93
2043	190.338	1,17	2,34	855,92	19.123,99	171,18	3.824,80	1.181,17	26.391,10
2044	195.415	1,20	2,41	878,75	20.002,74	175,75	4.000,55	1.212,68	27.603,78
2045	200.628	1,24	2,47	902,19	20.904,93	180,44	4.180,99	1.245,02	28.848,80
2046	***205.980***	***1,27***	***2,54***	***926,26***	***21.831,18***	***185,25***	***4.366,24***	***1.278,23***	***30.127,03***

Como se pode observar na tabela acima, para um horizonte de projeto de 30 anos, estima-se que haverá o um volume de ***22.938,87 m³*** de resíduos de serviços de saúde - RSS (lixo + material de recobrimento) aterrados no novo Aterro Sanitário de Paracatu.

4.2.3.3 – Estimativas de carcaças de animais mortos – AM coletadas e aterrados

Seguindo os mesmos passos dos itens 4.2.3.1 e 4.2.3.2, foram calculados os quantitativos de carcaças de animais mortos – AM serão coletadas em Paracatu e aterradas no Aterro Sanitário do município.

Assim como no caso dos estudos estimativos quanto à geração e disposição final de RSS, devido às características quantitativas e qualitativas dos resíduos do tipo “carcaças de animais mortos” - AM, estes deverão dispostos/aterrados considerando-se os seguintes parâmetros de conformação operacional na unidade de aterragem:

QUADRO 13 - Conformação operacional do Aterro Sanitário de Paracatu – AM

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Altura total das células diárias de lixo ($h_{AM} + r_{AM}$)	1,00 m
Espessura mínima da camada de recobrimento diário (r_{AM})	0,20 m
Altura de lixo na célula diária (h_{AM})	0,80 m
Percentual de material de recobrimento diário (MR_{AM})	20,0¨%
Taxa de geração/disposição final “per capita” de AM (p_{AM})	0,002 kg/hab.dia
Grau/densidade de compactação dos AM aterrados (d_{AM}) – compactação indireta c/ o trator de esteiras, após as carcaças serem dispostos em valetas abertas dentro da própria massa de lixo e recobertas pelo próprio lixo escavado daquele local, não havendo, portanto, contato entre o equipamento e os resíduos aterrados	0,500 ton./m³
Percentual de rejeitos (R_{AM}) – resíduos aterrados x resíduos totais coletados	100%
Fator de proporcionalidade geométrica da célula diária de lixo ($F_{P,AM}$)	1:1 (largura: profundidade)
Fator de segurança sobre os quantitativos totais dos resíduos gerados e aterrados (FS_{AM})	15%

Da mesma forma que realizado nos itens 4.5.3.1 e 4.5.3.2, foram elaborados cálculos estimativos, ano a ano e de forma acumulativa, que resultaram na tabela mostrada adiante na qual estão informadas as estimativas de coleta de carcaças de animais mortos (*AM*), de material de recobrimento (*MR*) demandado para a operação do empreendimento e de lixo total nele aterrado (*AM* + *MR*).

QUADRO 14 – Estimativas de AM que serão dispostos no Aterro Sanitário de Paracatu

ANO	POP. URBANA (hab.)	RESÍDUOS GERADOS ATERRADOS				RECOBRIMENTO DIÁRIO (m^3)		VOLUME TOTAL ATERRADO (LIXO + RECOBRIMENTO) (m^3)	
		QUANT. DIÁRIOS		VOLUMES ANUAIS (m^3)					
		PESO (t)	VOL (m^3)	PARCIAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.
2011	***84.160***	***0,17***	***0,34***	***122,87***	***122,87***	***24,57***	***24,57***	***169,56***	***169,56***
2012	86.404	0,17	0,35	126,15	249,02	25,23	49,80	174,09	343,65
2013	88.709	0,18	0,35	129,52	378,54	25,90	75,71	178,73	522,38
2014	91.076	0,18	0,36	132,97	511,51	26,59	102,30	183,50	705,88
2015	93.505	0,19	0,37	136,52	648,03	27,30	129,61	188,39	894,28
2016	***95.999***	***0,19***	***0,38***	***140,16***	***788,19***	***28,03***	***157,64***	***193,42***	***1.087,70***
2017	98.560	0,20	0,39	143,90	932,08	28,78	186,42	198,58	1.286,28
2018	101.189	0,20	0,40	147,74	1.079,82	29,55	215,96	203,88	1.490,15
2019	103.888	0,21	0,42	151,68	1.231,50	30,34	246,30	209,31	1.699,47
2020	106.660	0,21	0,43	155,72	1.387,22	31,14	277,44	214,90	1.914,36
2021	***109.505***	***0,22***	***0,44***	***159,88***	***1.547,10***	***31,98***	***309,42***	***220,63***	***2.134,99***
2022	112.426	0,22	0,45	164,14	1.711,24	32,83	342,25	226,52	2.361,51
2023	115.425	0,23	0,46	168,52	1.879,76	33,70	375,95	232,56	2.594,07
2024	118.504	0,24	0,47	173,02	2.052,77	34,60	410,55	238,76	2.832,83
2025	121.665	0,24	0,49	177,63	2.230,40	35,53	446,08	245,13	3.077,96
2026	***124.910***	***0,25***	***0,50***	***182,37***	***2.412,77***	***36,47***	***482,55***	***251,67***	***3.329,63***
2027	128.242	0,26	0,51	187,23	2.600,01	37,45	520,00	258,38	3.588,01
2028	131.663	0,26	0,53	192,23	2.792,24	38,45	558,45	265,27	3.853,28
2029	135.175	0,27	0,54	197,36	2.989,59	39,47	597,92	272,35	4.125,64
2030	138.781	0,28	0,56	202,62	3.192,21	40,52	638,44	279,62	4.405,25
2031	***142.483***	***0,28***	***0,57***	***208,03***	***3.400,24***	***41,61***	***680,05***	***287,07***	***4.692,33***
2032	146.284	0,29	0,59	213,57	3.613,81	42,71	722,76	294,73	4.987,06
2033	150.186	0,30	0,60	219,27	3.833,08	43,85	766,62	302,59	5.289,65
2034	154.192	0,31	0,62	225,12	4.058,20	45,02	811,64	310,67	5.600,32
2035	158.305	0,32	0,63	231,13	4.289,33	46,23	857,87	318,95	5.919,27
2036	***162.528***	***0,33***	***0,65***	***237,29***	***4.526,62***	***47,46***	***905,32***	***327,46***	***6.246,73***
2037	166.863	0,33	0,67	243,62	4.770,24	48,72	954,05	336,20	6.582,93
2038	171.314	0,34	0,69	250,12	5.020,36	50,02	1.004,07	345,16	6.928,09

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

2039	175.884	0,35	0,70	256,79	5.277,15	51,36	1.055,43	354,37	7.282,46
2040	***180.576***	***0,36***	***0,72***	***263,64***	***5.540,79***	***52,73***	***1.108,16***	***363,82***	***7.646,29***
2041	***185.393***	***0,37***	***0,74***	***270,67***	***5.811,46***	***54,13***	***1.162,29***	***373,53***	***8.019,82***
2042	190.338	0,38	0,76	277,89	6.089,36	55,58	1.217,87	383,49	8.403,31
2043	195.415	0,39	0,78	285,31	6.374,66	57,06	1.274,93	393,72	8.797,03
2044	200.628	0,40	0,80	292,92	6.667,58	58,58	1.333,52	404,23	9.201,26
2045	205.980	0,41	0,82	300,73	6.968,31	60,15	1.393,66	415,01	9.616,27
2046	***211.474***	***0,42***	***0,85***	***308,75***	***7.277,06***	***61,75***	***1.455,41***	***426,08***	***10.042,34***

Como se pode observar na tabela acima, para um horizonte de projeto de 30 anos, estima-se que haverá o um volume de ***7.646,29 m³*** de carcaças de animais mortos – AM, incluindo o material de recobrimento, aterrados no novo Aterro Sanitário de Paracatu.

4.2.3.4 – Estimativas do total de RSU gerados e aterrados

De posse dos resultados das estimativas de geração/coleta e de disposição final de RDC, RSS e AM, procedeu-se, por fim, na estimativa do total de RSU que serão gerados, coletados e aterrados/dispostos no novo Aterro Sanitário de Paracatu, conforme tabela demonstrada adiante, através da qual se pode estimar que haverá um total de ***1.207.756,23 m³*** de resíduos sólidos urbanos – RSU aterrados no referido empreendimento durante um horizonte de projeto igual a 30 anos após o início da sua operação.

QUADRO 15 – Estimativo de RSU (RDC + RSS + AM) dispostos no novo Aterro Sanitário

ANO	POP. URBANA (hab.)	RESÍDUOS GERADOS ATERRADOS				RECOBRIMENTO DIÁRIO (m^3)		VOLUME TOTAL ATERRADO (LIXO + RECOBRIMENTO) (m^3)	
		QUANT. DIÁRIOS		VOLUMES ANUAIS (m^3)					
		PESO (t)	VOL (m^3)	PARCIAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.
2011	***84.160***	***43,68***	***62,78***	***22.915,80***	***22.915,80***	***995,27***	***995,27***	***27.497,73***	***27.497,73***
2012	86.404	44,84	64,46	23.527,08	46.442,87	1.021,82	2.017,09	28.231,23	55.728,96
2013	88.709	46,04	66,18	24.154,66	70.597,53	1.049,08	3.066,17	28.984,30	84.713,26
2014	91.076	47,27	67,94	24.798,99	95.396,52	1.077,06	4.143,23	29.757,45	114.470,71

2015	93.505	48,53	69,75	25.460,50	120.857,02	1.105,79	5.249,02	30.551,23	145.021,94
2016	***95.999***	***49,82***	***71,62***	***26.139,66***	***146.996,67***	***1.135,29***	***6.384,31***	***31.366,19***	***176.388,12***
2017	98.560	51,15	73,53	26.836,93	173.833,60	1.165,57	7.549,88	32.202,88	208.591,00
2018	101.189	52,52	75,49	27.552,80	201.386,41	1.196,66	8.746,54	33.061,89	241.652,89
2019	103.888	53,92	77,50	28.287,78	229.674,18	1.228,58	9.975,13	33.943,81	275.596,70
2020	106.660	55,36	79,57	29.042,35	258.716,53	1.261,36	11.236,48	34.849,26	310.445,97
2021	***109.505***	***56,83***	***81,69***	***29.817,05***	***288.533,59***	***1.295,00***	***12.531,49***	***35.778,87***	***346.224,83***
2022	112.426	58,35	83,87	30.612,42	319.146,01	1.329,55	13.861,03	36.733,27	382.958,10
2023	115.425	59,91	86,11	31.429,01	350.575,02	1.365,01	15.226,05	37.713,13	420.671,23
2024	118.504	61,50	88,40	32.267,38	382.842,40	1.401,42	16.627,47	38.719,12	459.390,35
2025	121.665	63,14	90,76	33.128,11	415.970,51	1.438,81	18.066,28	39.751,95	499.142,31
2026	***124.910***	***64,83***	***93,18***	***34.011,80***	***449.982,31***	***1.477,19***	***19.543,47***	***40.812,34***	***539.954,64***
2027	128.242	66,56	95,67	34.919,06	484.901,37	1.516,59	21.060,06	41.901,01	581.855,65
2028	131.663	68,33	98,22	35.850,53	520.751,90	1.557,05	22.617,11	43.018,71	624.874,36
2029	135.175	70,16	100,84	36.806,84	557.558,74	1.598,58	24.215,69	44.166,24	669.040,60
2030	138.781	72,03	103,53	37.788,66	595.347,41	1.641,22	25.856,91	45.344,37	714.384,97
2031	***142.483***	***73,95***	***106,29***	***38.796,67***	***634.144,08***	***1.685,00***	***27.541,91***	***46.553,93***	***760.938,90***
2032	146.284	75,92	109,13	39.831,58	673.975,66	1.729,95	29.271,87	47.795,75	808.734,65
2033	150.186	77,95	112,04	40.894,08	714.869,74	1.776,10	31.047,96	49.070,71	857.805,36
2034	154.192	80,03	115,03	41.984,93	756.854,67	1.823,47	32.871,44	50.379,66	908.185,02
2035	158.305	82,16	118,10	43.104,88	799.959,55	1.872,12	34.743,55	51.723,54	959.908,56
2036	***162.528***	***84,35***	***121,25***	***44.254,70***	***844.214,24***	***1.922,05***	***36.665,61***	***53.103,27***	***1.013.011,83***
2037	166.863	86,60	124,48	45.435,19	889.649,44	1.973,32	38.638,93	54.519,79	1.067.531,62
2038	171.314	88,91	127,80	46.647,17	936.296,61	2.025,96	40.664,89	55.974,11	1.123.505,73
2039	175.884	91,28	131,21	47.891,49	984.188,10	2.080,01	42.744,90	57.467,22	1.180.972,94
2040	***180.576***	***93,72***	***134,71***	***49.168,99***	***1.033.357,09***	***2.135,49***	***44.880,39***	***59.000,15***	***1.239.973,10***
2041	***185.393***	***96,22***	***138,30***	***50.480,57***	***1.083.837,66***	***2.192,45***	***47.072,84***	***60.573,98***	***1.300.547,08***
2042	190.338	98,79	141,99	51.827,14	1.135.664,80	2.250,94	49.323,78	62.189,79	1.362.736,87
2043	195.415	101,42	145,78	53.209,63	1.188.874,43	2.310,98	51.634,76	63.848,70	1.426.585,57
2044	200.628	104,13	149,67	54.628,99	1.243.503,42	2.372,63	54.007,39	65.551,86	1.492.137,43
2045	205.980	106,90	153,66	56.086,22	1.299.589,64	2.435,92	56.443,30	67.300,46	1.559.437,89
2046	***211.474***	***109,76***	***157,76***	***57.582,32***	***1.357.171,96***	***2.500,89***	***58.944,20***	***69.095,69***	***1.628.533,58***

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

4.2.4 – Capacidade de aterragem/disposição final

Baseando-se nos volumes acumulados estimados para aterragem/disposição final no novo Aterro Sanitário de Paracatu, no decorrer de um horizonte de projeto superior a 30 anos, conforme estudos mostrados nos itens anteriores procederam-se com a elaboração dos projetos técnicos da unidade de aterragem/aterro sanitário do empreendimento em questão.

Como resultado, concebeu-se um aterro sanitário com capacidade volumétrica de aterragem total igual a **1.239.973,10 m³**, conforme quantitativos apresentados no quadro adiante.

QUADRO 16 - Capacidade do Aterro Sanitário de Paracatu projetado por maciço

MACIÇO CONSIDERADO	CAPACIDADE VOLUMÉTRICA DE ATERRAGEM (m³)
MACIÇO 01	344.779,37
MACIÇO 02	358.423,48
MACIÇO 03	264.851,60
MACIÇO 04	183.908,80
MACIÇO 05	115.677,73
TOTAL	**1.267.640,98**

4.2.5 – Vida útil e quantidade operacional estimada

Comparando-se as estimativas encontradas para a aterragem/disposição final de resíduos no novo Aterro Sanitário de Paracatu após o início da sua operação com a sua capacidade de aterragem total definida em projeto, concluiu-se que o empreendimento em questão possuirá uma vida útil de aproximadamente **30 anos**, com início e final de operação previstos para os anos de 2011 e 2040, respectivamente.

Para a estimativa da quantidade operada pelo empreendimento, em toneladas/dia, foram considerados os resultados até então já encontrados quanto às populações urbanas (habitantes) e às taxas de geração *per capita* de RSU (kg/hab.dia), sendo encontrados, para início e final de plano os resultados apresentados no quadro adiante.

QUADRO 17 – Quantidades operadas no empreendimento em início e final de plano

ANO CONSIDERADO	POPULAÇÃO URBANA ESTIMADA (habitantes)	TAXA DE GERAÇÃO/DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU *PER CAPITA* (kg/hab.dia)	QUANTIDADE OPERADA (ton./dia)
2011 (início de plano)	81.973	0,519	43,68
2040 (final de plano)	185.393	0,519	93,72

Ressalta-se novamente que a estimativa de vida útil aqui apresentada considerou o recebimento, tratamento e disposição final no referido empreendimento de 100% dos seguintes resíduos gerados e coletados no município de Paracatu:

- Resíduos sólidos urbanos domiciliares e comerciais – RDC gerados e coletados no município de Paracatu;
- Resíduos dos estabelecimentos/serviços de saúde – RSS, em codisposição com os demais resíduos, respeitando-se as determinações legais estabelecidas pela DN – Deliberação Normativa nº. 097/2006 do COPAM e pela Resolução CONAMA 358/2005, aonde são classificados quais os RSS podem ser dispostos e tratados em aterros sanitários e se estes devem ou não passar por tratamentos preliminares específicas (autoclave/descaracterização, incineração, etc.);
- Carcaças de animais mortos recolhidas no município – AM, em codisposição com os demais resíduos.

Cabe informar que a vida útil a ser efetivamente observada para o novo Aterro Sanitário de Paracatu poderá variar consideravelmente, para mais ou para menos, dependendo, dentre outros, dos seguintes e principais fatores:

- Procedimentos operacionais adotados no decorrer da operação do empreendimento (grau de compactação, espessura do recobrimento diário dos resíduos, etc.);
- Comportamento efetivo/real da geração de resíduos no município de Paracatu;

- Implementação e operação futura dos procedimentos de compostagem de matéria orgânica utilizando-se do pátio de compostagem já existente e das demais instalações previstas no presente projeto;
- Implementação de campanhas e de ações de coleta seletiva de materiais recicláveis no município.

Portanto, o novo Aterro Sanitário de Paracatu concebido e apresentado no presente PCA contribuirá para o desenvolvimento sustentável de Paracatu através do tratamento e disposição final dos RSU gerados no município por um período extremamente satisfatório, muito além dos 10 anos considerados como vida útil mínima e dos 20 anos considerados como vida útil média para empreendimentos similares.

4.3 – MEMORIAL DESCRITIVO

Todas as unidades do novo Aterro Sanitário de Paracatu, com exceção do pátio de compostagem que somente será aproveitado tal como já se encontra instalado, foram projetadas para comportar uma vida útil de aproximadamente 30 anos considerando-se, para tanto, a disposição final e o tratamento de 100% dos resíduos gerados e coletados no município.

De forma geral, o empreendimento foi concebido para ser constituído basicamente pelas seguintes unidades:

- Aterro sanitário, neste estudo também denominado de “unidade de aterragem”, cuja finalidade é o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos – RSU;
- Estação de Tratamento de Efluentes – ETE parcialmente existente e cujas instalações serão complementadas e/ou readequadas;
- Prédio administrativo já existente aonde continuará funcionando o escritório, almoxarifado, cozinha, vestiário masculino e feminino e o refeitório;
- Guarita já existente e que continuará sendo utilizada p/ controle da portaria e da balança rodoviária;

- Balança rodoviária já existente e que continuará sendo utilizada para controle dos quantitativos de resíduos recebidos no empreendimento;
- Galpão já existente, aqui denominado Galpão IM, que será aproveitado para guarda de insumos e material de construção operacional, tais como ferragens, brita, areia, cimento, formas, etc.;
- Galpão novo, aqui denominado Galpão EV, que será instalado com a finalidade de guarda de veículos e equipamentos operacionais que demandam de maior segurança;
- Unidade de compostagem – UC que será composta pelo pátio de compostagem já existente e por um novo galpão, aqui denominado Galpão UC, a ser instalado para apoio aos procedimentos de compostagem que poderão ser iniciados pela Prefeitura;
- Estação meteorológica compacta a ser instalada;
- Viveiro de mudas existente e a ser aproveitado.

Além da instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, pretende-se, com o presente projeto, promover o encerramento do maciço de resíduos sólidos urbanos – RSU e das valas de aterragem de resíduos dos serviços de saúde – RSS e de carcaças de animais mortos – AM existentes e que são operados atualmente no local na forma de um Aterro Controlado.

De forma sobreposta ao Aterro Controlado encerrado, conformar-se-á um Aterro de Bota-fora, aqui denominado Aterro BF, para armazenamento temporário do solo excedente proveniente das obras de implantação das etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu. O Aterro BF também funcionará como local de empréstimo de material para recobrimento diário e final dos resíduos dispostos no novo Aterro Sanitário.

Nos tópicos adiante será apresentada uma descrição sucinta do novo Aterro Sanitário de Paracatu, incluindo a definição das suas etapas de implantação/faseamento e a caracterização, dimensionamentos e especificações técnicas das unidades componentes do empreendimento. Já os projetos técnicos de engenharia estão apresentados em anexo ao presente PCA em volume próprio.

4.3.1 – Etapas de implantação / faseamento do empreendimento

Operacionalmente, o novo Aterro Sanitário de Paracatu foi projetado para ser implantado em 03 etapas distintas de forma a se minimizar os custos de implantação do empreendimento tanto no início da sua operação quanto também no decorrer da sua vida útil, propondo-se assim a realização dos seguintes e principais serviços na implantação de cada etapa:

- Etapa 01
    - Execução parcial da plataforma de base da unidade de aterragem/aterro sanitário, incluindo os seguintes serviços e dispositivos de controle, operação e monitoramento:
        - Serviços de terraplenagem para conformação geométrica da plataforma de base, correspondentes à etapa 01;
        - Execução e instalação do sistema de impermeabilização de base e de taludes, correspondente à etapa 01;
        - Execução e instalação do sistema de drenagem e coleta horizontal de base de percolados e gases correspondente à SEQ.1 da etapa 01, do qual fazem parte os drenos horizontais de percolados de base – DPB, os drenos verticais de gases e percolados – DGP (até a altura de 1,50 m acima do nível da base da plataforma) e as caixas de inspeção e acumulação de percolados – CIP.01, CIP.02 E CIP.03. As demais espinhas-de-peixe formadas pelos DPB's e DGP's deverão ser instaladas durante a conformação operacional do maciço 01 - etapa 01 do Aterro Sanitário sempre seguindo a sequência (SEQ) indicada nos projetos técnicos.
    - Execução do sistema de drenagem de efluentes projetado para ser instalado fora da unidade de aterragem, do qual fazem parte as redes coletoras em tubos de PEAD DN 150 mm – RPEAD e os poços de visita da rede coletora – PV's;
    - Execução do sistema de drenagem superficial em todo o terreno, correspondente à etapa 01;

- Execução das obras e intervenções de complementação, readequação e melhoria da Estação de Tratamento de Efluentes – ETE existente, quando deverão ser realizados e executados os seguintes serviços:
  - Limpeza superficial da LFE e da LAE incluindo a retirada de todo e qualquer efluente e/ou resíduo que nelas estejam dispostos;
  - Recuperação da impermeabilização existente na lagoa facultativa existente – LFE e na lagoa anaeróbia existente – LAE, através da instalação de geomembrana de PEAD e=1,0 mm por sobre a manta de PVC atualmente instalada (sem condições de recuperação);
  - Execução das caixas de passagem de esgotos CPE. 01, CPE. 02, CPE. 03 e CPE. 04;
  - Execução das caixas de distribuição de fluxos CDF. 01, CDF. 02, CDF. 03 e CPF. 04;
  - Execução do dispositivo de medição de vazões – DMV.01;
  - Execução do tratamento preliminar – TP;
  - Execução do leito de secagem projetado – LS;
  - Execução do tanque anaeróbio 01 projetado – TA. 01;
  - Interligação entre as novas unidades e aquelas existentes e que serão reaproveitadas para a operação da ETE, através de redes coletoras em tubos de PEAD DN 150 mm – RPEAD;
  - Execução de passeios cimentados no entorno das LFE e LAE (largura variável e inferior a 2,0 m, conforme a situação encontrada atualmente;
  - Execução de uma camada de brita no entorno das lagoas LFE e LAE;
  - Execução dos sumidouros S.01; S.02; S.03 e S.04, incluindo os caminhos de acesso aos mesmos que deverão ser delimitados com pneus semi-enterrados no solo (de forma a não se permitir o acúmulo de água no interior dos pneus) e dotados de revestimento em cada de brita 01 ou superior na espessura de 5,0 cm;

- Execução de cercamento da área da ETE em tela galvanizada com mourões em concreto armado na altura de 2,0 m, incluindo os 02 portões de acesso de veículos (4,0 m x 2,0 m) e de funcionários e equipamentos aos sumidouros (2,0 m x 2,0 m) ao local.

- Limpeza superficial dos dispositivos de drenagem do pátio de compostagem existente e a sua interligação com a ETE projetada através da instalação de nova rede coletora de efluentes em tubos de PEAD DN 150 mm, conforme definido nos projetos técnicos;
- Instalação do Galpão UC e de equipamentos operacionais junto ao pátio de compostagem que possibilitem a transformação do local em uma Unidade de Compostagem;
- Instalação do Galpão EV nas proximidades da guarita e balança rodoviária que será utilizado para guarda de veículos e equipamentos de maior valor, tal como o trator de esteiras, equipamentos de monitoramento do aterro, caminhões, veículos operacionais, etc.;
- A princípio, os sistemas já existentes de iluminação interna e de distribuição de água dentro da área do novo Aterro Sanitário de Paracatu serão aproveitados sem a necessidade de nenhuma intervenção;
- Reconformação geométrica das estradas internas já existentes e execução de novos acessos às unidades do empreendimento em conformidade com as indicações apresentadas nos projetos técnicos;
- Instalação dos 04 poços de monitoramento da qualidade e do nível das águas do lençol freático (PMT);
- Inspeção e manutenção geral da cerca em arame farpado existente a fim de se eliminar possíveis falhas;
- Instalação de cerca em arame farpado a 07 fios delimitando e separando a área de Reserva Legal do terreno;
- Instalação dos marcos topográficos do terreno MTT. 01 e MTT. 02 nos locais indicados nos projetos técnicos;

- Execução da cerca-viva em sansão-do-campo internamente à cerca de divisa frontal (divisa norte) do terreno do Aterro Sanitário, numa extensão total de 100,00 m;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e aterro em solo/terreno natural;
- Encerramento do maciço de aterragem de RDC e das valas de RSS e de AM atualmente em operação na forma de um Aterro Controlado (instalação de sistemas de drenagem e coleta de efluentes/percolados, de sistemas de drenagem superficial, selamento final da massa de lixo e recomposição da cobertura vegetal);
- Armazenamento de solo excedente da implantação da etapa 01 no Aterro de Bota-fora operacional – BF projetado por sobre o maciço AC do Aterro Controlado encerrado.

- Etapa 02
  - Execução de uma segunda parcela da plataforma de base da unidade de aterragem/aterro sanitário de forma contígua à etapa 01, incluindo os seguintes serviços e dispositivos de controle, operação e monitoramento:
    - Serviços de terraplenagem para conformação geométrica da plataforma de base correspondente à etapa 02;
    - Execução e instalação do sistema de impermeabilização de base e de taludes correspondente à etapa 02, incluindo a reexecução destes dispositivos junto ao trespasse de 2,0 m previsto em projeto entre as etapas 01 e 02;
    - Execução e instalação do sistema de drenagem e coleta horizontal de base de percolados e gases correspondente à SEQ.1 da etapa 02, do qual fazem parte os drenos horizontais de percolados de base – DPB, os drenos verticais de gases e percolados – DGP (até a altura de 1,50 m acima do nível da base da plataforma) e a caixa de inspeção e acumulação de percolados – CIP. 04. As demais espinhas-de-peixe formadas pelos DPB's e DGP's deverão ser instaladas durante a

conformação operacional do maciço 01 - etapa 02 do Aterro Sanitário sempre seguindo a sequência (SEQ) indicada nos projetos técnicos.

- Execução do sistema de drenagem de efluentes projetado para ser instalado fora da unidade de aterragem, do qual fazem parte as redes coletoras em tubos de PEAD DN 150 mm – RPEAD e os poços de visita da rede coletora – PV's, correspondentes à etapa 02;
- Execução de dispositivos complementares de drenagem superficial;
- Execução das obras de complementação da Estação de Tratamento de Efluentes – ETE existente, quando deverão ser realizados e executados os seguintes serviços:
  - Execução da lagoa facultativa projetada – LFP;
  - Execução das caixas de passagem de esgotos CPE.05, CPE.06, CPE.07 e CPE.08;
  - Execução das caixas de distribuição de fluxos CDF.05, CDF.06 e CPF. 07;
  - Execução do tanque anaeróbio 02 projetado – TA.02;
  - Execução de passeios cimentados (tijolinhos revestidos com argamassa) no entorno das LFP (largura de 2,0 m);
  - Execução de uma camada de brita no entorno da lagoa LFP;
  - Interligação entre as unidades da etapa 01 e da etapa 02 através de redes coletoras em tubos de PEAD DN 150 mm – RPEAD;
  - Execução dos sumidouros S.05; S.06; S.07 e S.08, incluindo os caminhos de acesso aos mesmos que deverão ser delimitados com pneus semi-enterrados no solo (de forma a não se permitir o acúmulo de água no interior dos pneus) e dotados de revestimento em cada de brita 01 ou 02 na espessura de 5,0 cm.

- Etapa 03

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

- Execução de uma terceira parcela da plataforma de base da unidade de aterragem/aterro sanitário de forma contígua à etapa 02, incluindo os seguintes serviços e dispositivos de controle, operação e monitoramento:
  - Serviços de terraplenagem para conformação geométrica da plataforma de base correspondente à etapa 03;
  - Execução e instalação do sistema de impermeabilização de base e de taludes correspondente à etapa 03, incluindo a reexecução destes dispositivos junto ao trespasse de 2,0 m previsto em projeto entre as etapas 02 e 03;
  - Execução e instalação do sistema de drenagem e coleta horizontal de base de percolados e gases correspondente à SEQ.1 da etapa 03, do qual fazem parte os drenos horizontais de percolados de base – DPB, os drenos verticais de gases e percolados – DGP (até a altura de 1,50 m acima do nível da base da plataforma) e as caixas de inspeção e acumulação de percolados - CIP. 05, CIP. 06, CIP. 07, CIP. 08, CIP. 09 e CIP. 10. As demais espinhas-de-peixe formadas pelos DPB's e DGP's deverão ser instaladas durante a conformação operacional do maciço 01 - etapa 03 do Aterro Sanitário sempre seguindo a sequência (SEQ) indicada nos projetos técnicos.
- Execução do sistema de drenagem de efluentes projetado para ser instalado fora da unidade de aterragem, do qual fazem parte as redes coletoras em tubos de PEAD DN 150 mm – RPEAD e os poços de visita da rede coletora – PV's, correspondentes à etapa 03;
- Execução de dispositivos complementares de drenagem superficial.

4.3.2 – Aterro Sanitário/unidade de aterragem

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos – RSU no novo Aterro Sanitário de Paracatu será realizada em uma unidade de aterragem projetada nos moldes de um aterro sanitário convencional e em conformidade com as especificações e dimensionamentos detalhados indicados nos itens adiante e nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

4.3.2.1 – Especificações geométricas da unidade de aterragem

A unidade de aterragem foi projetada para ser conformada em **05 maciços,** sobrepostos um ao outro, sendo o maciço 01 com 4,0 metros de altura e os demais com 5,0 metros cada um, totalizando uma altura útil máxima de aterragem de resíduos igual a **24,00 metros** em relação à base da plataforma.

Por sobre o topo, bermas e taludes cujas cotas altimétricas máximas de aterragem/disposição final de resíduos sejam atingidas, deverão ser sobrepostas camadas adicionais de solo para selamento/fechamento final dos maciços. Neste sentido, no topo, bermas e taludes deverá ser executada uma camada 50 cm de recobrimento final em solo argiloso compactado.

Complementarmente, no topo e nos taludes também deverá ser promovida a formação uma camada de 5,0 cm de substrato/solo orgânico para recomposição da cobertura vegetal (grama em placa).

Observa-se, portanto, que a altura útil máxima (na qual haverá disposição final de resíduos) da unidade de aterragem será de 24,00 m, enquanto a sua altura total máxima será de 24,55 m.

Entre maciços adjacentes deverão ser conformadas bermas de equilíbrio com largura de 4,0 metros que atuarão na manutenção da estabilidade geotécnica, servirão de base para instalação de dispositivos de drenagem superficial por sobre os maciços de lixo finalizados e também funcionarão como vias de acesso aos caminhões, veículos e demais equipamentos responsáveis pela operação e manutenção da unidade de aterragem.

Para a execução dos serviços de corte e aterro, bem como das plataformas em terreno natural, foram adotadas as inclinações de 1:1 (Vertical: Horizontal) para os taludes de corte e de 2:3 (Vertical: Horizontal) para os taludes de aterro. Já os taludes dos maciços de lixo aterrado foram projetados com inclinação de 1:3 (Vertical: Horizontal).

Tanto a base da plataforma de aterragem quanto às bases e topos dos maciços de lixo deverão ser executados e conformados com declividades contínuas de 1,0% no sentido

noroeste-sudeste definido nos projetos técnicos graficamente e através de equações de plano.

No decorrer da operação da unidade de aterragem, as células de lixo serão dispostas numa altura total máxima de 5,0 m, dos quais 20 cm serão de material de recobrimento diário, sempre se obedecendo a mesma declividade de 1,0% da base do aterro. Apenas nas bermas de equilíbrio entre os maciços a declividade desta camada deverá ser de 2,0% no sentido transversal "crista do talude inferior – pé do talude superior".



FIGURA 21 *– Frente operacional de um aterro sendo conformada. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

Em resumo, a unidade de aterragem foi projetada seguindo as configurações geométricas de projeto mostradas no quadro adiante.

QUADRO 18 – Configurações geométricas adotadas no projeto da unidade de aterragem

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Número total de maciços de lixo	5
Altura do maciço 01	4,0 m
Altura dos maciços 02, 03, 04 e 05	5,0 m
Largura das bermas de equilíbrio entre maciços individuais	4,0 m
Altura útil total (sem o recobrimento final e a revegetação superficial)	24,0 m
Camada de recobrimento final de topo, bermas e taludes	0,50 m
Camada de solo orgânico por sobre a camada de recobrimento final, por sobre taludes e bermas	0,05 m

Altura total (com o recobrimento final e a revegetação superficial)	24,55 m
Revegetação superficial de taludes e topo finalizados	Grama batatais em placas
Declividade de conformação operacional e de encerramento dos taludes dos maciços individuais	1:3 (V:H)
Declividade longitudinal de base e topo dos maciços individuais e da unidade finalizada	1,0%, conforme projeto
Declividade radial /transversal das bermas de equilíbrio (da crista para dentro)	2,0%

4.3.2.2 – Capacidade de aterragem e vida útil por etapas e por maciço

Como já apresentado em tópico anterior, para o alcance de uma vida útil de projeto de aproximadamente 30 anos, projetou-se uma unidade de aterragem com uma capacidade volumétrica útil igual a **1.267.640,98 m³** para a qual foi considerada somente a altura útil total de **24,00 metros**.

Para o cálculo dos volumes úteis de cada maciço, utilizou-se a seguinte formulação:

$$V_{MX} = \frac{(A_{MX,TOPO} + A_{MX,BASE})}{2} \times H_{MX}$$

Onde:

- V_{MX} = Volume útil (m³) de aterragem de resíduos (lixo+recobrimento) do maciço “X”;
- $A_{MX, TOPO}$ = área superficial (m²) do topo do maciço “X”;
- $A_{MX, BASE}$ = área superficial (m²) da base do maciço “X”;
- H_{MX} = altura total (m) do maciço “X”.

As áreas superficiais de topo e base dos maciços utilizadas na formulação acima apresentada foram obtidas através de ferramentas de desenho e cálculo computacional disponíveis em software de CAD, enquanto a altura total dos maciços são parâmetros fixos adotados para a elaboração dos projetos técnicos e geométricos da unidade de aterragem.

Com resultados, foram obtidos os seguintes quantitativos para cada maciço da unidade de aterragem do Aterro Sanitário de Paracatu:

QUADRO 19 – Dados relativos à capacidade volumétrica da unidade de aterragem

MACIÇO Nº.	ÁREA SUPERFICIAL (m²)			ALTURA TOTAL DO MACIÇO (m)	VOLUME ÚTIL (m³)	
	TOPO DO MACIÇO	BASE DO MACIÇO	ÁREA MÉDIA		POR MACIÇO	ACUMULADO
01	84.030,22	88.359,47	86.194,85	4,00	344.779,38	344.779,38
02	63.783,07	79.586,32	71.684,70	5,00	358.423,48	703.202,86
03	46.068,91	59.871,73	52.970,32	5,00	264.851,60	968,054,46
04	30.870,97	42.692,55	36.781,76	5,00	183.908,80	1.151.963,26
05	18.234,39	28.036,70	23.135,55	5,00	115.677,72	1.267.640,98
TOTAL				**25,00**		**1.267.640,98**

Comparando-se os volumes úteis dos maciços projetados com os volumes de RSU que foram estimados (lixo + recobrimento) para tratamento e disposição final na unidade de aterragem, foram obtidas estimativas de vida útil por maciço e por etapa, cujos resultados encontram-se apresentados no quadro adiante.

QUADRO 20 - Capacidade de aterragem e vida útil por maciço e por etapa

ETAPA	MACIÇO	VOLUME ÚTIL (m³)		VIDA ÚTIL ESTIMADA	
		POR ETAPA	POR MACIÇO	POR ETAPA	POR MACIÇO
01	01	108.808,17	68.105,44	03 anos e 09 meses	02 anos e 05 meses
	02		40.702,73		01 ano e 04 meses
02	01	157.929,96	54.876,78	04 anos e 11 meses	01 ano e 10 meses
	02		56.110,15		01 ano e 09 meses
	03		46.943,03		01 ano e 04 meses
03	01	1.000.902,85	221.797,16	21 anos e 09 meses	06 anos
	02		261.610,60		06 anos e 01 mês
	03		217.908,57		04 anos e 04 meses
	04		183.908,80		03 anos e 04 meses
	05		115.677,72		02 anos
TOTAL		**1.267.640,98**		**30 anos e 05 meses**	

4.3.2.3 – Sistemas de impermeabilização da unidade de aterragem/aterro sanitário

O sistema de impermeabilização da unidade de aterragem do novo Aterro Sanitário de Paracatu foi especificado e dimensionado conjuntamente pelo Engº. Civil Cornélio Zampier Teixeira (mestre e doutor em geotécnica) e pelo Engº. Civil/Sanitarista Marcelo Batista Monteiro (especialista em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos), com base nas investigações geotécnicas e geológicas realizadas especificamente para a elaboração do presente PCA e projetos técnicos correspondentes e do seu respectivo RCA.

Primeiramente estudou-se a possibilidade de se utilizar o próprio solo existente na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu para conformação em camada simples (somente solo) do sistema de impermeabilização da plataforma de base da unidade de aterragem, sem a utilização de geomembrana impermeável.

A partir dos resultados das investigações geotécnicas e geológicas, foram tiradas as seguintes informações e conclusões sobre o solo existente.

- Os ensaios de permeabilidade realizados em laboratório em corpos-de-prova preparados nas energias do Proctor Normal e do Proctor Modificado (ENGESOLO, 2008) indicaram os resultados indicados nas figuras adiante;
- É de se destacar o fato de que os corpos de prova moldados nos teores de umidade ótima e na massa específica seca do ensaio do Proctor Modificado não apresentam redução significativa em termos de K;
- A relação K_{PM}/K_{PN} é de apenas 0,80, ganho este pouco significativo em termos de custo para compactar, no campo, com a energia do Proctor Modificado.
- Ambas as energias fornecem valores de K insuficientes para projeto de liner argiloso com espessura econômica (estes considerados quando da ordem de 1,0 a 1,20 m de espessura), tal como se pode comprovar nos estudos mostrados logo adiante.

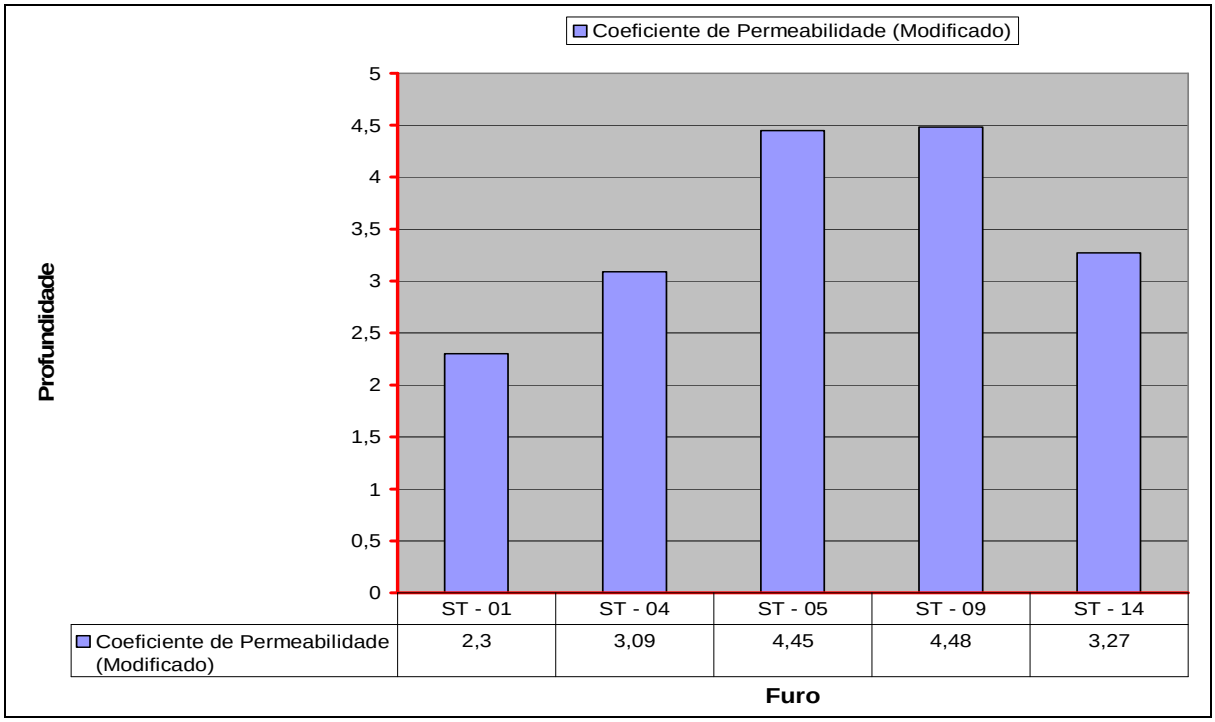


FIGURA 22 *- Valores de K (x 10-7 cm/s) do ensaio de permeabilidade na energia PM.*

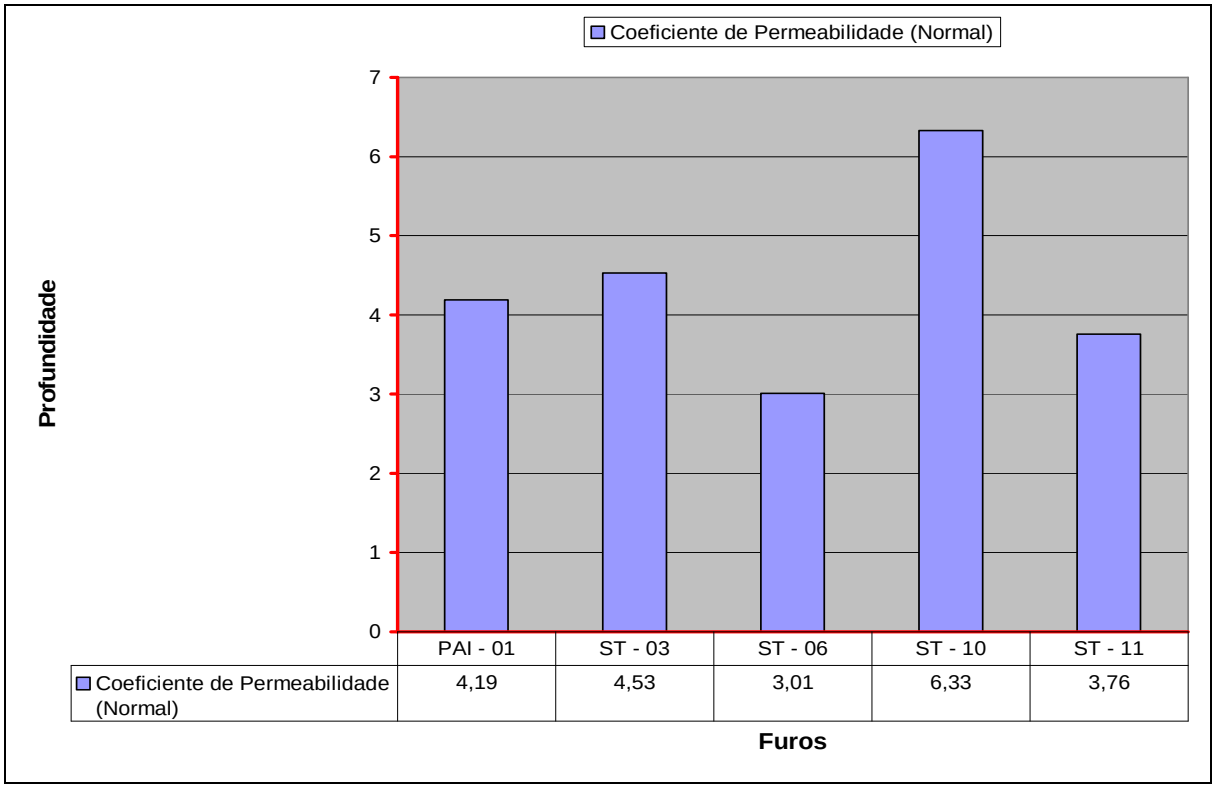
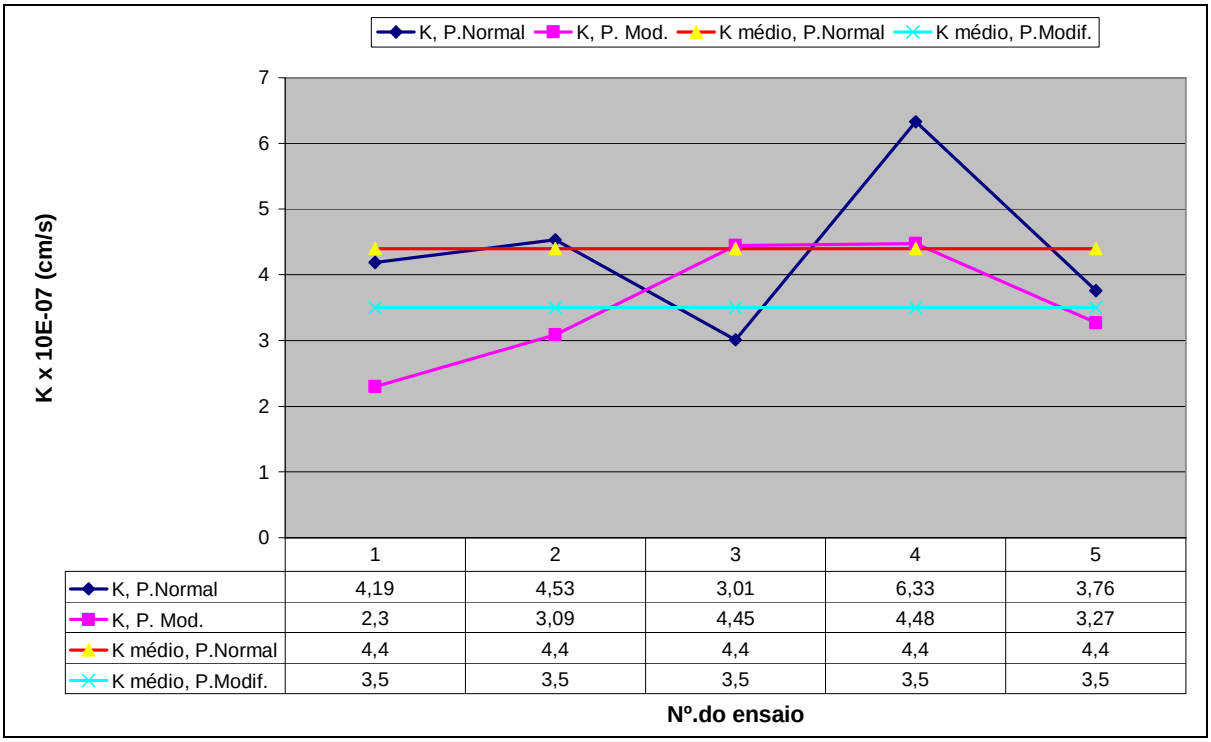


FIGURA 23 *– Valores de K (x 10-7 cm/s) do ensaio de permeabilidade na energia PN.*



	1	2	3	4	5
K, P.Normal	4,19	4,53	3,01	6,33	3,76
K, P. Mod.	2,3	3,09	4,45	4,48	3,27
K médio, P.Normal	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
K médio, P.Modif.	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

FIGURA 24 *– Comparação dos valores de K para energias de PN e PM e valores médios.*

De posse das informações geotécnicas do solo local, decidiu-se pela aferição da viabilidade ou não da utilização de *liner* argiloso compactado como barreira/impermeabilização única para a unidade de aterragem em estudo. Para tanto, calculou-se o tempo de percolação (tempo que uma gota de chorume/percolado levaria para ultrapassar o *liner* argiloso) estimado para uma camada de 1,0 m em solo argiloso (local) compactado utilizando-se da fórmula de Darcy mostrada abaixo:

$$T = \frac{H}{K \times i}$$

Onde:

- T = tempo de percolação (m);
- H = espessura da camada de liner (argila compactada) (cm);
- K = coeficiente de permeabilidade da camada de liner (argila compactada) (cm/s);
- i = gradiente hidráulico

Adotando-se:

- H = 100 cm
- K = 4,364 x 10^{-7} cm/s (adotado seguindo os resultados das investigações geotécnicas realizadas com o solo existente na área do empreendimento)
- i = 1,0

Como resultado, encontrou-se o seguinte tempo de percolação estimado para proteção de base do aterro:

$$T = \frac{H}{K \times i} = \frac{100}{4{,}364 \times 10^{-7} \times 1{,}0} \times \frac{1}{365 \times 24 \times 3.600} = 7{,}3 anos$$

Como se pode observar, foi encontrado um tempo de percolação de apenas 7,3 anos para a barreira em argila compactada acima estudada. Tempo este que mostra muito aquém daquele preconizado como mínimo para proteção ambiental de unidades de aterragem de RSU e que se espera ser igual ou superior à vida útil do empreendimento, aqui estimada em aproximadamente 30 anos. Ressalta-se, ainda, que o tempo de percolação acima encontrado deve ser considerado insatisfatório mesmo sabendo-se que o tempo de saturação da referida camada poderá levar anos (conforme estimado por analogia ao tempo gasto em laboratório para saturar pequenas amostras de solo em condição de contrapressão) e que certamente haverá fatores de atenuação por adsorção e precipitação química da camada de impermeabilização em questão.

Portanto, definiu-se que a impermeabilização da plataforma de base da unidade de aterragem do novo Aterro Sanitário de Paracatu deverá ser mista (solo + geomembrana) na qual uma camada de solo argiloso compactado de espessura igual a 1,0 m também deverá ser realizada sob a geomembrana a fim de exercer as seguintes funções:

- Funcionar com uma barreira reserva de impermeabilização artificial em caso de possíveis vazamentos através de falhas de instalação nas emendas da geomembrana de PEAD e/ou através de rasgos e/ou furos porventura causados na mesma no início dos trabalhos operacionais da unidade de aterragem. De toda

forma, não se espera a ocorrência de mais que 01 furo de 1,0 cm² a cada 1.000,00 m² de geomembrana;

- Melhorar/aumentar a capacidade de carga da fundação do aterro através da substituição da maior parcela de solo superficial fraco porventura existente na área de instalação da unidade de aterragem.

Como resultado final, definiu-se por sistemas mistos de impermeabilização (solo argiloso compactado e/ou geomembrana de PEAD) para o aterro sanitário, que serão executados seguindo as seguintes especificações:

- Impermeabilização de base (*liner*) conformada da seguinte maneira, de baixo para cima:
    - Camada de impermeabilização em solo argiloso compactado a 100% do Proctor Normal – PN, na espessura total de 100 cm, a ser executada em 05 camadas separadas de 20 cm;
    - Geomembrana de PEAD na espessura de 1,50 mm;
    - Camada de proteção mecânica em solo argiloso compactado a 90% do Proctor Normal, na espessura total de 50 cm, a ser executada em 02 camadas de 25 cm.

- Impermeabilização de taludes:
    - Nos taludes das unidades de aterragem deverão ser instaladas geomembranas em PEAD, na espessura de 1,50 mm, de faces lisas, de forma contínua à geomembrana da base.

A figura adiante ilustra a configuração básica de instalação dos sistemas de impermeabilização de base e de taludes especificados para a unidade de aterragem do novo Aterro Sanitário de Paracatu.

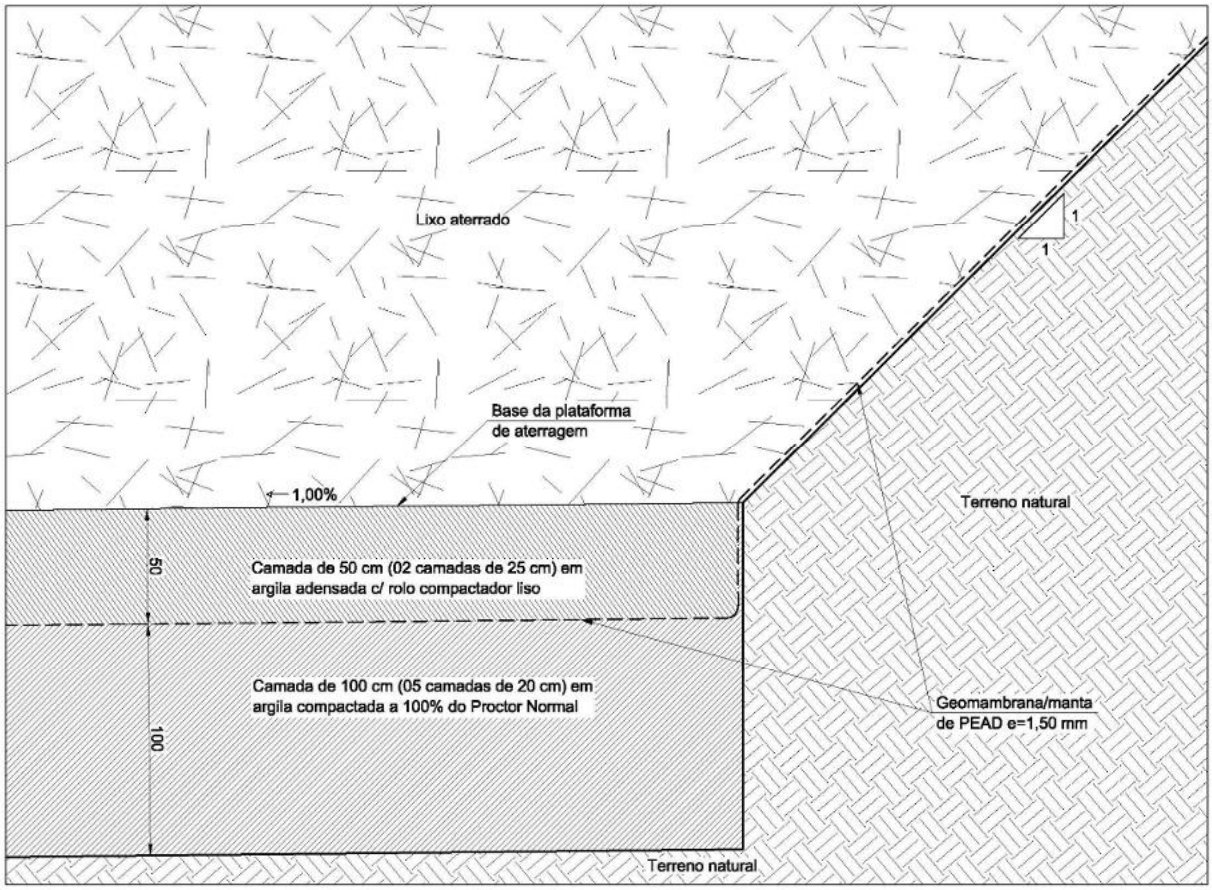


FIGURA 25 *– Ilustração esquemática dos sistemas de impermeabilização da base e dos taludes da unidade de aterragem.*

4.3.2.4 – <u>Sistemas de drenagem interna de percolados/chorume e de gases</u>

Por sobre a impermeabilização de base das plataformas será instalado um sistema de drenagem dos percolados e gases gerados no interior da unidade de aterragem composto pelos seguintes dispositivos:

- DPB – Drenos horizontais de percolados/gases de base, instalados na base das plataformas de aterragem;
- DPI – Drenos horizontais de percolados/gases intermediários, instalados entre 02 maciços adjacentes;
- DGP – Drenos verticais de Gases (drenagem ascendente) e Percolados (drenagem descendente), interligando os drenos horizontais DPB e DPI, que terão, ainda, a

função de possibilitar o monitoramento do nível e da qualidade dos percolados no interior do aterro;

- CIP – Caixas de Inspeção de Percolados que terão a finalidade principal de funcionar como dispositivos de transição entre os DPB's e a rede coletora de efluentes externa à unidade de aterragem, propiciando o encaminhamento dos percolados até a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE do empreendimento através de uma rede coletora de efluentes em tubos de PEAD (RPEAD). Além disto, as CIP's funcionarão como pontos de inspeção do nível e da qualidade dos percolados dentro da unidade de aterragem.

Os drenos DPB, DPI e DGP serão instalados numa distribuição espacial em malha do tipo "espinha de peixe", sendo os troncos (DPB tronco) das espinhas espaçados de distâncias inferiores a 50 m um do outro e os DGP's distantes longitudinalmente um do outro em no máximo 55 m.

Visando a minimização da entrada de água pluvial bruta e limpa para dentro dos drenos de percolados e gases (DPB, DPI e DGP), as espinhas-de-peixe deverão ser instaladas de forma unitária e seguindo rigorosamente a sequência (SEQ) estabelecida nos projetos técnicos em anexo ao presente PCA.

As figuras adiante ilustram a configuração e sequência de instalação das espinhas-de-peixe e dos seus respectivos dispositivos de drenagem de percolados e gases.

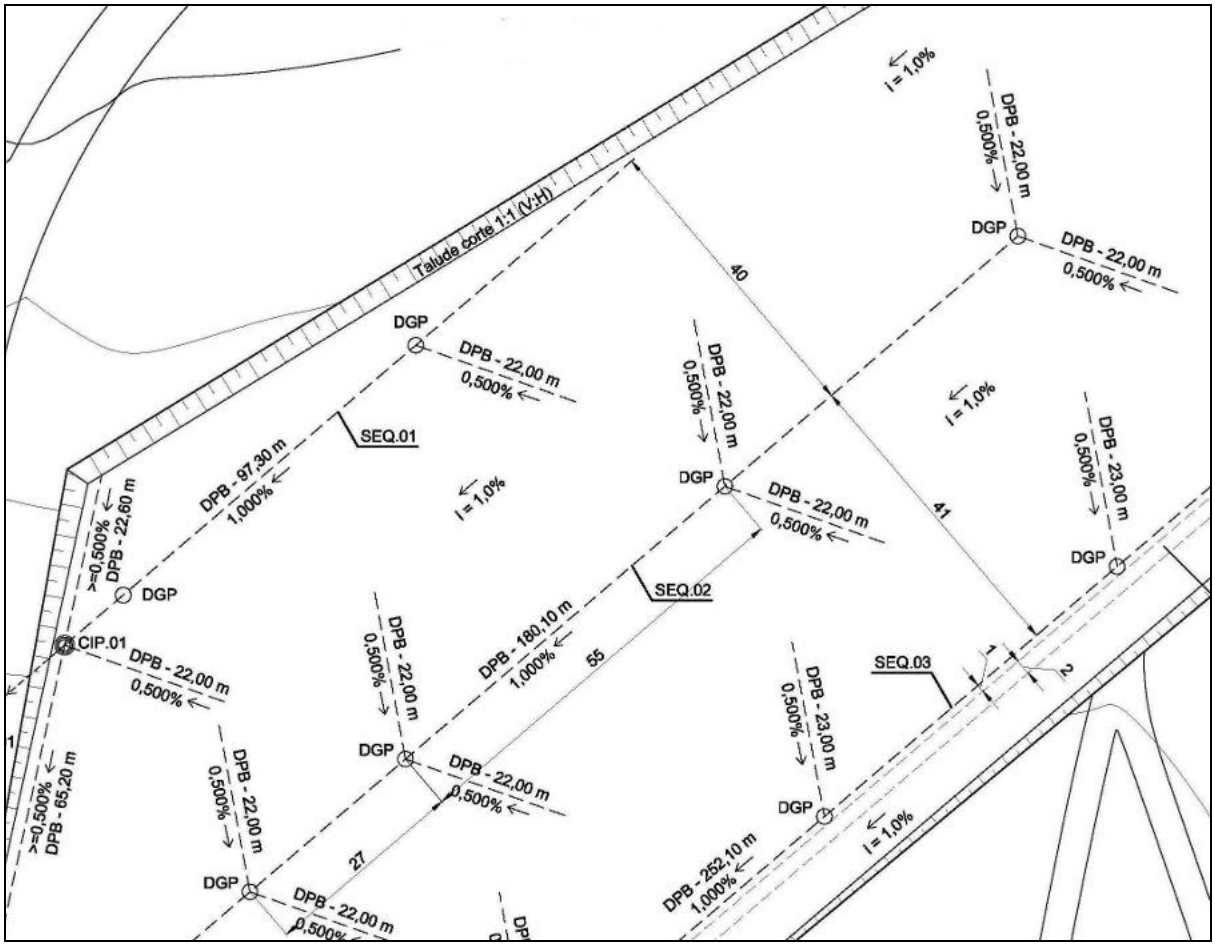


FIGURA 26 *– Ilustração esquemática da malha em espinha de peixe dos DPB na base de uma plataforma da unidade de aterragem projetada.*

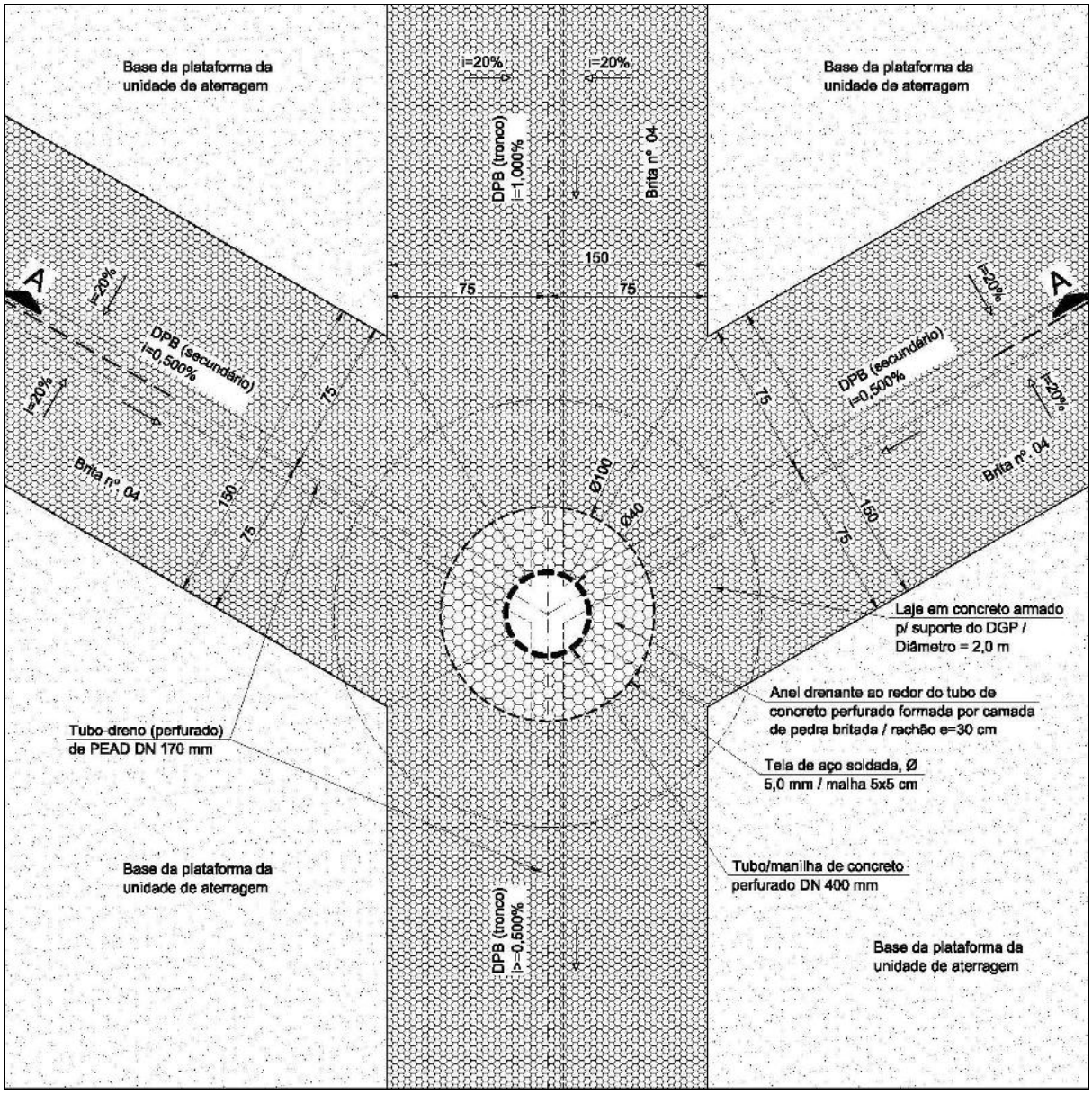


FIGURA 27 *– Ponto de interseção entre DPB's (troncos e secundários) e DGP's na malha em espinha de peixe a ser instalada na base da plataforma da unidade de aterragem projetada.*

Os drenos DPB possuirão seção transversal de forma geométrica próxima a um triângulo, porém com o seu topo abaulado na forma de um semicírculo. Na sua base, serão instalados tubos-dreno (perfurados) em PEAD DN 170 mm sobrepostos e envoltos por pedra britada (brita 04). Ressalta-se que os DPB's serão instalados por sobre o sistema de impermeabilização de base (liner) das plataformas da unidade de aterragem de forma que a soleira do tubo-dreno seja assentada 15 cm abaixo do nível da plataforma de base.

Já os drenos DPI possuirão a mesma configuração dos DPB's, porém deverão ser assentados entre maciços adjacentes de forma que a soleira do tubo-dreno em PEAD DN 170 mm seja assentada 15 cm abaixo do nível de base do maciço superior e acima da camada de recobrimento diário do lixo.

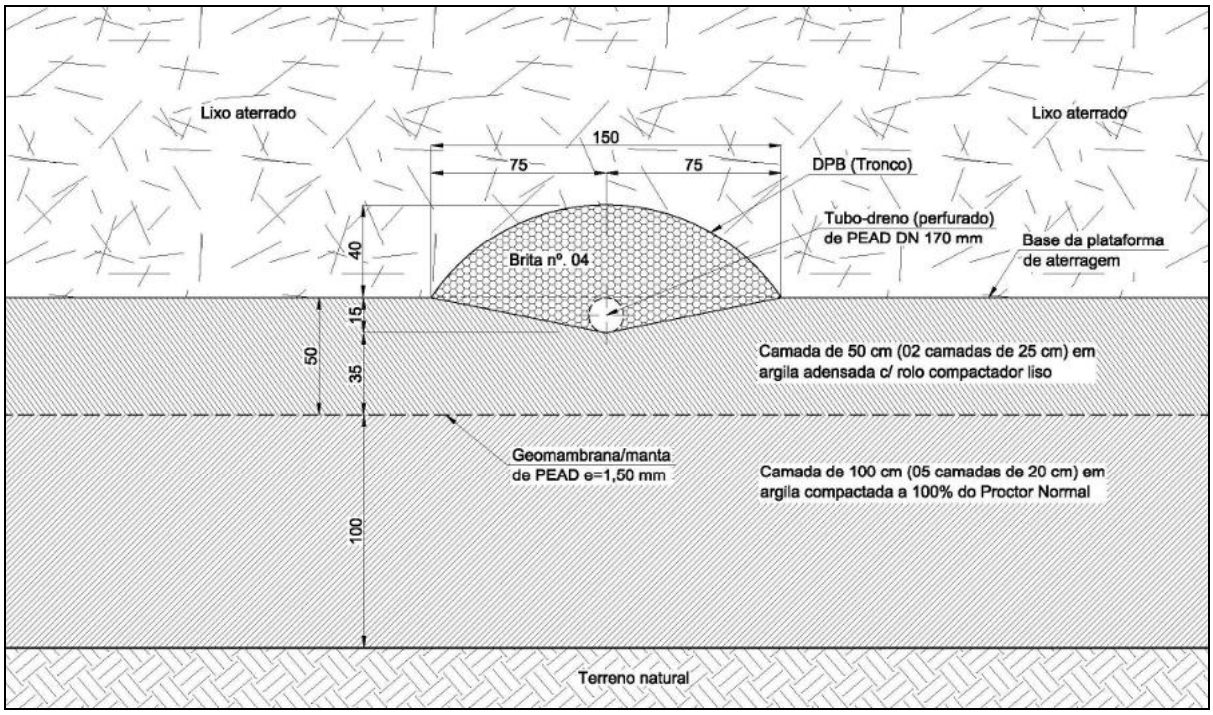


FIGURA 28 *– Ilustração esquemática do DPB e do sistema de impermeabilização da base do aterro.*

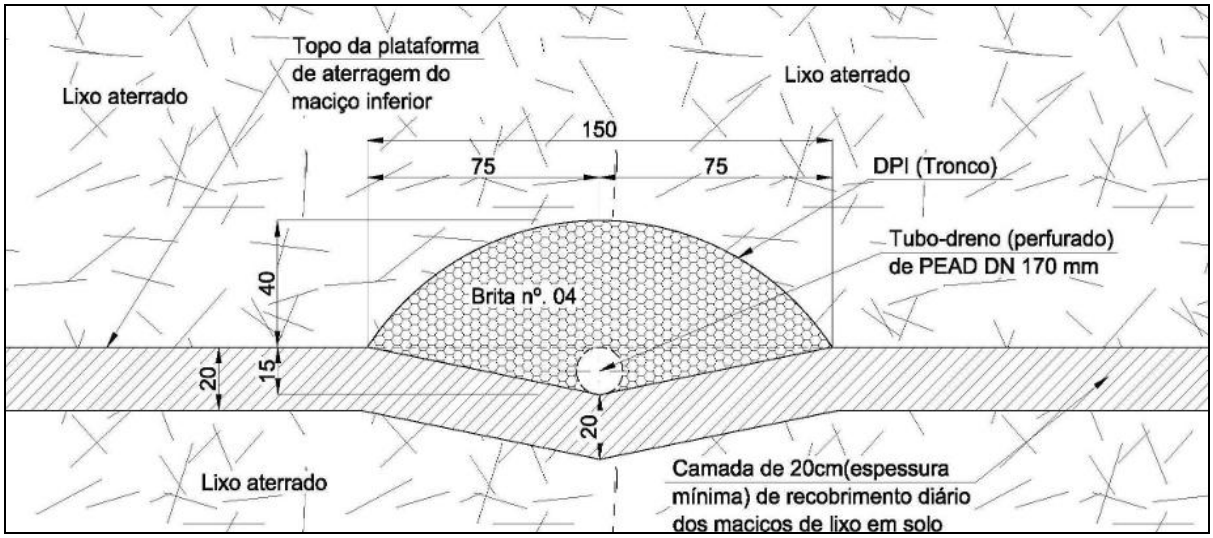


FIGURA 29 *– Ilustração esquemática do DPI e da camada de recobrimento diário dos RSU no interior do aterro.*

A experiência adquirida na operação de aterros sanitários no Brasil vem mostrando sistematicamente que a utilização de geotêxtil não-tecido do tipo BIDIM ou similar envolvendo os drenos de percolados para sua proteção contra processos de colmatação não surte o efeito esperado, provocando, pelo contrário, efeitos colaterais negativos provocados pela formação de barreira física (geotêxtil colmatado ou rasgado, etc.) que impede a entrada dos percolados para dentro dos tubos-dreno. Por este motivo, não foi especificada a instalação de geotêxtil em nenhum dos drenos de percolados previstos para o Aterro Sanitário de Paracatu.



FIGURA 30 *– Drenos de percolados do tipo DPB sendo executados em um aterro sanitário similar ao projetado para Paracatu, nos quais ainda se aplicava geotêxtil não-tecido na sua conformação. Nesta foto também se pode ver um dreno DGP sendo executado. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

A figura abaixo mostra um tipo de tubo-dreno (perfurado) em PEAD:

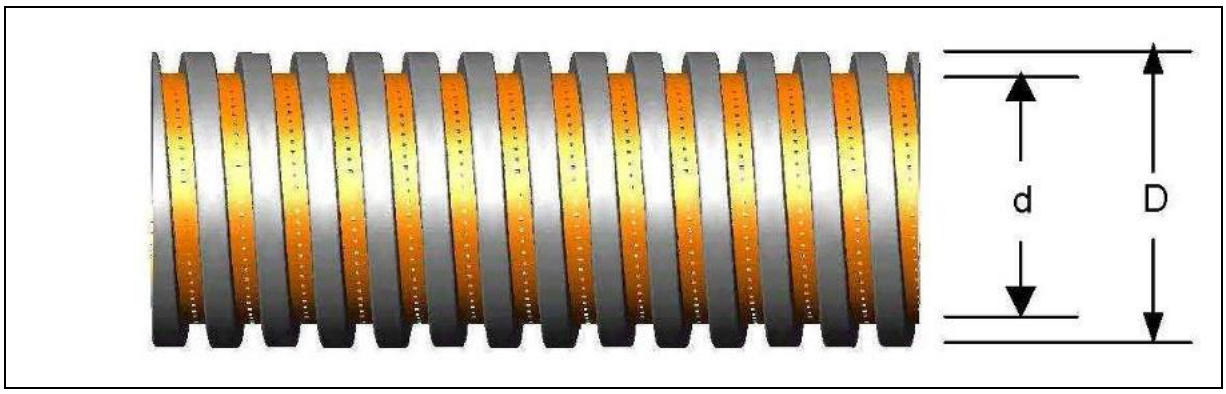


FIGURA 31 *– Tubo-dreno corrugado em PEAD. (fonte: www.kanaflex.com.br)*



FIGURA 32 *– Tubo-dreno de PEAD de paredes lisas, perfuradas manualmente. (fonte: Aterro Classe II CTR Betim - ESSENCIS MG, 2008)*

Os DGP's - Drenos verticais de Gases/percolados serão constituídos por colunas verticais de drenagem descendente de percolados/chorume e de drenagem ascendente de gases constituída por de tubos de concreto sobrepostos de diâmetro DN 400 mm (sem preenchimento interno) perfurados em toda a sua extensão e envolvidos por uma camada anelar de 30 cm de espessura de pedra rachão/britada que, por sua vez, será conformada com o auxílio de uma forma permanente em tela de aço soldada (bitola de 5,0 mm e malha de 5,0 x 5,0 cm). Desta forma, os DGP's terão diâmetro total de 1,0 m.

Todos os DGP's deverão trespassar verticalmente os drenos horizontais de percolados DPB e DPI. Na plataforma de base, os DGP's se apoiarão em lajes circular de concreto armado de espessura e diâmetro iguais a 10 e 200 cm, respectivamente, lajes estas que deverão ser executadas por sob os drenos horizontais de percolados DPB e por cima da camada de proteção do sistema de impermeabilização de base da unidade de aterragem. A instalação destas lajes de concreto para apoio dos DGP's na base das plataformas tem como finalidade a distribuição da carga/peso dos respectivos drenos (colunas verticais de pedra britada e tubos de concreto) junto ao *liner* do aterro.

A execução dos DGP's se dará a partir dos pontos de interseção de drenos horizontais de percolados – DPB's, devendo os mesmos, serem executados somente até a altura de 1,50 m acima do nível da plataforma de base na fase de implantação das etapas previstas em projeto. No decorrer da operação e conforme a elevação/conformação dos maciços de lixo, os DGP's deverão ser estendidos de forma ascendente de forma a se obedecer sempre uma folga de 1,50 m de altura em relação ao nível operacional do maciço e/ou talude de lixo no qual estejam instalados.

No topo de cada DGP finalizado, deverão ser instaladas manilhas/tubos de concreto de diâmetro DN 1000 mm numa extensão vertical de 2,0 m de maneira a se obedecer sempre uma altura mínima de 1,0 m entre a boca do DGP e o nível do topo, berma ou talude finalizado.

As fotos e figuras adiante ilustram bem a configuração operacional proposta para os DGP's que deverão ser construídos no novo Aterro Sanitário de Paracatu no decorrer da sua operação diária.



FIGURA 33 *– DGP sendo executado no decorrer da operação de um aterro sanitário. Observar o tubo de concreto perfurado e a tela de aço soldada (funcionando como forma permanente) sendo instalados (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*



FIGURA 34 *– DGP sendo executado/ampliado no decorrer da operação de um aterro sanitário. Observa, ainda, drenos do tipo DPI (intermediários) sendo executados no entorno do DPG. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*



FIGURA 35 *– DGP sendo executado/ampliado no decorrer da operação de um aterro sanitário. (fonte: Aterro Classe II CTR Betim - ESSENCIS MG, 2008)*



FIGURA 36 *– Manilha/tubo de concreto instalado na extremidade superior/topo de um DGP. (fonte: Aterro Classe II CTR Betim - ESSENCIS MG, 2008)*



FIGURA 37 *– Queimador tipo "flare" instalado no topo de um DGP, em momento no qual está sendo promovida a queima do biogás gerado pela biodegradação dos resíduos aterrados. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

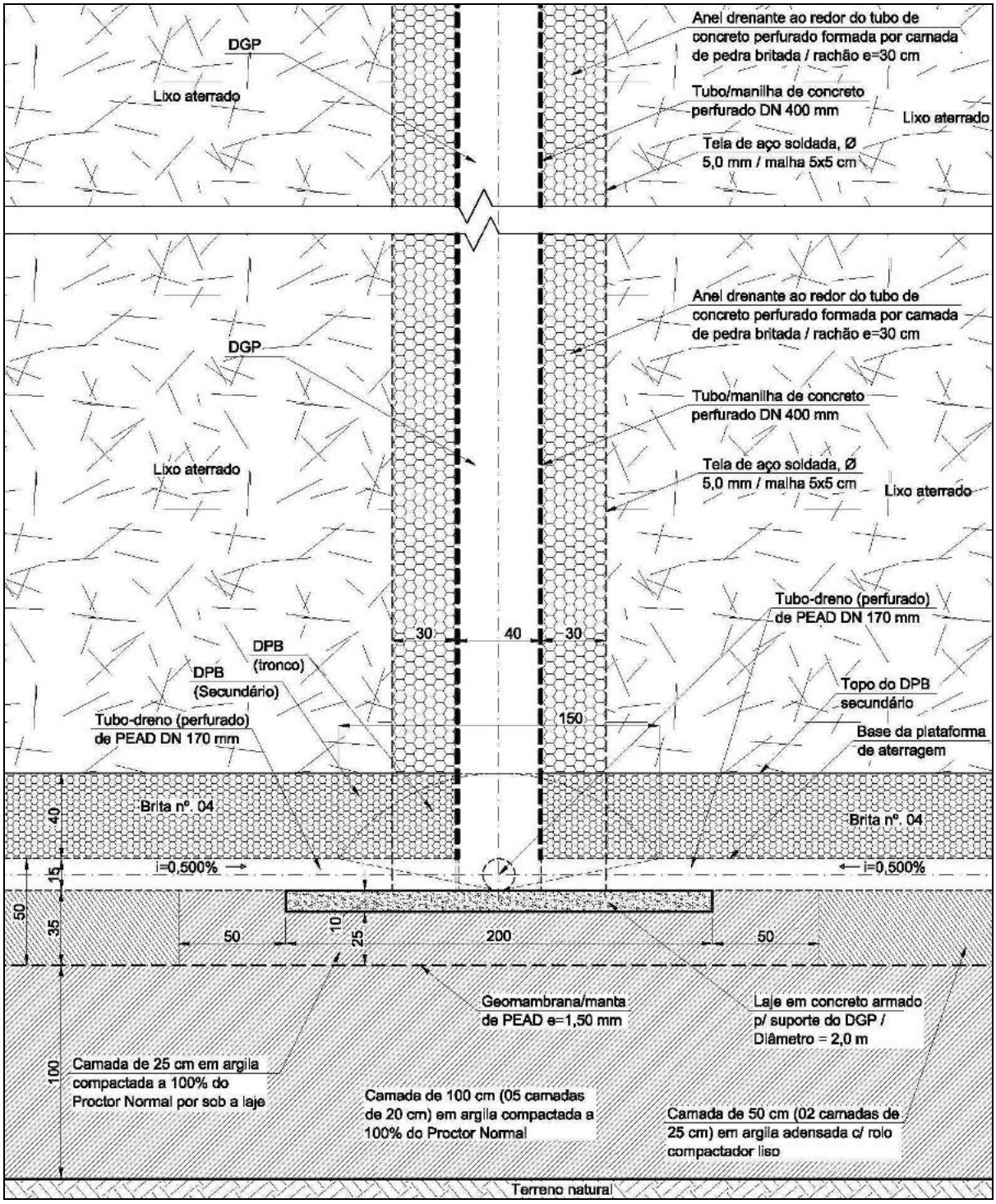


FIGURA 38 *– Ilustração esquemática do DGP, do DPB e do sistema de impermeabilização da base da unidade de aterragem em um ponto de interseção entre estes dispositivos.*

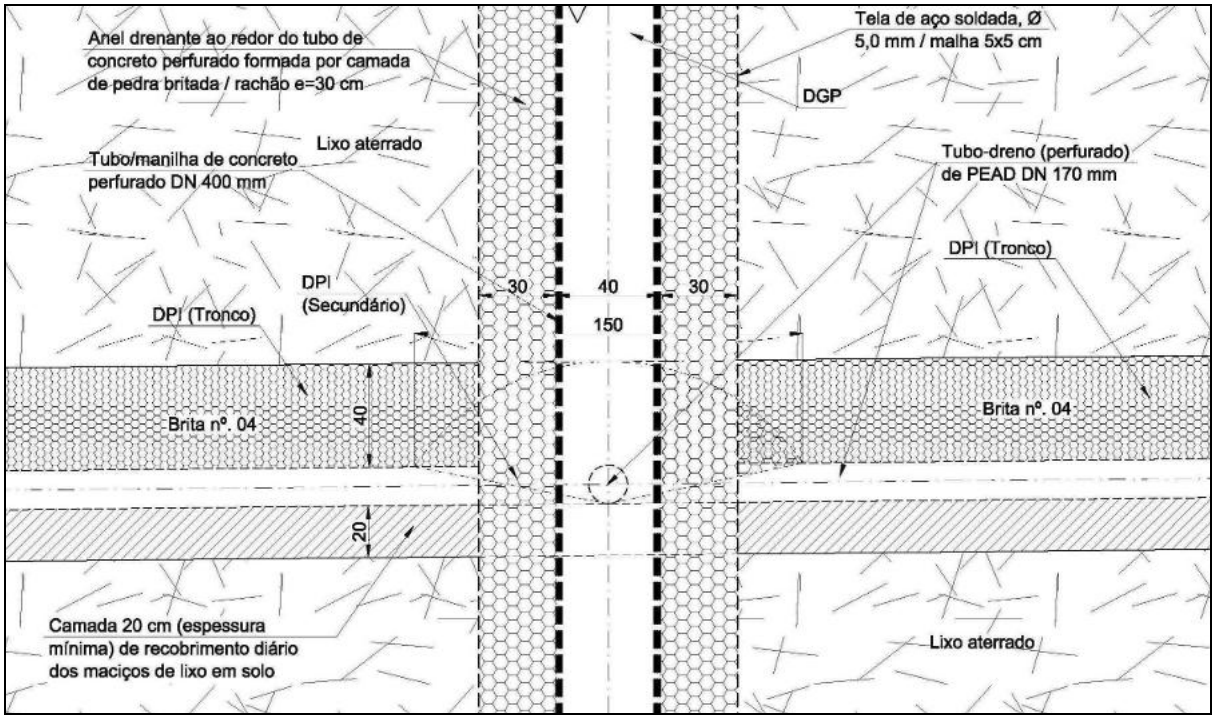


FIGURA 39 *– Ilustração esquemática do DGP, do DPI e da camada de recobrimento diário dos resíduos na unidade de aterragem em um ponto de interseção entre estes dispositivos, em ponto intermediário da espinha-de-peixe.*

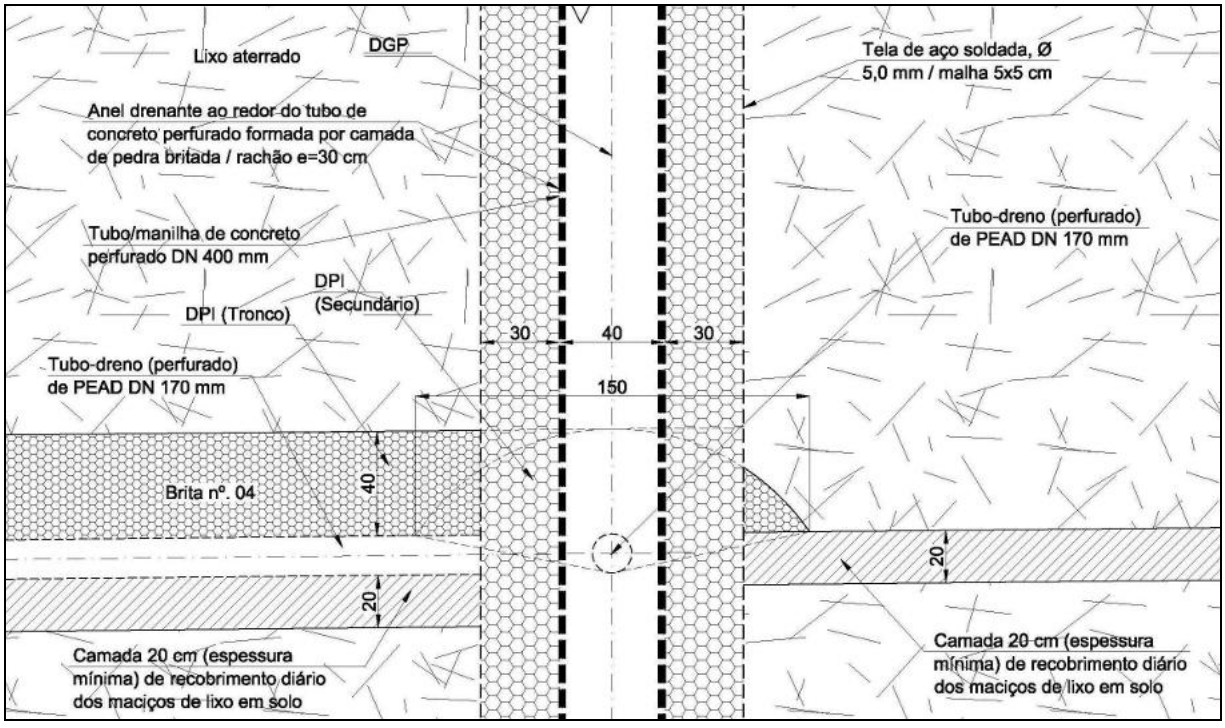


FIGURA 40 *– Ilustração esquemática do DGP, do DPI e da camada de recobrimento diário dos resíduos na unidade de aterragem em um ponto de interseção entre estes dispositivos, no ponto de início da espinha-de-peixe.*

Por fim, as extremidades superiores dos DGP's deverão ser fechadas com tampas removíveis de concreto, nas quais também deverão ser instalados dispositivos de acesso ao seu interior e de queima dos gases por eles drenados (queimadores do tipo "flare"), conforme ilustrado na figura adiante.

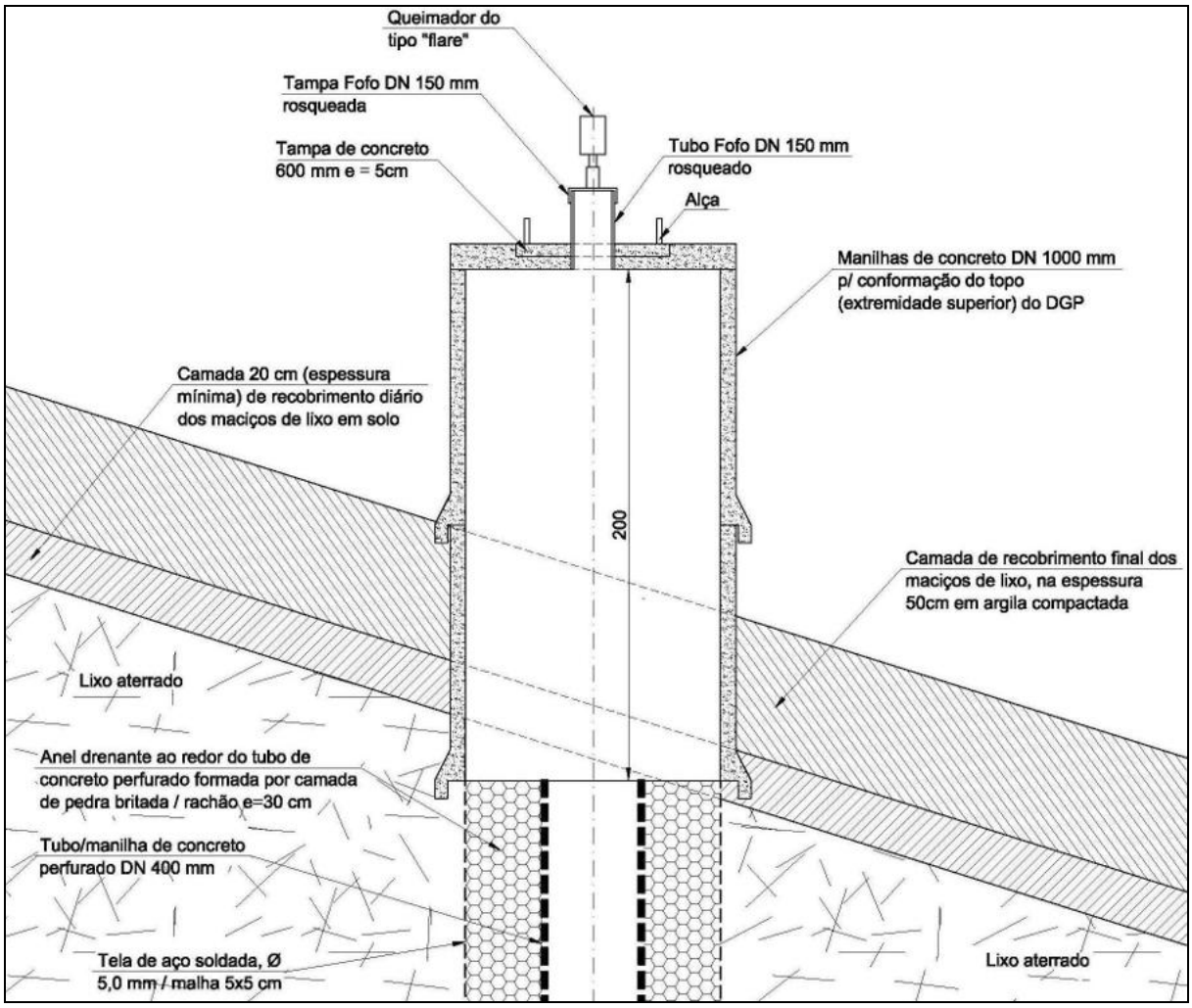


FIGURA 41 *- Ilustração esquemática da extremidade superior de um DGP projetado.*

Para retirada dos percolados gerados na unidade de aterragem, serão instaladas as caixas de inspeção e acumulação de percolados - CIP's, em manilhas de concreto armado DN 1500 mm, que permitirão, além da inspeção e monitoramento dos percolados, a transição física entre os DPB's e as redes coletoras de efluentes em tubos de PEAD (RPEAD) externas à unidade de aterragem (vide figuras adiante).

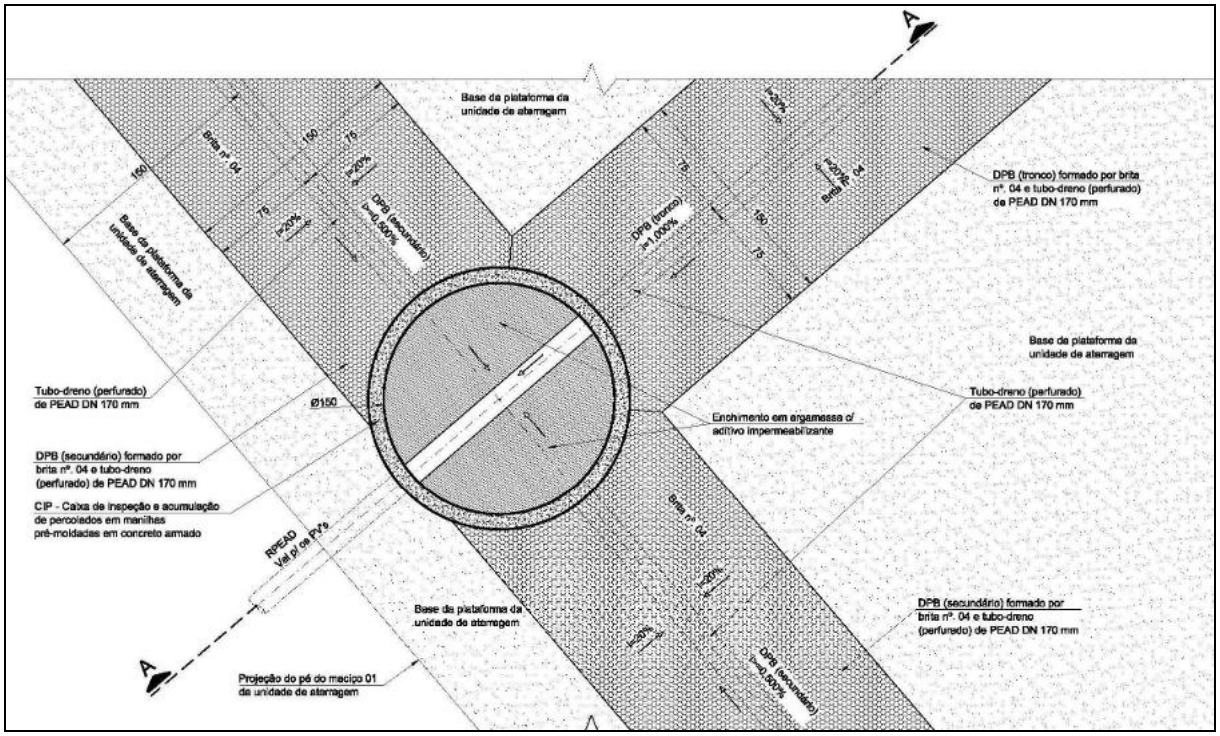


FIGURA 42 *– Ilustração esquemática de uma CIP (planta) projetada para ser instalada na extremidade final das espinhas-de-peixe da drenagem horizontal de percolados de base.*

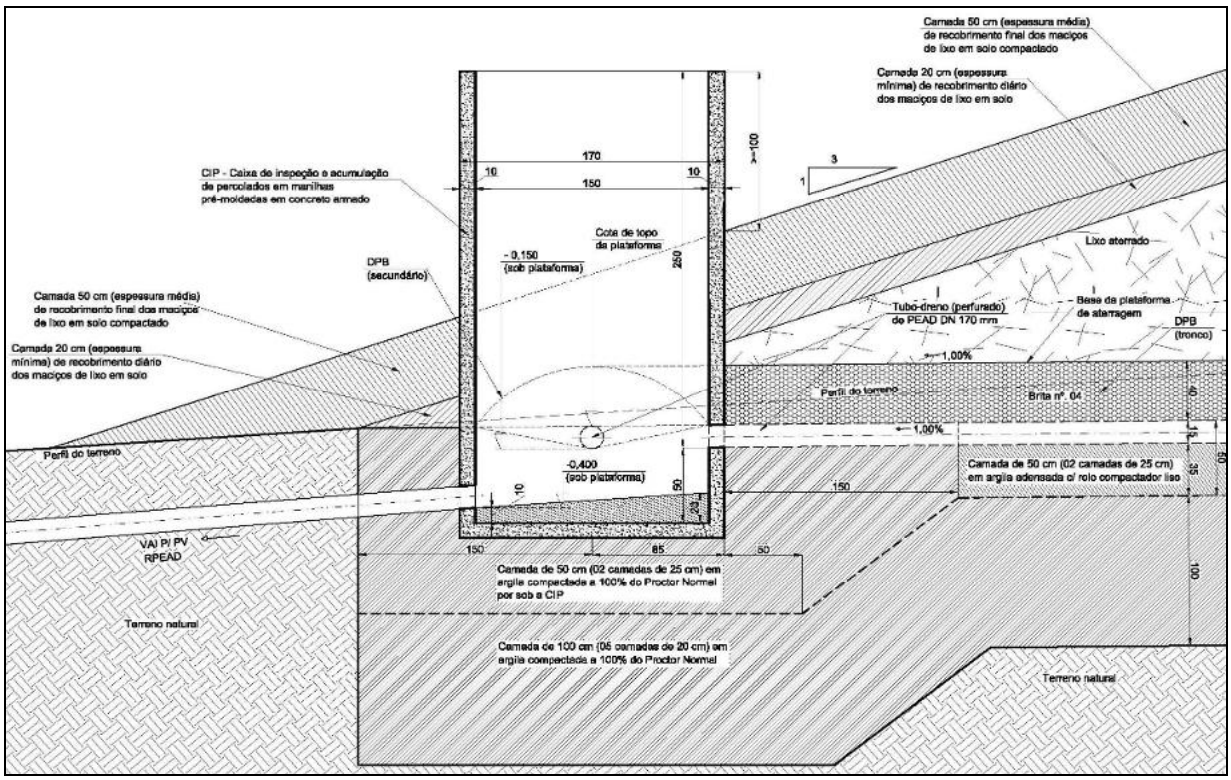


FIGURA 43 *– Ilustração esquemática de uma CIP (corte) projetada para ser instalada na extremidade final das espinhas-de-peixe da drenagem horizontal de percolados de base.*

4.3.2.5 – Sistema de drenagem superficial de águas pluviais na unidade de aterragem

Um sistema de drenagem superficial de águas pluviais foi projetado para a prevenção de processos erosivos e do carreamento de particulados e sólidos finos para jusante da unidade de aterragem e para a minimização da entrada de água de chuva para o interior dos seus maciços de lixo.

Para tanto, dispositivos de drenagem superficial (canaletas, caixas de passagem, bueiros, etc.) serão instalados na unidade de aterragem por sobre a camada de argila final e também por sobre a cobertura vegetal de forma a controlar os fluxos de escoamento superficial de águas pluviais e a encaminhá-las até os demais dispositivos de drenagem projetados par ao empreendimento.



FIGURA 44 *– Drenos superficiais de águas pluviais permanentes, do tipo DAS (descidas de água superficial, caixas de passagem – CP e drenos superficiais - D) instalados por sobre os taludes de maciços de lixo encerrados em aterro sanitário. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

Procurando evitar a repetição excessiva de informações, as premissas de dimensionamento do sistema de drenagem superficial de águas pluviais serão tratadas em tópico mais abrangente e apresentadas mais adiante. Os resultados do dimensionamento, as

especificações e os detalhamentos da drenagem superficial projetada encontram-se apresentados nos anexos deste PCA na forma de planilhas e também em pranchas específicas dos projetos técnicos do empreendimento.

É importante ressaltar que as canaletas localizadas nas cristas dos taludes de corte (em terreno natural) são primordiais para a minimização do ingresso de águas de escoamento superficial para o interior dos maciços e para o controle dos processos erosivos.

4.3.2.6 – Monitoramento de percolados/chorume

Para monitoramento do nível e das características dos efluentes no interior dos maciços de lixo aterrado, assim como para controle da estabilidade geotécnica do aterro, serão utilizados tanto os DGP's quanto as CIP's que serão instalados nos locais e fases definidas nos projetos técnicos do empreendimento, conforme locação indicada nos projetos técnicos apresentados em anexo ao presente PCA.

4.3.2.7 – Monitoramento geotécnico

Para monitoramento dos recalques ocorridos na unidade de aterragem/aterro sanitário e, conseqüentemente, da sua estabilidade geotécnica, serão implantados MTA's - Marcos/Placas de Monitoramento Topográfico e de Deformações Superficiais do Aterro por sobre as bermas e topo dos maciços de lixo acabados, conforme locação e detalhes construtivos indicados nos projetos técnicos apresentados em anexo ao presente PCA.

Além disto, serão instalados superficialmente ao terreno natural e nos locais indicados também nos projetos técnicos 02 Marcos Topográficos do Terreno – MTT's que funcionarão como ponto de referência topográfica (coordenadas e cotas altimétricas) para os trabalhos de acompanhamento e monitoramento de recalques, de conformação geométrica da unidade de aterragem e de coleta de informações sobre volumes de resíduos aterrados.

As figuras adiante mostram marcos de controle topográfico/geotécnico instalados em aterros sanitários similares ao projetado para Paracatu.



FIGURA 45 *- Marco superficial de controle topográfico do aterro similar aos MTA's que deverão ser instalados no Aterro Sanitário de Paracatu. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

4.3.2.8 – Operações de aterragem e de recobrimento diário e final dos resíduos

A operação de aterragem e compactação dos resíduos domiciliares e comerciais deverá ser realizada por um trator de esteiras de peso operacional igual ou superior a 15 (quinze) toneladas que deverá estar à disposição do empreendimento em tempo integral.

A compactação dos resíduos deverá ser realizada até que a célula de lixo atinja a compactação mínima desejada de 700 kg/m^3, ressaltando-se aqui que este grau de compactação refere-se somente à parcela de lixo, descontando-se, obviamente, a parcela de solo/material de cobertura. Esta exigência de compactação, via de regra, pode ser obtida passando-se o equipamento supracitado por sobre as camadas de lixo (camadas de no máximo 30 cm por vez) de 06 a 10 vezes, dependendo do equipamento utilizado, operando em rampa de compactação de inclinação entre 1:2,5 e 1:3 (Vertical: Horizontal).

Os resíduos serão aterrados numa conformação geométrica diária de aproximadamente de 4,0 metros de frente operacional (largura e profundidade) por 5,0 metros de altura total (incluindo o recobrimento diário), conforme ilustrado na figura adiante, sempre sob

orientação de operadores responsáveis pela coordenação e manutenção da praça de descarga de resíduos (apontador).



FIGURA 46 *– Frente operacional de aterragem dos resíduos em um aterro sanitário (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009).*

A cobertura de cada célula de lixo será feita com material proveniente de escavações de implantação das etapas posteriores do próprio empreendimento. O procedimento de recobrimento das células de lixo das unidades de aterragem na espessura mínima de 20 cm deverá ser feito diariamente, ao final do expediente, logo após a descarga e compactação dos resíduos na frente operacional em atividade pelo último veículo coletor, a fim de se eliminar a atração de vetores de doenças e de animais, principalmente aves, que se alimentam de matéria orgânica em decomposição (urubus, etc.).

Em casos esporádicos em que houver coleta de lixo noturna, os resíduos descarregados na frente operacional deverão ser cobertos com lonas pretas comuns até que o seu recobrimento com solo seja realizado logo no início da operação de aterragem do dia posterior. Portanto, a equipe responsável pela aterragem dos resíduos no primeiro turno dia posterior deverá receber a frente operacional totalmente vedada com enlonamento, conforme ilustrado nas figuras adiante.

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br



FIGURA 47 - *Frente operacional de aterragem com os resíduos recobertos temporariamente com lonas (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009).*

Na frente operacional e antes do final dos serviços de aterragem de um determinado dia, poder-se-á promover o recobrimento dos resíduos com a utilização de lonas sob a condição de inexistência de aves ou de outro tipo qualquer de animal sendo atraído para o local.



FIGURA 48 – *Frente operacional de aterragem com os resíduos recobertos temporariamente com lonas (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009).*

No inicio do turno diurno deverá ser realizada a retirada o enlonamento dos resíduos e reiniciada a descarga, compactação e o recobrimento constante dos resíduos com solo ou resíduos de construção civil – RCC logo após a sua descarga na frente operacional. Cabe salientar que o recobrimento diário dos resíduos com RCC somente poderá ser realizada com esta finalidade e desde que estes sejam previamente selecionados, não sendo permitida, em hipótese alguma, a disposição final de RCC na unidade de aterragem/aterro sanitário.

Tais medidas visam minimizar a possibilidade de exposição a céu aberto do lixo depositado, de forma a se combater os seguintes impactos ambientais:

- Atração e presença de animais, principalmente de aves (urubus, garças, etc.), que se alimentam de matéria orgânica em decomposição;
- Propagação de mau cheiro para o entorno do empreendimento;
- Impacto visual causado pela descaracterização do solo pela disposição de lixo a céu aberto.

A operação de aterragem do lixo de origem domiciliar e comercial, no que diz respeito ao recobrimento das células de lixo aterrado, deverá ser criteriosamente fiscalizada para que não sejam adotadas espessuras mínimas diferentes da espessura projetada. Ressalta-se que a manutenção da espessura da camada de recobrimento proposta se mostra como um parâmetro de projeto extremamente necessário para o alcance de uma vida útil satisfatória para o empreendimento.

Assim como em períodos noturnos, em épocas de elevada precipitação pluviométrica e no caso de dificuldades operacionais no recobrimento dos resíduos aterrados com material terroso, dever-se-á utilizar o procedimento de recobrimento do lixo aterrado com lona entre uma e outra descarga de lixo na frente operacional. Deve-se frisar que a lona não deverá ser aterrada juntamente com o lixo e sim reaproveitada a cada célula de lixo conformada. Fica explícito que logo que se mostre viável deverão ser retomados os procedimentos de recobrimento dos resíduos com solo ou RCC.

A operação de aterragem dos resíduos dos serviços de saúde – RSS será realizada na forma de codisposição com o lixo de origem domiciliar e comercial. Vale ressaltar que somente deverão ser dispostos no aterro sanitário projetado aqueles resíduos sépticos que

são permitidos pela DN – Deliberação Normativa nº. 097/2006 do COPAM e pela Resolução CONAMA 358/2005, sempre em conformidade com a referida legislação. Portanto, aqueles resíduos sépticos para os quais a legislação citada estabelece a necessidade de tratamento e disposição final específicos estão estritamente proibidos de serem encaminhados para o empreendimento em questão, sob pena de este não atender às disposições e parâmetros mínimos exigidos pela legislação ambiental e pelas normas técnicas pertinentes.

Já a operação de aterragem de carcaças de animais mortos deverá ser feita também em codisposição com o lixo domiciliar comercial procedendo-se, entretanto, com a abertura de pequenas valas no próprio maciço de lixo compactado nas quais as carcaças destes animais deverão ser dispostos. Para seu recobrimento deverá ser utilizado o próprio lixo escavado para abertura da vala sobreposto na sua última camada, é claro, por solo ou RCC. Todavia este recobrimento deverá ter uma espessura tal que evite o espalhamento de vísceras quando o trator trafegar sobre o local da disposição. Em hipótese alguma o equipamento compactador (trator de esteiras) deverá passar diretamente por sobre as carcaças de animais mortos.

Nas proximidades da frente operacional de aterragem dos resíduos no aterro sanitário deverá ser instalada uma tela de nylon com ± 1,5 m de altura seguindo o andamento do local de descarga dos resíduos e que terá como finalidade a minimização da dispersão de resíduos leves (papel, plástico, etc.) pelo terreno pela ação dos ventos. Complementarmente, deverá haver a catação diária dos resíduos que porventura tenham sido levados pelo vento para fora da frente operacional ou que possam vir a cair dos caminhões coletores de lixo.

Apenas devem ser transportadas quantidades de material terroso para as proximidades da frente operacional em volumes suficientes para a operação de no máximo 02 semanas. Convêm, portanto, à boa operação do processo de aterragem, que o material de cobertura seja transportado em épocas pré-determinadas e periodicamente desde a área de empréstimo (escavações periódicas, no dia a dia, das etapas posteriores do empreendimento ou das áreas de armazenamento de solo) até a frente operacional utilizando-se do auxílio de caminhão do tipo basculante e de pá carregadeira. O material de recobrimento em utilização e estocado nas proximidades da frente operacional deverá ser recoberto com lona de PVC para a minimização da possibilidade de carreamento de particulados para os cursos d'água a jusante do empreendimento.

Em períodos chuvosos, para a minimização dos problemas de acesso dos caminhões coletores e dos demais veículos até a frente operacional interna à unidade de aterragem, deverão ser tomadas algumas precauções adicionais, tais como:

- Execução de um processo de compactação criterioso e de qualidade dos resíduos aterrados;
- Definição de faixas/vias de acesso à frente operacional e seu respectivo revestimento em cascalho, RCC e/ou material similar;
- Execução de micro-barricadas de terra para a contenção de águas e/ou percolados de escoamento superficial em relação às vias de acesso à frente operacional dentro da unidade de aterragem;
- Implantação e manutenção preventiva e/ou corretiva do sistema de drenagem superficial previsto e necessário para a minimização do escoamento superficial das águas pluviais para dentro das unidades de aterragem;
- Implantação e manutenção preventiva e/ou corretiva do sistema de drenagem de percolados do aterro.

Para recobrimento diário e final da unidade de aterragem poderão ser utilizados os seguintes materiais:

- Solo excedente dos serviços de terraplenagem realizados dentro da própria área do Aterro Sanitário de Paracatu para implantação de etapas da unidade de aterragem e/ou de outras unidades, equipamentos ou edificações, cujo local de armazenamento temporário será no Aterro de Bota-fora operacional – BF a ser executado por sobre o maciço AC conformado pelo encerramento do atual aterro controlado;
- Resíduos da construção civil – RCC gerados no município de Paracatu, quando e se necessário, mas somente para recobrimento dos resíduos e nunca para disposição final no empreendimento.

Finalizados os maciços de lixo projetados (taludes e topo do aterro sanitário), estes deverão ser recobertos com uma camada de 50 cm de solo compactado, totalizando, portanto, uma espessura mínima de 70 cm se somada a camada de 20 cm de recobrimento diário dos resíduos por sobre as últimas células de lixo do aterro.

Por fim, por sobre a camada final de cobertura do topo e dos taludes dos maciços de lixo acabados deverá ser conformada uma camada de solo orgânico de espessura igual 5 cm, cuja finalidade será a formação de substrato para o plantio de grama batatais (*paspalum notatum*) em placas visando a promoção da cobertura vegetal superficial do aterro sanitário.

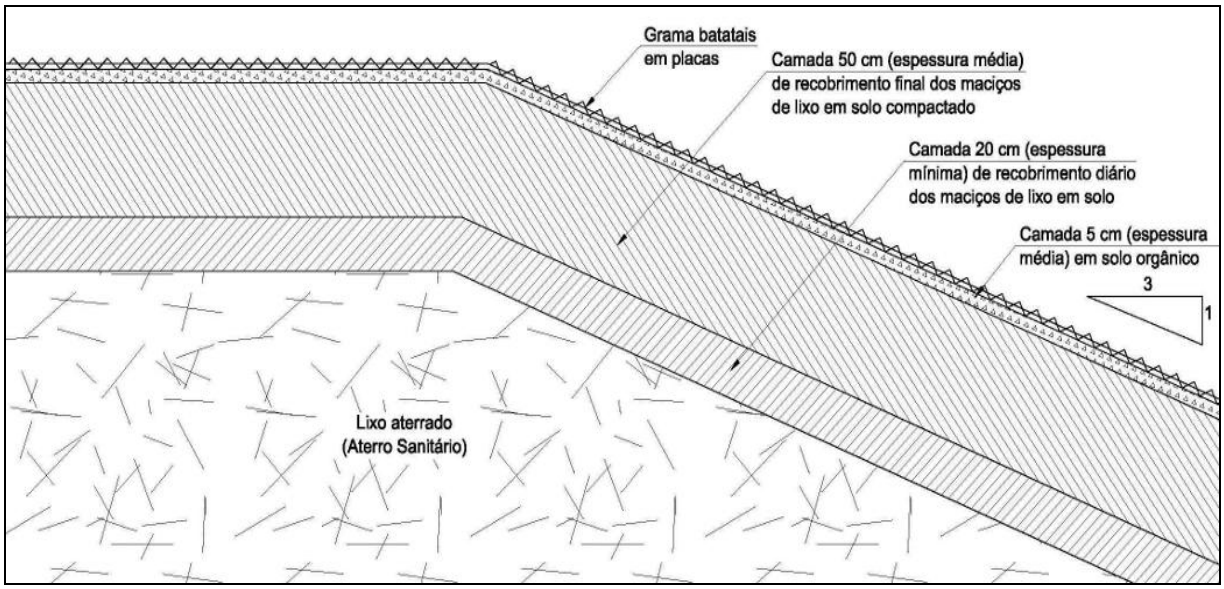


FIGURA 49 *– Configuração esquemática do sistema de cobertura superior do topo e taludes dos maciços do aterro sanitário.*



FIGURA 50 *- Revestimento de taludes definitivos de maciços de lixo em aterro sanitário com grama. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

Vale ressaltar que a execução da camada de recobrimento final de topo, bermas e taludes e da cobertura vegetal no topo e nos taludes deverão ser realizadas continuamente ao longo da operação do empreendimento e logo após a finalização de toda e qualquer parcela dos maciços de lixo.

4.3.2.9 – Controle operacional sobre a atração de avifauna

Tal como vem sendo adotado em outros aterros sanitários operados de forma exemplar como é o caso do Aterro Sanitário de Uberlândia, deverão ser realizados procedimentos operacionais específicos visando o controle e a eliminação de focos de atração de aves (urubus, carcarás, etc.) que se alimentam de matéria orgânica em decomposição e de vetores de doenças (mosquitos, ratos, etc.).

Cabe salientar que a eliminação e/ou inibição da atração e da presença de aves e pássaros em aterros sanitários buscando se alimentar de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos dispostos na sua frente de operação, apesar de não haver registro similar no caso específico da área do atual depósito de lixo de Paracatu, representam um desafio constante para os operadores destes empreendimentos.

Dentre as aves atraídas com maior freqüência por aterros sanitários, deve-se citar o urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps Atratus*), também conhecido somente como urubu, além de garças, pombos, gaivotas e carcarás.

O urubu é uma ave planadora que pode alcançar, com o auxílio de térmicas, altitudes de vôo acima dos 2.000 metros o que a classifica como perigo iminente à segurança de aeronaves em geral.

Já as garças, pombos, gaivotas e carcarás podem agir como agentes transmissores de doenças para outras aves e também aos seres humanos, direta ou indiretamente. O risco de estas aves entrarem em contato com outras em confinamento em granjas, por exemplo, pode expor os seres humanos a riscos de contaminação por bactérias, vírus e microorganismos resistentes através da alimentação.

Tal como afirmado pelos operadores do atual aterro controlado e, principalmente pelos levantamentos de campo realizados na área para elaboração do diagnóstico ambiental

tratado PCA correspondente ao presente RCA, a presença de aves que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, tal como é o caso dos urubus, é um evento incomum. Geralmente, quando se observam aves se dirigindo à frente de operação, não são aves que se alimentam de matéria orgânica, mas sim de outros pássaros que buscam se alimentar de insetos, roedores e/ou de outros animais que são atraídos pela disposição de resíduos.

Entretanto, deve-se ressaltar que a preocupação com a qualidade da operação e com a erradicação das aves em aterros sanitários deve ser uma ação constante. Por outro lado, o respeito e a proteção da integridade de qualquer espécie de ave, assim como de qualquer outro animal, também deverão ser sempre considerados.

Enfim, várias ações visando promover o desinteresse das aves pela área do futuro Aterro Sanitário de Paracatu deverão ser realizadas em nível operacional conforme relacionado adiante.

4.3.2.9.1 – Qualidade dos procedimentos de aterragem dos resíduos

Considerado o principal aspecto a ser observado quando o assunto é a presença de animais em aterros sanitários, a operação da frente de recebimento e aterragem de resíduos no Aterro Sanitário de Paracatu deverá atender aos mais rigorosos parâmetros de controle e qualidade possíveis.

Para tanto, os serviços de disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Paracatu deverão ser sempre acompanhados e supervisionados por um engenheiro especializado e devidamente habilitado de forma a se aplicar técnicas adequadas, eficientes, eficazes e modernas nos trabalhos de recebimento, compactação e envelopamento de resíduos e, consequentemente, minimizar cada vez mais o tempo de exposição de lixo a céu aberto.

4.3.2.9.2 – Recobrimento dos resíduos utilizando-se de solo e de lonas

O local de descarga dos resíduos na frente operacional deverá ser orientado sempre por um profissional denominado “apontador” levando-se em conta a constituição da cada carga de lixo, de forma que aqueles resíduos que se mostrarem muito atrativos aos urubus ou às

outras aves, tais como carcaças de animais mortos e/ou restos de açougues, deverão ter o seu recobrimento realizado imediatamente e sem nenhuma falha superficial.

De toda forma, independente do tipo de resíduo que será descarregado no aterro sanitário, deverá haver o recobrimento diário dos resíduos com a utilização de solo na espessura mínima de 20 cm (período diurno) ou lonas (período noturno e períodos de chuvas intensas).

Durante o expediente e nos intervalos para refeições também poderão ser utilizadas lonas feitas de materiais resistentes (tipo lona de carreta) para proteção dos resíduos das ações das aves, evitando que estas tenham acesso ao lixo para sua alimentação, desde que no final do dia haja o recobrimento total dos resíduos depositados.

4.3.2.9.3 – Utilização de fogos de artifício para afugentar as aves

Para assustar e espantar as aves da frente operacional da unidade de aterragem, utilizar-se-á da prática de soltura de rojões/foguetes nos momentos em que porventura forem observados indivíduos sobrevoando o local, mas nunca os direcionando para onde as aves estão uma vez que o objetivo não é feri-las e sim afugentá-las.

Os fogos de artifício têm um desempenho extraordinário para o objetivo a que se propõem, tal como se pode observar em aterros sanitários tidos como modelos, dando-se aqui o exemplo novamente do Aterro Sanitário de Uberlândia.

Por outro lado, a soltura de rojões/foguetes deverá ser realizada com muito critério a fim de se evitar a ocorrência de outros impactos, tal como a promoção de poluição sonora junto ao entorno do empreendimento. Portanto, os fogos de artifício somente deverão ser utilizados quando necessários e nos horários do dia, sempre em período diurno, nos quais as aves procurarem alimento na área do Aterro Sanitário de Paracatu.

Com a aplicação desta técnica de afugentação das aves inibir-se-á a sua aproximação na direção da frente operacional da unidade de aterragem fazendo com que elas sigam para outros locais à procura de alimentação.

4.3.2.9.4 – Pastoreio de aves

A técnica de pastoreio de aves já vem sendo utilizada de forma inédita no Aterro Sanitário de Uberlândia e também será adotada no Aterro Sanitário de Paracatu uma vez que a sua eficiência e eficácia na afugentação de aves vêm sendo comprovadas naquele empreendimento.

Basicamente, esta técnica consiste na afugentação de aves pela ação de gestos e sons executados por um funcionário especialmente designado tal finalidade diante das aves que tentam se aproximar da frente operacional para em busca de alimentação. No caso do Aterro Sanitário de Paracatu, devido ao seu porte operacional, não será necessária a designação de um funcionário com somente esta função, podendo esta ação ser realizada pelo "apontador" da frente operacional, por exemplo.

É importante observar que, quase sempre, as aves não pousam diretamente sobre os resíduos logo na primeira aproximação, demonstrando um comportamento de preservação da vida. Portanto, as aves vão se aproximando da frente operacional aos poucos, sentindo e conhecendo o ambiente, pousando em lugares próximos, para depois então voarem até o alimento desejado. É neste último momento que o funcionário responsável pelo pastoreio de aves deverá entrar em ação identificando as aves que tentam se aproximar espantando-as através de sons e de movimentos de braços e/ou com a ajuda de um cajado (que nunca é voltado diretamente para as aves).

4.3.2.9.5 – Bandeirolas e/ou bonecos infláveis

Experiências em outros aterros sanitários vêm comprovando que os urubus-de-cabeça-preta têm medo de objetos se movimentando sob a ação dos ventos.

Neste sentido, os efeitos visuais e sonoros de objetos plásticos e/ou maleáveis sendo agitados pelos ventos parecem causar influência no comportamento dos urubus os afugentado.

A fim de se utilizar dos benefícios desta constatação, serão instaladas bandeirinhas coloridas feitas de pedaços de plástico e/ou bonecos infláveis (tipo aqueles utilizados nas

portas de lojas fazendo propaganda) em torno da praça de descarga dos resíduos do Aterro Sanitário de Paracatu.

4.3.2.9.6 – Novas ações que deverão ser estudas para aplicação futura

A seguir, são apresentadas possíveis técnicas consideradas como potencialmente eficazes no controle da atração de aves e que poderão ser aplicadas futuramente no Aterro Sanitário de Paracatu e posterior ao início da sua operação, visando a excelência no controle de aves.

4.3.2.9.6.1 – Manejo de aves

No caso de alguma ave ou grupo destas, a despeito de todos os esforços em contrário, fixar-se na área do empreendimento estabelecendo ali o seu ninho, poderão ser utilizadas técnicas de manejo através da transferência das aves e dos seus ninhos para um local distante, preferencialmente para junto de uma Unidade de Conservação – UC.

Este manejo deverá ser realizado somente por um profissional especializado e sempre com o conhecimento e autorização prévios do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

4.3.2.9.6.2 – Instalação de corujas artificiais pela área

As aves de menor porte, como os pombos, temem as corujas porque ela é seu predador natural. A instalação de poleiros com corujas artificiais feitas de cerâmica poderá causar efeito inibidor nessas aves de modo a afastá-las da área do empreendimento. Constatou-se que tal metodologia já foi comprovada através de estudos publicados em artigos de revistas especializadas. Entre alimentar-se ou correr o risco de “virar alimento”, as aves pequenas seguem o seu instinto natural de sobrevivência e se afastam do local.

4.3.2.9.6.3 – Aves de rapina

Embora seja uma medida radical, a utilização de falcões, que são aves de rapina temidas pelos pássaros em geral, para a captura de aves é possível e deve ser feita sempre em associação ao manejo e por profissionais habilitados e treinados.

Os falcões também são treinados e agem capturando pássaros em pleno voo, sem feri-los, trazendo-os ao chão e retendo-os até a chegada do seu treinador que os captura para o programa de manejo.

4.3.2.10 – Estabilidade geotécnica de taludes

Os estudos de estabilidade geotécnica de taludes do Aterro Sanitário de Paracatu foram elaborados pelo Engº. Civil Cornélio Zampier Teixeira, mestre e doutor em geotecnia e serão apresentados neste tópico de forma detalhada.

4.3.2.10.1 – Conceitos e hipóteses de análises

4.3.2.10.1.1 – Preliminares

Segundo Oliveira (2002) o estágio da “mecânica dos resíduos” no início do 3° milênio ainda não dispõe de modelos e teorias adequados para representar realisticamente o comportamento dos resíduos sólidos urbanos - RSU, obrigando os analistas ao recurso de usar as teorias clássicas da Mecânica dos Solos para representá-los. Desta forma, os resultados em termos de estabilidade de taludes costumam ser conservadores, quando tratados por meio destes conceitos.

Ainda não foi constatado um progresso significativo nestes estudos, já que a validação de novos modelos requer inúmeros trabalhos de campo, o que não tem acontecido. Os trabalhos de campo, tais como os ensaios SPT, os ensaios penetrométricos do tipo CPTU, as provas de carga sobre placa (PLT) e os ensaios de caracterização visando à avaliação do comportamento do maciço como um todo, vão sendo realizados aos poucos, mas ainda sem reunir um arcabouço significativo de resultados.

Assim, ainda se acredita que as melhores análises de estabilidade devem se basear em resultados de retroanálises para rupturas bem caracterizadas geometricamente, o que também não tem sido frequente.

A seguir, serão apresentados alguns dos conceitos atualmente aceitos para justificar os procedimentos adotados nos estudos de estabilidade geotécnica elaborados para o Aterro Sanitário de Paracatu.

4.3.2.10.1.2 – Instrumentação de aterros sanitários

Embora importante, a instrumentação em aterros sanitários ainda é pouco utilizada no Brasil, restringindo-se, quase sempre, às observações topográficas de recalques superficiais.

Na literatura, encontram-se referências a respeito de:

- Termopares, para medida de temperatura em diversas profundidades da massa de lixo;
- Piezômetros, para medida das pressões internas do maciço relativas ao chorume e gases;
- Inclinômetros, para medida de deslocamentos internos do maciço;
- Medidores de recalques por placas instaladas em profundidade, mais apropriadamente na interface do aterro com a fundação, para medida de recalques da fundação;
- Placas de superfície, para medição de deslocamentos nas direções (x, y, z) de vários pontos da superfície final do aterro.

Segundo Carvalho (1999) os piezômetros de ponta aberta (tipo Casagrande) não apresentam bons resultados devido à presença de gases nos aterros sanitários. A partir desta constatação, vêm sendo utilizados (esporadicamente) os piezômetros tipo Vector, que conseguem medir, separadamente, as pressões de líquidos e gases.

Neste sentido, cabe salientar que os drenos de gases e percolados (DGP's) previstos no projeto do Aterro Sanitário de Paracatu foram especificados para funcionar como piezômetros tipo Vector.

Correlações entre os resultados de deslocamentos, internos, de fundação e de superfície, provavelmente são bem correlacionáveis com a estabilidade de taludes, mas ainda estão num estágio muito incipiente para merecer confiança.

Por exemplo, quando se monitora os deslocamentos superficiais e se elaboram gráficos de *deslocamentos x tempo*, não se sabe, ainda, quais os limites aceitáveis a partir dos quais a segurança do aterro estaria comprometida. As poucas experiências deste gênero foram feitas em células experimentais de altura muito pequena, cujos resultados não devem ser extrapolados para aterros reais.

4.3.2.10.1.3 – Influência da compactação dos RSU

Uma das causas mais comumente difundidas sobre rupturas de aterros sanitários é a acumulação de chorume dentro do maciço. Sabe-se, no entanto, que a produção de chorume poderá ser diminuída se os resíduos forem bem compactados.

Não faz mais de 10 anos atrás, aceitava-se como um padrão de boa qualidade a compactação mediante 3 a 5 passadas em rampa ascendente e com equipamento compactador de 20 a 25 toneladas de peso operacional, obtendo-se pesos específicos da ordem de 10 kN/m^3. Entretanto, Catapreta *et all* (2003) salientam que *"vários fatores podem afetar a compactação dos RSU em um aterro sanitário, sendo os principais relacionados adiante:*

- *Composição dos resíduos;*
- *Espessura da camada de resíduo a ser compactada;*
- *Tipo, peso e velocidade dos equipamentos empregados na compactação;*
- *Umidade dos resíduos;*
- *Inclinação do plano de compactação;*
- *Número de "passadas" executadas pelo equipamento compactador.*

Alguns dados de monitoramento do Aterro Sanitário de Belo Horizonte/MG - CTRS BR-040 são importantes para se compreender a importância dos fatores acima mencionados no comportamento dos resíduos quanto à sua densidade. É importante ressaltar que o CTRS BR-040 recebe grande quantidade de entulhos de construção civil (cerca de 37% da massa total aterrada) e que, devido à compostagem, não mais que 61% de matéria orgânica entram no aterro.

Marques (2001) avaliou que, dentre todas as variáveis, a que tem maior influência sobre a compactação é o teor de umidade, sugerindo, inclusive, a necessidade de se pesquisar a umidade ótima de compactação para avançar nestes estudos. Porém, o mesmo autor adverte que o formato da curva de compactação de RSU não tem qualquer semelhança com a sua equivalente em solos, provavelmente, devido ao não desenvolvimento dos fenômenos de capilaridade e tensões neutras negativas.

Nos estudos publicados até recentemente não se conhecia efetivamente a importância de um outro fator, o “valor de rampa”, nos efeitos da densidade. Com efeito, considerando-se os diversos valores de rampa, desde a inclinação nula (rampa plana) até o máximo de 1:3 (V:H), os esforços tratores de aceleração e frenagem em subidas e descidas de rampa influenciarão de modos distintos os valores das densidades resultantes. Em geral, os aterros projetados atualmente têm adotado rampas de 1:2,5 (V:H), contrariamente aos antigos, mais conservadores (como o de Belo Horizonte), que utilizavam rampas de 1:3 (V:H). Aliás, neste sentido o CTRS de Belo Horizonte chega a ser extremamente conservador, pois a média de rampa chega a 1:4, 15 (V: H).

A figura adiante mostra os resultados experimentais no projeto do Aterro Sanitário de Santa Luzia (TEIXEIRA *et all*, 2006).

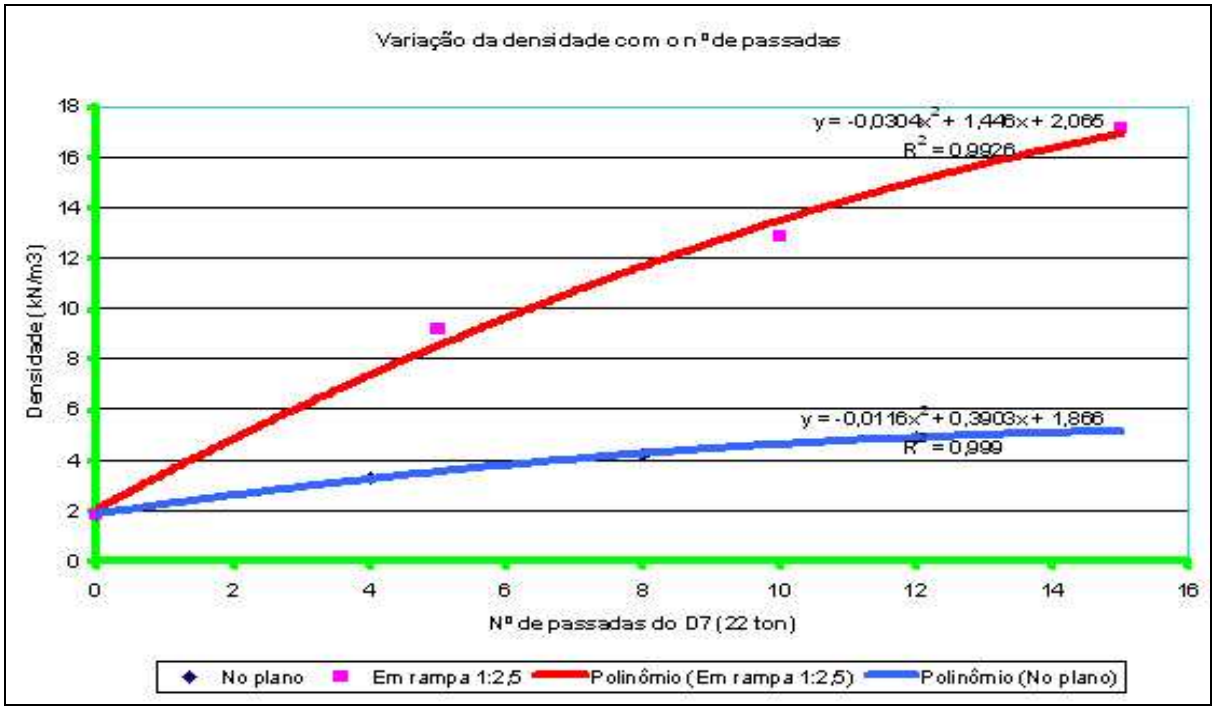


FIGURA 51 *– Resultado de duas experiências para observação de densidades variando com o nº de passadas de um trator Caterpillar modelo D-7 de 22 toneladas*

A importância da rampa pode ser ressaltada pela figura adiante aonde é mostrada a influência da inclinação na densidade dos resíduos aterrados (notar a grande dispersão de valores).

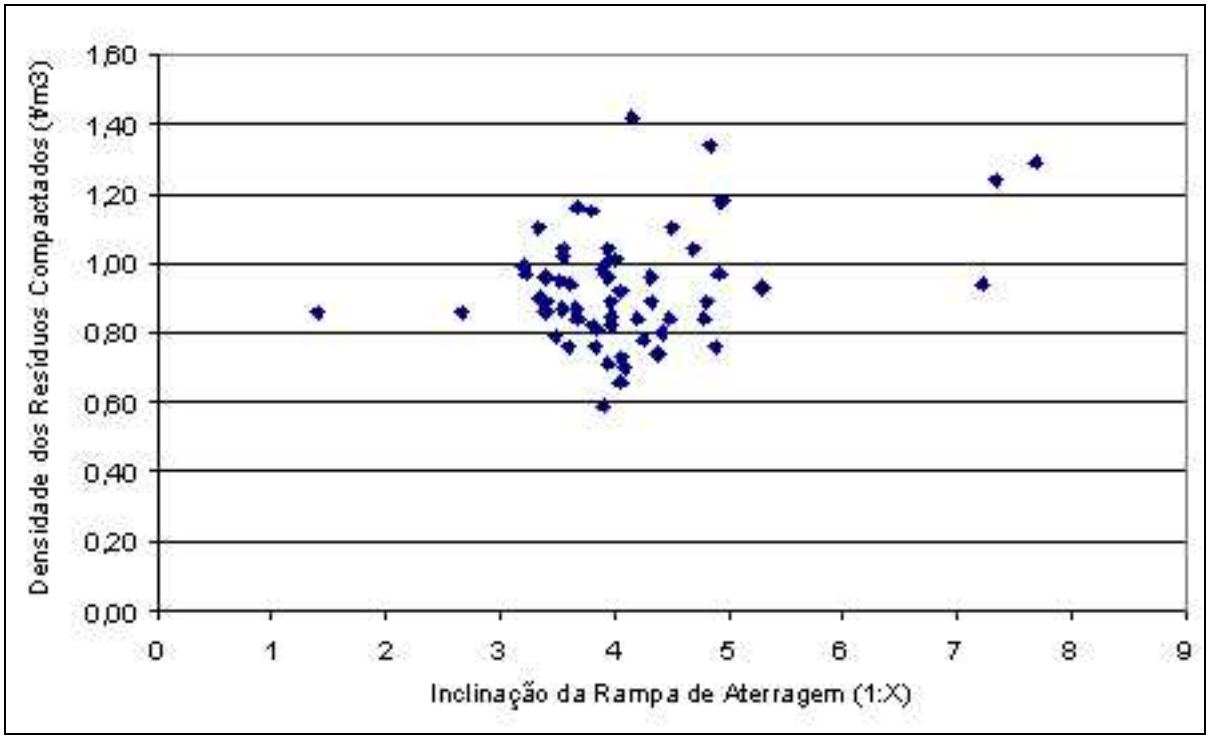


FIGURA 52 *- Densidade x Inclinação da rampa de aterragem de RSU (CATAPRETA et all, 2003).*

Com base nos dados de controle das frentes de operação diária (pesagem na balança e controle topográfico das rampas operadas), os resultados obtidos nos experimentos de CATAPRETA *et all* (2003) mostram valores bastante variáveis, dentro do intervalo de 7 a 11 kN/m^3, observando-se valores mínimos de 5,9 kN/m^3 e máximos de 14,2 kN/m^3, com média de 9,2 kN/m^3, bastante próximo ao valor previsto no projeto (igual a 10,0 kN/m^3).

4.3.2.10.1.4 – <u>Peso específico dos RSU</u>

As propostas encontradas na literatura variam enormemente, podendo-se citar valores mínimos de 3 kN/m^3 para resíduos pouco ou nada compactados, até 16 kN/m^3 (este, dependente dos materiais existentes na fração sólida do lixo).

Seguindo a tendência atual de se encontrar resíduos bem compactados, concentrou-se nesta direção através de pesquisa das principais informações a este respeito, sendo encontrados valores médios que vão de 7 a 14 kN/m^3, com valor mais freqüente de 10 kN/m^3.

Em geral, o peso específico cresce com a profundidade, chegando a valores máximos de 12,5 kN/m^3 em profundidades da ordem de 45 m, a partir da qual a profundidade parece não exercer mais influência sobre o parâmetro (CARVALHO, 1999).

4.3.2.10.1.5 – Parâmetros de compressibilidade dos RSU

A redução de volume e a movimentação de resíduos sólidos urbanos aterrados ocorrem praticamente durante toda a vida útil do aterro, acrescida ainda de um prazo que pode ser estimado da ordem de 10 anos, quando ainda podem ocorrer variações significativas.

Os principais mecanismos considerados (ações mecânicas de peso próprio e sobrecargas; reorientação das partículas devido à percolação de líquidos; transformações físico-químicas de resíduos orgânicos e decomposição biológica) já estão sobejamente discutidos conceitualmente. Porém, quanto aos parâmetros para cálculo de recalques, os avanços – que vêm desde 1973 até os dias de hoje – não indicam muita confiança nas propostas.

Tende-se, atualmente, a ignorar as fórmulas de previsão de recalques, desenvolvidas a partir de analogias com a Teoria de Adensamento de Terzagui, passando a se trabalhar com previsões baseadas em comportamento. Desta forma, chega-se a admitir que recalques do maciço de até 35% de sua altura não comprometem sua estabilidade.

Porém, quanto à movimentação lateral, pouco se sabe ainda sobre sua influência no aparecimento de trincas, pelo menos quantitativamente.

4.3.2.10.1.6 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento dos RSU

A resistência ao cisalhamento é a propriedade geotécnica de maior interesse na análise de estabilidade. Até o momento, quando ainda se aguarda o desenvolvimento de modelos teóricos para uma nova ciência dos materiais (a aguardada Resistência dos RSU), ainda são adotados os modelos de resistência ao cisalhamento, classicamente adotados na Mecânica dos Solos, embora a amostragem dos resíduos ainda seja uma questão problemática.

Pode-se diferenciar claramente o comportamento dos RSU em relação ao solo durante o cisalhamento em laboratório. O lixo, por exemplo, comporta-se como um material "*strain hardening"*, isto é, à medida que se deforma, adquire resistência. Pode, nestas condições, sustentar grandes deformações cisalhantes sem romper ou apresentar as quedas de tensões típicas da fase pós-pico do solo (e outros materiais, evidentemente).

Atualmente, já se dispõe de suficientes informações a respeito da resistência ao cisalhamento do lixo, embora os resultados, para desânimo dos analistas de estabilidade, sejam extremamente variáveis, em amplas faixas de variações.

Tais resultados são baseados em estudos de retroanálises (para aterros rompidos), em estudos de laboratório e em ensaios em protótipos, *in situ*. No caso dos ensaios de laboratório, aceita-se a hipótese de ruptura de MOHR-COULOMB, embora não possa ser ignorada a grande dispersão de resultados.

Da mesma forma que se comentou para o peso específico, também os parâmetros de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito interno) variam ao longo da profundidade do lixo, o que significa também variar com a idade do lixo.

Estes parâmetros são considerados os mais importantes, pois a análise de estabilidade dos taludes depende de sua avaliação. São os seguintes os procedimentos clássicos para essa determinação:

- Ensaios de laboratório;
- Retroanálises em superfícies de ruptura;
- Ensaios de campo.

Os primeiros, embora mais fáceis de conduzir, esbarram nas dificuldades de amostragem (representatividade) e no tamanho dos equipamentos. Na atualidade, vêm servindo para demonstrar certos conceitos teóricos ou desmistificar a construção de modelos de envoltórias bi-lineares, como se supunha anteriormente por comparação dos RSU com solo reforçado com fibras.

Os cálculos feitos por retroanálises dependem de ocorrências desagradáveis de ruptura de taludes, felizmente um evento que está ficando cada vez mais raro. Mesmo assim, o

histórico destes levantamentos mostra valores muito discrepantes, com grande dispersão: a) ângulos de atrito variando de 20-40º; b) coesões variando de 0-40 kPa.

Quanto aos ensaios *in situ* (cisalhamento direto, correlações com SPT-CPT e ensaio de palheta) estão se tornando cada vez mais freqüentes, apontando para uma direção que parece ser a definitiva.

Enfim, os estudos sobre a resistência ao cisalhamento dos RSU ainda se encontram num estágio onde uma solução razoável para este problema não foi encontrada, deixando os projetistas à mercê de escolhas de parâmetros dentro de faixas de grande amplitude, o que os obrigam a aceitar como inevitável ser conservadores.

4.3.2.10.1.7 – Parâmetros a serem adotados na análise de estabilidade

Os parâmetros de resistência encontrados na literatura são resumidos na figura abaixo.

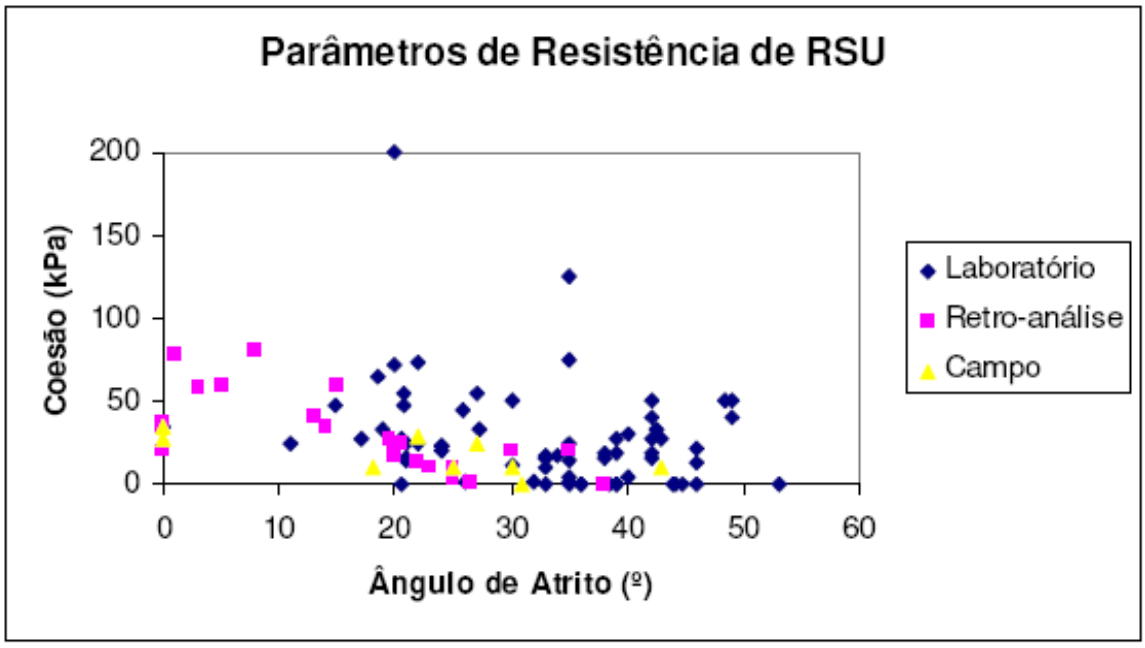


Figura 2.7 – Parâmetros de Resistência de RSU

FIGURA 53 – *Resumo de valores de referência para coesão e ângulo de atrito de RSU.*

Também são muito utilizados, internacionalmente, em análises de estabilidade de aterros sanitários, os dados da figura abaixo.

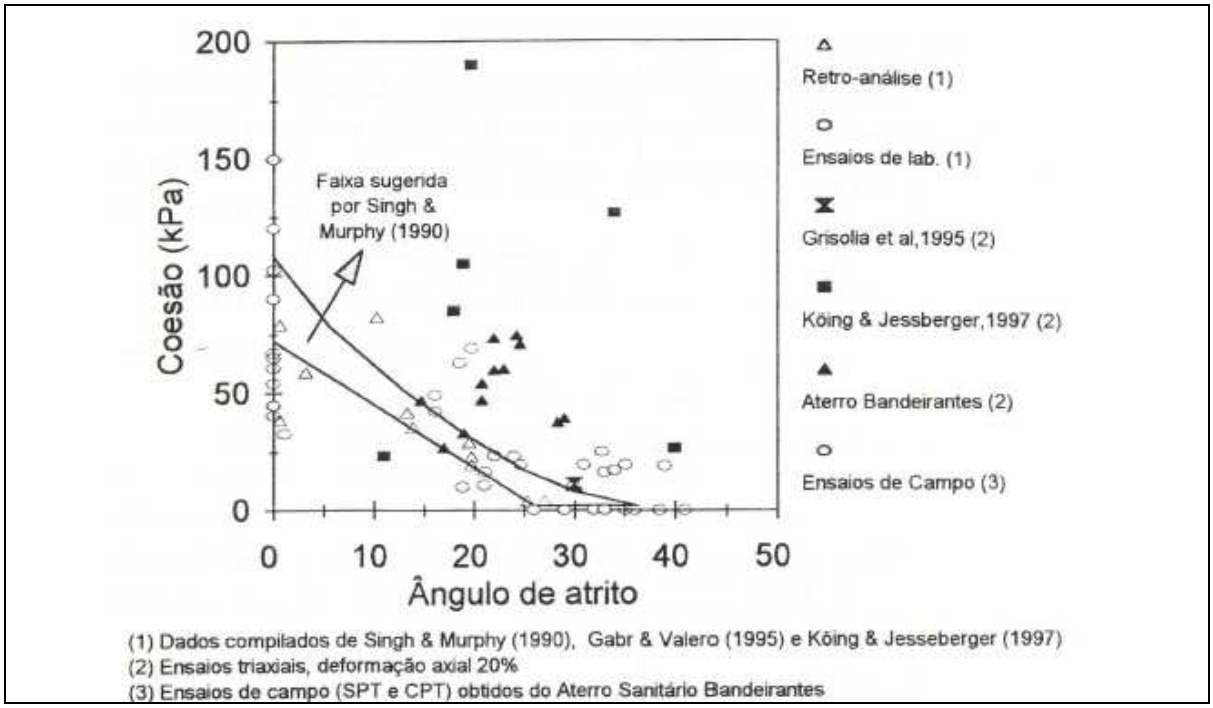


FIGURA 54 *– Parâmetros de resistência de RSU.*

No caso de se prever a possibilidade de rupturas rasas, deve-se considerar a possibilidade de desprezar o ângulo de atrito e tomar a coesão como 20 kPa.

Para rupturas mais profundas, o valor da coesão é extremamente variável, podendo ir desde 0 kPa até mais de 50 kPa, enquanto que o ângulo de atrito varia desde 30º até 38º.

Portanto, a literatura não tem dado muito suporte para que os analistas de estabilidade de taludes de aterros sanitários fiquem tranqüilos com suas análises. Em geral, é mais cauteloso usar-se os parâmetros de retroanálises, mesmo porque há experiências brasileiras mais ou menos recentes a este respeito, que justificam tais escolhas.

As análises mais recentes feitas pelo responsável pelo presente estudo diagnóstico geotécnico-ambiental, têm sido conservadoras usando-se c= 12 kPa, φ = 23° e γ = 10 kN/m^3, com a hipótese de ruptura circular e modelo de resistência seguindo a envoltória de Mohr-Coloumb.

No caso de serem adotados tais valores, sugere-se fazer a análise em termos de tensões efetivas, isto é, considerando a posição da linha piezométrica definida pela ascensão do chorume no interior do aterro devido a um provável mau-funcionamento do sistema de

drenagem interna. Por outro lado, já se considera a influência da saturação nestes parâmetros.

Como sempre acontece nos meios acadêmicos e profissionais, há temas contraditórios, como é o caso de se considerar a pressão dos gases na análise de estabilidade de aterros sanitários.

O responsável pelo estudo geotécnico ambiental aqui apresentado posiciona-se de modo claro a este respeito afirmando o seguinte:

- Se o aterro for coberto com geomembrana no seu fechamento, a pressão dos gases se mostrará como um fator importante na formação de superfícies de rupturas rasas ou pouco rasas, cujas principais conseqüências são (a) a saída descontrolada dos gases para o meio ambiente e (b) a infiltração de águas pluviais no aterro antes das intervenções de recuperação da parte afetada;
- Para o caso da cobertura ser convencional, usando-se solo compactado, não se observa nenhuma necessidade de considerar a pressão de gases na análise, desde que, como justificado no item anterior, os parâmetros de resistência ao cisalhamento adotados na análise de estabilidade sejam provenientes de retroanálises, pois, nesta condição, as pressões de gases já estão incluídas.

Além disso, a maior controvérsia é sobre os verdadeiros valores de entrada destas pressões, já que ainda são poucas as experiências amplamente divulgadas sobre medições em piezômetros do tipo Vector.

As formas usualmente utilizadas para a avaliação dos níveis de poro-pressão no interior dos maciços de resíduos sólidos urbanos são através da definição de níveis de manta líquida ou da utilização de um fator médio entre as tensões totais e as poropressões (líquidos e gases), denominado *Ru*. Destaca-se que esse fator inclui em sua definição a pressão no biogás.

O Coeficiente *Ru* está implícito nesta análise para calcular a poropressão, sendo um parâmetro amplamente utilizado em análise de estabilidade de taludes, modelando a pressão intersticial como uma fração das pressões verticais de terra (ou tensões geostáticas) para cada fatia da superfície potencial de ruptura. O software utilizado para a modelagem permite que este coeficiente possa ser especificado para cada tipo de material.

Para solos, na maioria dos casos práticos, o valor de *Ru* pode chegar a até 50%, o que pode ser interpretado como uma condição saturada. Altos valores do fator *Ru* resultam em elevados níveis de poro-pressão, principalmente quando as superfícies de ruptura são profundas. Para resíduos sólidos urbanos, Benvenuto e Cunha (1991) obtiveram, na retroanálise do aterro sanitário Bandeirantes em São Paulo, um valor máximo da ordem de 60%.

Considerando-se o desenvolvimento de projeto, a consideração de condições saturadas (nível elevado da manta líquida) é a hipótese normalmente utilizada, pois reflete a pior situação a que poderá estar sujeito o maciço.

Considerando-se a dificuldade de previsão dos níveis de líquidos no interior dos aterros de disposição de RSU, o monitoramento sistemático desses níveis e das pressões do biogás, obtidos por meio da instalação de medidores de níveis de líquidos e piezômetros, colocam-se como ferramentas importantes no entendimento do comportamento geotécnico dos aterros.

Em laboratório resultados típicos de curvas tensão-deformação, obtidas nesses ensaios, demonstram que o RSU pode sofrer grandes deformações sem mobilizar a tensão cisalhante de pico. Os valores encontrados para os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos RSU variam, consideravelmente, em virtude das características do próprio material, tipo de ensaio utilizado, condições de densidade e drenagem, nível de tensões aplicadas, dentre outros.

Ainda hoje não se conhece o modo de ruptura em aterros sanitários, não se sabendo se os parâmetros de resistência na superfície de ruptura são mais bem representados em ensaios de cisalhamento direto ou por envoltórias de resistência em ensaios triaxiais. Nem todos os poços de monitoramento da manta líquida poderão acusar um nível uniforme no interior da massa de resíduos e sim um acúmulo de líquidos no interior dos poços, com provável estabelecimento de regiões mais saturadas em torno dos poços.

Considerando-se a permeabilidade dos resíduos, normalmente na faixa de 10^{-3} cm/s, era de se esperar, maiores eficiências no bombeamento se o nível interno de líquidos percolados fosse realmente uniforme no interior da massa de resíduos. O que pode estar acontecendo é a drenagem da região saturada no entorno nos poços. As simulações realizadas indicam

que os volumes extraídos têm sido superiores à recarga de líquidos. Observa-se, ainda, que os graus de saturação se mantêm aproximadamente constantes, com tendência à diminuição. Tais conclusões foram extensamente obtidas no aterro sanitário da BR-040, em Belo Horizonte (MG), onde se concluiu que "*se todo o volume de líquidos presentes nos resíduos drenasse por gravidade e se acumulasse a partir da base das células, a máximo nível de manta líquida provável formaria um bolsão único, saturando o equivalente a 60% da área das seções transversais das células"*.

No entanto, parte da água presente nos resíduos no momento da sua aterragem (umidade inicial), que pode ser considerada uma água de constituição, só vai sendo transformada em água livre na medida em que o processo de degradação dos mesmos acontece. Esse fenômeno pode durar de anos até décadas.

Sabe-se, também, que a capacidade de campo dos resíduos, definida como o teor de umidade volumétrico a partir do qual os líquidos escoam por gravidade, faz com que parte desses líquidos fique retida na massa de resíduos. Estudos realizados por Lins (2003) no aterro da Muribeca em Recife indicaram valores médios para a capacidade de campo de 50%. O modelo HELP sugere valores da ordem de 30%. A transformação desses valores em teores de umidade (base úmida) com base nos dados dos resíduos dispostos no aterro sanitário da CTRS da BR-040 (densidade e umidade iniciais) resulta em 59 e 46%, respectivamente. Ou seja, teoricamente, só a parcela que exceder esses teores de umidade poderá drenar por gravidade.

Esses fatos sugerem que o máximo nível de líquidos provável no interior das células poderia formar um bolsão único, saturando uma parcela inferior a 60% da área das seções transversais das células. Pode-se supor que exista uma região saturada na base das células e outra região onde a umidade se encontra distribuída pela massa de resíduos.

4.3.2.10.1.8 – <u>Principais conclusões da literatura sobre estabilidade de taludes de RSU</u>

Embora sem consenso, admite-se a validade das seguintes conclusões:

- Aterros com taludes mais suaves que 1:3 (V: H) e alturas inferiores a 60 m podem ser considerados incondicionalmente seguros;

- Aterros com alturas entre 40 m e 60 m e taludes variando de 1:3 (V: H) a 1:2 (V: H) devem ser analisados de acordo com os procedimentos clássicos de análise de estabilidade de taludes;
- Aterros com alturas superiores a 50 m e taludes variando de 1:2 (V: H) a 1:1,5 (V:H) sobre fundação pouco resistente (SPT<4) apresentam potencial de ruptura pela fundação, isto é, a ruptura da fundação provavelmente ocorrerá antes da ruptura do aterro de resíduos.

4.3.2.10.2 – Estudo de estabilidade geotécnica realizado

4.3.2.10.2.1 – Modelo geotécnico utilizado

O modelo genérico que mais se adapta aos resultados obtidos com os ensaios laboratoriais de campo é um modelo de duas camadas, com horizontes B e C mal diferenciados, mas podendo ser representados por pacotes com espessuras médias de 6,5 m (horizonte B) e 7,3 m (horizonte C), respectivamente.

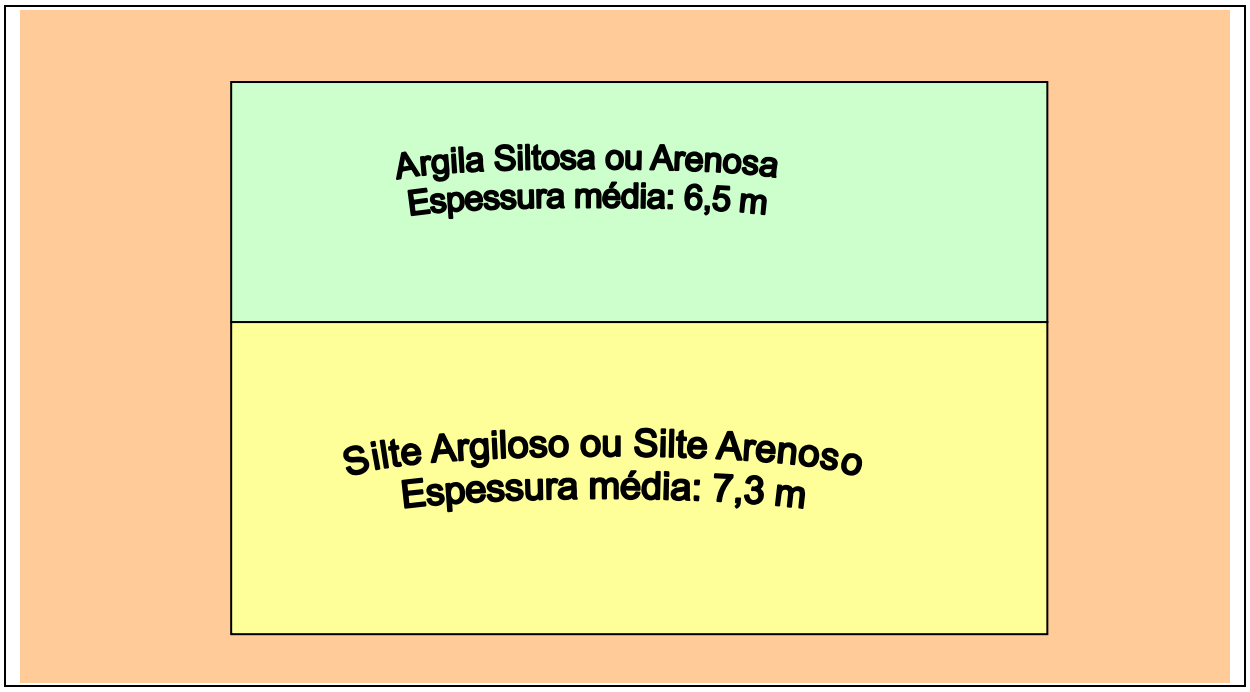


FIGURA 55 *– Modelo de duas camadas a ser utilizado para análise de estabilidade geotécnica de taludes*

4.3.2.10.2.2 – Metodologia

Para esta análise, foi utilizado o software SLIDE v.5.0 e os métodos selecionados para a questão de estabilidade pela teoria do Equilíbrio-Limite (na iminência de ruptura as forças ativas igualando as forças resistentes) foram aqueles que apresentam os resultados mais realistas para tal finalidade, a saber:

- BISHOP simplificado;
- JANBU simplificado;
- JANBU corrigido;
- SPENCER.

Nesta análise foi admitida a hipótese da ruptura circular em estado bidimensional. A análise de estabilidade adotada é paramétrica, com variação dos níveis piezométricos no interior do aterro e da fundação, adotando-se superfícies de ruptura circular e considerando a interação com a fundação.

Os parâmetros geotécnicos dos materiais envolvidos no modelo geotécnico (resíduos + fundação) foram obtidos com base em consultas à literatura (RSU), por similaridade com os solos locais (ensaios SPT) e por envoltórias de resistência ao cisalhamento segundo o modelo de Mohr-Coulomb em ensaios triaxiais e de cisalhamento direto (fundação).

4.3.2.10.2.3 – Geometria considerada

Conforme definido nos projetos técnicos do novo Aterro Sanitário de Paracatu anexados ao presente PCA, o modelo geométrico considerado no estudo de estabilidade geotécnica da sua unidade de aterragem foi o seguinte:

- Altura total do aterro igual a 24,55 m, constituindo-se de 04 maciços (01 maciço de 4,0 m e outros 04 maciços de 5,0 m cada um), sobrepostos por camadas de 50 cm de recobrimento final e de 5 cm de substrato/solo orgânico;
- Taludes dos maciços de lixo com inclinação de 1:3 (V: H);

- Taludes de corte em terreno natural para conformação da plataforma de base na inclinação de 1:1 (V: H) e com altura máxima de 4,0 metros;
- Taludes de aterro em solo natural para conformação da plataforma de base na inclinação de 3:2 (V: H) e com altura máxima de 2,0 m;
- Sistema de proteção da interface “lixo – fundação”, constituído por um *liner* misto composto, de baixo para cima, por 100 cm de argila compactada a 100% do Proctor Normal, geomembrana de PEAD na espessura de 1,50 mm e 50 cm de argila compactada a 90% do Proctor Normal, totalizando uma camada de impermeabilização de base de 1,50 m de espessura.

4.3.2.10.2.4 – Cenários considerados nos estudos de estabilidade geotécnica

Foram analisados diversos cenários, com variações possíveis desde a situação mais simples da estabilidade (único talude isolado e sujeito aos carregamentos normais devido à operação do aterro), até a situação de pesquisa da linha freática crítica para o caso de mau funcionamento do sistema de drenagem de chorume.

Não será considerada nesta análise de estabilidade a influência das pressões de gases, o que se justifica por duas razões proeminentes:

- O aterro não terá geomembrana no selo de cobertura.
- Os parâmetros de resistência ao cisalhamento usados na modelagem se baseiam em retroanálises, onde já se incorpora implicitamente este condicionante.

Por fim, os estudos de estabilidade geotécnica elaborados consideraram os seguintes cenários operacionais:

- CENÁRIO 1: Talude individual, sem trincas, com sobrecarga de 40 kPa sobre a berma, sem chorume. Ruptura circular;
- CENÁRIO 2: Talude individual, com trincas, com sobrecarga de 40 kPa sobre a berma, com chorume. Ruptura circular;

- CENÁRIO 3: Talude individual, sem trincas, com sobrecarga de 40 kPa sobre a berma, sem chorume. Ruptura mista, passando pela geomembrana e pelo pé do talude;
- CENÁRIO 4: Análise global, com trincas preenchidas por água, sobrecarga em todas as bermas, sem elevação de chorume;
- CENÁRIO 5: Mesma situação do cenário 4, com introdução de linha piezométrica devido à elevação de chorume (pesquisa da posição crítica);
- CENÁRIO 6: Talude de corte da plataforma de base com sobrecarga do lixo;

4.3.2.10.2.5 – Parâmetros de cálculo considerados

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito) e peso específico foram obtidos pela combinação de dois critérios, a saber:

- Consulta direta à bibliografia especializada (Singh & Murphy, 1990; García *et all*, 2003; Oliveira *et all* (2003); Catapreta *et all* (2003); Perazzolo *et all* (2003); Benvenuto & Cunha (1991) e Vilar & Carvalho (2003));
- Características de similaridade do solo local com os citados pelos respectivos pesquisadores.

Desta forma, esta análise adotou os parâmetros geotécnicos relacionados no quadro adiante.

QUADRO 25 – Parâmetros de entrada nos modelos de análise de estabilidade

MATERIAL	Coesão (kPa)	Ângulo de Atrito (°)	Peso específico (kN/m^3)
Lixo compactado	12	23	10
Fundação*	20	34	17
Camada de argila compactada sob o PEAD	55	33	20
Camada de impermeabilização superior	42	32	17

NOTA (*) – A coesão e o ângulo de atrito, para a análise dos cortes da fundação, serão obtidos do ensaio de cisalhamento direto. Para a modelagem da estabilidade global, serão considerados os resultados do triaxial (parâmetros efetivos).

4.3.2.10.2.6 – Configurações do sistema/software de cálculo

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: ANÁLISE DE ESTABILIDADE – AS de Paracatu (MG)

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Janbu simplified
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 1 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

4.3.2.10.2.7 – Resultados e conclusões das análises de estabilidade

Todos os cenários analisados apresentaram fatores de segurança adequados para estudos de estabilidade geotécnica de taludes de aterros sanitários.

A seguir, são apresentados os principais resultados e considerações dos 06 cenários considerados no estudo de estabilidade geotécnica do aterro sanitário de Paracatu:

- Os resultados encontrados no cenário 01 demonstraram que os taludes e maciços de lixo isolados são seguros quando analisados sem a influência da ascensão do nível de chorume.

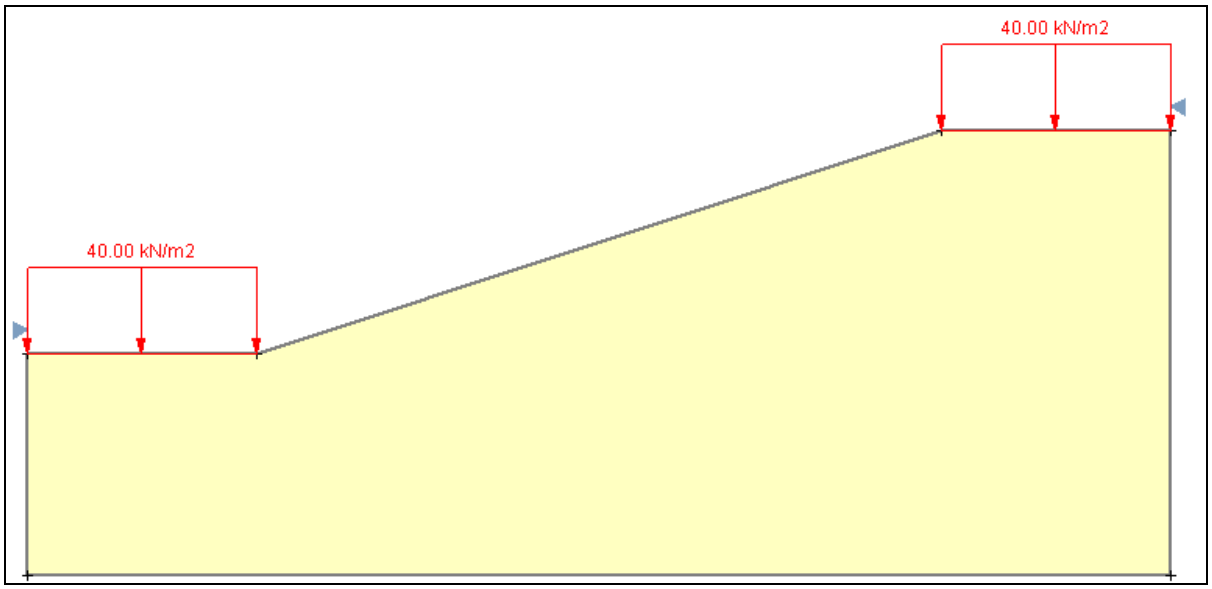


FIGURA 56 *– Cenário 01: situação de um talude isolado, no pé do aterro, com sobrecarga na berma de equilíbrio.*

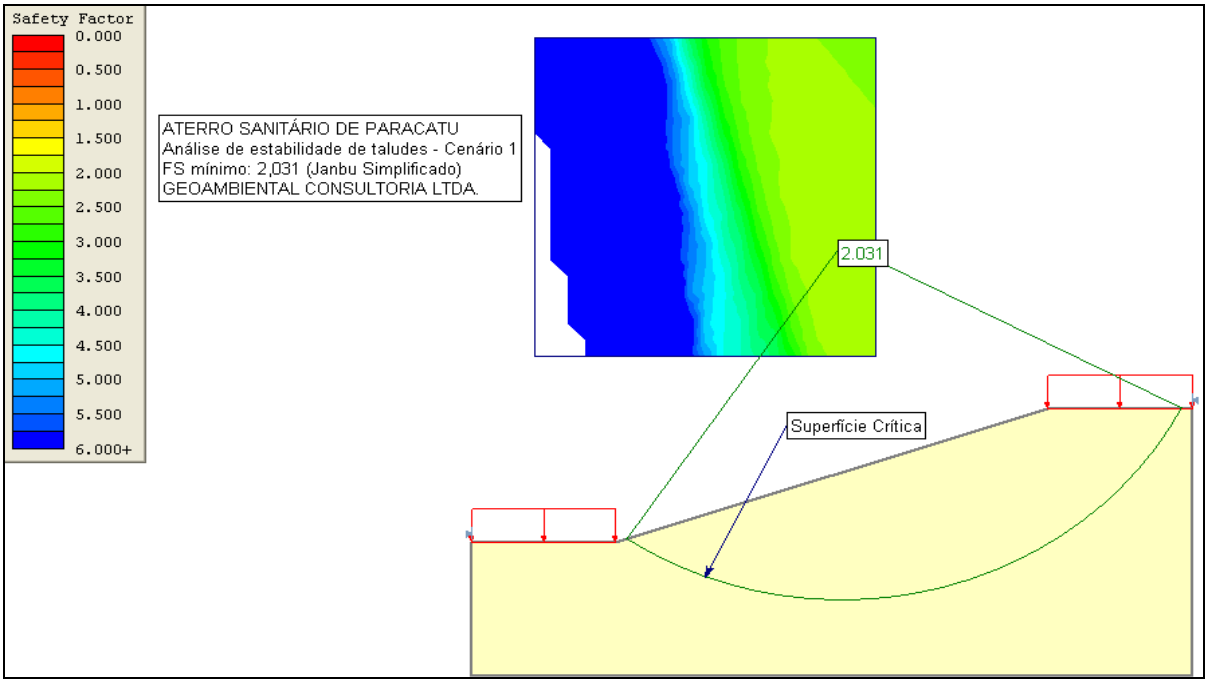


FIGURA 57 *– Resultados obtidos para o cenário 01.*

- Os resultados encontrados no cenário 02 demonstraram que os taludes e maciços de lixo isolados também são seguros quando analisados numa situação mais desfavorável na qual são considerados o maciço inferior, a ocorrência de trincas de tração preenchidas com águas pluviais, a sobrecarga sobre o maciço e ascensão do nível do chorume no seu interior;

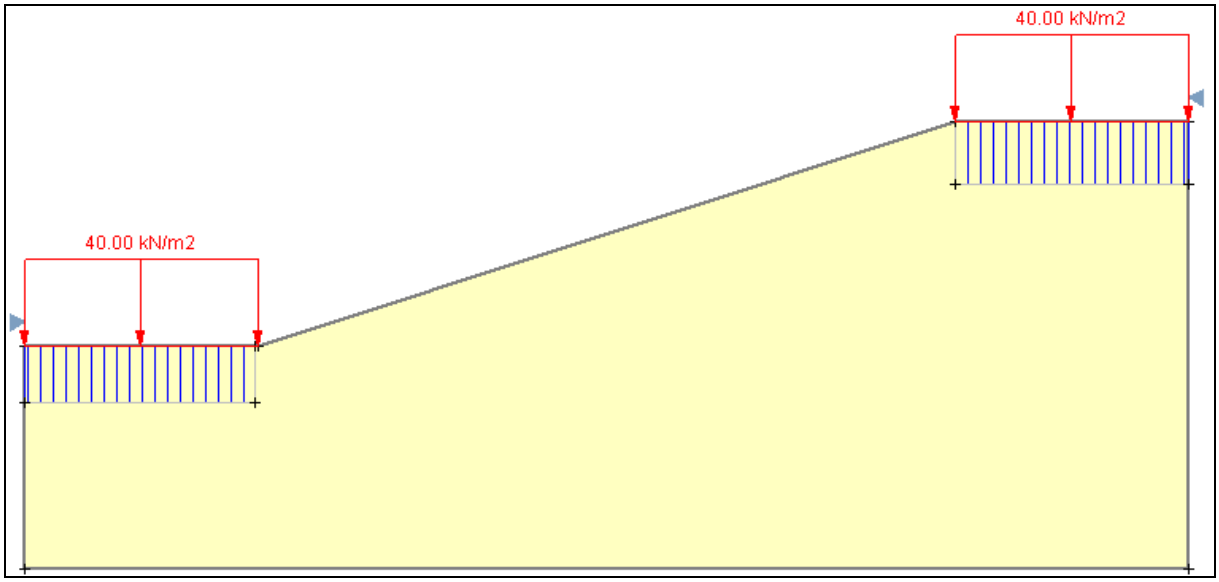


FIGURA 58 *– Cenário 02: situação mais desfavorável de um talude isolado, com linha freática, trincas e sobrecarga.*

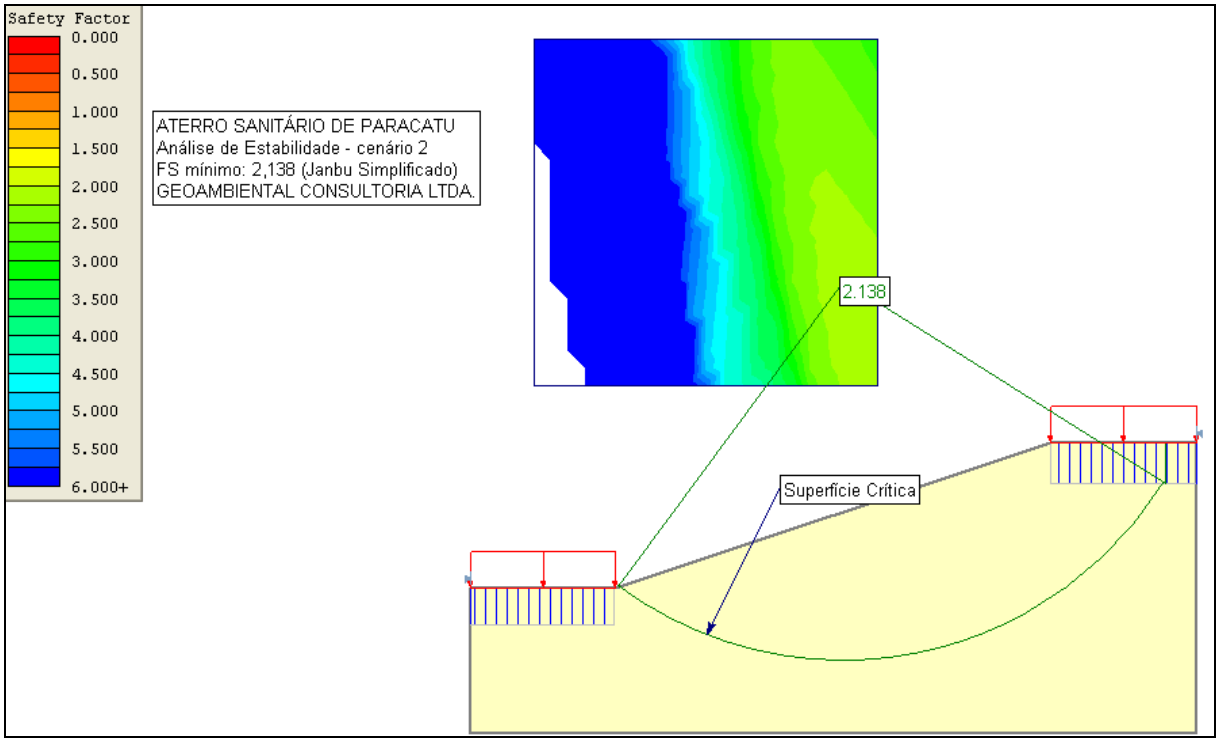


FIGURA59 *– Resultados obtidos para o cenário 02.*

- Os resultados encontrados no cenário 03 mostraram resultados satisfatórios quanto à ruptura de talude/maciço individual passando pela geomembrana do sistema de impermeabilização do aterro;

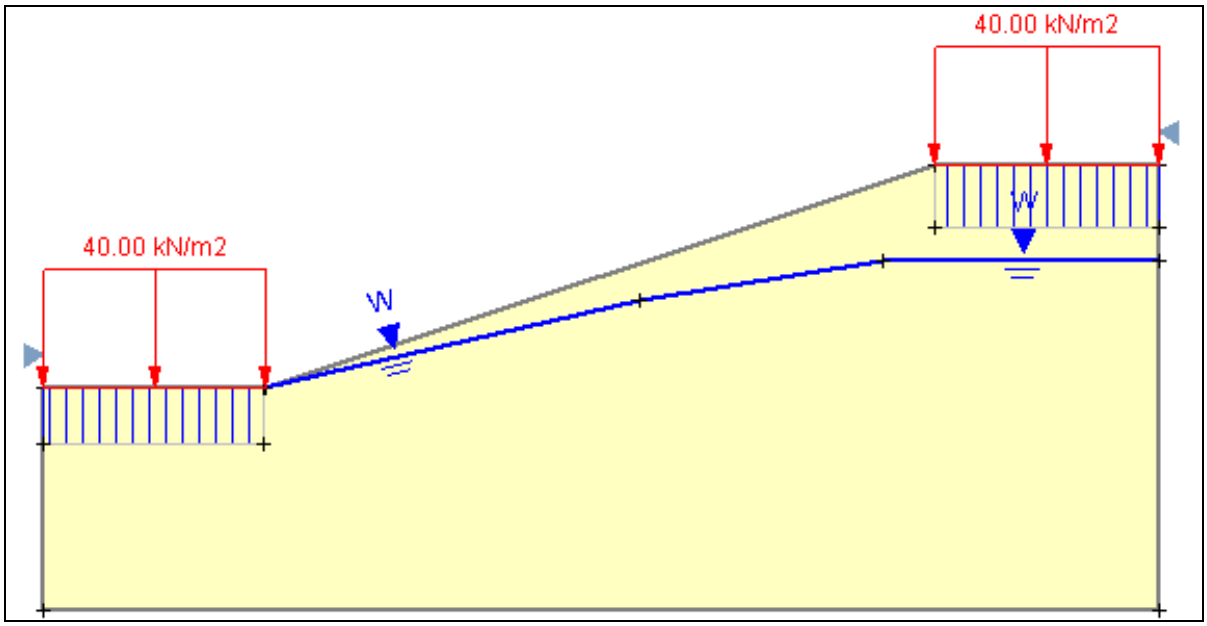


FIGURA 60 *– Cenário 03: Modelo admitindo ruptura planar pela interface com a geomembrana.*

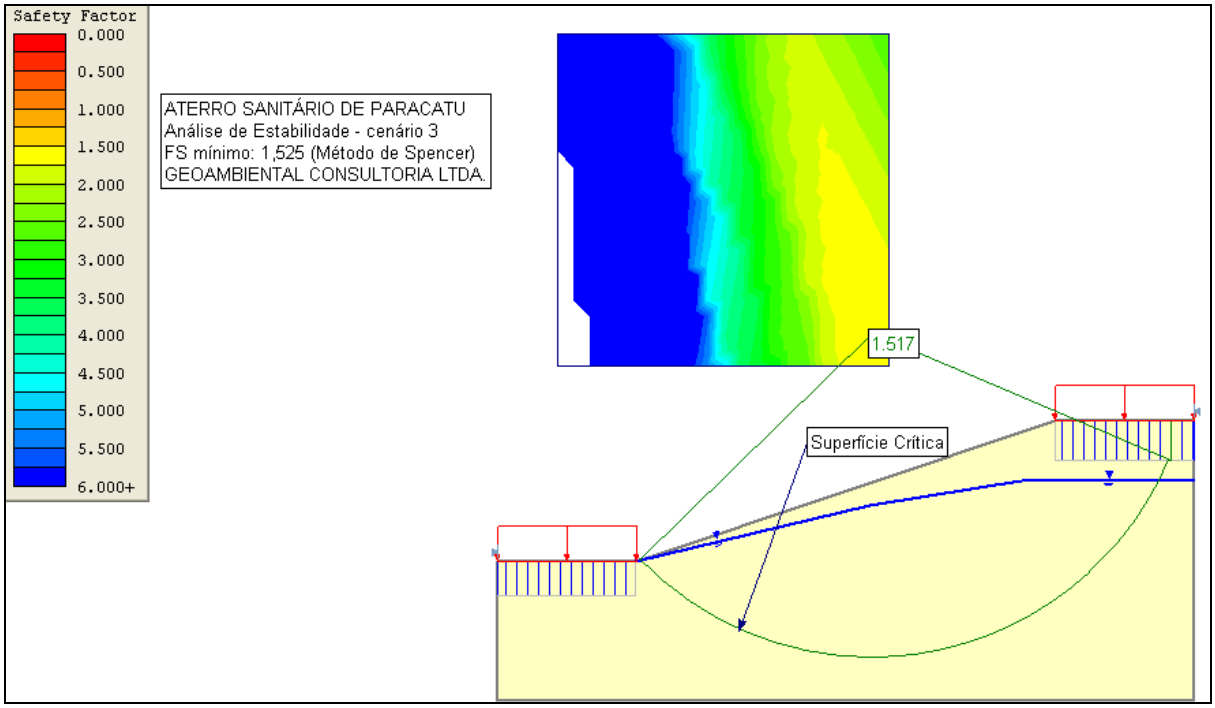


FIGURA 61 *– Resultados obtidos para o cenário 03.*

- No cenário 04, a estabilidade global do aterro com os taludes secos se mostrou satisfatória, mesmo incorporando-se a presença de sobrecarga nas cristas dos taludes e a existência de trincas preenchidas com águas pluviais;

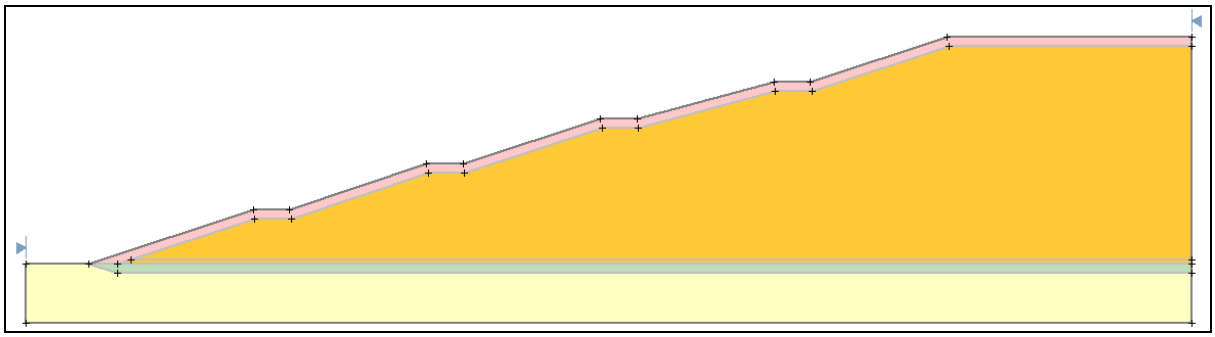


FIGURA 62 *– Cenário 04: Modelo de estabilidade global considerando os efeitos de sobrecarga e trincas (taludes secos).*

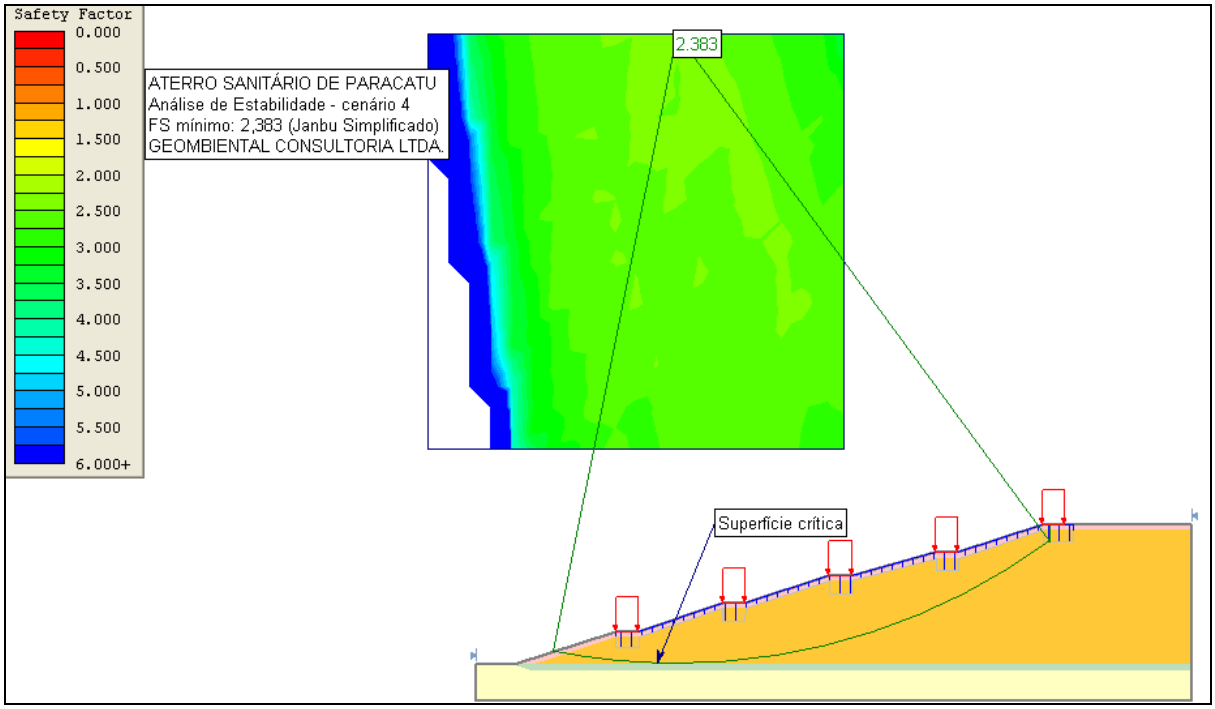


FIGURA 63 *– Resultados obtidos para o cenário 04.*

- O cenário 05 apresentou fatores de segurança da ordem de 1,50 na terceira tentativa de busca da posição crítica do nível de chorume no interior do aterro. Tal resultado demonstra que haverá uma grande flexibilidade no controle do monitoramento da manta líquida no interior do aterro (através dos DGP's e das CIP's), pois a linha crítica se mostrou muito próxima da sua superfície, o que também indica a clara, elevada e evidente segurança do aterro quanto à estabilidade geotécnica mesmo em situações críticas de elevação do nível de chorume/percolados no seu interior;

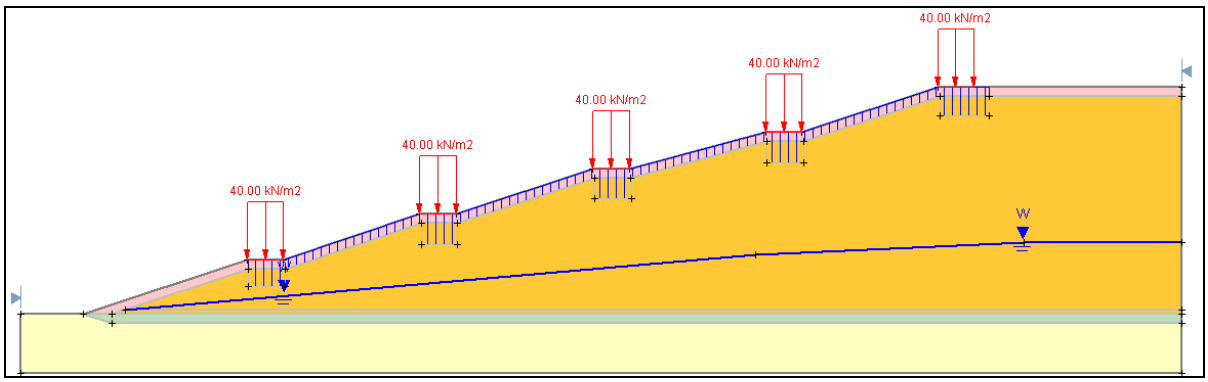


FIGURA 64 *– Cenário 05a: modelo de estabilidade global considerando os efeitos de sobrecarga e trincas e a elevação do nível de chorume/percolados no interior do aterro (pesquisa da linha piezométrica crítica- posição a).*

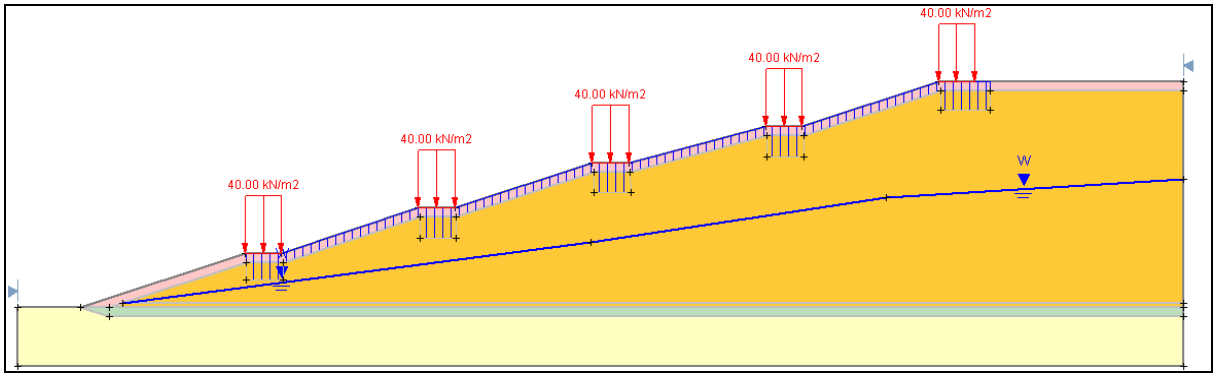


FIGURA 65 *– Cenário 05b: modelo de estabilidade global considerando os efeitos de sobrecarga e trincas e a elevação do nível de chorume/percolados no interior do aterro (pesquisa da linha piezométrica crítica- posição b).*

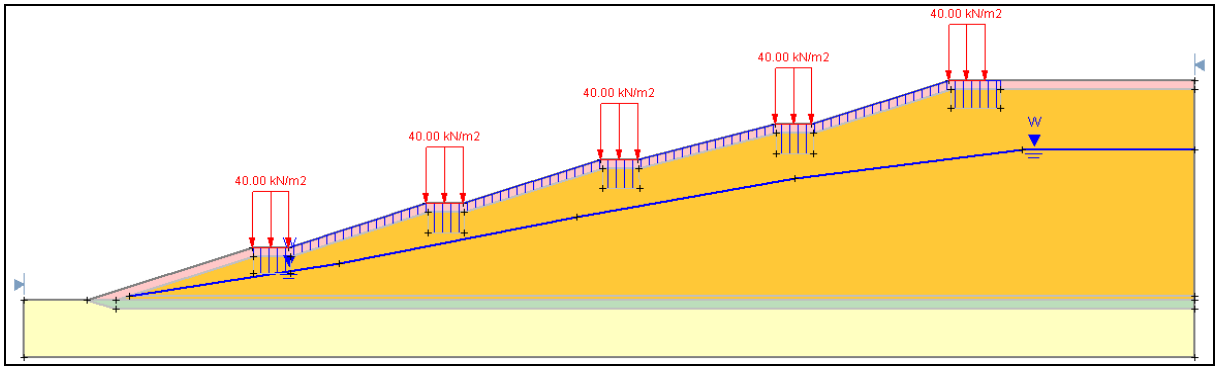


FIGURA 66 *– Cenário 05c: modelo de estabilidade global considerando os efeitos de sobrecarga e trincas e a elevação do nível de chorume/percolados no interior do aterro (pesquisa da linha piezométrica crítica- posição c).*

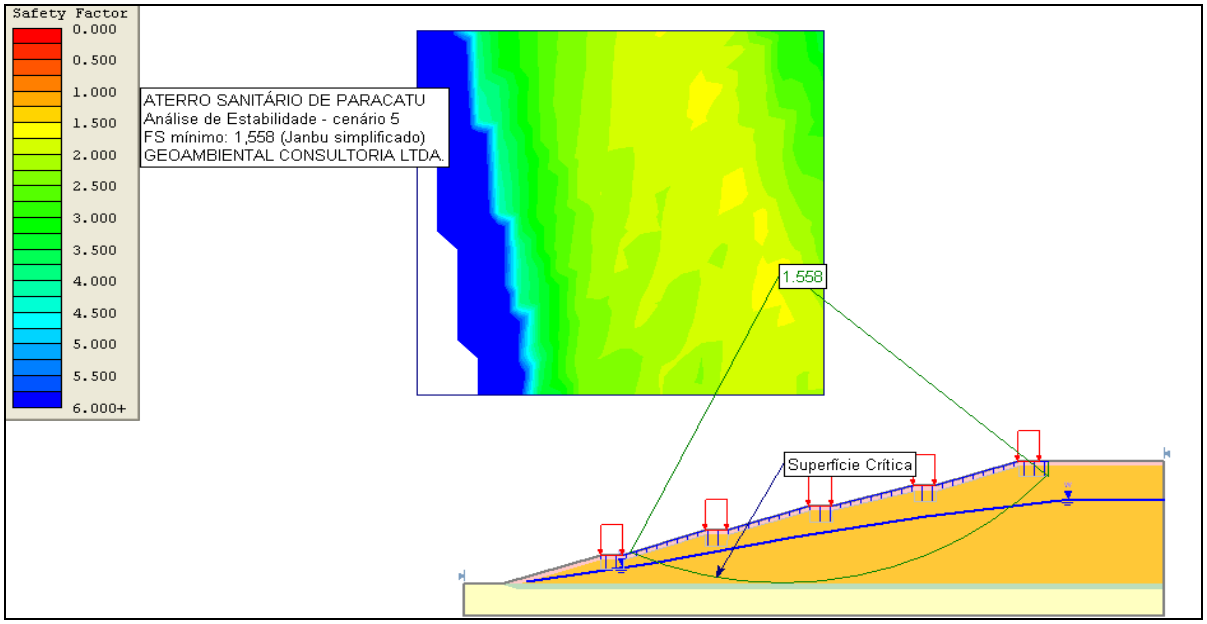


FIGURA 67 *– Resultados obtidos para o cenário 05c, considerada como linha piezométrica crítica (máxima subida do nível do chorume no interior do aterro).*

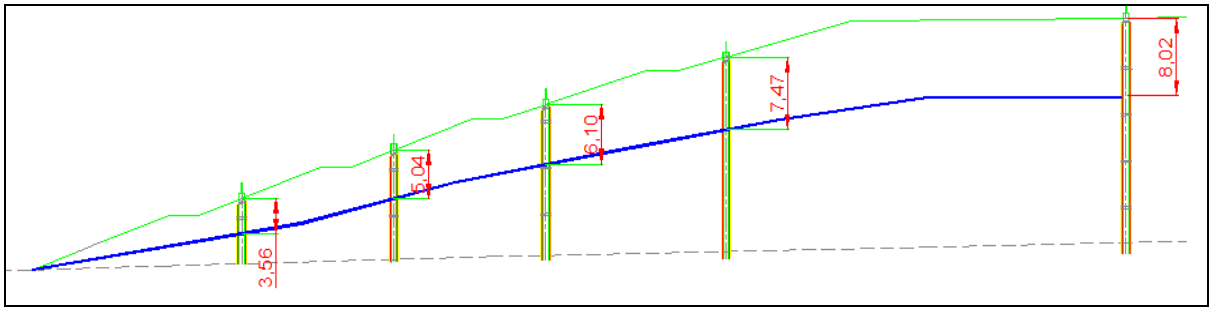


FIGURA 68 *– Cenário 05c e as indicações dos níveis críticos da manta líquida de chorume que deverá ser monitorados no interior do aterro junto aos DGP's.*

- Quanto ao cenário 06, os fatores de segurança encontrados ligeiramente inferiores a 1,50 não são preocupantes, pois as superfícies de ruptura detectadas pelo modelo de análise não são significativas e a sobrecarga de 40 kPa considerada nos estudos de estabilidade (nos limites do aterro) já incorpora um elevado fator de segurança visto que aquela já se mostra majorada.

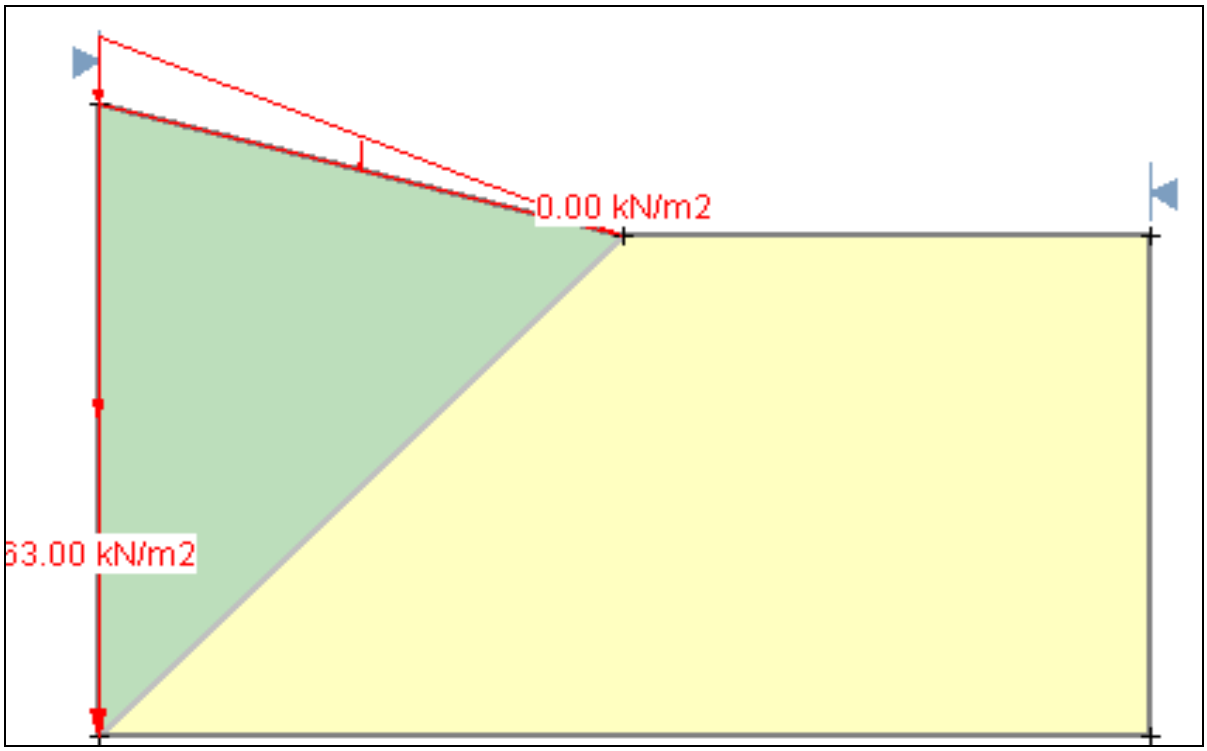


FIGURA 69 *– Cenário 06: modelo de estabilidade em taludes de corte em terreno natural (contato lixo-terreno, a montante)*

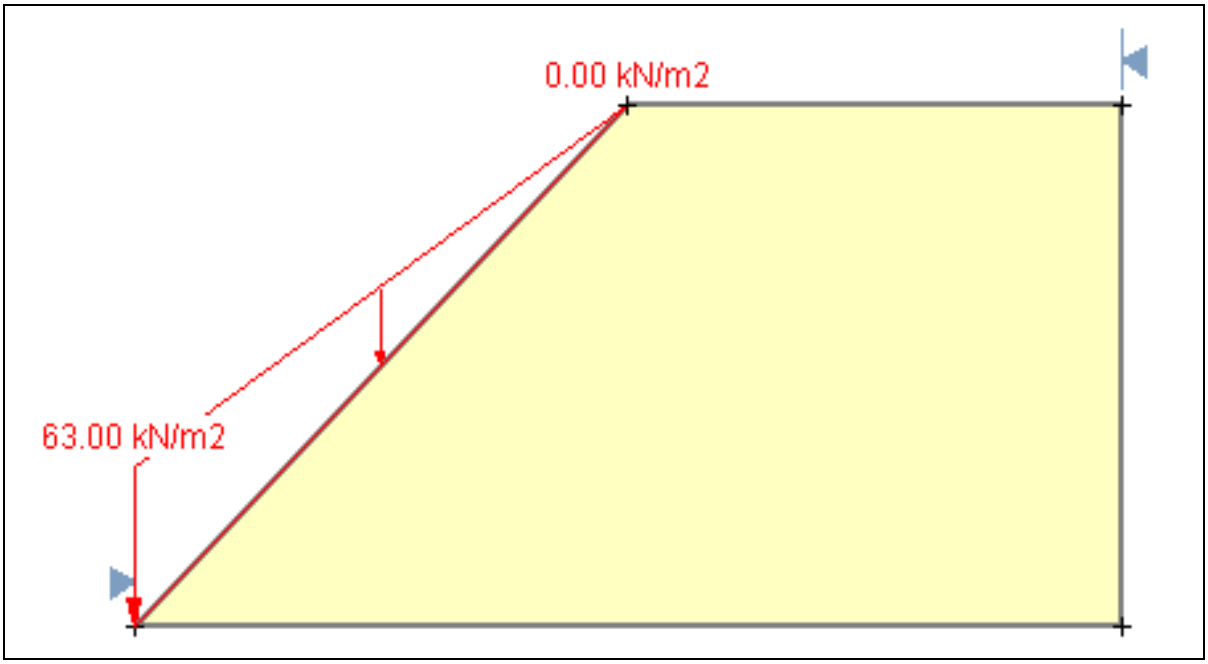


FIGURA 70 *– Cenário 06: modelo de estabilidade em taludes de corte em terreno natural considerando carregamento de lixo somente sobre o talude de corte.*

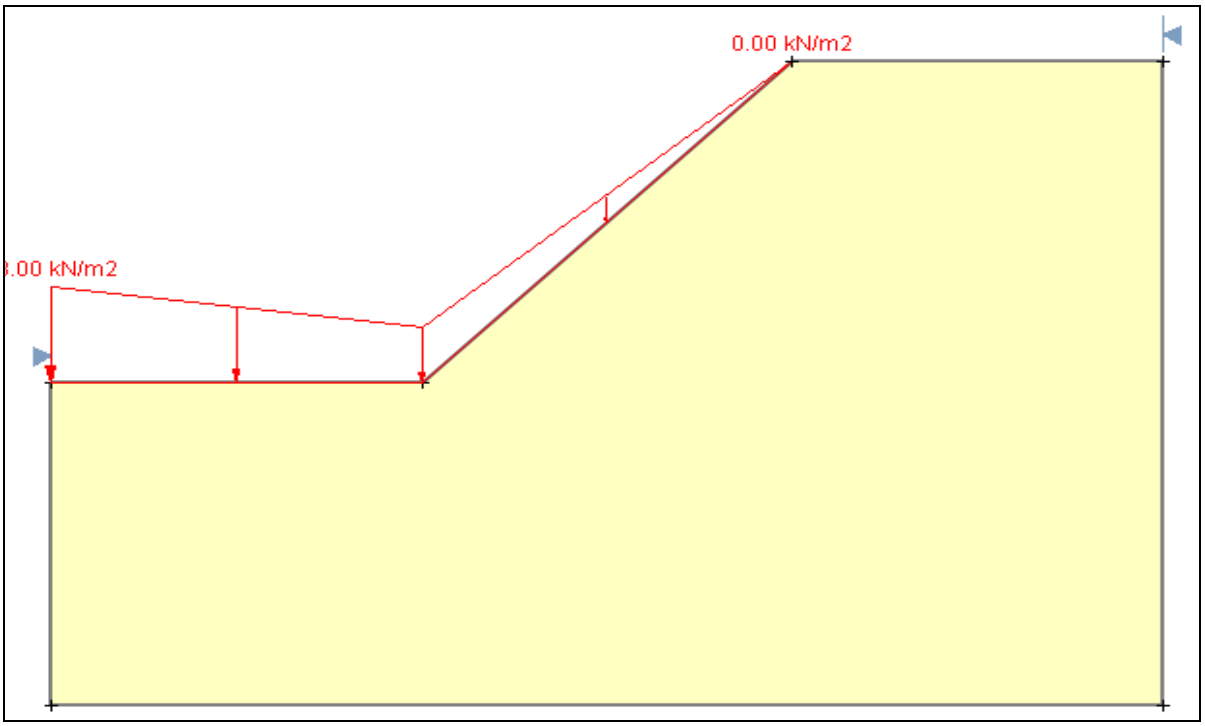


FIGURA 71 *– Cenário 06: modelo de estabilidade em taludes de corte em terreno natural considerando a repartição de carga na vizinhança do talude.*

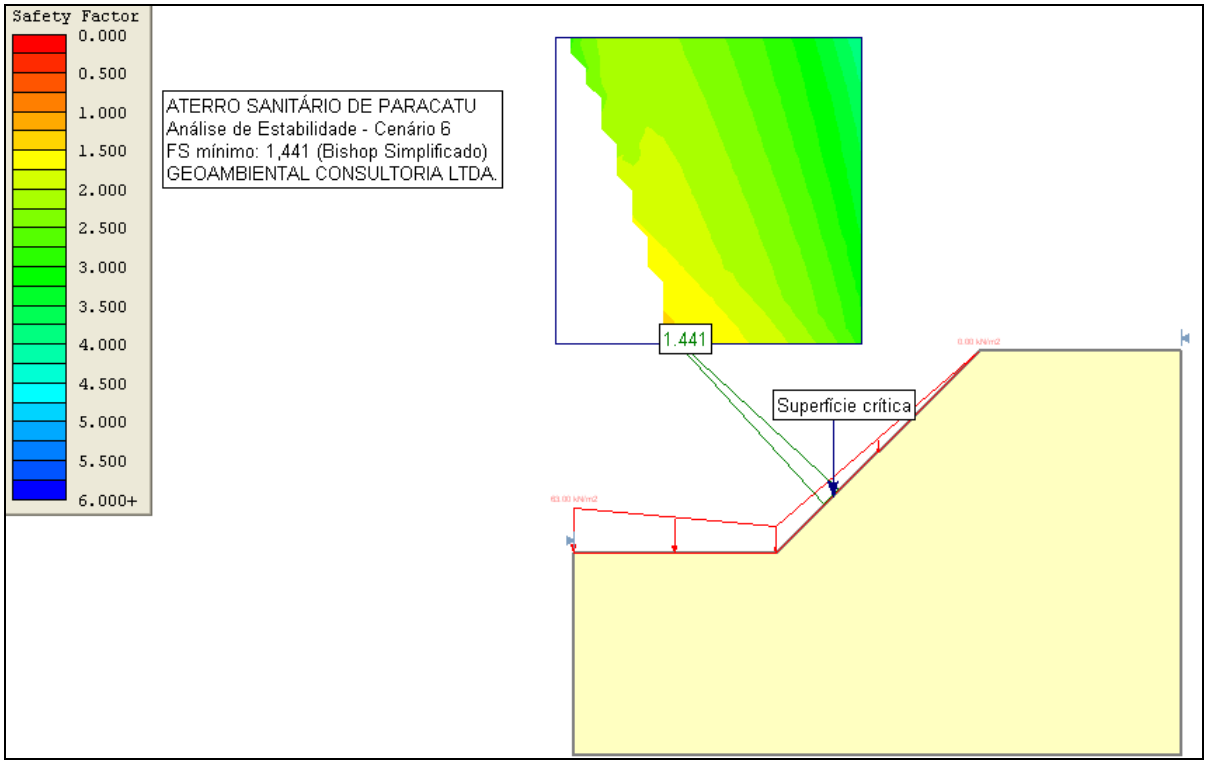
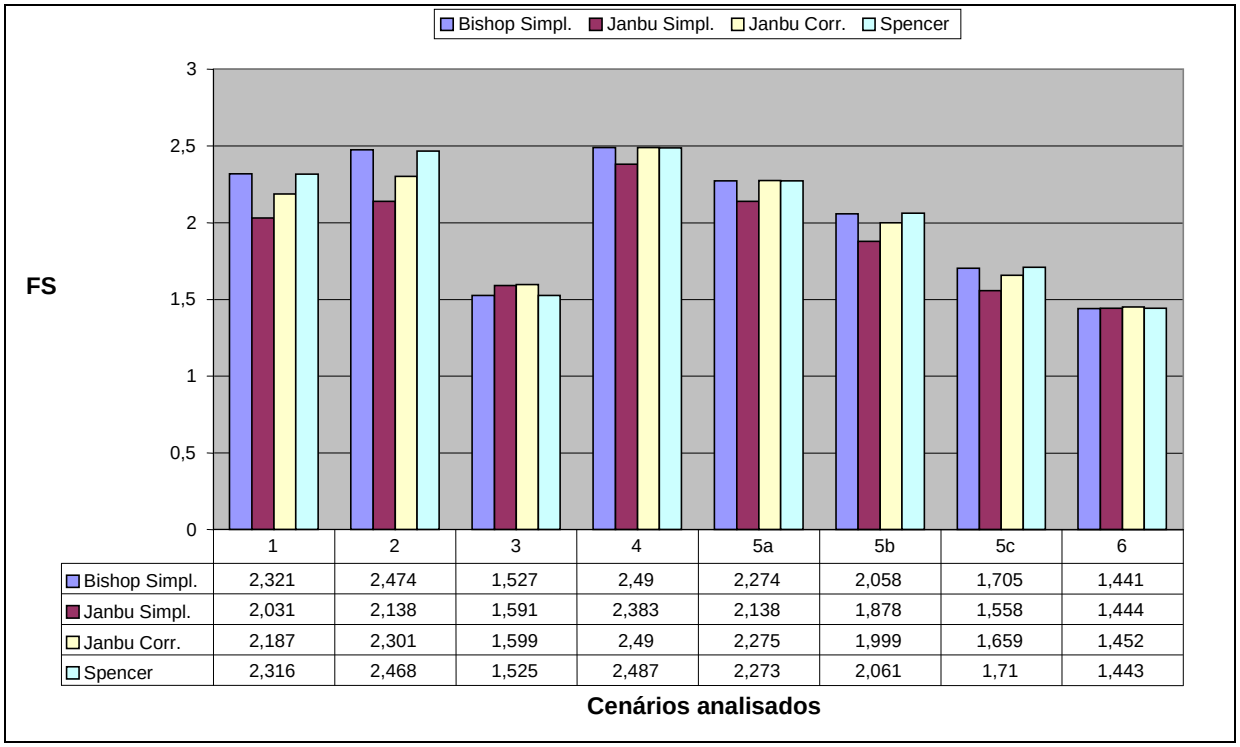


***FIGURA 72**– Resultados do cenário 06: Fator de Segurança – FS ligeiramente < 1,50, mas produzindo superfícies de ruptura desprezíveis.*

Por fim, concluiu-se que os resultados encontrados para todos os cenários foram altamente satisfatórios quanto à estabilidade geotécnica de taludes da unidade de aterragem do Aterro Sanitário de Paracatu, consoante o projeto geométrico da seção crítica analisada, conforme resultados resumidos no gráfico adiante.



	1	2	3	4	5a	5b	5c	6
Bishop Simpl.	2,321	2,474	1,527	2,49	2,274	2,058	1,705	1,441
Janbu Simpl.	2,031	2,138	1,591	2,383	2,138	1,878	1,558	1,444
Janbu Corr.	2,187	2,301	1,599	2,49	2,275	1,999	1,659	1,452
Spencer	2,316	2,468	1,525	2,487	2,273	2,061	1,71	1,443

FIGURA 73 *– Resumo gráfico dos resultados das análises de estabilidade geotécnica elaboradas.*

4.3.2.11 – Capacidade de carga de fundação

Os estudos geotécnicos relacionados à capacidade de carga de fundação do aterro sanitário/unidade de aterragem também foram elaborados pelo Engº. Civil Cornélio Zampier Teixeira, mestre e doutor em geotecnia.

A vasta experiência do autor em estudos geotécnicos de empreendimentos do tipo “aterros sanitários” demonstra que os recalques estimados para a fundação das suas unidades de aterragens são muito pequenos em relação aos recalques do próprio lixo, que decorrem por razões mecânicas, biológicas e reológicas. Tais conclusões, embora carentes de monitoramentos adequados, permitem considerar, com base em dados bibliográficos ainda escassos, que tanto a previsão de recalques da fundação quanto a instrumentação destinada a este controle podem ser dispensadas.

Por outro lado, a discussão sobre a capacidade de carga da fundação também é favorável, pois é plenamente admissível que ela aumente com o decorrer do tempo. Isto porque o carregamento imposto por aterros sanitários é pequeno quando comparado com aterros de

outros materiais tais como pilhas de estéril, aterros industriais, etc. Além disso, o carregamento em aterros sanitários se processa por etapas e de modo muito lento quando comparado também com estes outros tipos de aterro.

Portanto, certamente haverá um ganho sensível de resistência do material de fundação, cuja previsão, baseada em ensaios de laboratório, é muito difícil. Somente a título de exemplificação, as análises de estabilidade dos cortes de fundação para conformação de plataformas de base feitas com base em parâmetros efetivos de resistência ao cisalhamento de laboratório (ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto) e para a fase final do aterro, apresentam fatores de segurança invariavelmente inferiores a 1. Entretanto, a prática demonstra que todos os cortes em terreno natural certamente serão estáveis.

Em razão destas afirmações, o presente estudo restringiu-se à recomendações quanto ao monitoramento de deslocamentos, horizontais e verticais por meio exclusivamente de placas superficiais, neste projeto denominadas MTA's.

Quanto à capacidade de carga da fundação, é inevitável que a presença de camadas superficiais de solo de baixa resistência ao ensaio de sondagem a percussão SPT seja fator agravante na criação de recalques diferenciais. Entretanto, os planos de corte para instalação da unidade de aterragem promoverão a remoção da maior parcela deste tipo de solo e o carregamento lento, por outro lado, atuará no enrijecimento gradual do solo implicando, por consequência no aumento significativo da sua capacidade de carga.

Para uma maior contribuição para o aumento da capacidade de carga da fundação do aterro, especificou-se nos projetos técnicos do Aterro Sanitário de Paracatu a execução de uma camada de 1,0 m em solo argiloso compactado a 100% do Proctor Normal (05 camadas de 20 cm), com a finalidade de também funcionar com uma barreira de proteção reserva do sistema de impermeabilização de base da plataforma da unidade de aterragem, a ser executada por sob a geomembrana de PEAD.

Finalizando, concluiu-se que tanto os problemas de recalques quanto os de capacidade de carga serão desprezíveis para o projeto em estudo.

4.3.3 – Readequação e encerramento das áreas atuais de disposição final de lixo

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos – RSU na área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu continuará sendo realizada na forma de um Aterro Controlado até a implantação total do presente projeto. Para tanto, deverão ser promovidas readequações operacionais no local, principalmente quanto aos seguintes aspectos:

- A disposição dos RSU no maciço de lixo já existente deverá ser realizada de forma a se obedecer as especificações apresentadas pelo presente projeto, de forma a se adequar as condições mínimas de operação definidas pela Deliberação Normativa – DN nº. 118/2008 do COPAM, a saber:
    - Deverão ser instalados sistemas de drenagem superficial de águas pluviais a fim de minimizar o ingresso de águas de chuva na massa de lixo e de encaminhá-las para estruturas de dissipação e de sedimentação;
    - Os RSU deverão ser recobertos com terra na freqüência diária;
    - As estradas de acesso, internas e externas, deverão ser mantidas em boas condições;
    - A área deverá ser mantida devidamente delimitada e cercada de forma a dificultar o acesso de pessoas e animais, assim como deverão ser mantidas as placas de identificação e de proibição da entrada e permanência de pessoas estranhas ao funcionamento do local;
    - Deve ser mantida a proibição da permanência de pessoas estranhas à operação do depósito de lixo, principalmente de pessoas realizando a catação de materiais recicláveis;
    - Assim como já acontece, deverá continuar sendo proibida a disposição de baterias e pneumáticos no atual depósito de lixo;
    - Também deverá ser continuada a proibição de uso de fogo junto à massa de lixo;
    - A Prefeitura deverá providenciar, ou atualizar se já existente, o cadastramento do responsável técnico pela supervisão da operação do depósito de lixo e da sua respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica –

ART. Este cadastramento deverá ser realizado mediante o envio à Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM do Formulário de Cadastro de Responsável Técnico cujo modelo é definido no Anexo II da DN 118/2008 do COPAM e da respectiva ART;

- A Prefeitura deverá elaborar e encaminhar à FEAM, até o mês de agosto de cada ano, relatórios técnicos anuais de evolução da disposição final de resíduos no depósito de lixo, conforme Anexo III – Relatório Técnico Anual de Operação do Depósito de Lixo da DN 118/2008;

- A conformação geométrica definida para o maciço AC pelo presente projeto deverá ser iniciada antes mesmo das obras de instalação total do novo empreendimento, obedecendo-se, pelo menos, a altura máxima de 6,0 metros em relação ao terreno natural, taludes com inclinação de 1:3 (V: H) e a declividade de 2,0% no sentido mostrado e especificado nos projetos técnicos correspondentes ao presente PCA.
- As valas de aterragem de resíduos dos serviços de saúde – RSS e de carcaças de animais mortos – AM deverão ser encerradas e os respectivos resíduos deverão ser aterrados no maciço AC na forma de codisposição com os resíduos domiciliares e comerciais – RDC. Para encerramento das valas de aterragem em questão, deverão ser realizadas as seguintes ações:
  - A área aonde são operadas as valas deverá ser totalmente recoberta com solo compactado na energia de 80% do Proctor e numa espessura mínima de 1,0 metro acima do nível do terreno natural, devendo os taludes serem conformados na declividade de 1:3 (V:H). O solo necessário para tal medida será proveniente de escavação a ser realizada no local de instalação da etapa 01 do aterro sanitário projetado;
  - Por sobre o topo e taludes definitivos deverá ser promovida a recomposição da cobertura vegetal através da aplicação de técnica de hidrossemeadura;
  - O topo conformado no encerramento das valas de RSS e de AM deverá possuir uma declividade mínima de 1,0% em direção às suas bordas.

O maciço AC deverá ser operado nos mesmos moldes especificados para a unidade de aterragem projetada para o novo Aterro Sanitário de Paracatu, tal como apresentado em tópico anterior do presente PCA.

Para recobrimento diário e/ou final dos resíduos, deverão ser utilizados os seguintes materiais:

- Solo proveniente de escavações a serem realizadas na área de instalação da unidade de aterragem/aterro sanitário (etapa 01);
- Resíduos da construção civil – RCC gerados no município de Paracatu, quando e se necessário, mas somente para recobrimento dos resíduos e nunca para disposição final no empreendimento.

O encerramento definitivo do atual aterro controlado deverá ser realizado concomitantemente com a instalação da etapa 01 do aterro sanitário, quando deverão ser promovidas as seguintes ações:

- Deverão ser executados os drenos de percolados/chorume (DPB-AC) por sob o maciço AC projetado, cuja locação se dará de forma linear a uma distância de 1,50 m (eixo do DPB-AC) da linha de pé do referido maciço e cuja finalidade será a drenagem dos percolados/chorume gerados no interior da massa de lixo ali aterrada.
- Deverá se instalada a caixa de inspeção e acumulação de percolados – CIP-AC para a qual serão encaminhados os efluentes drenados pelos DPB-AC's. Deste ponto em diante, os efluentes serão encaminhados à ETE do novo Aterro Sanitário de Paracatu pela nova rede coletora de efluentes – RPEAD também projetada e apresentada nos projetos técnicos do presente PCA;
- A execução dos DPB-AC's e da CIP-AC se dará de uma só vez e juntamente com a implantação da etapa 01 do novo Aterro Sanitário de Paracatu.
- Reconformação final do maciço AC conforme geometria indicada nos projetos técnicos deste PCA, com taludes de altura máxima de 6,0 m e na inclinação de 1:3 (V: H) e com o topo obedecendo a declividade de 2,0% definida por equação de plano específica;
- Cobertura/selamento final do maciço AC na espessura de 50 cm utilizando-se de solo excedente dos serviços de terraplenagem executados para instalação da etapa 01 do novo Aterro Sanitário de Paracatu (unidade de aterragem, edificações, etc.);

- Recomposição da cobertura vegetal através da aplicação de técnica de hidrossemeadura;
- Instalação dos dispositivos de drenagem superficial.

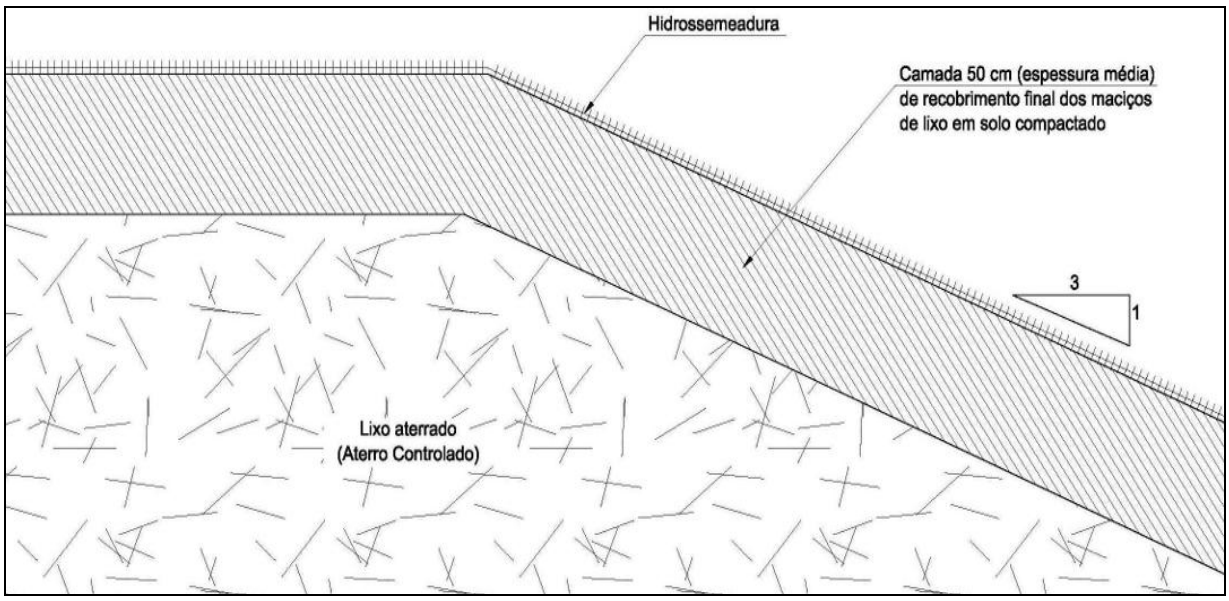


FIGURA 74 *– Configuração esquemática do sistema de cobertura superior do topo e taludes dos maciços do aterro sanitário.*

Os drenos DPB-AC possuirão seção transversal retangular (de base triangular), na qual serão instalados tubos-dreno (perfurados) em PEAD DN 170 mm sobrepostos e envoltos por pedra britada (brita 04), conforme ilustrado na figura adiante e detalhado nos projetos técnicos.

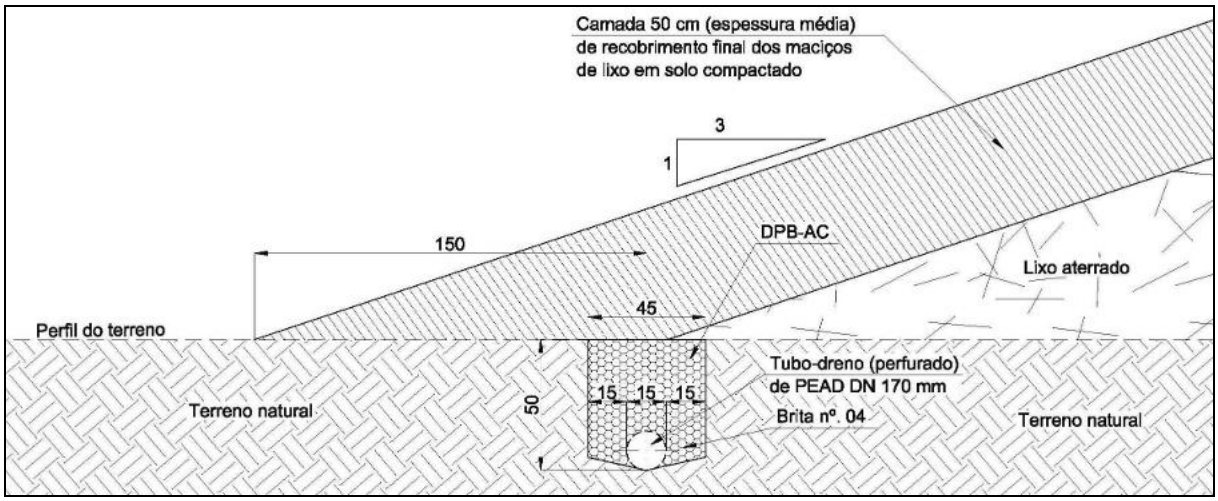


FIGURA 75 – *Ilustração esquemática do DPB-AC e do recobrimento final em solo compactado no Aterro Controlado a ser encerrado.*

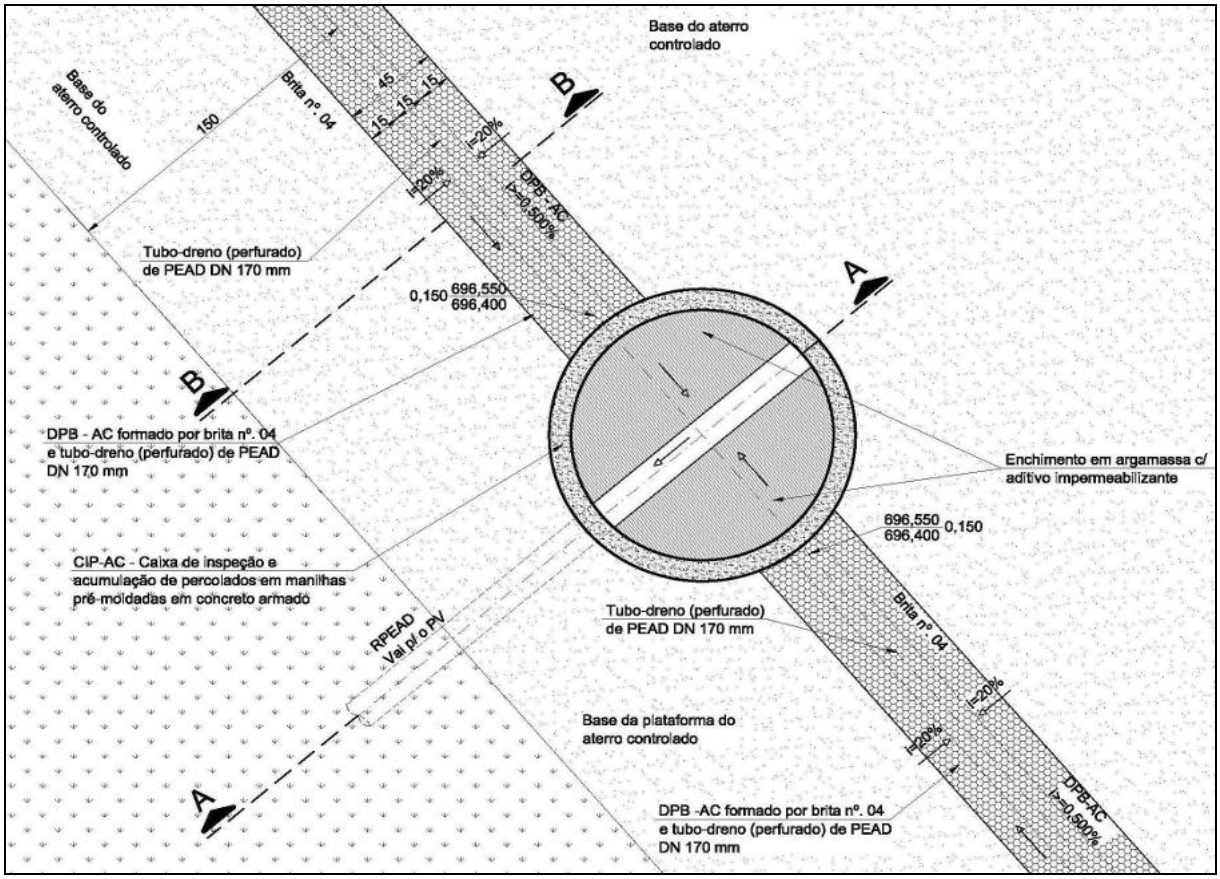


FIGURA 76 *– Ilustração esquemática de uma CIP-AC (planta) projetada para ser instalada no pé do maciço AC do Aterro Controlado a ser encerrado.*

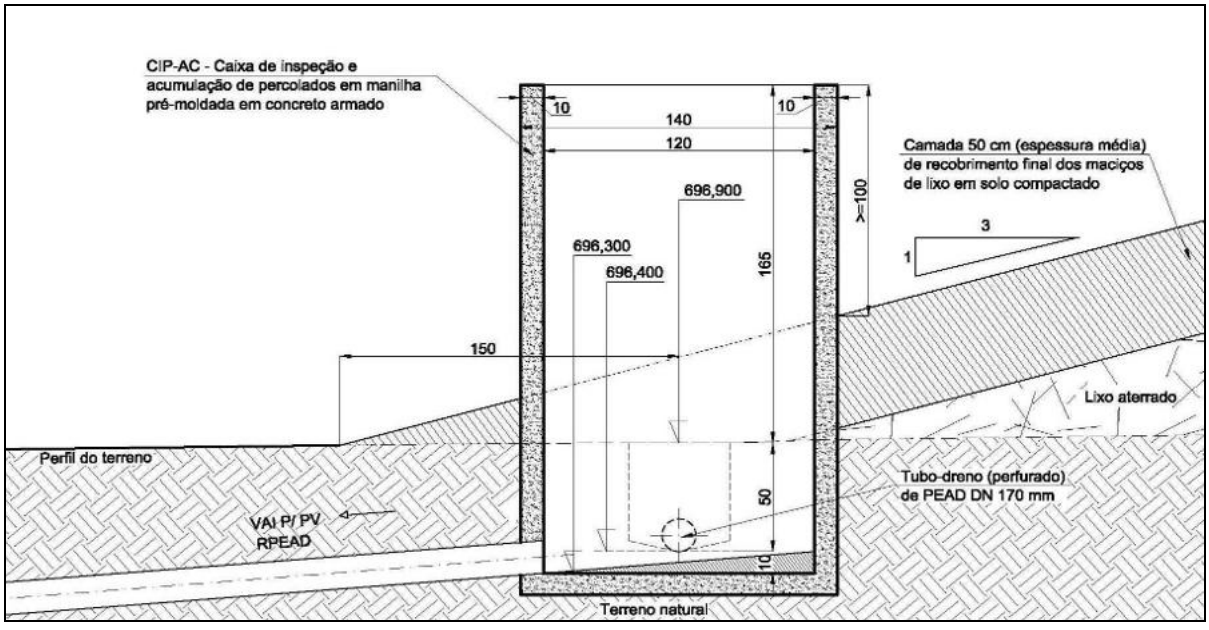


FIGURA 77 *– Ilustração esquemática de uma CIP-AC (corte) projetada para ser instalada no pé do maciço AC do Aterro Controlado a ser encerrado.*

Não serão instalados novos DGP-AC's no maciço AC, visto a sua reduzida altura em relação ao nível do terreno e definida pelo presente projeto para ser sempre inferior a 6,0 m.

Em resumo, o maciço AC foi projetado para ser executado foi projetada seguindo as configurações geométricas de projeto mostradas no quadro adiante.

QUADRO 26 – Configurações geométricas adotadas para o maciço AC

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Número total de maciços de lixo	1
Altura máxima	6,0 m
Largura das bermas de equilíbrio entre o maciço AC e o maciço BF.01	4,0 m
Altura útil total (sem o recobrimento final e a revegetação superficial)	5,80 m
Camada de recobrimento final de topo, bermas e taludes	0,20 m
Camada de solo orgânico para a hidrossemeadura	0,05 m
Altura total (com o recobrimento final e a revegetação superficial)	6,05 m
Revegetação superficial de taludes e topo finalizados	Hidrossemeadura
Declividade de conformação operacional e de encerramento dos taludes dos maciços individuais	1:3 (V:H)
Declividade longitudinal de base e topo dos maciços individuais e da unidade finalizada	2,0%, conforme projeto
Declividade radial /transversal das bermas de equilíbrio (da crista para dentro)	2,0%

Para o cálculo do volume útil do maciço AC, utilizou-se a seguinte formulação:

$$V_{AC} = \sum \frac{(A_{AC,x} + A_{AC,x+1})}{2} \times L$$

Onde:

- V_{AC} = Volume útil entre as seções transversais/longitudinais "x" e "x+1" (m^3);
- $A_{AC,\,X}$ = Área da seção transversal/longitudinal "x" (m^2);
- $A_{AC,\,X+1}$ = Área da seção transversal/longitudinal "x+1" (m^2);
- L = Largura entre as seções transversais/longitudinais "x" e "x+1" (m).

As áreas superficiais das seções transversais/longitudinais do maciço AC e as distâncias entre as mesmas utilizadas na formulação acima foram obtidas através de ferramentas de desenho e cálculo computacional disponíveis em software de CAD e utilizando-se dos cortes CT-AC/BF e CL-AC/BF apresentados nos projetos técnicos anexados ao presente PCA. Como resultados, foram obtidos os seguintes quantitativos quanto à capacidade de aterragem do maciço AC:

QUADRO 27 – Capacidade volumétrica do maciço AC, segundo os cortes transversais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES TRANSVERSAIS CT-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES (m³)
"x"	"x+1"	$A_{AC, x}$	$A_{AC, x+1}$	$A_{AC, M}$		
-	01	0,00	349,53	174,77	15,63	2.731,58
01	02	349,53	386,07	367,80	4,00	1.471,20
02	03	386,07	280,72	333,40	15,00	5.000,93
03	04	280,72	229,93	255,33	19,00	4.851,18
04	05	229,93	129,43	179,68	21,00	3.773,28
05	06	129,43	102,19	115,81	20,00	2.316,20
06	07	102,19	92,43	97,31	20,00	1.946,20
07	08	92,43	314,05	203,24	20,00	4.064,80
08	09	314,05	257,74	285,90	23,00	6.575,59
09	10	257,74	206,79	232,27	19,00	4.413,04
10	11	206,79	299,46	253,13	15,00	3.796,88
11	12	299,46	286,42	292,94	4,00	1.171,76
12	-	286,42	0,00	143,21	18,45	2.642,22
					$V_{AC, TRANSVERSAL}$ (m³) =	**44.754,84**

QUADRO 28 – Capacidade volumétrica do maciço AC, segundo os cortes longitudinais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES LONGITUDINAIS – CL-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES (m³)
"x"	"x+1"	$A_{AC, x}$	$A_{AC, x+1}$	$A_{AC, M}$		
-	01	0,00	431,91	215,96	12,40	2.677,84
01	02	431,91	464,59	448,25	4,00	1.793,00
02	03	464,59	406,86	435,73	15,60	6.797,31
03	04	406,86	412,00	409,43	18,40	7.533,51
04	05	412,00	312,35	362,18	17,00	6.156,98

05	06	312,35	412,00	362,18	12,00	4.346,10
06	07	412,00	284,73	348,37	19,00	6.618,94
07	08	284,73	489,53	387,13	15,00	5.806,95
08	09	489,53	532,51	511,02	4,00	2.044,08
09	-	532,51	0,00	266,26	12,60	3.354,81
					$V_{AC,\ LONGITUDINAL}$ (m³) =	**47.129,52**

A favor da segurança, considerou-se como volume útil do maciço AC, a partir do dia 01 de novembro de 2008 (data posterior à elaboração do levantamento planialtimétrico utilizado para elaboração do presente projeto), aquele calculado através dos cortes transversais e igual a 44.754,84 m³.

Para a definição da vida útil proporcionada pelo maciço AC enquanto o novo Aterro Sanitário de Paracatu não é efetivamente instalado, procedeu-se com a elaboração de estimativas de geração e disposição final de RSU (RDC + RSS + AM) que serão encaminhados ao local a partir da data acima considerada seguindo os mesmos parâmetros adotados para os estudos de vida útil do Aterro Sanitário e já mostrados em tópicos anteriores deste PCA, sendo encontrados os resultados mostrados nos quadros adiante.

QUADRO 29 – RSU dispostos no maciço AC até a instalação do aterro sanitário

ANO	POP. URBANA (hab.)	RESÍDUOS GERADOS ATERRADOS				RECOBRIMENTO DIÁRIO (m³)		VOLUME TOTAL ATERRADO (LIXO + RECOBRIMENTO) (m³)	
		QUANT. DIÁRIOS		VOLUMES ANUAIS (m³)					
		PESO (t)	VOL (m³)	PARCIAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.	ANUAL	ACUMUL.
RESÍDUOS DOMICILIARES E COMERCIAIS									
2008 (*)	77.769	39,74	56,77	4.144,29	4.144,29	165,77	165,77	4.956,57	4.956,57
2009	79.843	40,80	58,29	21.274,19	25.418,48	850,97	1.016,74	25.443,93	30.400,50
2010	81.973	41,89	59,84	21.841,68	47.260,16	873,67	1.890,41	26.122,65	56.523,15
RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE - RSS									
2008 (*)	77.769	0,47	0,93	68,13	68,13	13,63	13,63	94,01	94,01
2009	79.843	0,48	0,96	349,71	417,84	69,94	83,57	482,60	576,62
2010	81.973	0,49	0,98	359,04	776,88	71,81	155,38	495,48	1.072,09

CARCAÇAS DE ANIMAIS MORTOS - AM									
2008 (*)	77.769	0,16	0,31	22,71	22,71	4,54	4,54	31,34	31,34
2009	79.843	0,16	0,32	116,57	139,28	23,31	27,86	160,87	192,21
2010	81.973	0,16	0,33	119,68	258,96	23,94	51,79	165,16	357,36
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU (RDC + RSS + AM)									
2008 (*)	77.769	40,36	58,02	4.235,12	4.235,12	183,94	183,94	5.081,92	5.081,92
2009	86.404	41,44	59,56	21.740,47	25.975,60	944,22	1.128,16	26.087,40	31.169,32
2010	88.709	42,54	61,15	22.320,40	48.296,00	969,41	2.097,57	26.783,29	57.952,61

(*) Quantitativos informados somente para os meses de novembro e dezembro de 2008.

Comparando-se este volume com a estimativa de geração e disposição de RSU que foram e que serão encaminhados ao local após aquela data, concluiu-se que o maciço AC projetado proporcionará uma folga operacional para que o novo Aterro Sanitário de Paracatu seja efetivamente implantado até o mês de junho de 2010, aproximadamente.

4.3.4 – Aterro de Bota-fora operacional - BF

A implantação e operação de um aterro sanitário constituem-se de procedimentos baseados na movimentação de terra, seja para execução das obras de terraplenagem em terreno natural para instalação das unidades operacionais ou para o recobrimento diário e final dos resíduos aterrados.

Sendo assim, considerou-se de grande importância a elaboração de um balanço de massa (solo/terra) para o projeto elaborado para o novo Aterro Sanitário de Paracatu de forma a se analisar a viabilidade técnico-ambiental da sua implantação e operação.

Para tanto, foram elaboradas estimativas de volumes de terra/solo utilizados e/ou demandados na implantação, operação e encerramento do empreendimento, ano a ano e acumulados durante toda a sua vida útil, cujos resultados estão apresentados de forma resumida no quadro e gráficos mostrados adiante e de forma detalhada em planilhas e gráfico anexados ao presente PCA.

QUADRO 30 – Estimativas de movimentação de solo no Aterro de Paracatu (final de plano)

SOLO UTILIZADO IMPLANTAÇÃO DAS ETAPAS DO EMPREENDIMENTO, INCLUINDO O ENCERRAMENTO DO ATERRO CONTROLADO (m³)	VOLUMES TOTAIS DE SOLO NECESSÁRIOS À OPERAÇÃO (m³)		SALDO DE SOLO NO FINAL DA VIDA ÚTIL (m³)
	RECOBRIMENTO DIÁRIO	RECOBRIMENTO FINAL	
101.684,34	44.880,39	50.915,34	5.888,61

Obs.: Situação do balanço de massa em final de plano.

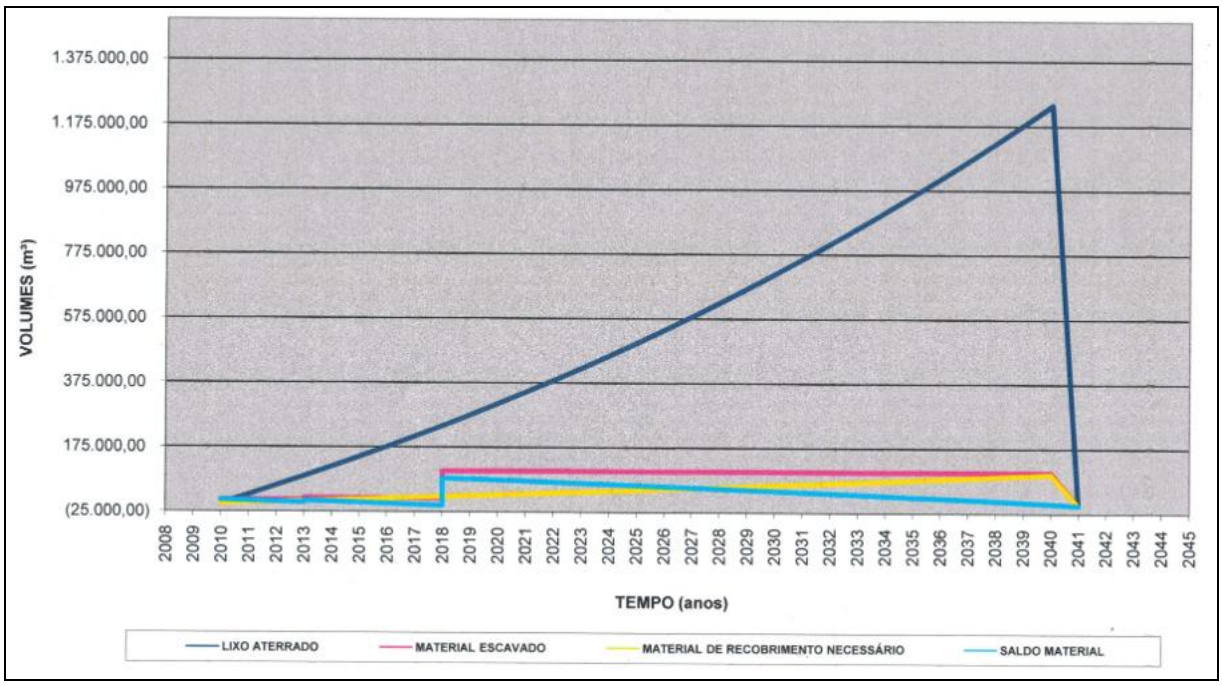


FIGURA 78 *- Gráfico ilustrando o comportamento do balanço de massa (solo) durante a vida útil do novo Aterro Sanitário de Paracatu.*

Como se pode notar, o balanço de massa/solo elaborado mostrou-se satisfatório para toda a operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, tendo sido indicado os seguintes picos de excesso e escassez de solo durante a sua vida útil:

- Observar-se-á o maior excesso de solo por volta do ano de 2017, quando for implantada a etapa 03 da unidade de aterragem/aterro sanitário, estimando-se haver naquela época uma excedente de aproximadamente 80.000,00 m³ de solo;

- Estima-se que haverá falta de solo para recobrimento dos RSU somente por volta dos anos de 2016 e 2017 e, mesmo assim, em quantidades extremamente reduzidas estimadas em aproximadamente 5.200,00 m³;
- Em final de plano, estima-se que haverá uma sobra de apenas aproximadamente 6.000,00 m³ de solo.

O balanço de massa aqui apresentado também permitiu concluir que não haverá a necessidade de se identificar áreas de empréstimo de material terroso/solo fora do local de instalação da própria unidade de aterragem/aterro sanitário, o que significa não promover a degradação de novas áreas para tal finalidade.

Portanto, pode-se concluir que o novo Aterro Sanitário de Paracatu poderá ser operado durante toda a sua vida útil de forma sempre satisfatória quanto ao balanço de massa.

Os resultados encontrados no balanço de massa/solo demonstraram ainda a necessidade de se prever um local de armazenamento do solo excedente em diversos momentos da operação do empreendimento. Para tanto, considerou-se a necessidade de se projetar um aterro de bota-fora operacional, aqui denominado Aterro de Bota-fora – BF, com capacidade para armazenamento de, no mínimo, 80.000,00 m³ de solo, tal como foi estimado para ocorrer na época da implantação da etapa 03 do aterro sanitário/unidade de aterragem.

Neste sentido, projetou-se o Aterro BF considerando a sua instalação por sobre o maciço AC que será conformado no encerramento do Aterro Controlado. Assim, não haverá a necessidade de se impactar e degradar novas áreas, mesmo que internamente ao empreendimento, com a instalação do aterro de bota-fora operacional.

De uma forma geral, o Aterro BF deverá ser conformado segundo as especificações dos projetos técnicos apresentadas nos anexos deste PCA e também relacionadas adiante:

- O Aterro BF deverá ser executado segundo a seguinte conformação geométrica:
    - O BF será composto por 02 maciços individuais, aqui denominados maciços BF. 01 e BF. 02 com alturas máximas individuais de 5,0 metros cada um, sobrepostos ao maciço AC e intercalados por bermas de equilíbrio de 4,0 metros de largura;

- As declividades dos taludes definitivos e do topo dos maciços BF. 01 e BF. 02 serão iguais a 1:3 (V: H) e 2,0% (no sentido indicado graficamente através de equações de plano) para os taludes definitivos e para o topo dos maciços, respectivamente. As bermas de equilíbrio a serem conformadas entre os maciços AC e BF. 01 e entre os maciços BF. 01 e BF. 02 deverão possuir uma declividade de 2,0% no sentido "crista - pé de maciço".

- Os maciços BF. 01 e BF. 02 deverão ser conformados através da compactação gradativa e controlada do solo na energia de 80% do Proctor Normal;
- Nos taludes definitivos dos maciços BF. 01 e BF. 02 e no topo deste último também deverá ser promovida a recomposição da cobertura vegetal através da aplicação de hidrossemeadura, mesmo que estes não sejam de caráter definitivo, pois serão utilizados p/ empréstimo de solo p/ recobrimento diário e final dos resíduos/lixo no Aterro Sanitário.
- Deverão ser instalados dispositivos de drenagem superficial (DS, DAS, B, CP.1, CP.2, etc.) por sobre os taludes e bermas definitivos dos maciços BF. 01 e BF. 02 de forma que haja interligação com os dispositivos instalados por sobre e no entorno do maciço AC.
- A conformação geométrica do BF será variável e consequencia direta dos procedimentos de implantação das etapas e da operação diária do Aterro Sanitário. Desta forma, ora os maciços serão conformados parcial ou na sua totalidade devido ao excesso de solo proveniente das escavações de implantação das diversas etapas do aterro sanitário, outrora, os maciços serão desconfigurados (escavados) p/ empréstimo de material de recobrimento diário e/ou final dos resíduos nele dispostos;
- Pelo motivo exposto do parágrafo acima, os dispositivos de drenagem deverão ser instalados, desinstalados e reinstalados periodicamente. Da mesma forma, a recomposição da cobertura vegetal de taludes e topo dos maciços BF. 01 e BF. 02 será variável conforme a operação do empreendimento.

Em resumo, o aterro BF foi projetado para ser executado seguindo as configurações geométricas de projeto mostradas no quadro adiante.

QUADRO 31 – Configurações geométricas adotadas para o Aterro BF

PARÂMETRO	VALOR ADOTADO
Número total de maciços	2
Altura máxima	15,00 m
Largura das bermas de equilíbrio entre os maciços BF.01 e BF.02	4,00 m
Altura útil total (sem a revegetação superficial)	5,00 m
Camada de solo orgânico para a hidrossemeadura	0,05 m
Altura total (com a revegetação superficial)	5,05 m
Revegetação superficial de taludes e topo finalizados	Hidrossemeadura
Declividade de conformação operacional e de encerramento dos taludes dos maciços individuais	1:3 (V:H)
Declividade longitudinal de base e topo dos maciços individuais e da unidade finalizada	2,0%, conforme projeto
Declividade radial /transversal das bermas de equilíbrio (da crista para dentro)	2,0%

Para o cálculo do volume útil do Aterro BF, utilizou-se a seguinte formulação:

$$V_{BF} = \sum \frac{(A_{BF,x} + A_{BF,x+1})}{2} \times L$$

Onde:

- V_{BF} = Volume útil entre as seções transversais/longitudinais “x” e “x+1” (m³);
- $A_{BF,\,X}$ = Área da seção transversal/longitudinal “x” (m²);
- $A_{BF,\,X+1}$ = Área da seção transversal/longitudinal “x+1” (m²);
- L = Largura entre as seções transversais/longitudinais “x” e “x+1” (m).

Assim como para os cálculos realizados para o maciço AC, as áreas superficiais das seções transversais/longitudinais dos maciços BF. 01 e BF. 02 e as distâncias entre as mesmas utilizadas na formulação acima foram obtidas através de ferramentas de desenho e cálculo computacional disponíveis em software de CAD e utilizando-se dos cortes CT-AC/BF e CL-AC/BF apresentados nos projetos técnicos anexados ao presente PCA. Como resultados, foram obtidos os quantitativos de capacidade de aterragem para os maciços BF. 01 e BF. 02 apresentados nos quadros adiante.

QUADRO 32 – Capacidade volumétrica do maciço BF. 01, segundo os cortes transversais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES TRANSVERSAIS CT-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES BF. 01 (m³)
"x"	"x+1"	$A_{BF.\ 01,\ x}$	$A_{BF.\ 01,\ x+1}$	$A_{BF.\ 01,\ M}$		
-	01	0,00	0,00	0,00	15,63	0,00
01	02	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
02	03	0,00	350,00	175,00	15,00	2.625,00
03	04	350,00	411,52	380,76	19,00	7.234,44
04	05	411,52	411,52	411,52	21,00	8.641,92
05	06	411,52	411,52	411,52	20,00	8.230,40
06	07	411,52	411,52	411,52	20,00	8.230,40
07	08	411,52	411,52	411,52	20,00	8.230,40
08	09	411,52	411,52	411,52	23,00	9.464,96
09	10	411,52	360,73	386,13	19,00	7.336,38
10	11	360,73	0,00	180,37	15,00	2.705,48
11	12	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
12	-	0,00	0,00	0,00	18,45	0,00
					$V_{AC,\ TRANSVERSAL}$ (m³) =	**62.699,37**

QUADRO 33 – Capacidade volumétrica do maciço BF. 01, segundo os cortes longitudinais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES LONGITUDINAIS – CL-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES BF. 01 (m³)
"x"	"x+1"	$A_{BF.\ 01,\ x}$	$A_{BF.\ 01,\ x+1}$	$A_{BF.\ 01,\ M}$		
-	01	0,00	0,00	0,00	12,40	0,00
01	02	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
02	03	0,00	725,17	362,59	15,60	5.656,33
03	04	725,17	785,15	755,16	18,40	13.894,94
04	05	785,15	785,15	785,15	17,00	13.347,55
05	06	785,15	785,15	785,15	12,00	9.421,80
06	07	785,15	725,14	755,15	19,00	14.347,76
07	08	725,14	0,00	362,57	15,00	5.438,55
08	09	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
09	-	0,00	0,00	0,00	12,60	0,00
					$V_{AC,\ LONGITUDINAL}$ (m³) =	**62.106,93**

QUADRO 34 – Capacidade volumétrica do maciço BF.02, segundo os cortes transversais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES TRANSVERSAIS CT-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES BF. 02
"x"	"x+1"	$A_{BF.\ 02,\ x}$	$A_{BF.\ 02,\ x+1}$	$A_{BF.\ 02,\ M}$		(m³)
-	01	0,00	0,00	0,00	15,63	0,00
01	02	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
02	03	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00
03	04	0,00	180,60	90,30	19,00	1.715,70
04	05	180,60	220,00	200,30	21,00	4.206,30
05	06	220,00	220,00	220,00	20,00	4.400,00
06	07	220,00	220,00	220,00	20,00	4.400,00
07	08	220,00	220,00	220,00	20,00	4.400,00
08	09	220,00	180,60	200,30	23,00	4.606,90
09	10	180,60	0,00	90,30	19,00	1.715,70
10	11	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00
11	12	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
12	-	0,00	0,00	0,00	18,45	0,00
					$V_{AC,\ TRANSVERSAL}$ (m³) =	**25.444,60**

QUADRO 35 – Capacidade volumétrica do maciço BF. 02, segundo os cortes longitudinais

SEÇÕES		ÁREAS DOS CORTES LONGITUDINAIS – CL-AC/BF (m²)			L (m)	VOLUMES BF. 02
"x"	"x+1"	$A_{BF.\ 02,\ x}$	$A_{BF.\ 02,\ x+1}$	$A_{BF.\ 02,\ M}$		(m³)
-	01	0,00	0,00	0,00	12,40	0,00
01	02	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
02	03	0,00	0,00	0,00	15,60	0,00
03	04	0,00	535,11	267,56	18,40	4923,01
04	05	535,11	595,12	565,12	17,00	9606,96
05	06	595,12	535,11	565,12	12,00	6781,38
06	07	535,11	0,00	267,56	19,00	5083,55
07	08	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00
08	09	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
09	-	0,00	0,00	0,00	12,60	0,00
					$V_{AC,\ LONGITUDINAL}$ (m³) =	**26.394,89**

A favor da segurança, foram adotados os seguintes volumes úteis dos maciços BF. 01 e BF. 02:

- $V_{BF.\ 01}$ = 62.106,93 m³ (volume calculado através dos cortes longitudinais)
- $V_{BF.\ 02}$ = 25.444,60 m³ (volume calculado através dos cortes transversais)

Consequentemente, o Aterro BF possuirá uma capacidade total de armazenamento igual a 87.551,53 m³.

4.3.5 – Unidade de compostagem - UC

Constatou-se a existência de um pátio de compostagem dentro da área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu com área de 2.140,00 m², dotado de piso revestido em asfalto e com um sistema de drenagem superficial de percolados/chorume já instalado.

Apesar de o projeto do novo Aterro Sanitário de Paracatu não contemplar a instalação e operação de unidades de triagem de lixo bruto por se considerar que estes procedimentos não se aplicam ou não são adequados tecnicamente a empreendimentos com quantidades operacionais superiores a 10,0 toneladas/dia, como é o presente caso, definiu-se pela previsão de aproveitamento futuro do pátio de compostagem visto que o mesmo já se encontra instalado e em bom estado de conservação. Entretanto, a sua utilização dependerá da elaboração de novos projetos, estudos e/ou programas específicos e correlacionados à implantação de coleta seletiva diferenciada de resíduos orgânicos junto aos principais estabelecimentos geradores, tais como supermercados, mercados de verduras, feiras, restaurantes, etc., a fim de se obter a matéria-prima (matéria orgânica) a ser compostada. Vale lembrar que também poderão ser utilizados e aproveitados os resíduos provenientes dos serviços de poda de árvores.

Cabe salientar que o presente projeto já contemplou a operação futura do pátio de compostagem no dimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes - ETE projetada para o novo Aterro Sanitário de Paracatu. Além disto, o presente projeto também contemplou a instalação de um novo trecho de rede coletora (RPEAD) responsável pela interligação do pátio de compostagem até a nova ETE.

O presente projeto também sugeriu a instalação de um galpão de apoio, aqui denominado galpão UC, e de alguns equipamentos que certamente contribuirão para a operação futura de uma unidade de compostagem de matéria orgânica no local.



FIGURA 79 *– Pátio de compostagem existente c/ piso em asfalto.*



FIGURA 80 *– Drenos superficiais de percolados/chorume gerados no pátio de compostagem.*

Neste sentido, sugeriu-se a utilização dos seguintes equipamentos de apoio á Unidade de Compostagem:

- Triturador de resíduos, principalmente de galhos provenientes dos serviços de poda de árvores;

- Para o transporte interno do composto serão utilizados carrinhos-de-mão convencionais;
- O reviramento das leiras de massa de compostagem será feito, a princípio, com a utilização de ferramentas comuns tais como pás, enxadas, etc. Caso seja possível, dever-se-á utilizar um trator do tipo retroescavadeira ou pá carregadeira ou ainda um trator agrícola comum adaptado com uma pá carregadeira;
- Para o monitoramento da temperatura na massa de compostagem, deverá ser utilizado um termômetro a ser adquirido especificamente para tal finalidade;
- O peneiramento e a homogeneização do composto final deverão ser realizados por uma peneira rotativa mecanizada;
- O composto orgânico final será controlado por pesagem através de balança mecânica tipo plataforma com capacidade mínima de 300 kg.

O galpão UC deverá possuir uma área total de 100,00 m², pé-direito de 4,0 m, e será construído em estrutura e cobertura metálica com fechado lateral em alvenaria de blocos de concreto aparente até a altura de 2,50 m, conforme apresentado nos projetos técnicos anexados ao presente PCA. Além de auxiliar no processo de compostagem, principalmente nos períodos chuvosos, o referido galpão também será utilizado para guarda dos equipamentos envolvidos e para o armazenamento temporário do composto orgânico final.

O pátio de compostagem existente precisará somente de uma limpeza geral e da execução de um novo trecho de rede coletora – RPEAD interligando-o à entrada da nova ETE projetada para o empreendimento, conforme especificado mais adiante e também nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

Como destinação final, o composto orgânico resultante da unidade de compostagem deverá ser utilizado pela própria Prefeitura na manutenção de jardins, praças e viveiros do município.

Visto que o pátio de compostagem já se encontra instalado, procedeu-se não com o seu dimensionamento e sim com a elaboração de cálculos estimativos quanto à sua capacidade operacional. Para tanto, foram consideradas as seguintes premissas de projeto:

- Dimensões do pátio de compostagem existente:

- A_{PC} (Área do pátio de compostagem) = 2.140,00 m²
- L_{PC} (largura útil do pátio de compostagem) = 27,00 m
- C_{PC} (comprimento útil do pátio de compostagem = 65,00 m

- Dimensões das leiras de compostagem:
  - Seção triangular c/ talude na inclinação de 1:1 (V: H)
  - B_{LC} (base da leira) = 2,40 m²
  - H_{LC} (altura da leira) = 1,20 m
  - $V_{LC, UNITÁRIO}$ (volume da leira por metro linear) = 1,44 m³/m
  - Espaçamento entre leiras para reviramento e acesso = 2,40 m
  - Prazo médio de compostagem adotado = 100 dias
  - Densidade da massa de compostagem adotada = 700,00 kg/m³ (inferior ao valor encontrado para a usina de compostagem de Iguatama/MG)

Por consequência, chegou-se aos seguintes resultados estimativos quanto à capacidade operacional do pátio de compostagem:

- Capacidade total de operação do pátio de compostagem existente:
  - N_{LC} (número de leiras que o pátio comportará) = 27,00 / (2,40 x 2) = 5,0 leiras
  - $V_{LC, TOTAL}$ (volume total) = 5,0 leiras x 65,00 m x 1,44 m³/m = 468,00 m³
- Capacidade diária de operação do pátio de compostagem existente:
  - $V_{LC, DIÁRIO}$ (volume diário) = 468,00 m³ / 100 dias = 4,68 m³/dia
  - $P_{LC, DIÁRIO}$ (peso diário) = 4,68 m³/dia x 700,00 kg/m³ = 3.276,00 kg/dia
- Porcentagens da capacidade operacional do pátio de compostagem (PC) x aterro sanitário (AS):
  - Início de plano:
    - % (PC x AS) = 3,28 ton./dia / 43,68 ton./dia = 7,51%
  - Final de plano:

- % (PC x AS) = 3,28 ton./dia / 93,72 ton./dia = 3,50%

Os resultados acima indicaram que o pátio de compostagem existente possuirá uma capacidade operacional satisfatória somente para o beneficiamento de matéria orgânica pré-selecionada e coletada junto aos principais geradores, tal como é a proposição do presente projeto. Inclusive, deve-se salientar mais uma vez que a operação da unidade de compostagem somente deverá ser iniciada após a elaboração e implantação da coleta seletiva diferenciada de matéria orgânica junto aos principais estabelecimentos geradores destes resíduos (supermercados, mercados de verduras, restaurantes, etc.) que, junto com os resíduos de poda, comporão a matéria-prima (massa de compostagem) necessária para obtenção do composto orgânico.

4.3.6 – Instalações, estradas e edificações de apoio administrativo e operacional

Neste subitem são informadas as descrições e especificações das instalações e edificações (já existentes ou previstas para instalação pelo presente projeto) que não participam do processo de tratamento e/ou disposição final de lixo e nem dos processos de controle e monitoramento ambiental do empreendimento de efluentes, mas que serão de suma importância para o seu adequado funcionamento.

4.3.6.1 – Controle sobre o acesso ao empreendimento

O novo Aterro Sanitário de Paracatu possuirá apenas um ponto de acesso ao seu interior, tal como já acontece atualmente, cuja entrada e saída de veículos e pessoas serão controladas através de 02 portões (também já existentes), sendo 01 para veículos e o outro para pedestres, um ao lado do outro.

As divisas externas do terreno já estão delimitadas e definidas através de cerca de arame farpado a 07 fios de altura total de aproximadamente 1,60 m em todo o seu perímetro. A título de precaução, definiu-se que esta cerca somente seja vistoriada quanto a falhas porventura existentes e para a realização de manutenções corretivas, caso necessárias.



FIGURA 81 *– Cerca de arame farpado e mourões de concreto já existente em todo o perímetro da área do empreendimento.*



FIGURA 82 *– Local identificado junto à cerca de arame farpado e mourões de concreto, já existentes responsáveis pela delimitação da área do empreendimento no qual se faz necessária uma manutenção corretiva.*

Observa-se que já existem placas indicativas quanto ao funcionamento do empreendimento no local instaladas junto à sua entrada principal. Entretanto, dever-se-á instalar novas placas de sinalização indicando o horário de funcionamento do empreendimento e a proibição da permanência de pessoas estranhas não autorizadas no seu interior.



FIGURA 83 *– Placas de aviso sobre a presença de pessoas estranhas à operação e informando o horário de funcionamento do empreendimento, instaladas junto ao seu portão de entrada e guarita.*

A princípio, o funcionamento do Aterro Sanitário de Paracatu ocorrerá em turno único e diurno, no período de 07:00 às 17:00 horas e de segunda-feira a sábado. Eventualmente as operações de aterragem de resíduos poderão se prolongar, principalmente em tempos chuvosos.

Definiu-se, ainda, que a área definida e averbada como Reserva Legal do empreendimento seja devidamente delimitada através de cerca em arame farpado a 08 fios com altura de 1,60 m e convenientemente sinalizada (em diversos pontos do seu perímetro) quanto à sua finalidade, de forma a se informar sobre as restrições de acesso de pessoas e de intervenções naquela porção do terreno.

Bem ao lado do portão de entrada, já se encontram instaladas uma guarita e uma balança rodoviária com capacidade para pesagem de até 60 toneladas, cujas finalidades principais são e continuarão sendo o controle sobre o acesso, entrada e saída de pessoas, veículos, equipamentos e de resíduos no empreendimento. Internamente à guarita há um computador e uma impressora devidamente instalados e interligados de forma *on line* com a balança rodoviária a fim se promover o registro automático das pesagens dos veículos e resíduos.



FIGURA 84 *– Portões de entrada de veículos e de pedestres, placas de aviso sobre a permanência de pessoas e sobre o horário de funcionamento do local, guarita e balança rodoviária (ao fundo) responsáveis pelo controle operacional do empreendimento.*



FIGURA 85 *– Equipamentos (computador, impressora, etc.) instalados na guarita responsáveis pelo registro automático das pesagens realizadas na balança rodoviária.*



FIGURA 86 *– Balança rodoviária em plena operação.*

4.3.6.2 – Controle sobre o acesso à ETE do empreendimento

A área da ETE do empreendimento deverá ser cercada com tela galvanizada de malha 2,0”x1/8” e estacas de concreto até a altura de 2,0 metros e deverá ter o acesso de veículos, pessoas e equipamentos controlado por 02 portões (4,0 m x 2,0 m).

Também deverá ser instalado um terceiro portão (2,0 m x 2,0 m) nos fundos da ETE cuja finalidade será proporcionar o acesso aos dispositivos de lançamento final dos efluentes tratados que serão compostos por caixas de passagem de efluentes – CPE’s, caixas de distribuição de fluxos – CDF’s e pelos sumidouros – S.

Junto aos portões de acesso à ETE também deverão ser instaladas placas de advertência quanto à proibição da entrada de pessoas estranhas ao seu funcionamento.

4.3.6.3 – Edificações de apoio operacional e administrativo

Já existem algumas edificações instaladas no empreendimento que até então são utilizadas para a operação do atual aterro controlado (instaladas para operação do antigo aterro

sanitário), cujas características as credenciam para aproveitamento integral no novo projeto, tal como descritas abaixo e ilustradas mais adiante:

- Guarita para controle do portão de acesso ao empreendimento e da balança rodoviária, com uma área de aproximadamente 13,00 m²;
- Prédio administrativo contendo sala de escritório geral, almoxarifado, refeitório, áreas de circulação e descanso, cozinha e vestiário masculino e feminino, distribuídos em uma área de aproximadamente 128,00 m²;
- Galpão em estrutura de concreto armado e fechado em alvenaria de blocos de concreto aparentes e cobertura metálica, com uma área de aproximadamente 128,00 m², neste projeto denominado galpão IM.

Para utilização no controle operacional e no monitoramento do novo Aterro Sanitário de Paracatu deverá ser adquirido um computador portátil do tipo “notebook” contendo, no mínimo, os softwares operacionais “Windows” e “Office” ou similares, juntamente com uma impressora jato de tinta.



FIGURA 87 *– Guarita existente.*



FIGURA 88– *Prédio administrativo existente – vista frontal.*



FIGURA 89– *Prédio administrativo existente – vista lateral e de fundo*

Tais equipamentos serão utilizados para a confecção de relatórios, ofícios e demais documentos relacionados à operação, controle e monitoramento do Aterro Sanitário de

Paracatu, além de viabilizarem a utilização da balança rodoviária e a coleta e manipulação dos dados disponibilizados pela estação meteorológica que será instalada no empreendimento.



FIGURA 90 *– Galpão existente, neste projeto denominado galpão IM.*

Apesar da decisão pelo aproveitamento do galpão IM já existente, definiu-se que a sua finalidade, até então prevista para a guarda de veículos, equipamentos e insumos utilizados na operação do empreendimento, deverá ser alterada para o armazenamento e estocagem de insumos e materiais de construção de baixo valor comercial, tais como cimento, brita, areia, ferragens, manilhas e tubos de concreto, etc. Tal decisão se baseou na sua localização inadequada em relação às demais unidades e edificações operacionais e de controle do novo Aterro Sanitário de Paracatu, cujas consequências atuais são a geração dos seguintes inconvenientes:

- O galpão IM localiza-se muito distante da edificação administrativa na qual se encontram instalados os vestiários e o refeitório que fatalmente dificulta a logística operacional do empreendimento em vários momentos do dia, tais como o início e fim

da jornada de trabalho e os horários de alimentação dos funcionários. Tal situação contribui não só para a redução da produtividade dos funcionários, mas principalmente para a ocorrência problemas relacionados à segurança e saúde dos mesmos. Como exemplos destes inconvenientes, podem ser citados os seguintes:

  - Acidentes de trabalho poderão ocorrer com os funcionários no trajeto entre o galpão IM e o prédio administrativo (picadas de animais peçonhentos, cortes causados por tombos, etc.);
  - Em períodos chuvosos o traslado dos funcionários entre o galpão IM e o prédio administrativo se mostra totalmente inadequado.

- Como os vigias noturnos ficam alojados junto à guarita do empreendimento, estes ficam impossibilitados de promover uma satisfatória guarda dos veículos, equipamentos e insumos alojados no galpão IM existente, potencializando a ocorrência de furtos, roubos e/ou depredação dos mesmos. Vale lembrar que foram relatadas diversas ocorrências destes gêneros no referido galpão por vários trabalhadores alocados na operação do atual aterro controlado.

Diante dos motivos e justificativas acima expostas, definiu-se pela instalação de um novo galpão, aqui denominado galpão EV, nas imediações da guarita e da entrada do empreendimento, no qual deverão ser devidamente guardados os veículos, equipamentos e insumos de maior valor comercial. Por fim, este novo galpão possuirá uma área total de 200,00 m², pé-direito de 4,0 m, e será construído em estrutura e cobertura metálica com fechado lateral em alvenaria de blocos de concreto aparente até a altura de 2,50 m, conforme apresentado nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

4.3.6.4 – Sinalização interna ao empreendimento

Complementarmente às placas de trânsito e indicativas das unidades internas do empreendimento já existentes, sugere-se a instalação de novas placas junto às estradas internas a fim de se orientar e regular a movimentação de veículos e equipamentos em geral, principalmente quanto à velocidade, aos sentidos do tráfego adotados e permitidos, aos cuidados operacionais, à segurança do trabalho e à localização das unidades e edificações operacionais do empreendimento.



FIGURA 91 *– Placa indicativa existente dentro da área do empreendimento.*



FIGURA 92 *– Placa indicativa existente dentro da área do empreendimento.*

4.3.6.5 – <u>Estradas e vias de acesso internas</u>

Além de algumas novas estradas internas previstas pelo presente projeto, aquelas já existentes serão aproveitadas para instalação do empreendimento, devendo apenas serem promovidas algumas correções de geometria conforme indicação dos projetos técnicos.

Assim como já ocorre atualmente, as vias internas deverão ser dotadas de revestimento primário na espessura mínima de 10 cm em cascalho ou em outro tipo de agregado similar.

Além disto, também deverá ser continuada a delimitação de todas as vias internas, sejam elas para pedestres ou para veículos, com pneus descartados e coletados no município de Paracatu. Para tanto, os mesmos deverão ser enterrados até a metade do seu diâmetro de modo a se conformar uma espécie de “meio-fio” de pneus.



FIGURA 93 *– Estradas internas existentes dotadas de revestimento primário de ótima qualidade e delimitadas por pneus enterrados até a metade dos seus diâmetros, em foto tirada nas proximidades da edificação apoio operacional/administrativo e da balança rodoviária (ao fundo).*

As larguras e raios de curvas das estradas internas deverão obedecer as indicações dos projetos técnicos, de forma que as estradas de maior tráfego operacional possuam larguras e raios maiores que as demais vias.

Quanto à declividade das estradas/acessos, dever-se-á obedecer às declividades naturais do terreno uma vez que estas se mostram altamente satisfatórias para tal finalidade. Desta forma praticamente não haverá a necessidade de execução de serviços de terraplenagem significativos, salvo para conformação dos abaulamentos/declividades transversais de 5,0% dos pavimentos nos sentidos das drenagens superficiais (sarjetas em terra – DSJ, drenos em canaletas de concreto, etc.). Por outro lado, quando das travessias das redes coletoras

de efluentes – RPEAD por sob as estradas e vias internas, dever-se-á obedecer a um recobrimento mínimo de 1,0 m por sobre os tubos coletores, tal como previsto nos projetos técnicos.



FIGURA 94 *– Estradas internas existentes dotadas de revestimento primário de ótima qualidade e delimitadas por pneus enterrados até a metade dos seus diâmetros, em foto tirada da estrada de acesso às unidades da ETE existente.*

4.3.6.6 – Sistemas de comunicação interna e externa

Observou-se que atualmente o meio de comunicação do empreendimento com o meio externo é feito de forma precária através de telefonia móvel (celular) visto que o local, na zona rural do município, ainda não possuir cobertura adequada deste ou de outro tipo qualquer de comunicação. Para solução ou melhoria deste problema, sugere-se a instalação de uma antena individual portátil e específica para captação dos sinais de telefonia móvel – celular tal como acontece em muitas propriedades rurais por todo o país.

Internamente, deverão ser disponibilizados equipamentos de comunicação do tipo radiotransmissores (walk talk, etc.) para os seus funcionários a fim de se proporcionar a total comunicação interna do empreendimento, principalmente entre a frente operacional do aterro, a edificação administrativa e a guarita.

Ressalta-se aqui que a existência de sistemas adequados de comunicação interna e externa se mostra de grande importância para a satisfatória operação do empreendimento, principalmente no que tange à sua segurança ambiental e dos seus funcionários.

4.3.6.7 – Sistema de abastecimento de água

O fornecimento de água de serviço para o empreendimento se dará de 03 formas distintas, dependendo do seu uso, a saber:

- A água necessária e destinada ao consumo humano (água de beber) deverá ser fornecida através de galões de água mineral acoplados a filtros apropriados;
- A água de uso geral da edificação de apoio administrativo (cozinha, lavatórios, etc.) deverá ser originária da concessionária de água do município, no caso a COPASA, cujo fornecimento se dará através do enchimento da caixa d'água secundária já existente e localizada nas proximidades daquele prédio por caminhões-pipa, em periodicidade necessária à boa utilização do empreendimento;



FIGURA 95 *– Caixa d'água secundária (em fibra de vidro) que deverá ser abastecida com água da COPASA para uso geral da edificação de apoio administrativo, ambas já existentes.*

- A água de uso geral do empreendimento, excluídas as finalidades descritas nos parágrafos anteriores, será fornecida pelo poço profundo/artesiano que já se encontra instalado na área e cuja outorga para captação está sendo requerida

concomitantemente com a Licença de Instalação - LI do referido empreendimento. A partir deste poço, a água será bombeada até uma caixa d'água metálica tipo taça também já existente e instalada bem ao lado do referido manancial de água. Como exemplos de usos desta água, podem ser citados os serviços periódicos de umedecimento de vias, de limpezas das áreas e das unidades e equipamentos operacionais do empreendimento (ETE, passeios, fossa séptica instalada para tratamento dos esgotos domésticos, etc.), de manutenção de jardins, viveiro e de áreas gramadas e/ou hidrossemeadas, dentro outras observadas no decorrer da vida útil do empreendimento.



FIGURA 96 *– Poço profundo/artesiano já instalado na área do Aterro Sanitário de Paracatu cujo requerimento de outorga para seu uso está sendo feito em conjunto com a LI do referido empreendimento.*

Quanto à distribuição de água dentro da área do novo Aterro Sanitário de Paracatu, também foi constatada a já existência de uma vasta e eficiente rede de distribuição de água a partir da caixa d'água principal que fornece água (do poço artesiano) para vários pontos do terreno e que muito provavelmente serão suficientes para a operação satisfatória do empreendimento, devendo os dispositivos existentes (torneiras, registros, caixas de passagem, mangueiras, etc.) sofrerem manutenções preventivas e/ou corretivas tais como limpeza geral e troca de tubos, conexões ou de torneiras/registros porventura danificados.

Por exemplo, foram identificados pontos de água (torneiras ou registros) instalados nas proximidades do prédio administrativo e da guarita, no entorno do pátio de compostagem e da área de instalação da ETE, etc., conforme mostrado em fotos adiante.



FIGURA 97 *– Caixa d'água principal (tipo taça) que deverá ser abastecida com água proveniente de poço profundo/artesiano, ambos já existentes, cuja água será utilizada para fins de uso geral e operacional do empreendimento.*



FIGURA 98 *– Ponto de tomada de água (caixa de passagem com registro acoplado em mangueira) instalado nas proximidades da lagoa anaeróbia existente.*



FIGURA 99 *– Ponto de tomada de água (caixa de passagem com registro acoplado em mangueira) instalado nas proximidades da lagoa facultativa existente (LFE).*



FIGURA100 *– Ponto de tomada de água (torneira) instalado nas proximidades do prédio administrativo.*



FIGURA 101– *Ponto de tomada de água (torneira) instalado nas proximidades do pátio de compostagem.*

4.3.6.8 – <u>Fornecimento de energia elétrica</u>

A energia elétrica já é fornecida pela concessionária distribuidora de energia local, no caso pela CEMIG através de padrão de energia próprio e de rede de distribuição interna, já instalados na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu.



FIGURA 102– *Postes de distribuição interna de energia, já instalados na área em estudo.*

Somente deverá ser executada a extensão da rede de distribuição de energia interna até o galpão UC a ser instalado.

4.3.6.9 – Cinturão verde, paisagismo e recomposição de cobertura vegetal

Observou-se que em todo o perímetro interno da área de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu já existe um cinturão verde natural de largura variável, mas sempre superior a 10 metros, formado por vastos corredores e porções de vegetação nativa típica do cerrado brasileiro em estágios de preservação e regeneração consideravelmente avançados e que serão preservadas na implantação e operação do empreendimento.

Desta forma, considerou-se desnecessária a execução de um cinturão verde complementar junto ao perímetro do terreno, visto que a vegetação existente já constitui corredores vegetacionais capazes de cumprir as suas principais funções ambientais e biológicas, tais como:

- Interligar os remanescentes florestais nativos existentes na área e no seu entorno;
- Promover a conservação e preservação de espécies nativas da região;
- Propiciar a regeneração natural da vegetação nativa local;
- Permitir o trânsito livre e contínuo dos indivíduos da fauna local e regional e a preservação dos seus habitats;
- Fornecer abrigo e alimentação para a fauna local.

Definiu-se somente pela especificação de execução de uma cerca-viva parcial a ser instalada nas proximidades do portão de entrada do aterro, numa extensão de 50 metros para o norte e para o sul, de forma a se complementar a proteção visual do empreendimento. Isto por que nas proximidades da entrada do aterro a cobertura vegetal nativa já foi suprimida em maior quantidade para a instalação de edificações de apoio (administração, guarita e galpão), da balança rodoviária, de portões, de estradas e acessos internos e do paisagismo local.

A referida cerca - viva será constituída por um corredor arbustivo de aproximadamente 1,0 metro de largura no qual serão plantadas mudas de sansão-do-campo em 02 fileiras distantes 30 cm uma da outra, com cada unidade sendo plantada a cada 30 cm.



FIGURA 103 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa oeste do terreno, nas proximidades do portão de entrada do empreendimento, aonde haverá ainda a complementação com cerca-viva em sansão-do-campo.*



FIGURA 104 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa oeste do terreno, nas proximidades do portão de entrada do empreendimento, aonde haverá ainda a complementação com cerca-viva em sansão-do-campo. (continuação da foto anterior)*



FIGURA 105 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa oeste do terreno, nas proximidades do portão de entrada do empreendimento, aonde haverá ainda a complementação com cerca-viva em sansão-do-campo. (continuação da foto anterior)*



FIGURA 106 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa oeste do terreno, nas proximidades do portão de entrada do empreendimento, aonde haverá ainda a complementação com cerca-viva em sansão-do-campo. (continuação da foto anterior)*



FIGURA 107 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa oeste do terreno (encontro com a divisa norte), nas proximidades do galpão de recebimento de agrotóxicos instalado em terreno separado e contíguo ao do aterro.*



FIGURA 108 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa leste do terreno, na qual se vê, da esquerda para a direita, a cerca em arame farpado, um aceiro p/ prevenção de incêndios e a vegetação nativa existente.*

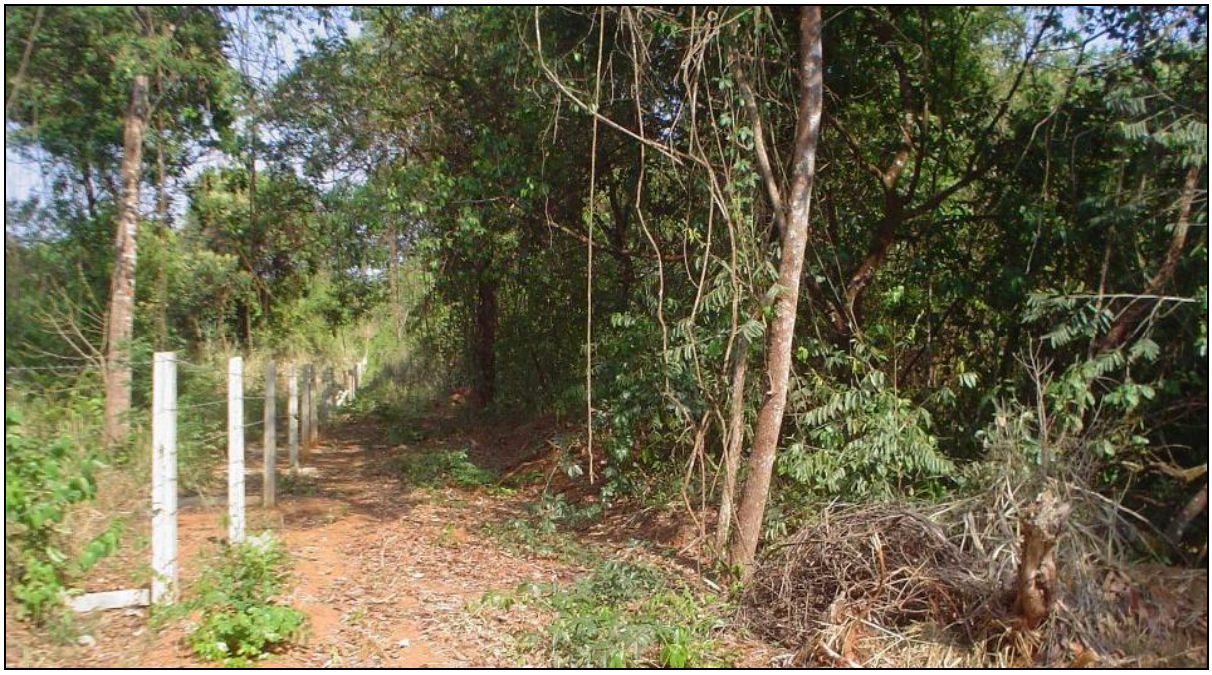


FIGURA 109 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente junto à divisa sul do terreno, na qual se vê, da esquerda para a direita, a cerca em arame farpado, um aceiro p/ prevenção de incêndios e a vegetação nativa existente.*



FIGURA 110 *– Visualização da vegetação nativa e bem preservada já existente na área de delimitação e averbação da reserva legal do terreno, aonde se pode observar a elevada altura dos indivíduos em comparação com o veículo ali estacionado.*

As mudas de sansão-do-campo serão adquiridas de viveiros localizados em Paracatu ou produzidas no próprio empreendimento (viveiro existente).

A recomposição da cobertura vegetal dos taludes e topo dos maciços de lixo finalizados e de taludes definitivos de corte e/ou aterro em solo natural porventura executados no Aterro

Sanitário de Paracatu deverá ser feita através do plantio de grama batatais (*paspalum notatum*) em placas.

Já a recomposição da cobertura vegetal dos taludes de corte e aterro em terreno natural e dos taludes e topo dos maciços encerrados do Aterro Controlado – AC (maciço AC) e do Aterro de Bota-fora – BF (maciços BF.01 e BF.02) se dará através da aplicação de técnicas de hidrossemeadura. Juntamente com hidrossemeadura, deverá ser utilizada uma manta vegetal sobre os plantios com o intuito de protegê-los da escassez de água do solo altamente drenante, da forte insolação e de chuvas torrenciais. A manta vegetal tradicional existente no mercado é uma espécie de esteira de capim costurada com barbantes biodegradáveis, a qual é desenrolada e presa sobre a área plantada cobrindo-a integralmente. Já existe no mercado uma nova modalidade deste tipo de cobertura. O princípio continua sendo a promoção de uma cobertura orgânica protetora sobre os plantios. Entretanto, as fibras protetoras são aplicadas através da aspersão de uma mistura de papel picado, bagaço de cana e rejeito de depuração de celulose a agentes fixadores (colas) e adubos químicos e orgânicos. Este tipo de aplicação tem sido chamado de "Manta Vegetal Projetada".

Este tipo de proteção apresenta como vantagem sobre sua irmã mais velha, uma melhor cobertura sobre o solo, ao passo que ela acompanha as curvas e reentrâncias do terreno, por menores que sejam, aspecto este no qual a manta na forma de esteira deixa um pouco a desejar.

Na indicação do método de hidrossemeadura especificada e proposta pelo presente projeto, considerou-se a utilização de pelo menos uma espécie no coquetel de sementes com características de brotação de crescimento muito rápido. Tal método às vezes dá uma falsa impressão de trabalho bem feito, pois em quinze dias a área está completamente revegetada. No entanto, estas espécies, (azevém, nabo forrageiro, aveia preta, etc.), não são perenes no solo, tem vida curta e não rebrotam. Como resultado final, no próximo período chuvoso o terreno estará desprotegido, pois a população de plantas terá se extinguido. Por outro lado, quando estas espécies de rápido crescimento estão associadas a espécies perenes como o capim gordura e o jaraguá, os resultados são outros, pois as populações das espécies perenes vão gradualmente substituindo as espécies não perenes, mantendo assim o mesmo nível de cobertura e proteção do solo adquirido no início com as espécies de rápido desenvolvimento.

As empresas especializadas e nestes tipos de plantios, possuem seus próprios receituários de dosagens de sementes, corretivos e adubos a serem utilizados em diversos tipos de climas e situações. Por esta razão, cita-se aqui um receituário básico destes itens que não exige rigor absoluto no cumprimento. Entretanto, seria imprescindível, quando na contratação da empresa para o plantio, a solicitação de uma listagem das espécies e respectivas quantidades de sementes a serem utilizadas, bem como as dosagens e tipos de adubos e corretivos com descrição de suas épocas de aplicação, (adubação de arranque, adubação de cobertura, etc.). Desta forma, o receituário recomendado para os plantios deverá seguir as premissas básicas descritas e discutidas a frente.

Cabe salientar que a hidrossemeadura é uma excelente alternativa de rápida recomposição da cobertura vegetal. Porém a economia exagerada nesta forma de plantio pode torná-lo completamente inviável e desprezível sob a ótica da recuperação das áreas degradadas. Além disto, para que o resultado seja positivo devem ser obedecidas as seguintes orientações mínimas:

- Deve-se permitir o trânsito livre e contínuo dos indivíduos da fauna local e regional e a preservação dos seus habitats;
- Uma boa variedade de espécies deve ser proposta no coquetel de sementes, em número igual ou superior a 06 espécies;
- A qualidade das sementes deverá ser a melhor possível (V.C. acima de 50%);
- As espécies devem ser selecionadas de modo a se evitar o conflito por espaço e luminosidade entre elas;
- A adubação deve ser aplicada junto com as sementes e conter todos os nutrientes necessários para o "arranque" inicial, tanto de gramíneas quanto de leguminosas;
- Após 60 dias após o plantio, ou até mesmo antes, deverá feita uma adubação de cobertura sobre os plantios.

Sendo assim o receituário padrão para a hidrossemeadura nas áreas em referência será, por hectare e em uma só aplicação, o seguinte:

- Sementes para áreas em geral:
    - 100 Kg/ha de capim gordura;

- 100 Kg/ha de jaraguá;
- 20 Kg/ha de azevém;
- 20 Kg/ha de aveia preta;
- 30 Kg/ha de crotalária;
- 30 Kg/ha de feijão guandú;
- 30 Kg/ha de calopogônio (ou outra leguminosa) e
- 30 Kg/ha de nabo forrageiro.

- Adubação para o receituário genérico descrito:
  - 800 Kg/ha de termofosfato magnesiano;
  - 800 Kg/ha de NPK 04:14:08 farelado + micronutrientes FTE BR – 12.

- Adubação para o receituário genérico descrito:
  - Adubação de cobertura para o receituário descrito (divididos em duas aplicações, após 45 e 90 dias de plantio);
  - 600 Kg/ha de NPK 20:05:20;
  - 3 ton/ha de esterco bovino.

Por fim, a recomposição paisagística da área deverá ser somente readequada com o plantio de grama batatais (*paspalum notatum*) em placas e de espécies arbustivas variadas tais como camará (*lantana camara*), margaridinha (*wedelia paludosa) e* pingo de ouro (*duranta repens aurea*, conforme indicado nos projetos técnicos, de forma a se aproveitar a vegetação já existente na entrada do empreendimento e nas imediações das suas edificações de apoio operacional (guarita, administração, estacionamento, etc.).

Na área de Reserva Legal a ser delimitada e averbada para o terreno do Aterro Sanitário de Paracatu a cobertura vegetal existente constitui-se de um Cerradão em estado consideravelmente avançado de regeneração e conservação em toda a sua extensão, o que demonstra que não haverá a necessidade de nenhum tipo de intervenção, com exceção da instalação da sua cerca de delimitação e de placas informativas.

4.3.6.10 – Viveiro de mudas

O viveiro de mudas existente na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu deverá ser mantido para o fornecimento de mudas diversas necessárias à operação do próprio empreendimento em ações de paisagismo e/ou de recomposição vegetal.



FIGURA 111 *– Viveiro de mudas existente e que deverá ser mantido.*

4.3.6.11 – Sistema de monitoramento da qualidade do lençol freático

Para o monitoramento da qualidade da água do lençol freático da área do empreendimento, serão instalados 04 poços de monitoramento do terreno - PMT's para coleta de amostras de água para análise periódica, sendo 01 poço a montante da unidade de aterragem e outros 03 poços a sua jusante, conforme detalhamentos e locações apresentadas nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.



***FIGURA 112**- Poço de monitoramento de águas de lençol freático instalado em aterro sanitário. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*



***FIGURA113** - Poço de monitoramento de águas de lençol freático. (fonte: Cemitério de Ribeirão das Neves – Prefeitura, 2009)*

4.3.6.12 – Estação meteorológica

Definiu-se pela instalação de uma estação meteorológica compacta na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu, similar à mostrada na figura adiante, com a finalidade de proporcionar a obtenção e o registro de dados meteorológicos locais que certamente contribuirão no controle operacional e no monitoramento ambiental do empreendimento.



FIGURA 114 *– Modelo de estação meteorológica compacta similar à sugerida para instalação no Aterro Sanitário de Paracatu. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

Neste sentido, a referida estação meteorológica compacta deverá possuir as seguintes configurações mínimas:

- Deverá registrar automaticamente os seguintes parâmetros climatológicos:
  - Temperatura do ar;
  - Umidade relativa do ar;
  - Direção e velocidade dos ventos;
  - Pressão barométrica;
  - Precipitação;
  - Evapotranspiração.

- O equipamento deverá possuir conexão para computador do tipo “USB” para que se possa promover facilmente a descarga dos registros;
- Deverá possuir bateria recarregável através de painel solar.

Para instalação da estação meteorológica, dever-se-á delimitar uma área de 100,00 m² (10,0 mx 10,0 m) através de cerca em tela galvanizada e mourões de concreto com altura de 2,0 m, incluindo um portão de acesso, na qual não deverá haver nenhuma vegetação arbustiva ou arbórea no seu interior.

Como cobertura superficial, toda a área deverá ser recoberta apenas com grama, não devendo ser executado nenhum outro tipo de pavimentação, sob pena de interferirem na operação do equipamento.

4.3.7 – Coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes líquidos

O presente projeto prevê a coleta, transporte, tratamento e disposição final de todos os efluentes gerados no novo Aterro Sanitário de Paracatu durante a sua vida útil dentro da sua própria área de instalação.

Para tanto, o empreendimento contará com os seguintes sistemas operacionais e de controle ambiental:

- Rede coletora dos esgotos/efluentes gerados em todas as unidades operacionais e administrativas instaladas (prédio administrativo, unidade de aterragem/aterro sanitário, maciço finalizado do aterro controlado e pátio de compostagem);
- Dispositivos de tratamento e disposição final dos esgotos domésticos gerados no prédio administrativo e dos efluentes (percolados/chorume) gerados na unidade de aterragem/aterro sanitário, no maciço de lixo do aterro controlado encerrado e no pátio de compostagem de matéria orgânica.

No cadastramento topográfico e nas vistorias técnicas de campo realizadas na área de implantação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, constatou-se a existência de sistemas de tratamento e disposição final de efluentes e esgotos domésticos já instalados, conforme relacionado a seguir:

- Sistema de coleta, tratamento e disposição final dos esgotos domésticos do prédio administrativo composto pelos seguintes dispositivos e unidades:
    - Rede coletora de esgotos em tubos de PVC Esgoto (DN's 100 e 150 mm) interligando as unidades de tratamento e disposição final;
    - Fossa séptica;
    - Caixas de passagem e de distribuição de fluxos;
    - Sumidouros.



FIGURA 115 *– Sistema de tratamento de esgotos do prédio administrativo já instalado (fossa séptica – sumidouros).*

- Sistema de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes (percolados/chorume) gerados e drenados no maciço de lixo do aterro controlado e no pátio de compostagem existentes composto pelos seguintes dispositivos e unidades:
    - Rede coletora de efluentes em tubos de DN 150 mm (material desconhecido) interligando o pátio de compostagem e o maciço de lixo do aterro controlado até as unidades de tratamento e disposição final, incluindo aqui os poços de visita – PV's correspondentes;
    - Lagoa anaeróbia impermeabilizada com manta/geomembrana de PVC, aqui denominada de LAE;

- Lagoa facultativa impermeabilizada com manta/geomembrana de PV, aqui denominada de LFE;
- Caixas de passagem e de distribuição de fluxos;
- Sumidouros.



FIGURA 116 *– Lagoas anaeróbias e facultativas existentes (LAE e LFE).*

Entretanto, observou-se que enquanto alguns destes dispositivos se apresentam em condições adequadas de utilização e operação, outros não demonstram nenhuma capacidade de aproveitamento mesmo se readequados na operação do novo projeto do Aterro Sanitário de Paracatu.

Neste sentido, definiu-se pelo aproveitamento das seguintes unidades e/ou dispositivos existentes:

- Sistema de coleta, tratamento e disposição final dos esgotos domésticos do prédio administrativo, em sua totalidade;
- Sistema de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes (percolados/chorume) gerados e drenados no maciço de lixo do aterro controlado e no pátio de compostagem, aproveitando-se somente os seguintes dispositivos:
  - Rede coletora de efluentes em tubos de DN 150 mm (material desconhecido) interligando a LAE à LFE, após a sua manutenção corretiva e/ou preventiva:

- Limpeza interna dos tubos coletores por pressão;
- Conferência e conserto de vazamentos dos coletores em furos, trincas ou conexões.

o LAE que somente será considerada como lagoa de passagem e de homogeneização dos efluentes e, portanto, sem função de tratamento por não ter sido considerada como eficiente para tal finalidade, e após as seguintes manutenções corretivas:

- Retirada de entulho, solo e lodo existentes no seu interior e limpeza dos seus dispositivos de entrada e saída;
- Instalação de geomembrana/manta de PEAD e=1,0 mm por sobre a manta de PVC atualmente existente, visto que esta se encontra em estado precário (furos e rasgos) de utilização;
- Execução de passeio lateral por sobre a manta de PEAD que será instalada, em largura variável conforme encontrado no local.

o LFE, após a sua manutenção corretiva:

- Retirada de entulho, solo e lodo existentes no seu interior e limpeza dos dispositivos de entrada e saída;
- Instalação de geomembrana de PEAD e=1,0 mm por sobre a manta de PVC atualmente existente, visto que esta se encontra em estado precário (furos e rasgos) de utilização;
- Execução de passeio lateral por sobre a manta de PEAD que será instalada, em largura variável conforme encontrado no local.

o Caixas de passagem e de distribuição de fluxos localizadas entre a LAE e a LFE, após as suas manutenções preventivas:

- Limpeza interna das caixas;
- Conferência e conserto de tampas, paredes laterais, etc.;

Por outro lado, não serão aproveitados os seguintes dispositivos existentes:

- Rede coletora de efluentes em tubos de DN 150 mm (material desconhecido) interligando o pátio de compostagem e o maciço de lixo do aterro controlado até as unidades de tratamento e disposição final, incluindo aqui os poços de visita – PV's correspondentes, salvo os trechos existentes entre a LAE e a LFE que deverão ser aproveitados mediante manutenção preventivo-corretiva prévia, mediante as seguintes justificativas:
    - Os efluentes gerados e drenados no pátio de compostagem deverão ser encaminhados para novos dispositivos de controle e tratamento projetados para a nova ETE (tratamento preliminar, caixa de distribuição de fluxos, dispositivo de medição de vazões, tanques anaeróbios, etc.) antes de serem direcionados à LAE existente tal como acontece atualmente, o que inviabiliza a utilização do trecho da rede coletora (pátio de compostagem – LAE);
    - O trecho da rede coletora atualmente responsável pela interligação entre o maciço de lixo do aterro controlado não possui condições de interligação com a nova rede coletora de efluentes (RPEAD) projetada, tanto quanto à sua declividade quanto à sua distribuição/locação no terreno, além de se encontrar em situação hidráulica desconhecida (entupimentos, declividade, integridade, etc.);
    - A jusante da LFE, a rede coletora existente não será aproveitada pelo fato de que os sumidouros, também existentes, não possuem condições físicas e técnicas de serem aproveitados, o que condicionou a implantação de novos sumidouros, e por conseqüência de novos trechos de rede coletora.
- Caixas de passagem e de distribuição de fluxos externas ao trecho da rede coletora existente entre a LAE e a LFE, devido à alteração nos trechos da rede coletora à jusante e à montante destas unidades de tratamento;
- Sumidouros existentes, visto que estes se apresentam em estado de conservação física precário.

Com isto, proporcionar-se-á o máximo aproveitamento das unidades de tratamento já existentes a fim de minimizar os custos de implantação do empreendimento.

Sendo assim, em resumo, o empreendimento tratado no presente PCA possuirá as seguintes unidades e sistemas de coleta, transporte, controle, tratamento e disposição final dos efluentes gerados no aterro sanitário, no aterro controlado encerrado e no pátio de compostagem, conforme a etapa de implantação da unidade de aterragem/aterro sanitário:

- Etapa 01:
    - Redes coletoras já existentes em tubos DN 150 mm, de material desconhecido, internas ao trecho LAE – LFE;
    - Redes coletoras novas em tubos de PEAD DN 150 mm externas ao trecho LAE – LFE, incluindo os poços de visita – PV's correspondentes;
    - Caixas de passagem de efluentes e de distribuição de fluxos existentes no trecho LAE – LFE;
    - Caixas de passagem de efluentes novas (CPE. 01; CPE. 02; CPE. 03 e CPE. 04);
    - Caixas de distribuição de fluxos novas (CDF. 01; CDF. 02; CDF. 03 e CDF. 04), responsáveis pelo controle do sentido do escoamento dos efluentes por meio de abertura ou fechamento de comportas,
    - Tratamento preliminar (TP), no qual os efluentes passarão por gradeamento e caixa de areia antes de serem encaminhados aos demais dispositivos de tratamento da ETE;
    - Dispositivo de medição de vazões (DMV.01), no qual deverão ser realizados os registros das vazões totais de efluentes totais gerados e encaminhados à ETE;
    - Leito de secagem (LS) que será utilizado para secagem do lodo gerado e periodicamente retirado dos tanques anaeróbios – TA e da LAE;
    - Tanque anaeróbio 01 (TA. 01), que será responsável pelo tratamento anaeróbio da ETE;
    - Lagoa anaeróbia existente (LAE), em série com o TA.01, que será responsável pela complementação do tratamento anaeróbio dos efluentes. Vale ressaltar que o seu tratamento complementar poderia ser desprezado

diante do potencial de tratamento do TA.01, mas mesmo assim decidiu-se por aproveitar a LAE pois a mesma já se encontra instalada e em condições de ser aproveitada. Além do mais, certamente haverá um ganho, mesmo que pequeno, na eficiência do tratamento proposto;

- Lagoa facultativa existente (LFE), em série com o TA. 01 e com a LAE, que será responsável pelo tratamento aeróbio dos efluentes;
- Sumidouros (S.01, S.02, S.03 e S.04) em série com o TA. 01, com a LAE e com a LFE, projetados para a disposição final subsuperficial dos efluentes tratados na ETE.

- Etapa 02:
  - Continuarão funcionando todos os dispositivos previstos para a etapa 01, complementados por aqueles relacionados adiante;
  - Redes coletoras novas em tubos de PEAD DN 150 mm externas ao trecho LAE – LFE e correspondentes à etapa 02, incluindo os respectivos poços de visita – PV's;
  - Caixas de passagem de efluentes (CPE. 05; CPE. 06; CPE. 07 e CPE. 08);
  - Caixas de distribuição de fluxos novas (CDF. 05; CDF. 06 e CDF. 07);
  - Tanque anaeróbio 02 (TA. 02);
  - Lagoa facultativa projetada (LFP), em série com o TA. 02;
  - Dispositivo de medição de vazões (DMV.02), a jusante da LFP;
  - Sumidouros (S.05, S.06, S.07 e S.08), em série com o TA. 02 e com a LFP.
- Etapa 03:
  - Continuarão funcionando todos os dispositivos previstos paras as etapas 01 e 02, complementados por aqueles relacionados adiante;
  - Redes coletoras novas em tubos de PEAD DN 150 mm externas ao trecho LAE – LFE e correspondentes à etapa 03, incluindo os respectivos poços de visita – PV's.

Cabe informar que o presente PCA e os seus respectivos projetos técnicos tratarão somente das especificações, projetos e dimensionamentos dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos efluentes gerados no aterro sanitário projetado, no aterro controlado e no pátio de compostagem, uma vez que os esgotos domésticos já se encontram devidamente encaminhados e tratados em um sistema de tratamento do tipo "fossa séptica – sumidouros".

Neste sentido, nos subitens adiante serão apresentadas informações, especificações e dimensionamentos dos sistemas projetados, estando os projetos técnicos apresentados nos anexos deste PCA.

4.3.7.1 – Vazões dos efluentes gerados

4.3.7.1.1 – Percolados gerados no aterro sanitário e no aterro controlado encerrado

As vazões de chorume/percolados geradas em um aterro sanitário, aterro controlado e em unidades de compostagem de lixo variam sazonalmente e de acordo com as condições climáticas do local de sua ampliação e dos procedimentos operacionais de cada empreendimento, sendo os principais condicionantes os relacionados abaixo:

- Temperatura;
- Índices de precipitação (regime e intensidade de chuvas);
- Evapotranspiração;
- Procedimentos de cobertura diária e final dos resíduos no aterro, bem como o tipo de material utilizado (argila, entulho, geomembranas, etc.);
- Cobertura vegetal presente ou ausente por sobre o selamento final do aterro;
- Cobertura ou não do pátio de compostagem ou dos resíduos no pátio;
- Período a que se refere à vazão de chorume registrada, visto que esta também possui relação com o estágio de biodegradação dos resíduos.

Como se pode notar, diversas variáveis, todas de difícil interpretação e mensuração, atuam no sentido de dificultar a obtenção de estimativas confiáveis quanto às vazões de

percolados/chorume que realmente são geradas em um aterro sanitário. Entretanto, como todo e qualquer projeto de aterro sanitário necessita de uma estimativa quanto à vazão de chorume gerado na sua unidade de aterragem, tem-se que utilizar de algum método que seja, no mínimo, razoavelmente confiável.

Neste sentido, as vazões médias de chorume geradas em aterros sanitário usualmente são estimadas através de 03 métodos diferentes, cada qual com as desvantagens, a saber:

- Método 01: Elabora-se um balanço hídrico específico para o empreendimento a ser projetado, utilizando-se de parâmetros geométricos da unidade de aterragem (área de projeção do aterro, tipo de cobertura final dos resíduos, etc.) e de dados meteorológicos regionais ou locais (precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração de água para dentro do aterro, etc.). Como desvantagem deste método, tem-se a dificuldade de se encontrar os parâmetros meteorológicos necessários para a sua confecção, principalmente, quanto à evapotranspiração;
- Método 02: Utiliza-se de medição direta das vazões de chorume (quando o aterro já está implantado) ou da correlação com vazões já registradas em outros aterros de características similares ao estudado. Como desvantagens, têm-se a necessidade de existência de um aterro implantado para se obter os registros das vazões e a necessidade de se considerar várias simplificações quanto ao aterro já existente, tais como a idade do se lixo disposto, o grau de compactação daqueles resíduos, o tipo de material e a forma de recobrimento diário e final do aterro e diferenças climático-meteorológicas observadas de uma região para outra;
- Método 03: Utiliza-se uma forma expedita, o que se apresenta como sendo a sua maior desvantagem, de se calcular a vazão de chorume, em m^3/dia, multiplicando-se a área de projeção da unidade de aterragem/aterro sanitário, em m^2, pelos seguintes índices:
    - 0,0004 m^3/m^2.dia - para lixo coberto com solo argiloso;
    - 0,0006 m^3/m^2.dia - para lixo coberto com solo arenoso;
    - 0,0008 m^3/m^2.dia - para lixo descoberto.

Para o projeto e estudos ambientais do Aterro Sanitário de Paracatu definiu-se pela utilização pela utilização do método 01 acima apresentado, adotando-se as considerações, dados, parâmetros e estudos relacionados adiante:

- Os parâmetros de pluviosidade/precipitação e temperatura média foram estimados através de dados referentes ao período 2004-2008 fornecidos pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (www.inpe.br) através da Estação Meteorológica Paracatu (código 32505 - Lat.: 17,25ºS / Long.: 46,88ºW);
- Os resultados de Evapotranspiração Potencial – EP foram obtidos através do software desenvolvido pelo Engº. Dr. Jorge Hamada, cujos estudos foram apresentados no 21º. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES, sob o título de "Ferramenta Computacional para Estimativa do Volume Mensal de Percolados em Aterros Sanitários".
- Foram consideradas as seguintes etapas de instalação dos sistemas de drenagem e tratamento de percolados/efluentes:
    - Etapa 01, na qual considerou-se a instalação da etapa 01 do aterro sanitário e o encerramento do aterro controlado:
    - Etapa 02, na qual considerou-se a encerramento total do aterro sanitário e do aterro controlado:
- As áreas de projeção do aterro sanitário e do aterro controlado levantadas a partir dos projetos técnicos foram as seguintes:
    - Etapa 01:
        - $A_{AS,\ ET.01}$ = 19.983,77 m²
        - $A_{AC,\ ET.01}$ = 27.987,68 m²
    - Etapa 02:
        - $A_{AS,\ ET.02}$ = 91.176,61 m²
        - $A_{AC,\ ET.02}$ = 27.987,68 m²

- Foram adotados coeficientes de escoamento superficial – C’ para as águas pluviais iguais a 0,35 para o período chuvoso (de outubro a março) e a 0,25 para o restante do ano

O quadro adiante apresenta os principais resultados obtidos através do balanço hídrico elaborado:

QUADRO 36 – Balanço hídrico elaborado p/ estimativas de vazões de chorume/percolados no novo Aterro Sanitário de Paracatu

PARÂMETROS	MÊS												ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
DADOS PLUVIOMÉTRICOS													
Precipitação total mensal - P (mm)	256,50	292,40	166,30	96,80	6,00	0,90	1,30	0,60	17,80	65,10	133,20	331,40	**1.368,30**
Evapotranspiração Potencial - EP (mm)	121,00	110,00	110,00	82,00	61,00	50,00	48,00	64,00	76,00	93,00	103,00	115,00	**1.033,00**
Coeficiente Escoamento Superficial - C' (mm)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,35	
Escoamento Superficial - ES (mm)	89,78	102,34	58,21	33,88	1,50	0,23	0,33	0,15	4,45	22,79	46,62	115,99	***476,25***
Infiltração - i (mm)	166,73	190,06	108,10	62,92	4,50	0,68	0,98	0,45	13,35	42,32	86,58	215,41	**892,06**
i - EP (mm)	45,73	80,06	(1,90)	(19,08)	(56,50)	(49,33)	(47,03)	(63,55)	-62,65	-50,69	-16,42	100,41	**(140,95)**
Soma dos valores negativos de (i - EP) (mm)	-	-	-1,90	-20,99	(77,49)	(126,81)	(173,84)	-237,39	-300,04	-(350,72	-367,14	-	
Quantidade de Água no Solo - AS (mm)	138,70	138,70	137,00	121,00	83,80	60,80	44,80	29,60	19,70	14,20	12,80	138,70	
Variação Mensal de AS - ΔAS (mm)	-	-	(1,70)	(16,00)	(37,20)	(23,00)	(16,00)	(15,20)	(9,90)	(5,50)	(1,40)	125,90	
Evapotranspiração real - ER (mm)	121,00	110,00	109,80	78,92	41,70	23,68	16,98	15,65	23,25	47,82	87,98	115,00	***791,76***
Altura Percolada média - PER (mm) (1)	45,73	80,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**125,79**

Notas:

(1) A altura percolada média calculada e apresentada no presente quadro terá como finalidade a estimativa da geração de percolados/chorume gerados no aterro sanitário e no aterro controlado encerrado;

(2) Parâmetros de pluviosidade/precipitação e de temperatura média estimados através de dados referentes ao período 2004-2008 fornecidos pelo INPE;

(3) Parâmetros de Evapotranspiração Potencial – EP e Quantidade de água no solo – AS estimados pelo programa desenvolvido pelo Engº. Dr. Jorge Hamada.

A seguir, estão apresentados os principais resultados do balanço hídrico elaborado que contribuirão para os cálculos de vazões almejados:

- H_T = Altura percolada total anual = 125,79 mm
- H_M = Altura percolada total mensal máxima (janeiro) = 45,73 mm

Para fins de dimensionamento dos dispositivos da nova ETE projetada, serão estimadas as vazões médias de efluentes/percolados, tal como indicado nas formulações adiante.

- Etapa 01:

$$Q_{AS,ET.01} = \frac{H_T \times A_{AS,ET.01}}{365} = \frac{125{,}79 \times 19.983{,}77}{365 \times 1.000} = 6{,}89 m^3 / dia$$

$$Q_{AC,ET.01} = \frac{H_T \times A_{AC,ET.01}}{365} = \frac{125{,}79 \times 27.987{,}68}{365 \times 1.000} = 9{,}65 m^3 / dia$$

- Etapa 02:

$$Q_{AS,ET.02} = \frac{H_T \times A_{AS,ET.02}}{365} = \frac{125{,}79 \times 91.176{,}61}{365 \times 1.000} = 31{,}42 m^3 / dia$$

$$Q_{AC,ET.02} = \frac{H_T \times A_{AC,ET.02}}{365} = \frac{125{,}79 \times 27.987{,}68}{365 \times 1.000} = 9{,}65 m^3 / dia$$

Complementarmente e visando a obtenção de dados para dimensionamento da rede coletora de efluentes - RPEAD, também foram calculadas, somente para final de plano, as vazões máxima $Q_{(AS+AC),M}$ (m³/dia) e máxima *maximorum* $Q_{(AS+AC),MM}$ (m³/dia) de percolados/efluentes gerados em final de plano e em conjunto pelo aterro sanitário e pelo aterro controlado encerrado, para as quais se utilizou a altura percolada mensal máxima H_M encontrada para o mês de janeiro (mm), conforme indicado no balanço hídrico anteriormente

apresentado. Além disto, para o cálculo da vazão máxima *maximorum* $Q_{(AS+AC),ET;02,MM}$, adotou-se um coeficiente de majoração igual a 2,0.

Sendo assim, para vazão máxima $Q_{(AS+AC),\,M}$, encontrou-se:

$$Q_{(AS+AC),M} = \frac{H_M \times (A_{AS,ET.02} + A_{AC,ET.02})}{31 \times 1000} = \frac{45{,}73 \times (91.176{,}61 + 27.987{,}68)}{31 \times 1000} = 175{,}79\, m^3/dia$$

Continuando os cálculos, estimou-se a seguinte vazão máxima *maximorum* $Q_{(AS+AC),ET.01,MM}$:

$$Q_{(AS+AC),MM} = \frac{H_M \times A_{AS+AC}}{31 \times 1000} \times 2{,}0 = \frac{45{,}73 \times 119.164{,}29}{31 \times 1000} \times 2{,}0 = 351{,}57\, m^3/dia$$

4.3.7.1.2 – Efluentes gerados no pátio de compostagem

Para elaboração das estimativas das vazões média $Q_{UC,\,ET.01}$ (m³/dia) e $Q_{UC,\,ET.02}$ (m³/dia), máxima $Q_{UC,\,M}$ (m³/dia) e máxima *maximorum* $Q_{UC,\,MM}$ (m³/dia) de efluentes gerados no pátio de compostagem existente, utilizou-se novamente os dados meteorológicos tratados no subitem anterior e as seguintes formulações:

$$Q_{UC,ET.01} = Q_{UC,ET.02} = \frac{C' \times P_T \times A_{UC}}{365 \times 1000}$$

$$Q_{UC,M} = \frac{C' \times P_M \times A_{UC}}{31 \times 1000}$$

$$Q_{UC,MM} = \frac{C' \times P_M \times A_{UC}}{31 \times 1000} \times 2$$

Onde:

- A_{UC}= área total do pátio de compostagem = 2.140,00 m² (igual para as etapas 01 e 02)
- C' = coeficiente de escoamento superficial do pátio de compostagem = 0,80
- P_T = Precipitação total anual = 1.368,30 (vide balanço hídrico)
- P_M = Precipitação mensal máxima (dezembro) = 331,40 (vide balanço hídrico)

Como resultados, foram encontradas as seguintes vazões:

$$Q_{UC,ET.01} = Q_{UC,ET.02} = \frac{1{,}00 \times 1.368{,}30 \times 2.140{,}00}{365 \times 1000} = 8{,}02 m^3/dia$$

$$Q_{UC,M} = \frac{1{,}00 \times 331{,}40 \times 2.140{,}00}{31 \times 1000} = 22{,}88 m^3/dia$$

$$Q_{UC,MM} = \frac{1{,}00 \times 331{,}40 \times 2.140{,}00}{31 \times 1000} \times 2 = 45{,}76 m^3/dia$$

4.3.7.1.3 – <u>Efluentes totais gerados</u>

Por fim, considerando-se o aterro sanitário projetado, o aterro controlado encerrado e o pátio de compostagem, foram estimadas as seguintes vazões totais de efluentes:

- $Q_{E, ET.01}$ = Vazão média (m³/dia), em início de plano
- $Q_{E, ET.02}$ = Vazão média (m³/dia), em final de plano
- $Q_{E, M}$ = Vazão máxima (mês de dezembro) (m^3/dia), em final de plano
- $Q_{E, MM}$ = Vazão máxima *maximorum* (m^3/dia), em final de plano

Para tanto, bastou efetuar a soma das vazões estimadas para os percolados gerados no aterro sanitário + aterro controlado com as vazões estimadas para o pátio de compostagem, sendo encontrados os seguintes resultados:

$$Q_{E,ET.01} = Q_{AS,ET.01} + +Q_{AC,ET.01} + Q_{UC,ET.01} = 6{,}89 + 9{,}65 + 8{,}02 = 24{,}55 m^3/dia$$

$$Q_{E,ET.02} = Q_{AS,ET.02} + +Q_{AC,ET.02} + Q_{UC,ET.02} = 31{,}42 + 9{,}65 + 8{,}02 = 49{,}09 m^3/dia$$

$$Q_{E,M} = Q_{(AS+AC),M} + Q_{UC,M} = 175{,}79 + 22{,}88 = 198{,}67 m^3/dia$$

$$Q_{E,MM} = Q_{(AS+AC),MM} + Q_{COMP,MM} = 351{,}57 + 45{,}76 = 397{,}33 m^3/dia$$

Vale lembrar que as vazões, máxima e máxima *maximorum* somente serão utilizadas para dimensionamento da rede coletora RPEAD, enquanto as vazões médias serão utilizadas para dimensionamento dos dispositivos da nova ETE.

4.3.7.2 – Características (DBO/coliformes fecais) dos efluentes gerados

Neste item serão estimadas as características qualitativas dos efluentes gerados no aterro sanitário projetado, no aterro controlado encerrado e no pátio de compostagem existente, em final de plano.

4.3.7.2.1 – Concentração de DBO

4.3.7.2.1.1 – Percolados gerados no aterro sanitário

Considerando-se uma concentração orgânica de DBO ($S_{0,AS}$) igual a 3.000 mgDBO/litro para os percolados da unidade de aterragem/aterro sanitário, foram estimadas as seguintes cargas orgânicas $F_{0,AS}$.

- Etapa 01:

$$F_{0,AS,ET.01} = Q_{AS,ET.01} \times S_{0,AS} = \frac{6{,}89 \times 1.000 l}{dia} \times \frac{3.000 mgDBO}{l} = 20{,}66 kgDBO/dia$$

- Etapa 02:

$$F_{0,AS,ET.02} = Q_{AS,ET.02} \times S_{0,AS} = \frac{31{,}42 \times 1.000l}{dia} \times \frac{3.000mgDBO}{l} = 94{,}26kgDBO/dia$$

4.3.7.2.1.2 – Percolados gerados no aterro controlado

Considerando-se uma concentração orgânica de DBO ($S_{0,\ AC}$) igual a 3.000 mgDBO/litro para os percolados do aterro controlado encerrado, foram estimadas as seguintes cargas orgânicas $F_{0,AC}$:

- Etapa 01:

$$F_{0,AC,ET.01} = Q_{AC,ET.01} \times S_{0,AC} = \frac{9{,}65 \times 1.000l}{dia} \times \frac{3.000mgDBO}{l} = 28{,}94kgDBO/dia$$

- Etapa 02:

$$F_{0,AC,ET.02} = Q_{AC,ET.02} \times S_{0,AC} = \frac{9{,}65 \times 1.000l}{dia} \times \frac{3.000mgDBO}{l} = 28{,}94kgDBO/dia$$

4.3.7.2.1.3 – Efluentes gerados no pátio de compostagem

Considerando-se, para os efluentes gerados no pátio de compostagem existente, uma concentração orgânica de DBO ($S_{0,\ UC}$) de 500 mgDBO/l, estimou-se as seguintes cargas orgânicas $F_{0,UC}$:

- Etapa 01:

$$F_{0,UC,ET.01} = Q_{UC,ET.01} \times S_{0,UC} = \frac{8{,}02 \times 1.000l}{dia} \times \frac{500mgDBO}{l} = 4{,}01kgDBO/dia$$

- Etapa 02:

$$F_{0,UC,ET.02} = Q_{UC,ET.02} \times S_{0,UC} = \frac{8{,}02 \times 1.000l}{dia} \times \frac{500mgDBO}{l} = 4{,}01kgDBO/dia$$

4.3.7.2.1.4 – Efluentes totais gerados

Como consequência, foram encontradas as seguintes estimativas de concentração e carga de DBO para os efluentes totais gerados no novo Aterro Sanitário de Paracatu:

- Etapa 01:

$$F_{0,ET.01} = F_{0,AS.ET.01} \times F_{0,AC,ET.01} \times F_{0,UC,ET.01} = 20{,}66 + 28{,}94 + 4{,}01 = 53{,}61kgDBO/dia$$

$$S_{0,ET.01} = \frac{F_{0,ET.01} \times 1000}{Q_{E,ET.01}} = \frac{53{,}61 \times 1000}{24{,}55} = 2.183{,}20mgDBO/litro$$

- Etapa 02:

$$F_{0,ET.02} = F_{0,AS.ET.02} \times F_{0,AC,ET.02} \times F_{0,UC,ET.02} = 94{,}26 + 28{,}94 + 4{,}01 = 127{,}21kgDBO/dia$$

$$S_{0,ET.02} = \frac{F_{0,ET.02} \times 1000}{Q_{E,ET.02}} = \frac{127{,}21 \times 1000}{49{,}09} = 2.591{,}43mgDBO/litro$$

4.3.7.2.2 – Concentração de coliformes fecais - CF

Para estimativa da concentração de coliformes fecais – CF no efluente total (CF_0) nos efluentes gerados no novo Aterro Sanitário de Paracatu foram adotados os seguintes valores para as concentrações dos percolados e efluentes:

- $CF_{0,\,AS}$ = 10.000 organismos/100 ml = 10^4 org./100 ml
- $CF_{0,\,AC}$ = 10.000 organismos/100 ml = 10^4 org./100 ml
- $CF_{0,\,UC}$ = 10.000 organismos/100 ml = 10^4 org./100 ml

Utilizando-se das concentrações acima adotadas e das vazões médias estimadas para os efluentes gerados no empreendimento, estimou-se a concentração de coliformes fecais no efluente total (CF_0) a partir do cálculo da média ponderada, conforme mostrado na fórmula abaixo:

- Etapa 01:

$$CF_{0,ET.01} = \frac{(CF_{0,AS} \times Q_{AS;ET.01}) + (CF_{0,AC} \times Q_{AC;ET.01}) + (CF_{0,UC} \times Q_{UC,ET.01})}{Q_{E,ET.01}} = 1{,}00 \times 10^4\, org/100ml$$

- Etapa 02:

$$CF_{0,ET.02} = \frac{(CF_{0,AS} \times Q_{AS;ET.02}) + (CF_{0,AC} \times Q_{AC;ET.02}) + (CF_{0,UC} \times Q_{UC,ET.02})}{Q_{E,ET.02}} = 1{,}00 \times 10^4\, org/100ml$$

4.3.7.3 – Dimensionamento do sistema de coleta e transporte de efluentes

Para coleta e transporte dos efluentes gerados no aterro sanitário/unidade de aterragem no aterro controlado encerrado e no pátio de compostagem até a ETE do novo Aterro Sanitário de Paracatu, projetou-se uma rede coletora de efluentes – RPEAD que será constituída por tubos coletores de PEAD e por poços de visita – PV's.

As RPEAD's deverão ser instaladas a partir das caixas de inspeção e acumulação de percolados, instaladas no aterro sanitário (CIP's) da caixa de inspeção e acumulação de percolados, instalada no aterro controlado encerrado (CIP-AC) e da CPE-PC já existente na saída do pátio de compostagem.

O dimensionamento dos tubos coletores foi realizado a partir da fórmula de Manning considerando-se a hipótese de escoamento uniforme em canal livre, a saber:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

- Q = Vazão (m³/s);
- A = Área da seção transversal (m²);
- R_h = Raio hidráulico (m);
- i = Declividade média (m/m);
- n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

Além disto, foram adotados os seguintes parâmetros de projeto:

- Q = $Q_{E, MM}$ = 397,33 m³/dia (vazão máxima *maximorum*, em final de plano)
- n = 0, 015 (coeficiente de atrito para sistemas de coletas de esgotos)
- Vazão mínima: 1,5 l/s (ABNT-567)
- Declividade mínima sendo calculada pela tensão trativa
- Declividade mínima adotada para as redes coletoras = 0,500%
- Diâmetro nominal – DN mínimo para a rede coletora = 150 mm
- Altura da seção líquida em redes coletoras = h/D = ½

De posse da vazão e dos demais parâmetros de projeto acima indicados, calcula-se que tubos coletores com diâmetro de 150 mm, com declividades iguais a 0,500%, e operando a ½ seção, suportam uma vazão igual o inferior a 9,46 l/s (817,34 m³/dia). Comparando-se esta vazão com a vazão máxima maximorum estimada para final de plano, igual $Q_{E, MM}$= 397,33 m³/dia, conclui-se que tubos coletores com DN 150 mm serão satisfatoriamente adequados para a rede coletora a ser instalada no novo Aterro Sanitário de Paracatu, desde que obedecidas as demais premissas de projeto.

Além dos parâmetros de projeto até então especificados e dimensionados, definiu-se pela adoção de tubos DN 150 mm fabricados em Polietileno de Alta Densidade – PEAD por ser este material mais resistente ao chorume/percolado que o PVC.

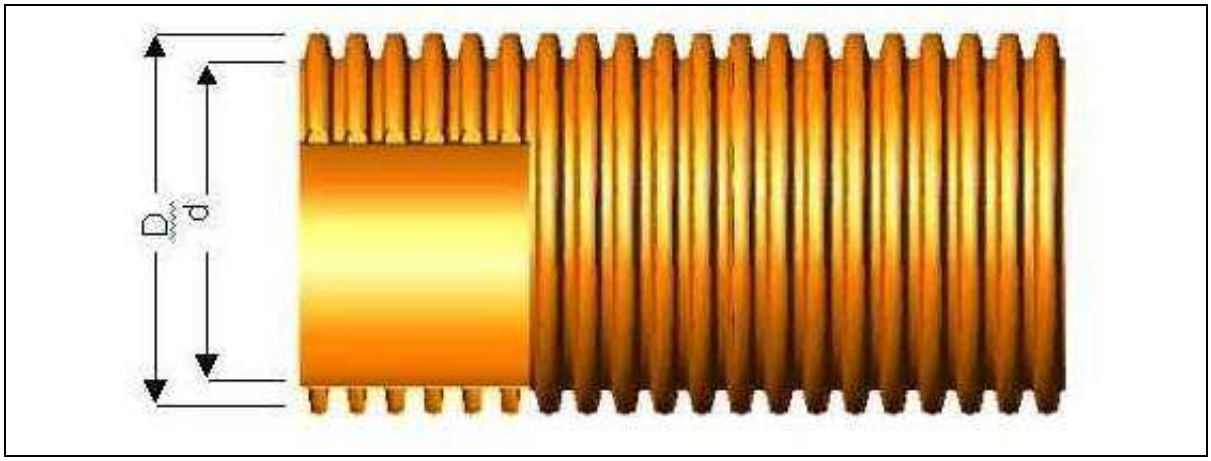


FIGURA 117 – *Tubo coletor em PEAD, liso internamente e corrugado por fora.*

Os resultados do dimensionamento da rede coletora RPEAD encontram-se apresentados diretamente nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

4.3.7.4 – Estação de Tratamento de Efluentes - ETE

Para o novo Aterro Sanitário de Paracatu, projetou-se uma estação de tratamento para os efluentes gerados no aterro sanitário, no aterro controlado encerrado e no pátio de compostagem e que será composta pelas seguintes unidades principais:

- Caixas de passagem de efluentes – CPE's;
- Caixas de distribuição de fluxos – CDF's;
- Tratamento preliminar – TP;
- Dispositivos de medição de vazões – DMV's;
- Leito de secagem – LS;
- Tanques anaeróbios – TA's;
- Lagoa anaeróbia existente - LAE

- Lagoas facultativas existentes – LFE e projetada – LPF;

A escolha desta sequência de tratamento fundamenta-se nas seguintes qualidades do sistema proposto:

- Eficiência satisfatória no atendimento dos parâmetros de qualidade do efluente tratado, previstos na legislação ambiental pertinente;
- Procedimentos operacionais simples e independentes de mão-de-obra especializada;
- Comprovada adaptação a diferentes tipos e concentração de efluentes;
- Satisfatória resistência à variação de cargas;
- Fácil e rápido reinício de operação após períodos de paralisação;
- Independência de equipamentos sofisticados para operação das unidades;
- Comprovada eficiência e eficácia para tratamento de efluentes de aterros sanitários;
- Facilidade construtiva;
- Custo de implantação e operacional reduzido, quando comparado com outras configurações de tratamento mais sofisticadas.

Cabe salientar que o dimensionamento das unidades componentes da nova ETE utilizará as vazões médias calculadas em tópico anterior deste PCA e adiante transcritas, ora adotando-se a vazão de início de plano $Q_{E,\ ET.01}$ (implantação da etapa 01 do aterro sanitário + encerramento do aterro controlado + pátio de compostagem existente), outrora adotando-se a vazão de final de plano $Q_{E,ET.02}$ (implantação e encerramento total do aterro sanitário + encerramento do aterro controlado + pátio de compostagem), conforme o tipo e a época de instalação de cada dispositivo:

- $Q_{E,ET.01} = 24{,}55 m^3/dia$

- $Q_{E,ET.02} = 49{,}09 m^3/dia$

Nos tópicos adiante serão apresentados os dimensionamentos dos principais dispositivos componentes da ETE projetada.

4.3.7.4.1 – Dispositivos de medição de vazões – DMV's

Os dispositivos de medição de vazões DMV.01 e DMV.02 são compostos basicamente por uma caixa de passagem comum em alvenaria nas quais são instaladas comportas de fibra de vidro conformadas nos moldes de um medidor de vazões do tipo "vertedouro triangular", cujas implantações se darão juntamente com as etapas 01 e 02 do projeto, respectivamente.

Para o cálculo das vazões no vertedouro triangular utilizou-se a fórmula de Thomson abaixo descrita:

$$Q = 1{,}40 H^{5/2}$$

Onde:

- Q = $Q_{E,ET.02}$ = 49,09 m³/s = 5,68171296 m³/s
- H = carga hidráulica na soleira (m), medida a uma distância de 5H à montante da placa vertedoura

Então:

$$H = \left(\frac{Q}{1{,}40}\right)^{\frac{2}{5}} = \left(\frac{5{,}68171296 \times 10^{-4}}{1{,}40}\right)^{\frac{2}{5}} = 0{,}043989 m = 4{,}40 cm$$

Como resultado, calculou-se uma carga hidráulica de 4,40 cm para a vazão média prevista para final de plano. No entanto, haverá picos de vazões, após períodos de chuvas intensas e ou constantes, o que implicou na especificação da placa vertedoura com pelo menos 10 cm de forma a se viabilizar a medição de vazões até 382,51 m³/dia.

A medição de vazão deverá ser realizada com frequência de 03 vezes ao dia (08h00min, 12h00min e 16h00min) e/ou quando houver detecção de vazão.

4.3.7.4.2 – Tratamento preliminar - TP

4.3.7.4.2.1 – Gradeamento fino

Assim como acontecerá com o DMV.01, o TP funcionará para as 03 etapas do empreendimento. Portanto, o seu dimensionamento considerará os dados estimados para final de plano, de modo que foram obedecidas as seguintes considerações e parâmetros:

- Vazão de dimensionamento ($Q_{E,\ ET.02}$ = 49,09 m³/dia)
- Coeficiente de atrito de Manning (n = 0,013)
- Declividade do fundo do canal (i = 0,20 %)
- Volume de sólidos retidos diariamente (V_S = 0,015 l/m³.dia)

$$V_S = Q \times 0{,}015$$

$$V_S = 49{,}09 \times 0{,}015 = 0{,}74 \ {}^{l}\!/_{dia}$$

Como este volume é muito pequeno, adotou-se uma peneira com dimensões de 20 cm x 40 cm com malha de 5,0 mm de abertura.

4.3.7.4.2.2 – Caixa de areia

Este dispositivo também foi dimensionado para final plano, pois operará durante toda a vida útil da ETE e será implantado totalmente no início de operação do empreendimento.

Seu dimensionamento considerou que os efluentes ao se deslocarem horizontalmente, obedecerão a uma velocidade média de 0,30 m/s, fazendo com que as partículas com

diâmetro igual ou superior a 0,20 mm e com peso específico igual ou superior a 2,65 g/cm³ se depositem no fundo da caixa de areia. Considerou-se a velocidade de decantação destas partículas de areia igual a 2,0 cm/s. Então:

$$L = \frac{V \times H}{v} = \frac{0{,}30 m/s}{0{,}20 m/s} \times H = 15H$$

Prevendo o turbilhonamento dos efluentes, adotou-se L = 25H. A área da seção da parte líquida será:

$$A = \frac{5{,}68171296 \times 10^{-4} m^3/s}{0{,}30 m/s} = 1{,}8939 \times 10^{-3} m^2$$

Foi adotada a seção de 20 cm de largura por 5,0 cm de altura, de forma a se encontrar o seguinte comprimento da caixa de areia:

$$L = 25 \times H = 25 \times 5 = 125\ cm$$

Adotando-se uma taxa de decantação de areia igual a 0,04 l/m³, encontrou-se um volume diário de areia depositado igual a:

$$V_{DEP.AREIA} = 0{,}04 \times 47{,}49 = 1{,}9636\ l/dia$$

Tomando-se como parâmetro inicial, a remoção da areia retida na caixa de areia a cada 30 dias, estima-se um volume de resíduos nela retidos igual a 58,91 litros. Por consequência, conclui-se que a altura mínima H do depósito de areia deveria ser a seguinte:

$$H = \frac{0{,}05891 m^3}{0{,}20m \times 1{,}25m} = 0{,}2356m = 23{,}56cm$$

Adotou-se, porém, H = 25 cm possibilitando limpeza a cada 32 dias, aproximadamente. Entretanto, esta limpeza deverá ser feita pelo menos a cada 15 dias.

Deste modo, foi projetada uma caixa de areia contendo duas câmaras de dimensões iguais a 1,25 m x 0,20 m x 0,25 m (comprimento x largura x altura) cujos fluxos serão controlados por 02 comportas de fibra de vidro, de modo que se possa proceder com a limpeza e manutenção de uma câmara enquanto a outra continua em funcionamento. O fundo das câmaras será dotado de dispositivo extravasor para retirada do líquido retido na mesma, de modo que este seja encaminhado ao tanque anaeróbio TA. 01.

4.3.7.4.3 – Leito de secagem - LS

Para a retirada e desidratação de lodo proveniente dos tanques anaeróbios TA. 01 e TA. 02 projetou-se um leito de secagem – LS com medidas iguais a 7,0 m x 4,0 m x 0,40 m (comprimento x largura x altura útil), conforme detalhado nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

Considerando-se 10 cm de “free board”, esta configuração permitirá a secagem de até 8,40 m^3 de lodo, por batelada, em uma área de 28,0 m^2. Adotou-se esta configuração levando-se em consideração a opção de retirada do lodo por sucção mecanizada (caminhão limpa-fossa). O período de retirada do lodo se apresenta como um parâmetro de difícil dimensionamento por causa das incertezas quanto à natureza do efluente em questão.

Analisando-se o reator, segundo critérios empregados para lagoas anaeróbias, estima-se um acúmulo de lodo da ordem de 7,50 cm ao ano (CETESB, 1989, lagoa anaeróbia de Tatuí-SP). Nesta taxa, durante a vida útil do reator, teríamos o acúmulo de 1,50 m de lodo no fundo do tanque anaeróbio. Este volume equivale a 30% do volume do reator indicando que não haveria a necessidade de limpeza em períodos menores que 20 anos.

Entretanto, dadas as evidentes incertezas quanto à operação do sistema de descarte de lodo, definiu-se como prudente o acompanhamento periódico da qualidade do efluente a fim de determinar o período apropriado de remoção do lodo. Assim, o controle do intervalo de retirada do lodo da ETE deverá ser feito por análises periódicas do efluente do tanque anaeróbio procurando aferir acréscimos relevantes da concentração de SST no efluente.

Após desidratação natural, o lodo seco será encaminhado até a unidade de aterragem para sua disposição final.

4.3.7.4.4 – Tanques e lagoas de tratamento

Como já dito anteriormente, já existem instaladas na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu duas lagoas de tratamento de efluentes, a saber:

- Lagoa menor cujas dimensões e profundidade (estimada) apontam indícios de que a mesma se propunha a realizar o tratamento anaeróbio dos efluentes do antigo aterro sanitário, aqui denominada lagoa anaeróbia existente – LAE;
- Lagoa maior cujas dimensões e profundidade (estimada) deixam clara a sua finalidade de tratamento dos efluentes do antigo aterro sanitário na forma de uma lagoa facultativa, aqui denominada lagoa facultativa existente – LFE.

Analisando-se a configuração das 02 lagoas existentes, considerou-se que somente a LFE possui concepção adequada para exercer satisfatoriamente a sua função inicial, na forma de uma lagoa facultativa, restando, entretanto, a confirmação da sua eficiência no tratamento parcial ou total dos efluentes que serão gerados no novo empreendimento.

Já a configuração da LAE não foi considerada adequada para que a mesma funcione como tratamento anaeróbio, tal como é a sua proposta original, pelos seguintes motivos:

- Para o tratamento de pequenas vazões de efluentes, tal como é o caso do novo Aterro Sanitário de Paracatu, são demandados reatores anaeróbios invariavelmente de volumes úteis reduzidos;
- Volumes úteis reduzidos implicam na configuração de reatores de pequenas dimensões que, quando configurados na forma de lagoas similares à LAE, não propiciam condições adequadas para o tratamento anaeróbio proposto. Isto porque os taludes das lagoas fatalmente se aproximam demasiadamente nas proximidades do fundo do reator ou até mesmo se encontram, dependendo do volume útil e da inclinação dos taludes. Pelo contrário, a profundidade de projeto somente é obedecida na região central da lagoa. Tal situação inviabiliza a manutenção da

profundidade útil em grande parte do reator e, por consequência, não garante o seu funcionamento como tratamento estritamente anaeróbio almejado;

- Reatores anaeróbios de reduzidos volumes úteis devem ser dimensionados como lagoas anaeróbias e projetados como tanques de paredes verticais a fim de se garantir a profundidade útil necessária para que o tratamento seja estritamente anaeróbio.

Diante das considerações feitas acima, definiu-se pelo aproveitamento da LAE e da LFE como partes integrantes da nova ETE projetada, sendo que a primeira funcionará apenas como um reator de passagem dos efluentes e cuja eficiência de tratamento será desconsiderada nos dimensionamentos, enquanto a segunda exercerá normalmente a sua função de tratamento na forma de uma lagoa facultativa tal como indicado mais adiante no dimensionamento das lagoas facultativas.

Entretanto, para a utilização das lagoas LAE e LFE, dever-se-á promover com as seguintes medidas de readequação e manutenção:

- Limpeza superficial da LFE e da LAE incluindo a retirada de todo e qualquer efluente e/ou resíduo que nelas estejam dispostos;
- Instalação de geomembrana/manta de PEAD e=1,0 mm por sobre a manta de PVC atualmente existente, visto que esta se encontra em estado precário (furos e rasgos) de utilização;
- Execução de passeio lateral por sobre a manta de PEAD que será instalada, em largura variável conforme encontrado no local, para sua proteção mecânica durante o tráfego/acesso dos operadores.
- Execução de uma camada de brita no entorno das lagoas LFE e LAE;

4.3.7.4.4.1 – <u>Tanques anaeróbios - TA</u>

Como a LAE não será considerada para efeito de eficiência no tratamento dos efluentes pela nova ETE, novos reatores anaeróbios foram projetados na forma de tanques anaeróbios cilíndricos de concreto armado, tal como considerado adequado pelo

responsável pelos projetos técnicos do novo Aterro Sanitário de Paracatu conforme justificado no subitem anterior.

Apesar da forma geométrica diferente, os tanques anaeróbios foram dimensionados seguindo-se todos os critérios estabelecidos para o dimensionamento de lagoas anaeróbias, conforme demonstrado a seguir:

- Taxa de aplicação volumétrica (L_V)
- Tempo de detenção hidráulica (t_1)
- Profundidade (h_1)

Para o dimensionamento dos tanques anaeróbios – TA's, adotou-se um L_V = 0,30 kgDBO/m³.dia e uma vazão média $Q_{E,ET.02}$ = 49,09 m³/dia, em final de plano, resultando nos cálculos demonstrados em planilha específica apresentada nos anexos deste PCA.

Como potencial de tratamento, adotou-se uma eficiência de 50% para os tanques anaeróbios TA. 01 e TA. 02 na remoção de DBO e de coliformes fecais – CF, seguindo um percentual normalmente utilizado para lagoas anaeróbias, o que resultou nas seguintes estimativas de concentração para os efluentes/percolados tratados nos referidos reatores:

Como resultado, foi prevista a instalação de 02 tanques cilíndricos de concreto com volume útil igual a 214,93 m^3 cada um, profundidade útil igual a 5,00 metros e diâmetro interno igual a 7,40 metros, conforme detalhado nos projetos técnicos deste PCA.

A seguir, são apresentados os resultados das verificações operacionais e das características dos efluentes tratados nos reatores projetados:

- Início de plano:
    - t_1 = 8,75 dias (tempo de detenção hidráulico)
    - S_1 = 1.091,60 mgDBO/litro (concentração de DBO efluente)
    - F_1 = 26,80 KgDBO/dia (carga orgânica efluente)
    - CF_1 = 5,00 x 10^{-3} organismos/100 ml (concentração de CF efluente)
- Final de plano:

- t_1 = 8,76 dias (tempo de detenção hidráulico)
- S_1 = 1.295,72 mgDBO/litro (concentração de DBO efluente)
- F_1 = 31,80 KgDBO/dia (carga orgânica efluente)
- CF_1 = 5,00 x 10^{-3} organismos/100 ml (concentração de CF efluente)

Os tempos de detenção hidráulica (t_1) encontrados mostraram-se pouco aquém dos parâmetros usuais em casos de tratamento de esgotos sanitários urbanos (3,0 a 6,0 dias), o que é justificado pela alta concentração de efluentes de aterros sanitários e afins. Em lagoas anaeróbias o tempo de detenção acima de 6,0 dias poderia, mesmo que improvável, potencializar o surgimento demasiado de algas e bactérias aeróbias e, por conseqüência, o aumento da produção de oxigênio, o que poderia prejudicar a degradação biológica pelas bactérias metanogênicas. Entretanto, no caso em questão foram projetados reatores dotados de laje de cobertura visando impedir a penetração de raios solares no seu interior, o que garantirá as condições anaeróbias mesmo nos períodos de baixas vazões.

4.3.7.4.4.2 – Lagoas facultativas LFE e LFP

O regime hidráulico utilizado para o dimensionamento da LFP e para verificação operacional da LFE previstas no presente projeto foi o do fluxo disperso, que atende tanto ao modelo de mistura completa quanto ao de fluxo em pistão, conforme apresentado em planilhas de cálculo e dimensionamento anexadas ao presente PCA.

Para dimensionamento da LFP foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de dimensionamento e cálculo:

- Taxa de aplicação superficial – LS = 200,00 kg/DBO.dia (dentro da faixa indicada para regiões de invernos e insolação moderados segundo SPERLING, 1996);
- Quanto à DBO particulada, em diversos sistemas de tratamento de efluentes em operação foram verificados valores da concentração de SS efluente igual a 100 mg/litro. Sabe-se que cada mg de SS gera uma DBO_5 de 0,30 a 0,40 mg/litro (MARA, 1995; SPERLING, 1996). Assim, a DBO particulada efluente $S_{2,\ PARTICULADA}$ foi estimada em 35 mgDBO/litro para o dimensionamento da LFP;

- A LFP será implantada concomitantemente com a etapa 02 do aterro sanitário e, portanto, será projetada segundo a vazão média em final de plano, a saber:
    - Vazão média no final de plano = $Q_{E,\ ET.02} \div 2 = 49,09 \div 2 = 24,55\ m^3/dia$
- Parâmetros geométricos iniciais adotados para a lagoa LFP:
    - Declividade dos taludes - i_{LFP} = 1:1 (V:H)
    - Profundidade total - $h_{LFP,TOTAL}$ = 2,0 m
    - Free-board = 0,50 m
    - Profundidade útil - h_{LFP} = 1,50 m
    - Relação entre comprimento e largura – $R_{LFP} = L_{LFP} / B_{LFP}$ = 4,0

A seguir, são apresentadas as demais configurações geométricas da LFP e os resultados das verificações operacionais e das características dos efluentes tratados nos reatores projetados:

- Parâmetros geométricos complementares:
    - Largura útil (a meia profundidade) – B_{LFP} = 21,50 m
    - Comprimento útil (a meia profundidade) - L_{LFP} = 81,50 m
    - Área útil média (a meia profundidade) - A_{LFP} = 21,50 x 81,50 = 1.752,25 m²
    - Volume útil - V_{LFP} = 1.752,25 x 1,50 = 2.628,38 m³
- Verificações operacionais e características dos efluentes tratados na LFP:
    - t_2 = 107,09 dias (tempo de detenção hidráulico)
    - $S_{2,SOLÚVEL}$ = 1,96 mgDBO/litro (concentração $DBO_{SOLÚVEL}$ efluente)
    - $S_{2,PARTICULADA}$ = 35,00 mgDBO/litro (concentração $DBO_{PARTICULADA}$ efluente)
    - $S_{2,TOTAL}$ = 36,96 mgDBO/litro (concentração DBO_{TOTAL} efluente)
    - CF_2 = 7,48 organismos/100 ml (concentração de CF efluente)
    - Eficiência na remoção de DBO:
        - $E_{LFP,\ DBO}$ = 96,61%
        - $E_{(TA.\ 02+LFP),\ DBO}$ = 98,57%

- Eficiência na remoção de coliformes fecais - CF:
  - $E_{LFP,\ CF}$ = 99,85%
  - $E_{(TA.\ 02+LFP),\ CF}$ = 99,93%

Para verificação operacional da LFE quanto à viabilidade de sua utilização na operação no novo Aterro Sanitário de Paracatu, foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros de dimensionamento e cálculo:

- Geometria aproximada da lagoa LFE, conforme constatado no levantamento planialtimétrico e cadastral realizado para elaboração do presente PCA e dos projetos técnicos correspondentes:
  - Declividade dos taludes - i_{LFE} = 1:3 (V:H)
  - Profundidade total - $h_{LFE,TOTAL}$ = 2,0 m
  - Free-board = 0,50 m
  - Profundidade útil - h_{LFE} = 1,50 m
  - Largura útil (a meia profundidade) – B_{LFE} = 18,00 m
  - Comprimento útil (a meia profundidade) - L_{LFE} = 68,60 m
  - Área útil média (a meia profundidade) - A_{LFE} = 18,00 x 68,60 = 1.234,80 m²
  - Volume útil - V_{LFE} = 1.234,80 x 1,50 = 1.852,20 m³
  - Relação entre comprimento e largura – $R_{LFE} = L_{LFE} / B_{LFE}$ = 3,81
- Assim como adotado para a LFP, a DBO particulada efluente $S_{2,\ PARTICULADA}$ foi estimada em 35 mgDBO/litro para o dimensionamento da LFP;
- Vazão média no início de plano = $Q_{E,\ ET.01} \div 2$ = 24,55 ÷ 2 = 12,28 m³/dia
- Vazão média no final de plano = $Q_{E,\ ET.02} \div 2$ = 49,09 ÷ 2 = 24,55 m³/dia



FIGURA 118 *– Lagoas anaeróbias e facultativas existentes (LAE e LFE).*

A seguir, são apresentados os resultados das verificações operacionais e das características dos efluentes tratados nos reatores projetados:

- Início de plano:
  - L_S = 217,07 kgDBO/ha.dia (taxa de aplicação superficial)
  - t_2 = 150,87 dias (tempo de detenção hidráulico)
  - $S_{2,SOLÚVEL}$ = 0,43 mgDBO/litro (concentração $DBO_{SOLÚVEL}$ efluente)
  - $S_{2,PARTICULADA}$ = 35,00 mgDBO/litro (concentração $DBO_{PARTICULADA}$ efluente)
  - $S_{2,TOTAL}$ = 35,43 mgDBO/litro (concentração DBO_{TOTAL} efluente)
  - CF_2 = 3,07 organismos/100 ml (concentração de CF efluente)
  - Eficiência na remoção de DBO:
    - $E_{LFE,\ DBO}$ = 96,75%
    - $E_{(TA.\ 01+LFE),\ DBO}$ = 98,38%
  - Eficiência na remoção de coliformes fecais - CF:
    - $E_{LFE,\ CF}$ = 99,85%
    - $E_{(TA.\ 01+LFE),\ CF}$ = 99,93%

- Final de plano:
    - L_S = 257,55 kgDBO/ha.dia (taxa de aplicação superficial)
    - t_2 = 75,46 dias (tempo de detenção hidráulico)
    - $S_{2,\ SOLÚVEL}$ = 8,23 mgDBO/litro (concentração $DBO_{SOLÚVEL}$ efluente)
    - $S_{2,\ PARTICULADA}$ = 35,00 mgDBO/litro (concentração $DBO_{PARTICULADA}$ efluente)
    - $S_{2,\ TOTAL}$ = 43,23 mgDBO/litro (concentração DBO_{TOTAL} efluente)
    - CF_2 = 19,90 organismos/100 ml (concentração de CF efluente)
    - Eficiência na remoção de DBO:
        - $E_{LFE,\ DBO}$ = 96,66%
        - $E_{(TA.\ 01+LFE),\ DBO}$ = 98,33%
    - Eficiência na remoção de coliformes fecais - CF:
        - $E_{LFE,\ CF}$ = 99,60%
        - $E_{(TA.\ 01+LFE),\ CF}$ = 99,80%

Como se pode observar, a LFE possui características adequadas para continuar sendo utilizada na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu principalmente pelos seguintes aspectos:

- As taxas de aplicação superficial L_S encontradas, iguais a 217,07 e 257,55 kgDBO/ha.dia para início e final de plano, respectivamente, são altamente satisfatórias para regiões similares à de Paracatu, aonde os invernos e a insolação podem ser caracterizados como de moderados a quentes, conforme recomendação de SPERLING, 1996;
- As concentrações de DBO e de CF encontradas se mostraram bem abaixo dos limites definidos pela Deliberação Normativa – DN nº. 010/1986 do COPAM e iguais a 60 mgDBO/litro e 1000 organismos/100 ml para lançamento de efluentes de qualquer natureza em cursos d'água classe 02 (classificação geral para cursos d'água não classificados especificamente de outra forma). Cabe ressaltar que estes limites foram considerados apenas a título comparativo e a favor da segurança, visto que os efluentes da ETE projetada não serão lançados em nenhum curso d'água e

sim dispostos em sumidouros devidamente projetados para tal finalidade conforme apresentado em tópico mais adiante.

A mesma conclusão é válida para a LFP projetada.

Os tempos de detenção hidráulica (t_2) estimados tanto para a LFP quanto para a LFE mostraram-se razoavelmente além da faixa usual adotada para tratamentos convencionais de esgotos domésticos (entre 15 e 45 dias), visto que no presente caso tratar-se-á efluentes com carga orgânica muito acima do convencional.

Para impermeabilização da LFE e da LFP, definiu-se pelos seguintes sistemas:

- A LFE deverá ser impermeabilizada com geomembrana de PEAD e=1,0 mm através da sua instalação sobreposta à manta de PVC atualmente existente, tanto no seu fundo como nos seus taludes;
- A LFP deverá ser impermeabilizada com a instalação de geomembrana de PEAD e=1,0 mm no seu fundo e taludes, conforme indicado nos projetos técnicos.

Sendo assim, verifica-se que o sistema de tratamento projetado e proposto atende às legislações pertinentes.

4.3.7.5 – Lançamento/disposição final dos efluentes tratados em sumidouros - S

A destinação final dos efluentes tratados pela nova ETE se dará em um sistema de sumidouros - S que serão controlados por caixas de passagem de efluentes – CPE's e por caixas de distribuição e controle de fluxo – CDF's, cujos detalhamentos estão apresentados nos projetos técnicos anexados ao presente PCA e o cujo dimensionamento é mostrado adiante.

Para o dimensionamento e projeto dos sumidouros em questão, foram feitas as seguintes considerações de projeto:

- Vazão média final de plano - $Q_{E,ET.02}$ = 49,09 m³/dia;
- Coeficiente de infiltração (k_i) = 60 litros/m².dia (adotado)

O valor de 60 litros/m².dia foi adotado para argilas arenosas, de consistência média a mole, com ocorrência de pedregulhos finos e de cor variada (marrom e branca) e a área de infiltração total dos sumidouros foi calculada através da seguinte formulação (DACAH, 1990):

Através da fórmula abaixo chegamos à área (A) desejada dos sumidouros:

$$A_{TOTAL} = \frac{Q_{med}}{k_i} = \frac{49.090\,litros/dia}{70\,litros/m^2 \times dia} = 701{,}29 m^2$$

Diante do resultado encontrado, definiu-se pela especificação e projeto de 08 sumidouros circulares com área efetiva de absorção de 102,27 m² cada um, sendo que deverão ser instalados 04 deles à jusante da LFE e os outros 04 à jusante da LFP.

Para o cálculo do diâmetro de cada sumidouro foi utilizada a fórmula abaixo:

$$A_{SUMIDOURO} = \frac{\pi D^2}{4} + \pi D h$$

Onde:

- $A_{SUMIDOURO}$ = Área para absorção do efluente em cada sumidouro
- D = Diâmetro da base de cada sumidouro
- h = Altura efetiva do sumidouro

Adotando-se um diâmetro de 6,0 metros, encontrou-se uma profundidade útil de 3,90 m para cada sumidouro, implicando numa área efetiva de absorção igual a Desta forma, foram projetados 04 sumidouros com diâmetro interno de 3,60 metros e profundidade útil de 3,70 metros, implicando numa área efetiva de absorção igual a 101,74 m² cada, conforme especificações indicadas nos projetos técnicos anexados ao presente PCA.

Especificou-se, ainda, que os sumidouros deverão ficar afastados entre si de no mínimo três vezes o seu diâmetro (DACAH, 1990), ou seja, a uma distância mínima de 18,00 metros

entre um e outro, conforme também foi obedecido nos projetos técnicos do empreendimento.

4.3.8 – Sistema de drenagem superficial de águas pluviais

Um sistema de drenagem superficial de águas pluviais foi projetado para ser instalado no novo Aterro Sanitário de Paracatu, visando o controle e a minimização de processos erosivos, o carreamento de particulados/sólidos finos para jusante do empreendimento e a minimização da entrada de água de chuva para o interior dos maciços de lixo aterrado (aterro sanitário e aterro controlado encerrado).

O sistema de drenagem foi proposto utilizando-se drenos e dispositivos definitivos e provisórios. Os drenos e dispositivos definitivos serão aqueles que permanecerão em uso mesmo após o término da vida útil do aterro. Por outro lado, os drenos e dispositivos provisórios serão aqueles que existirão apenas para proteger uma determinada etapa operacional ou executiva do empreendimento e serão executados ou eliminados conforme a necessidade observada pelos responsáveis pela operação e/ou implantação de etapas, unidades e/ou equipamentos.



FIGURA 119 *– Caixas de passagem – CP interligando drenos superficiais – DS e as descidas de águas superficiais – DAS. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

A seguir são relacionados os dispositivos de drenagem superficial previstos para instalação no novo Aterro Sanitário de Paracatu:

- Drenos superficiais em canaletas semicirculares de concreto pré-moldadas (DS e DAS);
- Bueiros em tubos/manilhas pré-moldadas de concreto (B);
- Caixas de passagem para mudança de declividades, diâmetros e de tipos de drenos (CP.1, CP.2, CP.3, CP.4 e CP.5);
- Canaletas triangulares de terra (DST);
- Sarjetas de terra nas estradas e vias internas (DSJ);
- Dissipadores de energia de águas pluviais (DAP);
- Bacias de contenção de sólidos finos (BCS).

As vazões de projeto foram calculadas pelo método racional e utilizando-se da seguinte formulação:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Onde:

- Q = Vazão de drenagem;
- C = Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- i = Intensidade da precipitação para um período de retorno de 10 anos e duração igual ao tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno;
- A = Área de influência da micro-bacia delimitada para determinado dreno.

A equação de Intensidade-Duração-Frequência - IDF para a precipitação no município de Paracatu foi obtida através de consulta ao livro “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”, elaborado e publicado pela COPASA/MG e Universidade Federal de Viçosa – UFV em parceria (2001), conforme mostrada adiante:

$$i = \frac{9.099{,}043.T^{0{,}184}}{(t + 49{,}164)^{1{,}125}}$$

Onde:

- i = Intensidade da precipitação para um período de retorno de 10 anos e duração igual ao tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno (em mm/hora);
- t = Duração da precipitação (em minutos);
- T = Período de retorno (em anos).

O tempo de concentração de cada micro-bacia foi determinado a partir da equação mostrada adiante, não sendo tomado menos do que 5,0 minutos, seguindo recomendação do “Manual de Drenagem do DNIT”.

$$t = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0{,}355}$$

Onde:

- t = Tempo de concentração da micro-bacia delimitada para determinado dreno (em minutos);
- L = Comprimento do dreno (em km);
- H = desnível do dreno (em metros).

O dimensionamento dos drenos foi realizado a partir da fórmula de Manning considerando-se a hipótese de escoamento uniforme em canal livre, a saber:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

- Q = Vazão (m^3/s);
- A = Área da seção transversal (m^2);
- R_h = Raio hidráulico (m);
- i = Declividade média (m/m);
- n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

Foram adotados os diâmetros nominais (mm) comercialmente encontrados para o dimensionamento dos drenos (400, 600, 800, 1000, 1200, etc.), estando os resultados apresentados nos anexos deste PCA na forma de planilhas e também indicadas nos projetos técnicos do empreendimento.



FIGURA 120 *– Drenos superficiais de águas pluviais permanentes, do tipo DS. (fonte: Aterro Sanitário de Uberlândia - LIMPEBRAS, 2009)*

4.3.9 – Estimativas de custos e de cronograma de implantação

Os custos estimados e o cronograma físico-financeiro para a implantação da etapa 01 do novo Aterro Sanitário de Paracatu estão apresentados nos anexos do presente PCA.

4.4 – PROJETOS TÉCNICOS

Os projetos técnicos detalhados do novo Aterro Sanitário de Paracatu estão apresentados em formatos e escalas adequadas como anexo do presente PCA, em volume/pasta separada.

5 – MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Neste tópico, serão apresentadas as medidas de controle ambiental que deverão ser promovidas para controle e mitigação dos impactos ambientais na implantação e operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu identificados e abordados no RCA correspondente ao presente PCA.

5.1 – NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO DA ETAPAS/OBRAS

A seguir, estão apresentados os procedimentos básicos que deverão ser tomados na implantação das obras/etapas previstas para o novo Aterro Sanitário de Paracatu, cujos projetos correspondentes, quando for o caso, estão apresentados em anexo ao presente PCA.

5.1.1 – No meio físico

5.1.1.1 – Recursos hídricos

Não haverá impactos negativos sobre mananciais de água superficial uma vez que estes não foram identificados dentro da AID do empreendimento.

Já quanto aos mananciais de água subterrânea, poderão ocorrer os seguintes impactos:

- A retirada da cobertura vegetal e a impermeabilização de grandes porções superficiais do terreno para instalação da unidade de aterragem do aterro sanitário, encerramento do aterro controlado e das demais unidades operacionais (edificações, estradas, etc.) do empreendimento, certamente afetará o regime de recarga dos aquíferos subterrâneos promovendo o consequente rebaixamento do nível das águas do lençol freático na sua AID e até mesmo a alteração local dos fluxos das águas subterrâneas;

- Contaminação das águas dos mananciais superficiais da AID do empreendimento por líquidos contaminantes (óleos, graxas, combustível, etc.) que porventura vazem dos veículos e equipamentos utilizados na implantação do empreendimento.

Estas ocorrências seriam consequentes de:

- Retirada indevida da cobertura vegetal do terreno;
- Impermeabilização superficial do terreno e supressão da cobertura da vegetação nos locais de instalação das unidades operacionais do empreendimento;
- Exposição excessiva e/ou inadequada de obras de terraplenagem de terra às intempéries;
- Falhas na operação e/ou manutenção dos veículos e equipamentos;
- Falta e/ou ineficiência de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais.

Para controle e minimização dos impactos ambientais junto aos corpos d'água subterrâneos implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Impermeabilização superficial do terreno somente nos locais previstos para cada uma das etapas de implantação do empreendimento;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Controle, operação e manutenção eficientes dos veículos e equipamentos utilizados nas obras.

5.1.1.2 – <u>interferências no solo</u>

Advindos dos diversos serviços de movimentação de terra/terraplenagem necessários à instalação das unidades do novo Aterro Sanitário de Paracatu, poderão ocorrer os seguintes impactos ambientais sobre o solo:

- Formação de processos erosivos em áreas de bota-fora de solo excedente das obras de corte e aterro em terreno natural;
- Instabilidade geotécnica de obras de corte e/ou aterro em solo natural.

Estas ocorrências seriam consequentes de:

- Retirada indevida da cobertura vegetal do terreno;
- Conformação de taludes de corte e/ou aterro com inclinações e/ou alturas máximas diferentes daquelas especificadas nos projetos;
- Ineficiência dos processos de compactação de aterros em solo natural;
- Exposição de obras de terraplenagem de terra às intempéries, sem a devida recomposição da cobertura vegetal;
- Criação de caminhos preferenciais devido à concentração do escoamento de águas pluviais pela falta de sistemas adequados de drenagem superficial.

Para controle e minimização dos impactos ambientais no solo na implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Instalação de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais, contemplando dispositivos provisórios e definitivos, para controle e minimização de processos erosivos;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;

- As obras de terraplenagem (corte ou aterro) em terreno natural deverão ser executadas conforme as especificações apresentadas no presente PCA e a seguir resumidas:
    - Execução de cortes definitivos em terreno natural para instalação de unidades e edificações do empreendimento na inclinação de 1:1 (V: H) e em alturas máximas de 5,0 m;
    - Execução de aterros definitivos com solo natural para instalação de unidades e edificações do empreendimento na inclinação de 2:3 (V: H), em alturas máximas de 5,0 m e obedecendo-se uma energia de compactação de 100% do Proctor Normal;
    - Execução e manutenção permanente do Aterro de Bota-fora operacional – BF com taludes de aterro conformados com declividade igual a 1:3 (V: H), altura máxima de 6,0 m por sobre o maciço AC do aterro controlado encerrado e obedecendo-se uma energia de compactação de 80% do Proctor Normal.
- Controle, operação e manutenção eficientes dos veículos e equipamentos utilizados nas obras a fim de se evitar o vazamento de óleos, combustíveis e graxas.

5.1.1.3 – Poluição sonora

Nas obras de implantação e/ou ampliação de unidades operacionais do empreendimento, poderá ocorrer uma elevação do nível de emissão de ruídos na área e na direção da sua AID devido ao funcionamento dos veículos e demais equipamentos utilizados na execução dos serviços.

Tal impacto será minimizado pelos fatos de que não há nenhuma comunidade instalada no entorno do empreendimento e de que os principais serviços (terraplenagens, etc.) serão executados no interior da área e a grandes distâncias das suas divisas.

Portanto, os ruídos serão restringidos à ADA do empreendimento e afetarão principalmente os funcionários responsáveis pela execução das obras e a fauna local através da sua afugentação.

Para controle e minimização da poluição sonora na implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na execução das obras;
- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os operadores responsáveis pela implantação do empreendimento, principalmente de protetores auriculares;
- Execução das obras somente no período diurno.

5.1.1.4 – Poluição atmosférica

Nas obras de implantação e/ou ampliação de unidades operacionais do empreendimento, haverá, fatalmente, a geração e emissão de particulados (poeira) para a atmosfera, causadas, principalmente, pelos seguintes motivos:

- Haverá um acréscimo no volume de tráfego de veículos e equipamentos na execução dos serviços, implicando no aumento da poeira nas estradas dotadas de pavimentação primária;
- Haverá a geração de poeira / particulado proveniente dos serviços de escavação, carga, descarga e transporte de terra para realização das obras.

Pelos mesmos motivos indicados quanto à poluição sonora, os impactos do tipo “poluição atmosférica” serão também serão restringidos à ADA do empreendimento e afetarão principalmente os funcionários responsáveis pelas obras e a fauna local.

Para controle e minimização da poluição atmosférica na implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na execução das obras;

- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os operadores responsáveis pela implantação do empreendimento, principalmente de máscaras;
- Umidecimento contínua das vias de acesso internas ou externas ao empreendimento dotadas de pavimentação primária (cascalho, etc.).

5.1.1.5 – Poluição visual

As obras de implantação inicial e das etapas posteriores do novo Aterro Sanitário de Paracatu causarão reduzido impacto visual na vizinhança visto a sua localização distante de comunidades populacionais e a existência de uma cortina verde arbórea consideravelmente densa em todo o entorno da área.

Portanto, praticamente só os operários terão acesso visual às obras de instalação do empreendimento.

Para controle e minimização da poluição visual na implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Cobertura de solo solto estocado para execução de obras utilizando-se de lona.

5.1.2 – No meio biótico

5.1.2.1 – Na flora

Nas fases de instalação das etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu fatalmente ocorrerão impactos diretos na flora local através da supressão de vegetação para execução das unidades previstas para o empreendimento, tais como:

- Abertura de picadas e acessos para instalação do canteiro de obras;
- Disposição e/ou armazenamento
- Limpeza do terreno para instalação das edificações, estradas, unidade de aterragem e demais dispositivos operacionais e/ou de controle/monitoramento do empreendimento, implicando em raspagem de vegetação rasteira, corte de indivíduos arbóreos e arbustivos, etc.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Armazenamento provisório de solo excedente da implantação das etapas do empreendimento exclusivamente no Aterro de Bota-fora – BF projetado na forma dos maciços BF. 01 e BF. 02 por sobre o maciço AC e também a utilização do material terroso/solo ali depositado para recobrimento diário e final dos RSU.

5.1.2.2 – Na fauna

Na fase de instalação das etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu poderão acontecer os seguintes impactos sobre a fauna local de uma forma geral:

- Eliminação ou caça de animais em geral pelos trabalhadores responsáveis pela execução das obras, pois se sabe da grande atração que os seres humanos têm por animais, principalmente de mamíferos e aves para fins de alimentação ou cativeiro;
- O tráfego intenso de veículos e equipamentos pesados no interior da área durante a execução das obras poderá provocar a morte e/ou a afugentação de animais;
- Da mesma forma, a fauna em questão poderá ser incomodada pela movimentação das máquinas, veículos e equipamentos gerando um estresse adicional aos animais;
- Possíveis locais de nidificação das aves na época reprodutiva (setembro a março) também poderão ser afetados pela execução das obras.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos.
- Instalação e manutenção de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais;
- Promoção de campanhas de educação ambiental junto aos operários responsáveis pelas obras sobre a importância de não se promover a caça de animais silvestres e de se preservar os seus habitats naturais.

5.1.3 – No meio antrópico

Primeiramente, deve-se ressaltar que não haverá nenhum tipo de desapropriação e/ou remoção de pessoas ou empresas para instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu na área em estudo, visto que a área já é de propriedade da Prefeitura Municipal de Paracatu.

Além disto, não se espera a desvalorização dos terrenos localizados no entorno da sua área de instalação, pois a mesma já é utilizada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados e coletados em Paracatu na forma de um aterro controlado, assim como também já funcionou anteriormente como um aterro sanitário. Por outro lado, poderá haver

uma instabilidade social gerada junto à comunidade de Paracatu sobre o tipo de atividade que será desenvolvida no empreendimento naquele local.

O trânsito de veículos e equipamentos pesados no decorrer da implantação do empreendimento em vias asfaltadas e de terra causará poluição sonora devido ao ruído de seus motores, poluição atmosférica pela emissão de gases pelos veículos e de particulados/poeira junto aos trechos dotados somente de revestimento primário.

Dentro do canteiro de obras, além da movimentação de caminhões, haverá também a movimentação de máquinas pesadas fazendo a remoção, transporte e recolocação de solo, provocando, ainda, vibrações, ruídos e suspensão de particulados/poeira.

Os impactos correspondentes à poluição sonora e atmosférica serão minimizados pelo fato de que a área se localiza na zona rural do município e longe de comunidades urbanas consolidadas e serão restringidos quase que somente ao local de execução dos serviços, ou seja, à ADA do empreendimento, tendo como principais impactados os funcionários responsáveis pela execução das obras.

Em relação aos profissionais responsáveis pela implantação do empreendimento também poderá ocorrer impactos negativos caracterizados principalmente pela possibilidade de ocorrência de acidentes durante as obras.

Positivamente, para a execução das obras de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu em suas diversas etapas será necessária a contratação de mão-de-obra para tal finalidade o que implicará em geração de emprego e renda para a comunidade do município de Paracatu.

Quanto aos impactos esperados pelo aumento do tráfego de veículos e equipamentos pesados durante as obras, observa-se que estes serão minimizados pela existência de um sistema viário consideravelmente adequado para tal finalidade e devidamente projetado para grandes fluxos de veículos e que permite o acesso ao local de instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Utilizar mão de obra proveniente preferencialmente do município de Paracatu;

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na execução das obras;
- Umedecimento contínuo das vias de acesso internas/ou externas ao empreendimento dotadas de pavimentação primária (cascalho, etc.);
- Execução das obras somente no período diurno visando a minimização da poluição sonora;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Instalação e manutenção de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais;
- Obediência na sinalização viária externa pelos caminhões e outros veículos que porventura forem ser utilizados nas obras;
- Sinalização sobre as obras do empreendimento nas suas proximidades.
- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os operadores responsáveis pela implantação do empreendimento, principalmente de máscaras, botas, luvas, protetores auriculares, uniformes, perneiras, etc.;
- Treinamento dos funcionários quanto procedimentos de segurança do trabalho;
- Promoção de campanhas de esclarecimento junto à comunidade do município de Paracatu sobre sua implantação do empreendimento e sobre a sua importância.

5.1.4 – Encerramento do atual aterro controlado

O presente projeto contempla também o encerramento definitivo do atual aterro controlado do município que implicará em diversos impactos positivos no meio ambiente, a saber:

- Encerramento definitivo de um modelo não adequado (aterro controlado) para o tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Paracatu;

- Eliminação de focos de atração de animais buscando alimentação em meio ao lixo aterrado no atual aterro controlado;
- Minimização dos impactos visuais inerentes à disposição de resíduos na foram de um aterro controlado;
- Minimização da probabilidade de contaminação do solo por chorume/percolados porventura mal controlados;
- Minimização de processos erosivos causados por falta de dispositivos de drenagem superficial e de recomposição vegetal adequados;
- Minimização da probabilidade de contaminação das águas do lençol freático por chorume/percolados porventura mal controlados.

Para tanto, foram propostas as seguintes medidas de controle ambiental, medidas estas já detalhadas em tópicos anteriores deste PCA:

- Encerramento das valas de aterragem de resíduos dos serviços de saúde – RSS e de carcaças de animais mortos – AM;
- Reconformação geométrica do maciço de lixo existente nos moldes do maciço AC;
- Instalação de drenos horizontais de percolados – DPB-AC em todo o entorno do maciço AC e de uma caixa de inspeção e acumulação de percolados – CIP-AC com a finalidade de drenar os percolados/chorume gerados naquela massa de lixo e de encaminhá-los à nova ETE para o seu devido tratamento;
- Recomposição da cobertura vegetal da área com a utilização de técnicas de hidrossemeadura;
- Instalação de dispositivos de drenagem superficial no local;
- Proibição da disposição final de lixo no maciço conformado;
- Utilização do maciço AC com área de instalação do Aterro de Bota-fora operacional – BF que terá a finalidade de armazenamento de solo excedente das obras de implantação das etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu e também de fornecimento de material terroso/solo necessário ao recobrimento diário e final dos RSU durante toda a vida útil do empreendimento.

5.2 – NA OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A seguir, estão apresentados os procedimentos básicos que deverão ser tomados na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, cujos projetos correspondentes, quando for o caso, estão apresentados em anexo ao presente PCA.

5.2.1 – No meio físico

5.2.1.1 – Recursos hídricos

Não haverá impactos negativos sobre mananciais de água superficial uma vez que nenhum destes recursos hídricos foi identificado dentro da AID do empreendimento.

Já quanto aos mananciais de água subterrânea, poderão ocorrer os seguintes impactos:

- Contaminação das águas dos mananciais subterrâneos da AID do empreendimento por líquidos contaminantes (óleos, graxas, combustível, etc.) que porventura vazem dos veículos e equipamentos utilizados na operação do empreendimento.
- Contaminação das águas dos mananciais subterrâneos da AID do empreendimento por líquidos percolados/chorume gerados na unidade de aterragem ou por esgotos domésticos oriundos das edificações operacionais e administrativas.

Estas ocorrências seriam consequentes de:

- Má execução ou falta de manutenção dos sistemas de impermeabilização e de drenagem interna de percolados/chorume da unidade de aterragem e do sistema de coleta de efluentes (percolados e efluentes domésticos);
- Falhas nos procedimentos operacionais de aterragem (compactação, recobrimento, etc.) dos resíduos na unidade de aterragem;
- Falhas nos processos de conformação geotécnica e geométrica de cortes e/ou aterros em terreno natural e dos maciços de resíduos da unidade de aterragem, implicando em instabilidade geotécnica dos serviços executados;

- Falhas na operação e/ou manutenção dos veículos e equipamentos;
- Falta e/ou ineficiência de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais.
- Retirada indevida da cobertura vegetal do terreno em locais não previstos pelo projeto e falta de recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte ou aterro em solo natural e dos taludes dos maciços de lixo acabados;
- Exposição excessiva e/ou inadequada de obras de terraplenagem de terra às intempéries.

Para controle e minimização dos impactos ambientais junto aos corpos d'água subterrâneos na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Impermeabilização superficial do terreno somente nos locais previstos para cada uma das etapas de implantação do empreendimento;
- Monitoramento da qualidade e do nível das águas do lençol freático através de poços de monitoramento/piezômetros (PMT's) que serão instalados especificamente para tal finalidade e do poço artesiano existente;
- Instalação, manutenção e monitoramento dos sistemas de impermeabilização de base, de drenagem, coleta, transporte e de tratamento (ETE) de efluentes gerados no empreendimento (percolados/chorume e esgotos domésticos;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Cobertura de solo solto estocado para recobrimento diário ou final dos resíduos utilizando-se de lona;
- Realização de procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, espessura da camada de recobrimento diário e final, etc.;

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na execução das obras.

5.2.1.2 – <u>interferências no solo</u>

Advindos dos diversos serviços de movimentação de terra/terraplenagem necessários à operação do empreendimento, poderão ocorrer os seguintes impactos ambientais:

- Formação de processos erosivos em áreas de bota-fora de solo excedente das obras de corte e aterro em terreno natural;
- Instabilidade geotécnica de obras de corte e/ou aterro em solo natural;
- Contaminação das águas dos mananciais subterrâneos da AID do empreendimento por líquidos contaminantes (óleos, graxas, combustível, etc.) que porventura vazem dos veículos e equipamentos utilizados na operação do empreendimento.
- Contaminação das águas dos mananciais subterrâneos da AID do empreendimento por infiltração no solo de líquidos percolados/chorume gerados na unidade de aterragem ou por esgotos domésticos oriundos das edificações operacionais e administrativas;
- Carreamento de partículas sólidas e conseqüente assoreamento de mananciais de água superficial.

Estas ocorrências seriam conseqüentes de:

- Má execução ou falta de manutenção dos sistemas de impermeabilização e de drenagem interna de percolados/chorume da unidade de aterragem e do sistema de coleta de efluentes (percolados e efluentes domésticos);
- Falhas nos procedimentos operacionais de aterragem (compactação, recobrimento, etc.) dos resíduos na unidade de aterragem;
- Falhas nos processos de conformação geotécnica e geométrica de cortes e/ou aterros em terreno natural e dos maciços de resíduos da unidade de aterragem, implicando em instabilidade geotécnica dos serviços executados;
- Falhas na operação e/ou manutenção dos veículos e equipamentos;

- Falta e/ou ineficiência de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais.
- Retirada indevida da cobertura vegetal do terreno em locais não previstos pelo projeto e falta de recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte ou aterro em solo natural e dos taludes dos maciços de lixo acabados.

Para controle e minimização dos impactos ambientais no solo na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Instalação de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais, contemplando dispositivos provisórios e definitivos, para controle e minimização de processos erosivos;
- Instalação, manutenção e monitoramento dos sistemas de impermeabilização de base, de drenagem, coleta, transporte e de tratamento (ETE) de efluentes gerados no empreendimento (percolados/chorume e esgotos domésticos;
- Instalação de marcos de controle geotécnico (MTA e MTT) para monitoramento geotécnico de cortes e aterros em terreno natural e dos maciços de lixo da unidade de aterragem;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- As obras de terraplenagem (corte ou aterro) em terreno natural deverão ser executadas conforme as especificações apresentadas nos presente PCA e a seguir resumidas:
    - Execução de cortes definitivos em terreno natural para instalação de unidades e edificações do empreendimento na inclinação de 1:1 (V: H) e em alturas máximas de 5,0 m;
    - Execução de aterros definitivos com solo natural para instalação de unidades e edificações do empreendimento na inclinação de 2:3 (V: H), em alturas

máximas de 5,0 m e obedecendo-se uma energia de compactação de 100% do Proctor Normal;

- Execução e manutenção permanente do Aterro de Bota-fora operacional – BF com taludes de aterro conformados com declividade igual a 1:3 (V: H), altura máxima de 6,0 m por sobre o maciço AC do aterro controlado encerrado e obedecendo-se uma energia de compactação de 80% do Proctor Normal.

- Controle, operação e manutenção eficientes dos veículos e equipamentos utilizados na operação do empreendimento a fim de se evitar o vazamento de óleos, combustíveis e graxas.
- Realização de procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, espessura da camada de recobrimento diário e final, etc.

5.2.1.3 – Poluição sonora

A operação do empreendimento dependerá do funcionamento de equipamentos e veículos pesados, tanto nos procedimentos de transporte de resíduos quanto nos seus procedimentos de aterragem diária e de manutenção do local.

Portanto, verifica-se que a operação do empreendimento, dentro do seu horário de funcionamento, implicará na elevação do nível de ruídos dentro da sua área e na direção da sua AID, apesar de se esperar que tal alteração na pressão sonora somente será sentida nas proximidades da frente operacional das unidades de aterragem e, mesmo assim, mantendo os níveis de ruídos indicados pela legislação e normas técnicas vigentes.

Tal impacto será minimizado pelo fato de que a área se localiza na zona rural e longe de comunidades urbanas consolidadas.

Portanto, os ruídos afetarão de forma mais direcionada a ADA do empreendimento e, por conseguinte, os funcionários responsáveis pela sua operação direta e fauna local causando a sua afugentação.

Para controle e minimização da poluição sonora na implantação das obras/etapas do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na operação do empreendimento;
- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os operadores responsáveis pela implantação do empreendimento, principalmente de protetores auriculares;
- Operação do empreendimento somente no período diurno.

5.2.1.4 – Poluição atmosférica

No decorrer da operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu haverá a geração e a emissão dos seguintes efluentes atmosféricos e particulados:

- Poeira proveniente do tráfego contínuo de veículos e equipamentos transportando resíduos para junto da frente operacional da unidade de aterragem;
- Poeira proveniente de escavações, carga, transporte, descarga e compactação de solo natural para recobrimento dos resíduos;
- Emanação de odores desagradáveis oriundos da biodegradação dos resíduos, em especial da sua fração orgânica;
- Geração de gases no interior dos maciços de resíduos aterrados decorrentes da biodegradação natural dos mesmos (CH_4, CO, CO_2, O_2, etc.), promovendo impactos no meio ambiente de uma forma global tal como o efeito-estufa.

Mais uma vez, observa-se a ocorrência de um impacto mais direcionado aos trabalhadores e operadores do empreendimento (ADA) e em menor escala na direção da sua AID, visto que a área se localiza na zona rural e bem longe de comunidades urbanas consolidadas.

Além disto, várias medidas de controle e minimização destes impactos serão implantadas no novo Aterro Sanitário de Paracatu, tal como o umedecimento periódico das vias de acesso internas e o controle da qualidade e o tratamento dos gases emanados pelos drenos de gases instalados nas unidades de aterragem, dentre outras.

Para controle e minimização da poluição atmosférica na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados operação do empreendimento;
- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os operadores responsáveis pela implantação do empreendimento, principalmente de máscaras;
- Realização de procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, espessura da camada de recobrimento diário e final, etc.;
- Umidecimento contínua das vias de acesso internas ou externas ao empreendimento dotadas de pavimentação primária (cascalho, etc.);
- Instalação e monitoramento dos drenos de gases e percolados (DGP) quanto à emissão de gases, promovendo a sua queima quando for observada a sua geração.

5.2.1.5 – Poluição visual

Em um empreendimento destinado ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos, fatalmente haverá problemas de impacto visual, mesmo que seja pontual, junto à sua frente operacional diária, por melhor que sejam os procedimentos operacionais adotados.

Portanto, é de se esperar que haja a ocorrência, mesmo que de forma reduzida, de impactos visuais locais, que poderão ser minimizados através de uma aterragem criteriosa dos resíduos, da revegetação de taludes definitivos com grama, da manutenção de um paisagismo dentro da área do empreendimento e da instalação de cortinas verdes no seu entorno.

Para controle e minimização da poluição visual na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;

- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Revegetação de taludes definitivos dos maciços de lixo aterrado finalizados através do plantio de grama batatais em placas;
- Instalação de cerca-viva (em Sansão-do-campo) complementar e parcial junto à cerca de divisa frontal de entrada do empreendimento cujo intuito será a minimização da visualização interna do empreendimento a partir daquele local;
- Instalação e manutenção de paisagismo no entorno do prédio administrativo e da entrada do empreendimento;
- Cobertura de solo solto estocado para execução de obras utilizando-se de lona;
- Conformação dos serviços de terraplenagem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, etc.

5.2.2 – No meio biótico

5.2.2.1 – Na flora

O impacto à flora local no decorrer da operação do empreendimento poderá ocorrer das seguintes formas:

- Retirada indevida da cobertura vegetal do terreno em áreas de empréstimo e em locais não previstos em projeto e a respectiva falta de recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte ou aterro em solo natural;
- Em caso de falhas nos sistemas de impermeabilização e drenagem de percolados/chorume gerados na unidade de aterragem e nos sistema de coleta e transporte de esgotos domésticos, poderá haver a alteração da qualidade do substrato onde a vegetação está estabelecida, o que poderá acarretar, em caso de contaminação excessiva do solo, a eutrofização e a geração de condições anaeróbias que, dependendo das suas concentrações, poderão intoxicar e sufocar as raízes que alcancem o nível de contaminação, respectivamente.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Utilização de material terroso/solo proveniente exclusivamente do Aterro de Bota-fora – BF projetado na forma dos maciços BF. 01 e BF. 02 por sobre o maciço para recobrimento diário e final dos RSU ou de Resíduos de Construção Civil – RCC, sendo estes últimos somente para operação do empreendimento e nunca para disposição final.
- Instalação, manutenção e monitoramento dos sistemas de impermeabilização de base, de drenagem, coleta, transporte e de tratamento (ETE) de efluentes gerados no empreendimento (percolados/chorume e esgotos domésticos).

5.2.2.2 – <u>Na fauna</u>

Deve-se chamar a atenção sobre a possibilidade de eliminação ou caça de mamíferos ou aves durante a operação do empreendimento pelos seus operadores diários, visto que os animais podem ser vistos como “empecilhos” para o funcionamento do aterro. Sabe-se, ainda, do grande atrativo que esses animais, principalmente as aves, exercem sobre a população de forma que a possibilidade de caça dos mesmos para fins de cativeiro precisa ser considerada. Tais ações poderão promover a migração de espécies animais para regiões do entorno. No processo de deslocamentos, as espécies que apresentam maior plasticidade ambiental, e que frequentam ambientes abertos têm maior possibilidade de êxito na fuga e conquista de um novo ambiente.

Da mesma forma, a fauna em questão poderá se ressentir pela movimentação das máquinas durante as atividades cotidianas do aterro, gerando um estresse adicional aos animais. O tráfego intenso de veículos e equipamentos pesados no interior da área durante a sua operação também poderá provocar a morte e/ou a afugentação de animais.

Possíveis locais de nidificação das aves na época reprodutiva (setembro a março) também poderão ser afetados.

Deve-se salientar, ainda, que a disposição inadequada de resíduos, principalmente se a sua devida cobertura, poderá causar problemas para a saúde dos animais caso estes utilizem daqueles como fonte de recurso alimentar, devendo os cuidados para que isso não ocorra serem diários e constantes. A drenagem, coleta, transporte e tratamento adequados dos efluentes gerados no empreendimento (percolados/chorume gerados na unidade de aterragem e esgotos domésticos) também se mostram de grande importância para a preservação da fauna como um todo.

A execução ineficiente dos procedimentos de aterragem dos resíduos ainda poderá atrair animais que normalmente não habitariam a região, principalmente daqueles que se alimentam preferencialmente de matéria orgânica em decomposição. Neste sentido, haverá competição de espaço para as aves oportunistas, tal como o urubu (*Coragyps atratus) e* a garça-branca-pequena (*Egreta thula*), que implicará, naturalmente, na afugentação das espécies mais sensíveis para as matas vizinhas à área. O controle do tempo de exposição do lixo antes de ser aterrado é importante, uma vez que o lixo pode atrair pequenos roedores para a área, e conseqüentemente atraindo serpentes que são seus predadores naturais.

Felizmente os impactos contra a fauna local será minimizado pela preservação de grandes áreas dotadas de vegetação nativa da região e, principalmente, da mata (Cerradão) existente na porção sul do terreno aonde será delimitada e averbada a sua Reserva Legal, nas quais os animais poderão sobreviver e permanecer durante a operação do empreendimento uma vez que oferecem locais adequados para nidificação, abrigo e recursos alimentares. Cabe informar ainda que a vegetação nativa a ser preservada permitirá a formação de corredores ecológicos interligando a porção sul do terreno (Reserva Legal) com as demais regiões da área e do seu entorno.

Dessa forma, os impactos esperados sobre a fauna serão apenas quantitativos, não ocasionando alterações qualitativas, uma vez que grandes porções de vegetação nativa serão preservadas e continuarão tendo considerável representação na área e no seu entorno.

De uma forma geral, na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu poderão acontecer os seguintes impactos sobre a fauna local de uma forma geral:

- Eliminação ou caça de animais em geral pelos trabalhadores responsáveis pela operação do empreendimento, pois se sabe da grande atração que os seres humanos têm por animais, principalmente de mamíferos e aves para fins de alimentação ou cativeiro;
- O tráfego intenso de veículos e equipamentos pesados operacionais no interior da área poderá provocar a morte e/ou a afugentação de animais;
- Da mesma forma, a fauna em questão poderá ser incomodada pela movimentação das máquinas, veículos e equipamentos gerando um estresse adicional aos animais;
- Atração de aves e de outros animais buscando alimentação na massa de lixo devido a procedimentos inadequados de aterragem dos resíduos causando afugentação de outros animais;
- Possíveis locais de nidificação das aves na época reprodutiva (setembro a março) também poderão ser afetados.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Remoção da cobertura vegetal do terreno somente nas áreas de instalação das unidades operacionais, dos canteiros de obras e de bota-fora e/ou empréstimo;
- Revegetação de taludes definitivos de corte/aterro em solo natural;
- Campanhas de educação ambiental deverão ser realizadas enfocando como temas a importância de não se promover a caça de animais silvestres, a importância de se preservar os seus habitas naturais e os possíveis impactos que a atividade “aterro sanitário” exerce sobre a fauna local;
- Instalação e manutenção de sistemas de drenagem superficial de águas pluviais;
- Instalação, manutenção e monitoramento dos sistemas de impermeabilização de base, de drenagem, coleta, transporte e de tratamento (ETE) de efluentes gerados no empreendimento (percolados/chorume e esgotos domésticos);
- Cercamento da área da ETE com tela galvanizada e mourões de concreto na altura de 2,0 m;
- Monitoramento, controle e afugentação dos animais porventura atraídos para o local devido à aterragem de resíduos na unidade de aterragem;

- Realização, controle e monitoramento contínuo e diário dos procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, espessura da camada de recobrimento diário e final, etc.

5.2.3 – No meio antrópico

Os impactos de cunho social relacionados à desaprovação de comunidades quanto à instalação do novo Aterro Sanitário de Paracatu na área em estudo podem ser considerados mínimos visto a sua localização na zona rural e longe de comunidades urbanas consolidadas.

Na fase de operação do empreendimento observar-se-á o tráfego externo e interno ao empreendimento de caminhões transportando os resíduos sólidos coletados no município e a movimentação de veículos e máquinas pesadas no seu interior para os procedimentos de aterragem dos resíduos e de manutenção do empreendimento.

As estradas externas que dão acesso ao aterro são praticamente todas pavimentadas, com exceção de um trecho de aproximadamente 600 metros dotado de revestimento primário, e em sua maioria são vias amplas e adequadas ao tráfego intenso de veículos pesados.

Os impactos correspondentes à poluição sonora e atmosférica também serão minimizados pela localização da área na zona rural e longe de comunidades urbanas, restringindo-se quase que somente ao local de execução dos serviços e, por conseguinte, afetando de forma mais direcionada a ADA do empreendimento e os funcionários responsáveis pela execução das obras.

Haverá ainda a geração de gases provenientes da biodegradação dos resíduos aterrados e que, além de contribuírem para o efeito estufa, emanam odores desagradáveis ao olfato humano e possuem características de combustão que podem causar acidentes se não adotados os devidos procedimentos de segurança. Neste sentido, estes impactos serão minimizados através da instalação e da operação de dispositivos de drenagem e tratamento (queima, a princípio) dos gases coletados/gerados (DGP – drenos verticais de gases e percolados) e do recobrimento diário e eficiente dos resíduos dispostos na unidade de

aterragem.

Visto a localização do novo Aterro Sanitário de Paracatu dentro da Área de Segurança Aeroportuária do aeródromo do município, mesmo que fora dos limites e gabaritos do seu Plano Básico de Zona de Proteção, deverão ser tomados cuidados especiais e constantes para que não haja a atração de aves para o local, motivada pela existência de fontes de alimentação para estes indivíduos, principalmente, quanto aos urubus, garças e outros que se alimentam de matéria orgânica em decomposição e/ou de insetos que por ela são atraídos. Neste sentido, deverão ser adotados procedimentos operacionais específicos para controle e monitoramento quanto à atração destas aves para dentro do empreendimento, tal como especificados em tópico anterior deste PCA.

Em relação aos profissionais responsáveis pela operação do empreendimento também poderá ocorrer impactos negativos caracterizados, principalmente, pela possibilidade de ocorrência de acidentes e pela exposição diária com resíduos sólidos urbanos e com os seus efluentes líquidos e gasosos.

Positivamente, ocorrerá a geração de emprego e renda para a comunidade de Paracatu na forma de oportunidades de trabalho na operação do novo Aterro Sanitário. Para o município, haverá um acréscimo na sua arrecadação de impostos através do repasse por parte do Governo Estadual da parcela adicional do ICMS “Ecológico”.

Ainda de cunho positivo, a operação do empreendimento em questão proporcionará o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em Paracatu de forma técnica e ambientalmente adequadas e contribuindo, assim, para a manutenção das condições satisfatórias do saneamento básico do município, para a melhoria da saúde da sua população e para a proteção do meio ambiente como um todo.

Para controle e minimização destes impactos, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Operação somente no período diurno visando a minimização da poluição sonora;
- Operação do empreendimento nos moldes da legislação ambiental vigente;
- Utilizar mão de obra proveniente preferencialmente do município de Paracatu.
- Manutenção apropriada dos veículos e equipamentos utilizados na operação do empreendimento;

- Umedecimento contínuo das vias de acesso internas ou externas ao empreendimento dotadas de pavimentação primária (cascalho, etc.);
- Realização de procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, espessura da camada de recobrimento diário e final, etc.;
- Controle e monitoramento constante e diário da atração de avifauna motivada pela existência de lixo exposto;
- Instalação e monitoramento dos drenos de gases e percolados (DGP) quanto à emissão de gases, promovendo a sua queima quando for observada a sua geração.
- Disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletiva para os responsáveis pela operação do empreendimento e para os seus visitantes, principalmente de máscaras, botas, luvas, protetores auriculares, uniformes, perneiras, etc.;
- Treinamentos periódicos para os funcionários visando melhorias dos serviços e a inexistência de acidentes de trabalho;
- Vacinação periódica e consultas médicas semestrais para todos os funcionários;
- Retirada da cobertura vegetal somente nas áreas de intervenção direta para implantação das obras previstas naquela fase e/ou etapa;
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e/ou aterro em terreno natural logo após o término dos serviços e conforme indicações dos projetos técnicos;
- Revegetação de taludes definitivos dos maciços de lixo aterrado finalizados através do plantio de grama batatais em placas;
- Cobertura de solo solto estocado para execução de obras utilizando-se de lona;
- Conformação dos serviços de terraplenagem seguindo as especificações de projeto quanto à geometria, declividades de taludes, grau de compactação, etc.
- Obediência na sinalização viária externa pelos caminhões coletores de lixo e de outros veículos que porventura forem ser utilizados na operação do empreendimento;

- Sinalização sobre a localização e sobre a atividade desenvolvida no empreendimento nas suas proximidades;
- Promoção de campanhas de esclarecimento junto à comunidade do município de Paracatu sobre sua implantação do empreendimento e sobre a sua importância.

6 – PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Deverá ser realizado um monitoramento ambiental e operacional contínuo e periódico do novo Aterro Sanitário de Paracatu durante as suas fases de implantação, ampliação e operação e por toda a sua vida útil, conforme o plano de monitoramento indicado nos tópicos adiante.

6.1 – ASPECTOS GERAIS PARA REALIZAÇÃO DOS MONITORAMENTOS

Para que se possa promover a adequada correlação entre as informações, resultados e/ou conclusões obtidas através dos diversos monitoramentos que deverão ser realizados, todos os trabalhos a serem desenvolvidos deverão ser georeferenciados ao levantamento planialtimétrico e cadastral da área.

Para todos os monitoramentos, sejam eles geotécnicos, de efluentes líquidos e gasosos, de águas superficiais ou subterrâneas ou de qualquer outra natureza, deverão ser registrados, inclusive nos laudos das análises, o nome/denominação do local ou ponto de coleta e/ou amostragem e as suas coordenadas geográficas (UTM) devidamente georeferenciadas com os marcos topográficos fixos (MTT's) que serão instalados em terreno natural na área no empreendimento e em consonância com o levantamento planialtimétrico e cadastral citado no parágrafo anterior.

Todos os procedimentos de monitoramento deverão ser acompanhados de memorial fotográfico e os seus relatórios deverão ser devidamente arquivados pela Prefeitura e também encaminhados ao órgão ambiental estadual nas periodicidades determinadas pela legislação ambiental vigente.

Os monitoramentos, de qualquer natureza, deverão ser realizados nos seguintes períodos do ano:

- Os monitoramentos de freqüência semestral deverão ser realizados nos meses de fevereiro e agosto;

- Os monitoramentos de freqüência anual deverão ser realizados nos meses de agosto de cada ano;
- Por consequência, os monitoramentos de freqüências inferiores a 06 meses, deverão ser realizados de modo que haja coleta nos meses de fevereiro e agosto;
- No decorrer da operação do empreendimento a quantidade de pontos de monitoramento, as suas localizações e a periodicidade de amostragem poderão sofrer alterações, conforme os resultados obtidos no presente plano de monitoramento.

As amostragens e análises necessárias ao monitoramento da qualidade das águas dos mananciais existentes na AID do empreendimento e/ou de seus efluentes líquidos deverão seguir as normas, padrões e referências listados abaixo:

- Os parâmetros e periodicidades deverão sempre obedecer às orientações da Nota Técnica Nº. 003/2005-DIMOG da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e correspondentes a aterros sanitários Classe 03 (conforme classificação da DN COPAM nº. 074/2004);
- A coleta e o processamento das amostras para análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos deverão seguir as seguintes normas da ABNT:
    - NBR 9.897 - Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – Procedimentos;
    - NBR 9.898 - Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – Procedimentos.
- A qualidade das águas de mananciais subterrâneos, cujas amostras deverão ser coletadas nos poços de monitoramento do terreno / piezômetros (PMT's) que serão instalados na área, deverá ser referenciada e comparada em relação aos limites definidos pela Resolução CONAMA nº. 396/2008;
- A caracterização dos efluentes líquidos gerados e encaminhados para tratamento na ETE interna do empreendimento deverá ser realizada, referenciada e comparada com os limites definidos pela Deliberação Normativa Conjunta – DN COPAM-CERH nº. 001/2008, com o objetivo de monitorar as ações dos efeitos possíveis desse efluente para seu lançamento em corpos d'água.

6.2 – MONITORAMENTO DE ÁGUAS DE MANANCIAIS SUPERFICIAIS

Não haverá monitoramento de águas de mananciais superficiais porque nenhum destes foi identificado dentro da AID do empreendimento e também porque não haverá lançamento de nenhum tipo de efluente em cursos d'água superficiais.

6.3 – MONITORAMENTO DE MANANCIAIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Propõe-se o monitoramento periódico das águas subterrâneas junto aos 04 PMT's (poços de monitoramento do terreno – piezômetros) que serão instalados na área do novo Aterro Sanitário de Paracatu seguindo os parâmetros e periodicidades definidos pela Nota Técnica Nº. 003/2005-DIMOG da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e correspondentes a aterros sanitários Classe 05 (conforme classificação da DN COPAM nº. 074/2004), conforme apresentado no quadro adiante.

QUADRO 37 - Parâmetros de monitoramento das águas de mananciais subterrâneos

PARÂMETRO	FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE CADA PARÂMETRO
Cádmio total – mg/L	Anual
Chumbo total – mg/L	Anual
Cobre dissolvido – mg/L	Anual
Condutividade elétrica - µS/cm	Anual
Cloretos - mg/L	Anual
Cromo total - mg/L	Anual
E. coli - NMP	Anual
Nitratos – mg/L	Anual
Nitrogênio amoniacal total – mg/L	Anual
Nível de água	Anual
pH	Anual
Zinco total – mg/L	Anual

Fonte: Nota Técnica NT 003/2005-DIMOG da FEAM.

6.4 – MONITORAMENTO DE EFLUENTES/PERCOLADOS/ESGOTOS

Deverão ser promovidos monitoramentos da qualidade e das vazões dos efluentes gerados no novo Aterro Sanitário de Paracatu, a montante e a jusante da ETE instalada internamente ao empreendimento, considerando-se, para tanto, as periodicidades e parâmetros definidos pela Nota Técnica Nº. 003/2005-DIMOG da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM e correspondentes a aterros sanitários Classe 05 (conforme classificação da DN COPAM nº. 074/2004), conforme apresentado no quadro adiante.

QUADRO 38 - Parâmetros de monitoramento de efluentes

PARÂMETRO	FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE CADA PARÂMETRO
Cádmio total (mg/L)	Semestral
Chumbo total (mg/L)	Semestral
Cobre dissolvido (mg/L)	Semestral
Condutividade elétrica (µS/cm)	Bimestral
Cromo total (mg/L)	Semestral
DBO (*****) mg/L)	Bimestral
DQO (*****) mg/L)	Bimestral
E. coli (NMP)	Bimestral
Fósforo total (mg/L)	Semestral
Níquel total (mg/L)	Semestral
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	Semestral
Nitratos (mg/L)	Semestral
pH	Bimestral
Sólidos sedimentáveis (*****) (mg/L)	Bimestral
Substâncias tensoativas (mg/L)	Semestral
Cloretos (mg/L)	Semestral
Teste de toxicidade aguda	Anual
Zinco total (mg/L)	Semestral

Fonte: Nota Técnica NT 003/2005-DIMOG da FEAM.

As vazões de efluentes deverão ser medidas e registradas diariamente junto aos Dispositivos de Medição de Vazões – DMV's ali instalados especificamente para tal finalidade.

Além do acompanhamento periódico da qualidade dos efluentes gerados e tratados no empreendimento, deverá haver também um monitoramento semanal do nível dos percolados/chorume no interior do aterro sanitário / unidade de aterragem cujos resultados deverão ser referenciados em relação à cota de base da plataforma de aterragem e em relação ao nível dos maciços correspondentes. Tal monitoramento também terá validade como monitoramento geotécnico do empreendimento e deverão ser realizado junto aos Drenos Verticais de Gases e Percolados – DGP's e às Caixas de Inspeção de Percolados – CIP's.

6.5 – MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DE USO OPERACIONAL

Na operação do novo Aterro Sanitário de Paracatu utilizar-se-á água de 03 fontes distintas, a saber:

- Água mineral em galões para consumo humano (água de beber);
- Água potável originária da COPASA (concessionária local) que abastecerá a caixa d'água secundária de fibra de vidro á existente nas proximidades do prédio administrativo, que será utilizada para o abastecimento das suas instalações hidráulicas e, por conseguinte, na cozinha (limpeza de utensílios, uso em comidas e bebidas, etc.), banheiros (lavatórios, chuveiros, bacias sanitárias, etc.) e na limpeza geral e direta da edificação;
- Água proveniente do poço artesiano/profundo que será armazenada em uma caixa d'água metálica tipo taça, ambos já instalados, cuja finalidade será a sua utilização na operação geral do empreendimento (umedecimento de vias, irrigação de jardins e cerca-viva, manutenção de unidades e dispositivos operacionais, etc.).

Sendo assim, somente a água proveniente do poço artesiano deverá ser monitorada quanto à sua qualidade seguindo os mesmos parâmetros indicados para o monitoramento das águas subterrâneas no subitem 7.3 deste relatório.

6.6 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS GERADO NA UNIDADE DE ATERRAGEM

Pelo porte do empreendimento definiu-se pela realização de um monitoramento visual e diário dos DGP's quanto à geração ou não de biogás.

Em caso de constatação da geração de biogás, estes deverão ser queimados através do acendimento dos "flares" instalados nos topos dos DGP's.

6.7 – MONITORAMENTO DO RECOBRIMENTO DIÁRIO E FINAL DOS RESÍDUOS

Mostra-se de suma importância que haja um rigoroso e diário monitoramento e controle dos trabalhos de recobrimento diário e final dos resíduos no aterro sanitário a fim de se eliminar totalmente a existência, mesmo que temporária, de qualquer tipo ou quantidade de lixo exposto a céu aberto, a fim de se garantir a realização dos procedimentos operacionais de aterragem de resíduos em conformidade com as especificações apresentadas no RCA correspondente ao presente PCA.

Tal recomendação visa a eliminação de focos de atração de aves, insetos, roedores e de outros animais que se alimentam de matéria orgânica em decomposição e a eliminação/minimização da emanação de odores desagradáveis em direção à AID do empreendimento.

Apesar destes procedimentos já serem inerentes à operação de empreendimentos do tipo aterros sanitários, os mesmos se mostram ainda mais necessários e importantes no caso do Aterro Sanitário de Paracatu uma vez que a sua área de instalação localiza-se dentro da Área de Segurança Aeroportuária – ASA do Aeroporto de Paracatu.

6.8 – MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

Deverá haver um monitoramento geotécnico periódico tanto na unidade de aterragem quanto nas demais unidades operacionais do empreendimento. Para tanto, deverão ser tomadas diversas medidas de controle e monitoramento, tais como:

- Monitoramento mensal de recalques e/ou deformações horizontais e verticais por parte do responsável pela operação do aterro através de leituras feitas nas placas/marcos superficiais de medição de deslocamentos (MTA's) instalados ao longo de uma linha longitudinal ao longo do aterro sanitário e por sobre as suas bermas e topo finalizados, fazendo o acompanhamento topográfico com leituras mensais de deslocamentos verticais e horizontais. Deverão ser confeccionadas e arquivadas planilhas de acompanhamento dos deslocamentos e recalques;
- Realização de inspeções periódicas mensais junto aos maciços de lixo com objetivo de se verificar a existência ou não de rachaduras, áreas instáveis ou outro tipo de deformação ou problema geotécnico;
- Controle rigoroso e diário do processo de compactação do lixo depositado nas unidades;
- Monitoramento semanal dos sistemas de drenagem de percolados e de drenagem superficial dos maciços implantados e de todo o terreno;
- Monitoramento mensal dos drenos verticais de gases e percolados (DGP's) e das caixas de inspeção e acumulação de percolados (CIP's) quanto ao nível dos líquidos percolados no interior dos maciços de lixo aterrado e quanto à eficiência dos drenos de percolados;
- Implantação dos drenos verticais de gases e percolados - DGP e das Caixas de Inspeção de Percolados - CIP e o monitoramento do nível dos percolados/chorume através destes dispositivos.
- Recomposição da cobertura vegetal de taludes definitivos de corte e aterro em solo natural e dos maciços de lixo definitivos;
- Inspeção de taludes de corte e aterro em terreno natural quanto á formação de trincas e/ou fissuras e/ou de qualquer outro tipo de processo erosivo.

6.9 – MONITORAMENTO DA AVIFAUNA E DE VETORES

6.9.1 – Monitoramento da avifauna

Deverá ser realizado um monitoramento visual e diário por parte de todos os funcionários envolvidos na operação do empreendimento dos seguintes aspectos:

- Os procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem deverão ser monitorados diariamente para que não ocorra a exposição demasiada de lixo descoberto ou o acúmulo superficial de chorume, a fim de não se atrair a presença de aves que se alimentam de matéria orgânica em decomposição;
- Os dispositivos de drenagem, coleta, controle e tratamento (ETE) de efluentes (chorume, percolados, esgotos domésticos) deverão ser monitorados quanto a vazamentos e/ou acúmulos pontuais;
- A aproximação de aves junto à frente operacional da unidade de aterragem procurando fontes de alimento deverá ser monitorada constantemente.

A ocorrência de qualquer um dos indícios acima relacionados deverá ser relatada em relatórios próprios aonde deverão ser apresentadas as seguintes informações mínimas:

- Espécies e quantidades de aves observadas;
- Local, dia e horário (períodos) de observação da atração de aves;
- Condições climáticas observadas (precipitação, umidade relativa do ar, direção dos ventos, temperatura);
- Problemas operacionais porventura existentes e os seus locais de ocorrência;
- Medidas emergenciais e/ou corretivas tomadas para solução dos problemas.

6.9.2 – Monitoramento de vetores

Deverá ser realizado um monitoramento visual e diário por parte de todos os funcionários envolvidos na operação do empreendimento dos seguintes aspectos:

- Os procedimentos de aterragem dos resíduos na unidade de aterragem deverão ser monitorados diariamente para que não ocorra a exposição demasiada de lixo descoberto ou o acúmulo superficial de chorume, a fim de não se atrair a presença de aves que se alimentam de matéria orgânica em decomposição;
- Os dispositivos de drenagem, coleta, controle e tratamento (ETE) de efluentes (chorume ou esgotos domésticos) deverão ser monitorados quanto a vazamentos e/ou acúmulos pontuais;
- Deverão ser realizados procedimentos de monitoramento quanto à ocorrência de possíveis vetores de doenças, em especial dos insetos, na área do Aterro Sanitário de Paracatu através de técnicas de coleta realizadas por profissionais devidamente habilitados para tal finalidade, tais como:
    - Armadilha luminosa – captura insetos noturnos que são atraídos pela luz, batem nas aletas laterais e são presos em recipiente telado após passar pelo funil ilustrado na figura adiante:

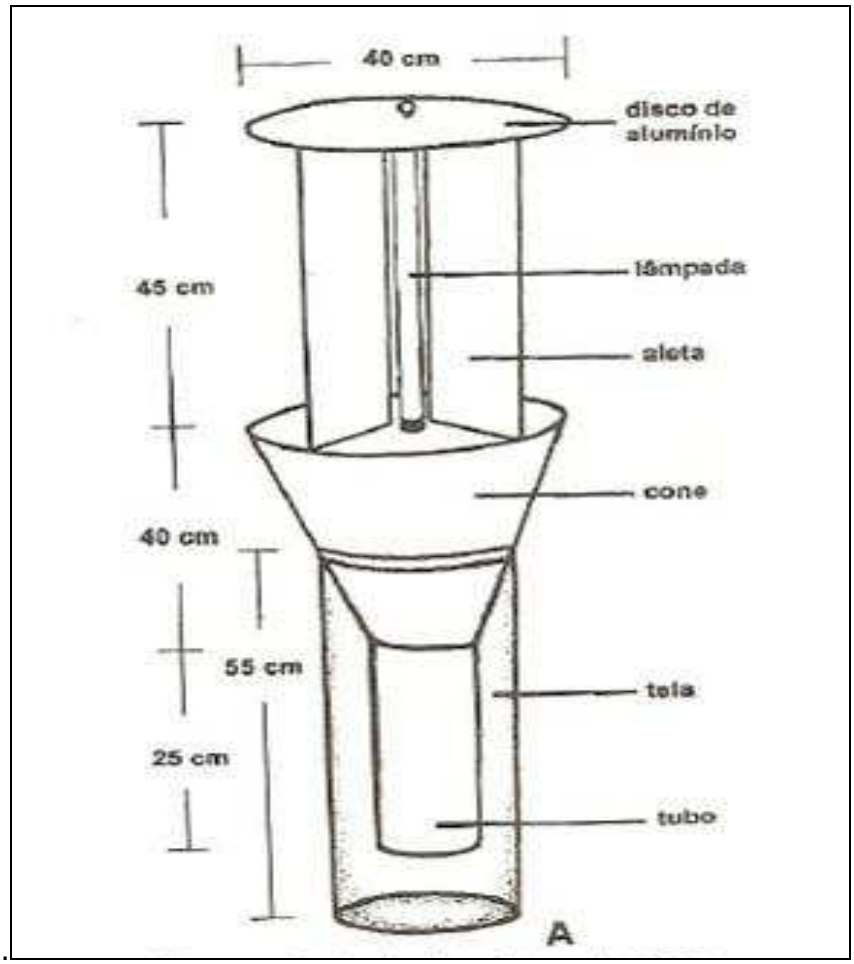


***FIGURA 121**- Esquema demonstrando como montar uma armadilha luminosa para captura de insetos noturnos. (Fonte UFLA)*

- Puçá ou rede entomológica – ferramenta utilizada para capturar insetos em pleno vôo. É confeccionado de tecido fino transparente, o que facilita enxergar o inseto capturado;

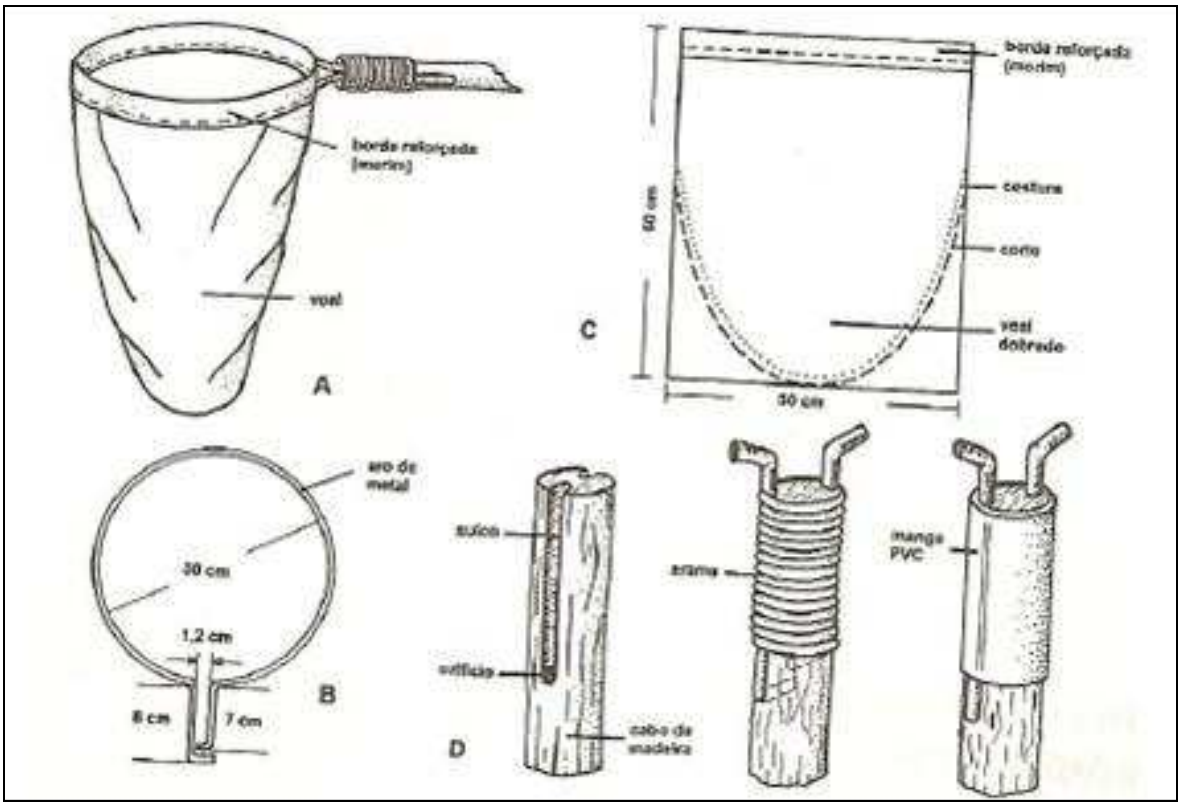


***FIGURA 122**- Esquema demonstrando como confeccionar uma rede entomológica para captura de insetos em vôo. (Fonte: UFLA)*

- Para a conservação dos insetos coletados e posterior identificação, devem ser usados os seguintes procedimentos:
  - Aplicação de álcool 70% - é utilizada para sacrificar insetos adultos de corpo mole e insetos jovens em geral (larvas e ninfas). Os insetos são colocados vivos em frascos contendo álcool 70%. O álcool vendido no comércio é encontrado nas concentrações 42° GL (que corresponde a 96%) e 36° GL (que corresponde a 85%). Para o primeiro, pode-se preparar o álcool 70% através da diluição de 70 ml de álcool em 26 ml de água. O segundo tipo não é recomendado para este tipo de uso;
  - Congelamento dos insetos - Os insetos são colocados dentro dos frascos de vidros dentro de um congelador ou freezer doméstico, permanecendo ali de 24 horas até por vários dias. O único cuidado é quanto à umidade, pois se for elevada provocará a condensação de

água e os insetos poderão mofar. Para evitar problemas é aconselhado que se coloque papel absorvente entre os insetos e o fundo do recipiente.

- Também deverão ser realizados procedimentos de captura de roedores para controle sobre as suas presenças e quanto às espécies encontradas para que os procedimentos de controle sejam devidamente adotados;
- Deverão ser realizados monitoramentos indiretos quanto à saúde da população do entorno do Aterro Sanitário de Paracatu, notadamente em relação à incidência de doenças respiratórias, de pele e parasitoses, cujas fontes de informações poderão ser os órgãos públicos de saúde, dentre outros. Estudos desse tipo ainda são pouco realizados, mas conseguem gerar dados para um bom monitoramento da influência dos aterros na saúde pública e geram informações referentes ao controle de vetores de doenças (HELLER E CATAPRETA, 2003).

6.10 – ACOMPANHAMENTO DA SAÚDE DOS FUNCIONÁRIOS

Semestralmente, todos os trabalhadores responsáveis pela operação direta dos procedimentos de recebimento e disposição final de resíduos no empreendimento deverão ser submetidos a exames médicos, a serem definidos por um médico do trabalho.

De forma particular, devem ser observados aspectos relacionados aos possíveis problemas de saúde junto aos olhos, ouvido, garganta, estômago, intestinos, pulmões, pele e sangue.

6.11 – CONTROLE DO ACESSO DE PESSOAS, VEÍCULOS E RESÍDUOS

Deverão ser feitos os seguintes controles quanto ao acesso de pessoas, veículos e resíduos no novo Aterro Sanitário de Paracatu:

- A entrada de pessoas e veículos deverá ser controlada em sua totalidade junto à guarita;
- O recebimento de resíduos para tratamento e disposição no empreendimento deverá ser controlado diariamente, veículo por veículo, junto à guarita e à balança rodoviária;

- Mensalmente, deverá haver uma vistoria completa nas cercas de divisa e portões do empreendimento para eliminação ou manutenção de furos ou aberturas.

6.12 – RECUPERAÇÃO PAISAGÍSTICA

Serão realizadas vistorias periódicas e mensais em toda a área do empreendimento a fim de se detectar eventuais falhas na recomposição paisagística, tais como, falhas de plantio de mudas ou gramas, falhas de crescimento por falta de adubos ou irrigação, instabilidade dos taludes, etc. As falhas detectadas serão imediatamente sanadas.

6.13 – MONITORAMENTO DOS ASPECTOS CLIMÁTICOS

Mostra-se de suma importância o monitoramento rigoroso e diário dos aspectos climáticos na Estação Meteorológica que será instalada no empreendimento, registrando, no mínimo, os seguintes parâmetros:

- Temperaturas máxima, mínima e média (ºC);
- Precipitação (mm);
- Umidade relativa do ar (%);
- Direção dos ventos.

6.14 – MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO

Mostra-se de suma importância o monitoramento rigoroso e diário dos aspectos climáticos na Estação Meteorológica que será instalada no empreendimento, registrando, no mínimo, os seguintes parâmetros:

- Temperaturas máxima, mínima e média (ºC);
- Precipitação (mm);
- Umidade relativa do ar (%);

- Direção dos ventos.

Quando e se forem iniciados os procedimentos de compostagem de matéria orgânica na unidade de compostagem – UC no novo Aterro Sanitário de Paracatu, deverão ser realizados monitoramentos constantes e periódicos de todo o processo, visando a obtenção um composto de boa qualidade ao final do processo de compostagem.

Para tanto, faz-se necessário um controle de todo o processo para que se crie um meio adequado às exigências dos microrganismos (bactérias, fungos, etc.) responsáveis pelos processos biológicos envolvidos e de forma que esses possam degradar, estabilizar e humificar a matéria orgânica bruta. Neste sentido, deverão ser realizados os seguintes procedimentos operacionais e de monitoramento/controle (TINOCO, 2007):

- **Umidade:** o teor de água na massa de compostagem deve situar-se entre 40 e 55%;
- **Oxigenação:** como o processo de compostagem é aeróbio, há a necessidade de se promover a aeração da massa de compostagem, mecanizada (sopradores e tubos perfurados sob a massa) ou manual (reviramento periódico a partir do 3.º dia e daí a cada 03 dias utilizando-se de pá manual ou de tratores dotados de pá carregadeira), até que a temperatura baixe para menos de 40 ºC, quando então se iniciará a fase de maturação (sem reviramento);
- **Temperatura:** este parâmetro é o melhor indicativo quanto à eficiência do processo de compostagem, quando na fase de bioestabilização/degradação ativa a temperatura deverá ficar entre 55 e 65 ºC até atingir 40 ºC e se iniciar a fase de maturação. Na fase de bioestabilização, a temperatura aqui indicada exercerá papel fundamental na aceleração da degradação da massa de compostagem e na eficiente eliminação dos microrganismos patogênicos (larvas de insetos, ovos de parasitas, sementes de ervas daninhas, etc.). Vale ressaltar que as temperaturas esperadas já são oriundas de um processo natural e espontâneo devido à liberação de energia durante a degradação dos resíduos e da sua retenção no interior das leiras/pilhas da massa de compostagem;
- **Concentração de nutrientes**: quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos constituintes da massa de compostagem (resíduos orgânicos misturados), maior será a diversificação de nutrientes e, por consequência, melhor será a

eficiência dos microrganismos na degradação e humificação do material. É preciso que a massa de compostagem possua determinadas concentrações de macro (N, P, K, etc.) e micronutrientes (Ca, Mn, Mg, etc.), dentre os quais o carbono (C) e o nitrogênio (N) são de suma importância no que diz respeito à eficiência do processo de compostagem. Considera-se ideal que a massa de compostagem possua um balanço médio de 35 partes de carbono para cada parte de nitrogênio, ou seja, uma relação C/N igual a 35:1;

- **Tamanho das partículas:** o tamanho das partículas dos resíduos orgânicos que compõem a massa de compostagem deverá ser submetido à correção quanto aos seus tamanhos a fim de se obter um composto mais homogêneo, melhorar a sua porosidade, minimizar a sua compactação, elevar a sua aeração e de se diminuir o tempo de compostagem;
- **pH:** segundo TINOCO, 2007, apesar de alguns trabalhos citados pela bibliografia especializada definirem uma faixa ideal de pH entre 6,5 e 8,0 para os processos de compostagem, as experiências realizadas durante mais de 20 anos pelo Laboratório de Engenharia Sanitário e Ambiental – LESA da Universidade Federal de Viçosa – UFV indicam que podem ser consideradas faixas mais abrangentes de pH, entre 4,5 e 9,5, e que valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos por meio da degradação de compostos que produzirão subprodutos ácidos ou básicos, de acordo com a necessidade do meio. Por outro lado, o composto orgânico final deverá apresentar pH sempre superior a 7,8 e, muito provavelmente, superior a 8,5 no caso de compostagem da parcela orgânica de resíduos sólidos urbanos – RSU, o que caracteriza o adubo orgânico obtido como sendo um ótimo condicionador para solos ácidos.

Ressalta-se que o sucesso do processo de compostagem está diretamente relacionado com o seu controle operacional.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, a Prefeitura Municipal de Paracatu propõe a instalação de um novo Aterro Sanitário visando o tratamento e a disposição final de 100% dos resíduos sólidos urbanos gerados e coletados no município por uma vida útil de aproximadamente 30 anos, incluindo a proposição de encerramento definitivo do atual aterro controlado, dentro das melhores técnicas existentes e em conformidade com a legislação ambiental e normas técnicas vigente, de forma a contribuir com a preservação e conservação do meio ambiente e para a melhoria do nível de saúde pública da população daquele município.

Belo Horizonte, julho de 2010.

NOVO MEIO ENGENHARIA & CONSULTORIA LTDA
MARCELO BATISTA MONTEIRO
Engº. Civil / Sanitarista – CREA/MG 75.715/D

8 – BIBLIOGRAFIA

- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-11.174*, 1985;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-13.895*, 1985;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-8.419*, 1992;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-13.896*, 1997;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-10.004*, 2004;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-10.005*, 2004;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-10.006*, 2004;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-10.007*, 2004;
- **ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**, *NBR-15.495*, 2007;
- **Constituição Federal,** Brasília/DF, 1988;
- **Lei Federal nº. 4.771,** Brasília/DF, 1965;
- **Lei Federal nº. 6.938,** Brasília/DF, 1981;
- **Lei Federal nº. 7.804,** Brasília/DF, 1989;
- **Lei Federal nº. 7.803,** Brasília/DF, 1989;
- **Lei Federal nº. 9.985,** Brasília/DF, 2000;
- **Lei Federal nº. 10.165,** Brasília/DF, 2000;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 002*, Brasília/DF, 1985;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 001*, Brasília/DF, 1986;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 011*, Brasília/DF, 1986;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 020*, Brasília/DF, 1986;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 005*, Brasília/DF, 1988;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 013*, Brasília/DF, 1990;

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

- **CONAMA**, *Resolução nº. 005*, Brasília/DF, 1993;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 004*, Brasília/DF, 1995;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 237*, Brasília/DF, 1997;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 257*, Brasília/DF, 1999;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 258*, Brasília/DF, 1999;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 275*, Brasília/DF, 2001;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 283*, Brasília/DF, 2001;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 301*, Brasília/DF, 2008;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 307*, Brasília/DF, 2002;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 308*, Brasília/DF, 2002;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 316*, Brasília/DF, 2002;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 358*, Brasília/DF, 2006;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 396*, Brasília/DF, 2008;
- **CONAMA**, *Resolução nº. 316*, Brasília/DF, 2002;
- **Ministério da Saúde**, *Portaria nº.518*, Brasília/DF, 2004;
- **Ministério da Defesa**, *Portaria nº. 1.141/GM5*, Brasília/DF, 1987;
- **Lei Estadual nº. 7.772/1980**, Belo Horizonte/MG, 1980;
- **Lei Estadual nº. 11.720**, Belo Horizonte/MG, 1994;
- **Lei Estadual nº. 14.129**, Belo Horizonte/MG, 2001;
- **Lei Estadual nº. 18.031,** Belo Horizonte/MG, 2009;
- **Decreto Lei Estadual nº. 21.228**, Belo Horizonte/MG, 1981;
- **Decreto Lei Estadual nº. 39.424**, Belo Horizonte/MG, 1998;
- **Decreto Lei Estadual nº. 44.309**, Belo Horizonte/MG, 2006;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 007*, Belo Horizonte/MG, 1981;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 007*, Belo Horizonte/MG, 1994;

- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 012*, Belo Horizonte/MG, 1994;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 036*, Belo Horizonte/MG, 1999;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 036*, Belo Horizonte/MG, 1999;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 046*, Belo Horizonte/MG, 2001;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 074*, Belo Horizonte/MG, 2004;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 076*, Belo Horizonte/MG, 2004;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 089*, Belo Horizonte/MG, 2005;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 090*, Belo Horizonte/MG, 2005;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 097*, Belo Horizonte/MG, 2006;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 105*, Belo Horizonte/MG, 2006;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 114*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 116*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 118*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 119*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 120*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 123*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM**, *Deliberação Normativa nº. 126*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **COPAM / CERH,** *Deliberação Normativa Conjunta nº. 001*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **FEAM**, *Nota Técnica NT 003-DIMOG*, Belo Horizonte/MG, 2005;
- **SEMAD,** *Resolução SEMAD nº. 711/2008*, Belo Horizonte/MG, 2008;
- **Lei Complementar Municipal nº. 052**, Paracatu, 2006;
- **Lei Complementar Municipal nº. 059**, Paracatu, 2008;
- **Lei Complementar Municipal nº. 060**, Paracatu, 2009;
- **Lei Complementar Municipal nº. 061**, Paracatu, 2009;
- **Lei Complementar Municipal nº. 063**, Paracatu, 2009;

- **IBGE**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censos Demográficos, Contagens da População e estimativas de população;*
- **IPT**, Instituto de Pesquisas tecnológicas. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*, 1ª edição, IPT 2163, São Paulo, 1995;
- **FEAM**, Fundação Estadual do Meio Ambiente. *Como Destinar os Resíduos Sólidos Urbanos*, 1ª edição, FEAM – nº. 01/95, BH, 1995;
- **DACACH**, Nelson Gandur. *Saneamento Básico, EDC – Editora Didática e Científica Ltda.*, 3ª edição, Rio de Janeiro, 1990;
- **DACACH**, Nelson Gandur. *Tratamento Primário de Esgoto*, EDC – Editora Didática e Científica Ltda., 1ª edição, Rio de Janeiro, 1991;
- **BARROS,** Rafhael T. V. *Resíduos Sólidos,* UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia /Depto de Engenharia Sanitária, BH, 1996;
- **UFMG**, Universidade Federal de Minas Gerais. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios*, DESA, Belo Horizonte, 1995;
- **IBAM,** *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*, SEDU/PR, Brasília, 2001;
- **IBAM,** *Cartilha de Limpeza Urbana*, MAS/SNS, Brasília, 1991;
- **BIDONE,** Francisco R. A., *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização*, ABES/RJ, 2001;
- **BRASIL,** Ministério da Saúde, *Saúde Ambiental e Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde,* Ministério da Saúde, Brasília/DF, 2002;
- **von SPERLING**, Marcos. *Tratamento de Esgotos*, DESA – Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental, Escola de Engenharia – UFMG;
- **von SPERLING**, Marcos. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*, UFMG – DESA, BH, 1996;
- **von SPERLING**, Marcos. *Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos*, UFMG – DESA, BH, 1996;
- **CETESB**, *Drenagem urbana / Manual de Projeto*, 3ª Edição, São Paulo, 1986;

- **ABCP**, Associação Brasileira de Cimento Portland. *Sugestões Práticas para Drenagem Superficial*, São Paulo / SP, junho de 1988**;**
- **AISSE**, Miguel Mansur. *Drenagem Urbana*, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, BH, 1997;
- **CRUZ**, Paulo T. *Estabilidade de Taludes*, Editora Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 1976;
- **ORTIGÃO**, J. R. *Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos*, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 2a. Edição, Rio de Janeiro, 1995;
- **DNER**. *Conjunto de Normas Técnicas*, 1997;
- **BENSON, C. H. (2002).** *Containment systems: lessons learned from North American failures.* Proceedings: 4th International Congress on Environmental Geotechnics, Rio de Janeiro, p. 1095-1112.
- **BENVENUTO, C. & CUNHA, M. A. (1991)**. *Escorregamento em Massa de Lixo no Aterro Sanitário Bandeirantes em São Paulo.* II Simpósio Sobre Barregens de Rejeito e Disposição de Resíduos REGEO'91 – v.2, Rio de Janeiro, novembro, p. 55-66.
- **BOSCOV, M. E. G. & ABREU, R. C**.: *Aterros Sanitários. In: Previsão de desempenho e comportamento real*. Publicação da ABMS/NRSP, novembro/2000
- **CARVALHO, M. F**. *Comportamento Mecânico de Resíduos Sólidos Urbanos.* São Paulo, 1999. 300p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- **CATAPRETA, C. A. A.;SIMÕES. G. F.; BATISTA, H. P.; MARTINS, H. L**. *Avaliação da Compactação dos Resíduos Sólidos Urbanos Dispostos no Aterro Sanitário da BR–040 em Belo Horizonte – MG.* [CD ROM]. In: 5º Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental - REGEO'2003. Porto Alegre/RS: ABMS, 2003.
- **DE MELLO, L. G., BOSCOV, M. E. G**. *Influence of time on design parameters of MSW fills.* ENVIRONMENTAL GEOTECHNICS (4th ICEG), de Mello & Almeida (eds), 2002, A. A. Balkema, Lisse: 913-922
- **GARCÍA, H. A. G. e all (2003)**. *Consideraciones Geotécnicas para Evaluar la Estabilidad em Rellenos Sanitários.* Experiencias em Colombia. REGEO'2003, Porto Alegre.

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

- **JUCÁ, J. F. T. & DE MELO, V. L. A.:** *Monitoramento de sólidos, líquidos e gases do aterro de Aguazinha.* In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 4o, São José dos Campos, 1999, pp. 434-441
- **JUNQUEIRA, F.F. & PALMEIRA, E.M.**: *Monitoramento do comportamento de lixo em células geotecnicamente preparadas.* In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 4o, São José dos Campos, 1999, pp. 428-43
- **KAIMOTO, L.S.A.; CEPOLLINA, M. & ABREU, R.C**.: *Alguns aspectos sobre recalques e deslocamentos horizontais em aterros sanitários.* In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 4o, São José dos Campos, 1999, pp. 462-465
- **LUZ, F. X. R.** da: *Aterro Sanitário*. Revista do Instituto de Engenharia número 447, setembro de 1984 (separata).
- **MARQUES, A.C.M**. *Compactação e compressibilidade de resíduos sólidos urbanos.* Tese de Doutoramento, EESC–USP, São Carlos. 2001.
- **NOGUEIRA, J. B.** *Mecânica dos Solos – Ensaios de Laboratório.* Universidade de São Paulo, EESC, 1995.
- **OLIVEIRA, D. A.** F. *Estabilidade de Taludes de Maciços de Resíduos Sólidos Urbanos.* Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2002, 154p.
- **OLIVEIRA, D. A. F. et all (2003).** *Avaliação do escorregamento de massa de resíduos sólidos urbanos do aterro Canabrava – BA*. REGEO'2003, Porto Alegre.
- **PERAZZOLO, L. et all (2003).** *Análise de Estabilidade do Aterro Sanitário de São Leopoldo*. REGEO'2003, Porto Alegre.
- **STARK, T.; O'LEARY. & WALSH, P.** *Static and seismic stability of landfill slopes*. WASTE AGE, nº 82, dezembro 2002
- **SINGH, S. & MURPHY, B. J. (1990).** *Evaluation of Slope Stability of Sanitary Landfills. Geotechnics of Waste Fills – Teory and Practice*, ASTM STP 1070, Arvid Landva, G. David Knowles (ed), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p. 240-258.
- **TEIXEIRA, C. Z.** *Comportamento de sapatas, estacas de pequeno diâmetro e tubulões curtos em solos de gnaisses da região Sul de Minas*. Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos, 1977.

- **THIEL, R.S. (1998),** "*Design Methodology for a Gas Pressure Relief Layer Below a Geomembrane Landfill Cover to Improve Slope Stability*", Geosynthetic International, Vol. 5, No. 6 pp. 589-617.
- **VILAR, O. M. & CARVALHO, M. F. (2003).** *Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas de Resíduos Sólidos Urbanos – Aterro Sanitário Bandeirantes.* REGEO'2003, Porto Alegre.
- **EMBRAPA;**
- **INMET;**
- **INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS;**
- **PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU;**
- **HAMADA, Jorge.** *Ferramenta Computacional para Estimativa do Volume Mensal de Percolados em Aterros Sanitários*. Apresentação no 21º. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES;
- **NEPOMUCENO,** Prefeitura Municipal de, *Relatório técnico ambiental e projeto do Aterro Sanitário de Nepomuceno,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Nepomuceno/MG, 2002;
- **CAMPO BELO,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário e Usina de Triagem e Compostagem de Lixo de Campo Belo,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Campo Belo/MG, 1999;
- **ARCOS,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário e do Sistema de Triagem e Compostagem de Lixo de Arcos,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Arcos/MG, 2003;
- **LAGOA DA PRATA,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Lagoa da Prata com Sistema de Triagem e Compostagem de Lixo,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Lagoa da Prata/MG, 2003;
- **MATOZINHOS,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Matozinhos,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Matozinhos/MG, 2004;
- **IBIRITÉ,** Prefeitura Municipal de, *RCA e projeto do Aterro Sanitário de Ibirité,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Ibirité/MG, 2003;

Rua Marília de Dirceu, 226, sala 703, B. Lourdes, Belo Horizonte/MG – CEP 30.170-090
Contatos: (31) 3373-8669 / 9764-4077 – marcelo@novomeioengenharia.com.br
Visitem o nosso site: www.novomeioengenharia.com.br

- **UBÁ,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Ubá,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Ubá/MG, 2004;
- **UNAÍ,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Unaí,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Unaí/MG, 2004;
- **UNAÍ,** Prefeitura Municipal de, *Projeto de Recuperação da Área do Atual Lixão de Unaí,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Unaí/MG, 2004;
- **LAGOA SANTA,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Lagoa Santa,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Lagoa Santa/MG, 2005;
- **BRUMADINHO,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Brumadinho,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Brumadinho/MG, 2005;
- **SÃO GONÇALO DO PARÁ,** Prefeitura Municipal de, *Relatório técnico ambiental e projeto da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo de São Gonçalo do Pará,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, São Gonçalo do Pará/MG, 2005;
- **DORES DO INDAIÁ,** Prefeitura Municipal de, *Relatório técnico ambiental e projeto da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo com Aterro Sanitário de Dores do Indaiá,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Dores do Indaiá/MG, 2005;
- **BAMBUÍ,** Prefeitura Municipal de, *Relatório técnico ambiental e projeto da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo com Aterro Sanitário de Bambuí,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Dores do Indaiá/MG, 2005;
- **ITAJUBÁ,** Prefeitura Municipal de, *RCA, PCA e projeto do Aterro Sanitário de Itajubá,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Itajubá/MG, 2006;
- **JANAÚBA,** Prefeitura Municipal de, *PCA e projeto do Aterro Sanitário de Janaúba,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Janaúba/MG, 2006;
- **CURVELO,** Prefeitura Municipal de, *PCA e projeto do Aterro Sanitário de Curvelo,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Curvelo/MG, 2008;
- **ESSENCIS MG – CTR BETIM,** *EIA/RIMA e PCA da Central de Tratamento de Resíduos – CTR Betim,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Betim/MG, 2008;

- **LIMPEBRAS RESÍDUOS LTDA,** *EIA/RIMA do Aterro Sanitário de Uberlândia,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Uberlândia/MG, 2009;
- **LIMPEBRAS RESÍDUOS LTDA,** *PCA do Aterro Sanitário de Uberlândia,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Uberlândia/MG, 2009;
- **PARACATU,** Prefeitura Municipal de Paracatu, *RCA do Aterro Sanitário de Paracatu,* Novo Meio Engenharia & Consultoria LTDA, Paracatu/MG, 2009.

9 – ANEXOS

9.1 – PCA - VOLUME 01/02

ANEXO 01 – ART'S DA EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR RESPONSÁVEL PELO PCA

ANEXO 02 – ESTIMATIVA DO COMPORTAMENTO POPULACIONAL E DA GERAÇÃO DE LIXO

ANEXO 03 – CAPACIDADE DE ATERRAGEM DO ATERRO SANITÁRIO

ANEXO 04 – BALANÇO DE MASSA/SOLO E DE MATERIAL DE RECOBRIMENTO

ANEXO 05 – QUANTITATIVOS DE REVEGETAÇÃO E PAISAGISMO

ANEXO 06 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL DE ÁGUAS PLUVIAIS

ANEXO 07 – DIMENSIONAMENTO DA ETE

ANEXO 08 – PLANILHA DE CUSTO E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

9.2 – PCA - VOLUME 02/02

ANEXO 09 – PROJETOS TÉCNICOS (APRESENTADOS EM PASTA/VOLUME SEPARADO)