

**PROJETO EXECUTIVO DE EXPANSÃO DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL
DE CERQUILHO**

Prefeitura Municipal de Cerquilha.

Município de Cerquilha, SP

VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO E DESENHOS

**PRF-CER-PEX-EXP-MDC-K-F
OUTUBRO DE 2022**

GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	5
1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Definição do Projeto.....	8
2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS.....	10
3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	11
4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	13
4.1 Localização do Aterro Sanitário de Cerquilha.....	13
4.2 Caracterização Geológica.....	15
4.3 Caracterização Geotécnica.....	16
4.3.1 Sondagens à Percussão.....	16
4.3.2 Ensaios de Permeabilidade <i>in situ</i>	18
4.3.3 Ensaios Geotécnicos Laboratoriais em Amostra de Solo Moldada.....	19
4.4 Caracterização Hidrogeológica.....	20
5 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO.....	22
5.1 Terraplenagem de base (escavação e aterro de solo).....	22
5.1.1 Jazida de Solo.....	24
5.2 Dique de Solo Compactado.....	25
5.3 Drenagem de Base de Águas Limpas.....	26
5.4 Sistema de Impermeabilização.....	27
5.4.1 Especificações.....	29
5.5 Drenagem de Lixiviados.....	30

5.5.1	Rede de encaminhamento de lixiviados.....	30
5.5.2	Drenos de Base de Lixiviados.....	31
5.5.3	Drenos de Camada de Lixiviados	32
5.5.4	Geração, Armazenamento e Destinação de Lixiviados	33
5.6	Drenagem de Biogás.....	33
5.7	Drenagem de Águas Pluviais	34
6	OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	41
6.1	Acessos do Aterro Sanitário	41
6.2	Disposição de Resíduos Sólidos	41
6.3	Cobertura Operacional e Final dos Resíduos	42
6.3.1	Estimativa de Vida Útil e Balanço dos Solos.....	44
6.4	Armazenamento de solo	45
6.5	Monitoramento Geoambiental.....	47
6.5.1	Monitoramento Geotécnico.....	47
6.5.2	Monitoramento de Águas Subterrâneas.....	48
6.5.2.1	<i>Poços de monitoramento de águas subterrâneas ..</i>	<i>50</i>
6.5.2.2	<i>Periodicidade das campanhas de amostragem de águas subterrâneas</i>	<i>50</i>
6.5.2.3	<i>Amostragem de águas subterrâneas - Metodologia</i>	<i>50</i>
6.5.2.4	<i>Parâmetros a serem analisados.....</i>	<i>51</i>
6.5.3	Monitoramento de Águas Superficiais.....	52
6.5.1	<i>Amostragem de águas superficiais – Metodologia .</i>	<i>52</i>
6.5.2	<i>Parâmetros a serem analisados.....</i>	<i>53</i>
6.5.3	Plano de Inspeções e Manutenção Periódica	53
7	ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO ...	56



7.1.1	Plano de encerramento	56
7.1.2	Plano de monitoramento da área encerrada	57
7.1.3	Uso futuro da área	58
BIBLIOGRAFIA.....		60
ANEXOS.....		63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Aterro Sanitário do Município de Cerquillo (<i>As Built</i> de 13/05/2022).	8
Figura 1-2. Arranjo final do projeto de expansão do Aterro Sanitário de Cerquillo	9
Figura 4-1. Localização geográfica do Aterro Sanitário de Cerquillo	14
Figura 4-2. Mapa geológico. Fonte: Adaptado de Massoli et al (1986).	15
Figura 5-1. Sistema de drenagem de base de águas limpas (em lilás e cotas em azul), saída das águas limpas sob o dique (em verde água) e cotas da terraplenagem de base – corte e aterro (em verde claro).	23
Figura 5-2. Sistema de drenagem de lixiviados de base, com drenos principais (vermelho), drenos secundários (em azul) e saída de lixiviados (em roxo).....	23
Figura 5-3- Exemplo de drenagem de base de águas limpas	27
Figura 5-4. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana	36
Figura 5-5. Exemplo de descida hidráulica em geocélula preenchida por pedras.....	37
Figura 5-6. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 a jusante de descida hidráulica, entre canaletas e tubos de concreto.....	38
Figura 5-7. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b).	38
Figura 5-8. Exemplo de bacia de retenção (a) e de bacia de enrocamento (b).....	39
Figura 6-1. Detalhe esquemático para armazenamento de solo.....	46
Figura 7-1. Exemplo de aterro sanitário encerrado.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento	10
Tabela 2-2. Informações cadastrais da empresa responsável pela elaboração do projeto.....	10
Tabela 4-1. Coordenadas UTM das sondagens à percussão realizadas.	17
Tabela 4-2. Valores de N_{SPTs} obtidos em cada sondagem em função da profundidade.	17
Tabela 4-3. Coeficiente de permeabilidade <i>in situ</i> obtidos nos ensaios.....	18

Tabela 4-4. Ensaios geotécnicos laboratoriais.	19
Tabela 6-1. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais (recalques).....	47
Tabela 6-2 - Variações máximas dos parâmetros durante a estabilização	51
Tabela 6-3. Modelo de <i>check-list</i>	55

1 INTRODUÇÃO

A Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda. apresenta o Projeto Executivo de Expansão do Aterro Sanitário do Município de Cerquillo – SP, localizado no Bairro Capuava, sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Cerquillo.

O projeto executivo aqui apresentado pretende executar a expansão do aterro sanitário. Esta expansão de projeto deve proporcionar uma capacidade de operação do aterro sanitário em torno de 422.835 m³ de volume total espacial, comportando cerca de 193.039 m³ de resíduos. Ressalta-se que esta expansão pleiteada, não altera o perímetro já licenciado para disposição de resíduos.

Este projeto foi elaborado com base nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, a NBR 8.419/1992 - *Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos* e NBR 13.896/1997 - *Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação*, além do levantamento planialtimétrico cadastral fornecido pela Prefeitura Municipal de Cerquillo, “*as built*” datado de 13/05/2022, Relatório de Ambiental Preliminar - RAP do Aterro Sanitário do Município de Cerquillo (GEOTECH, 1999), Adequações de Projeto para Implantação do Aterro Sanitário do Município de Cerquillo (GEOTECH, 2001), o Detalhamento e Adequações do Projeto para a Implantação da Segunda Fase do Aterro Sanitário do Município de Cerquillo (GEOTECH, 2005) e o Projeto Executivo da Terceira Fase do Aterro Sanitário de Cerquillo (GEOTECH, 2012).

Na Figura 1-1 apresenta-se o Aterro Sanitário do Município de Cerquillo em planta.

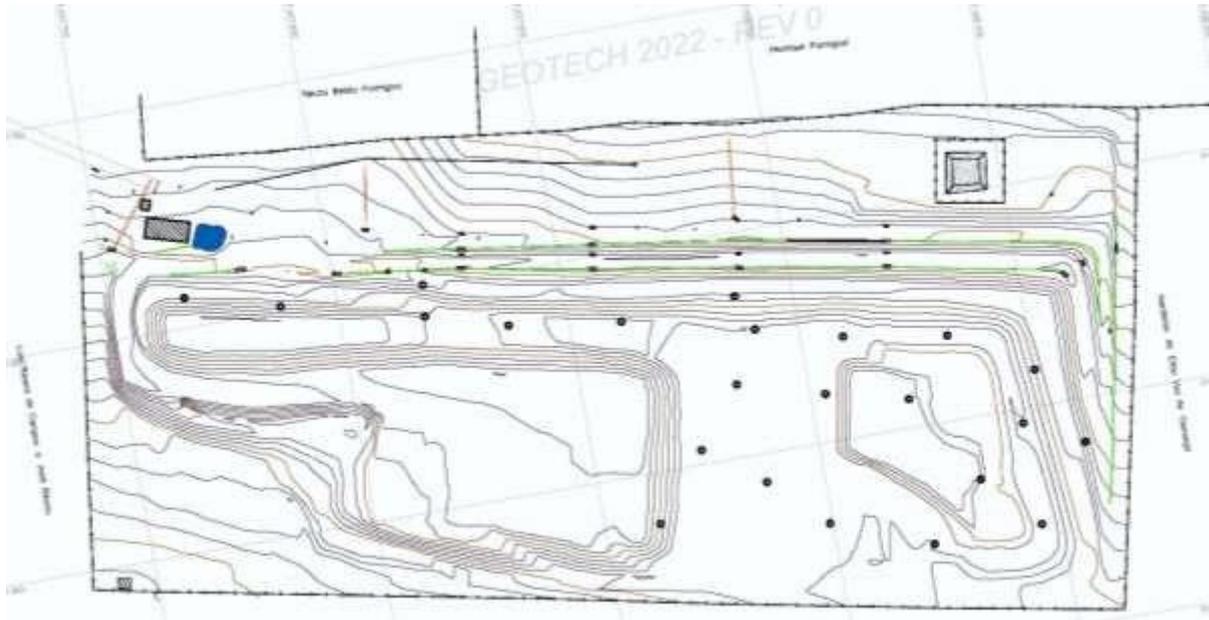


Figura 1-1. Aterro Sanitário do Município de Cerquillo (As Built de 13/05/2022).

1.1 Definição do Projeto

A disposição dos resíduos proposta no presente projeto executivo pretende detalhar a Expansão do aterro sanitário do município de Cerquillo, devendo estender o talude de disposição atual, dentro do perímetro de resíduos já licenciado, através da escavação do solo natural existente na porção sudeste do aterro, com o concomitante prolongamento dos taludes de resíduos do maciço existente, implantando-se todos os sistemas de proteção ambiental e sanitária necessários a adequada disposição dos resíduos.

A disposição dos resíduos partirá da cota de base 527 m, até que se atinja a cota 550 m, de modo que os taludes finais de disposição dos resíduos deverão sobrepor, em parte, o maciço de resíduos existente e o solo natural, devidamente adequado com os sistemas de proteção, apresentando inclinação de 1:2 (V:H), com alturas de 5,0 m e bermas de 5,0 m.

Em relação ao encaminhamento de lixiviados desta expansão, a mesma será independente e contará com duas saídas de lixiviados, uma na porção sudoeste (no dique de solo proposto) e outra à noroeste, atravessando o maciço existente. Essas

duas saídas de lixiviados serão encaminhados para caixas de passagem de lixiviados existente, que encaminham os lixiviados para reservatório de lixiviados existente, por gravidade.

O acesso que viabiliza a expansão do aterro deverá ser executado conforme atualmente realizado, sobre os resíduos, e apresentar declividade máxima de 10%, conforme apresentado no Anexo I, na Folha 10/12.

Para a efetivação do projeto pretendido será necessária a execução de serviços de terraplenagem (escavação e aterro), além da implantação dos sistemas de drenagem de base de águas limpas, de impermeabilização de base, drenagem de águas superficiais, de gases e de lixiviados nas células de resíduos a serem executadas, bem como a instalação de instrumentos de controle tecnológico.

Salienta-se que o empreendimento em questão encontra-se devidamente licenciado pelo o órgão ambiental responsável, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, perante a Licença de Operação – L.O. Nº 61002519 (Processo Nº 06/01390/98).

Na Figura 1-2 apresenta-se em planta o arranjo final proposto da expansão do Aterro Sanitário do Município de Cerquillo.

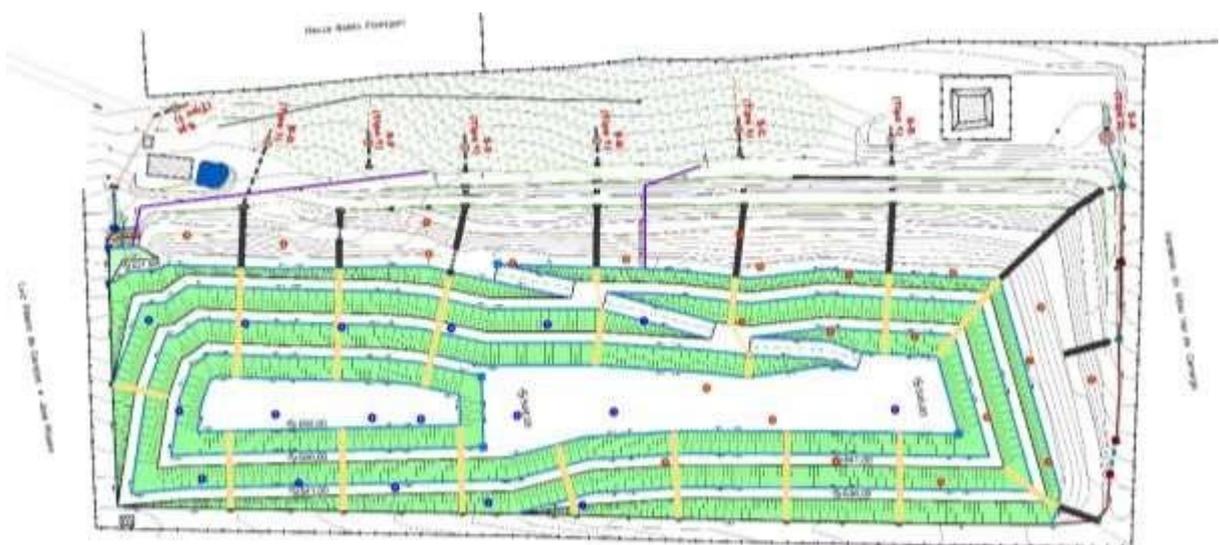


Figura 1-2. Arranjo final do projeto de expansão do Aterro Sanitário de Cerquillo.

2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

A Tabela 2-1 apresenta as informações cadastrais do responsável pelo empreendimento.

Tipo de Informação	Informações
<i>Denominação do Empreendimento:</i>	Aterro Sanitário Municipal de Cerquillo
<i>Razão Social:</i>	Prefeitura Municipal de Cerquillo
<i>CNPJ:</i>	46.634.614/0001-26
<i>Endereço da Obra:</i>	Estrada da Servidão S/Nº - Fazenda Indalécio, Bairro Capuava - Cerquillo - SP CEP 18.520-000
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua Eng. Urbano Pádua Araújo, 28 Centro - Cerquillo - SP CEP 18.520-000
<i>Telefone(s) de Contato:</i>	15-3384-3470
<i>E-mail:</i>	secretariosaama@cerquillo.sp.gov.br
<i>Responsável:</i>	Secretário Felipe Gustavo Pascutti

Tabela 2-1. Informações cadastrais do responsável pelo empreendimento.

A Tabela 2-2 apresenta as informações cadastrais da empresa de consultoria responsável pela elaboração do projeto da expansão do Aterro Sanitário.

Tipo de Informação	Informações
<i>Razão Social do Empreendedor:</i>	Geotech Geotecnia Ambiental Consultoria e Projetos Ltda
<i>CNPJ:</i>	01.847.195/0001-72
<i>Endereço de Correspondência:</i>	Rua João da Cruz Melão, 131 - Jardim Leonor - São Paulo - SP - CEP 05621-020
<i>Telefone de Contato:</i>	11-3742-0804
<i>E-mail:</i>	marcelo@geotech.srv.br
<i>Representante Legal e Responsável Técnico:</i>	Marcelo Benvenuto Engº Civil - CREA n. 5069305675-SP

Tabela 2-2. Informações cadastrais da empresa responsável pela elaboração do projeto.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a Licença de Operação – L.O. Nº 61002519 (Processo da CETESB Nº 06/01390/98), o empreendimento somente poderá receber resíduos Classe IIA e Classe IIB provenientes da coleta domiciliar, feiras, mercados, comércios, materiais de poda e varrição, resíduos resultantes da triagem de coleta seletiva, resíduos sólidos inertes e resíduos sólidos de serviços de saúde após inertização, segundo a Resolução CONAMA nº 358/05, sendo proibida a disposição de resíduos industriais de qualquer natureza no aterro sanitário.

Propõe-se para esta expansão, a co-disposição no aterro sanitário, de Resíduos de Serviços de Saúde – RSS – Subgrupo A4, desde que classificados como resíduos sólidos não perigosos (Classe IIA e IIB). A quantidade desses resíduos não será significativa, em relação a quantidade de recebimento diário licenciado, de 35 t/dia.

De acordo com a Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária Diretoria Colegiada - RDC nº 222, de 28 de março de 2018, que regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos RSS e dá outras providências, no seu Art. 53 é disposto que os RSS do Subgrupo A4 não necessitam de tratamento prévio e devem ser acondicionados em saco branco leitoso e encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada.

No Anexo I da RDC nº 222/2018, os RSS - Subgrupo A4 compõem:

- ✓ Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores, quando descartados.
- ✓ Filtros de ar e gases aspirados de área contaminada; membrana filtrante de equipamento médico-hospitalar e de pesquisa, entre outros similares.
- ✓ Sobras de amostras de laboratório e seus recipientes contendo fezes, urina e secreções, provenientes de pacientes que não contenham e nem sejam suspeitos de conter agentes classe de risco 4, e nem apresentem relevância epidemiológica e risco de disseminação, ou microrganismo causador de doença emergente que

se torne epidemiologicamente importante ou cujo mecanismo de transmissão seja desconhecido ou com suspeita de contaminação com príons.

- ✓ Resíduos de tecido adiposo proveniente de lipoaspiração, lipoescultura ou outro procedimento de cirurgia plástica que gere este tipo de resíduo.
- ✓ Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde, que não contenha sangue ou líquidos corpóreos na forma livre.
- ✓ Peças anatômicas (órgãos e tecidos), incluindo a placenta, e outros resíduos provenientes de procedimentos cirúrgicos ou de estudos anatomopatológicos ou de confirmação diagnóstica.
- ✓ Cadáveres, carcaças, peças anatômicas, vísceras e outros resíduos provenientes de animais não submetidos a processos de experimentação com inoculação de microrganismos.
- ✓ Bolsas transfusionais vazias ou com volume residual póstransusão.

De acordo com o Art. 54 da RDC nº 222/2018, os cadáveres e as carcaças de animais podem ter acondicionamento e transporte diferenciados, conforme o porte do animal, de acordo com a regulamentação definida pelos órgãos ambientais e sanitários.

4 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

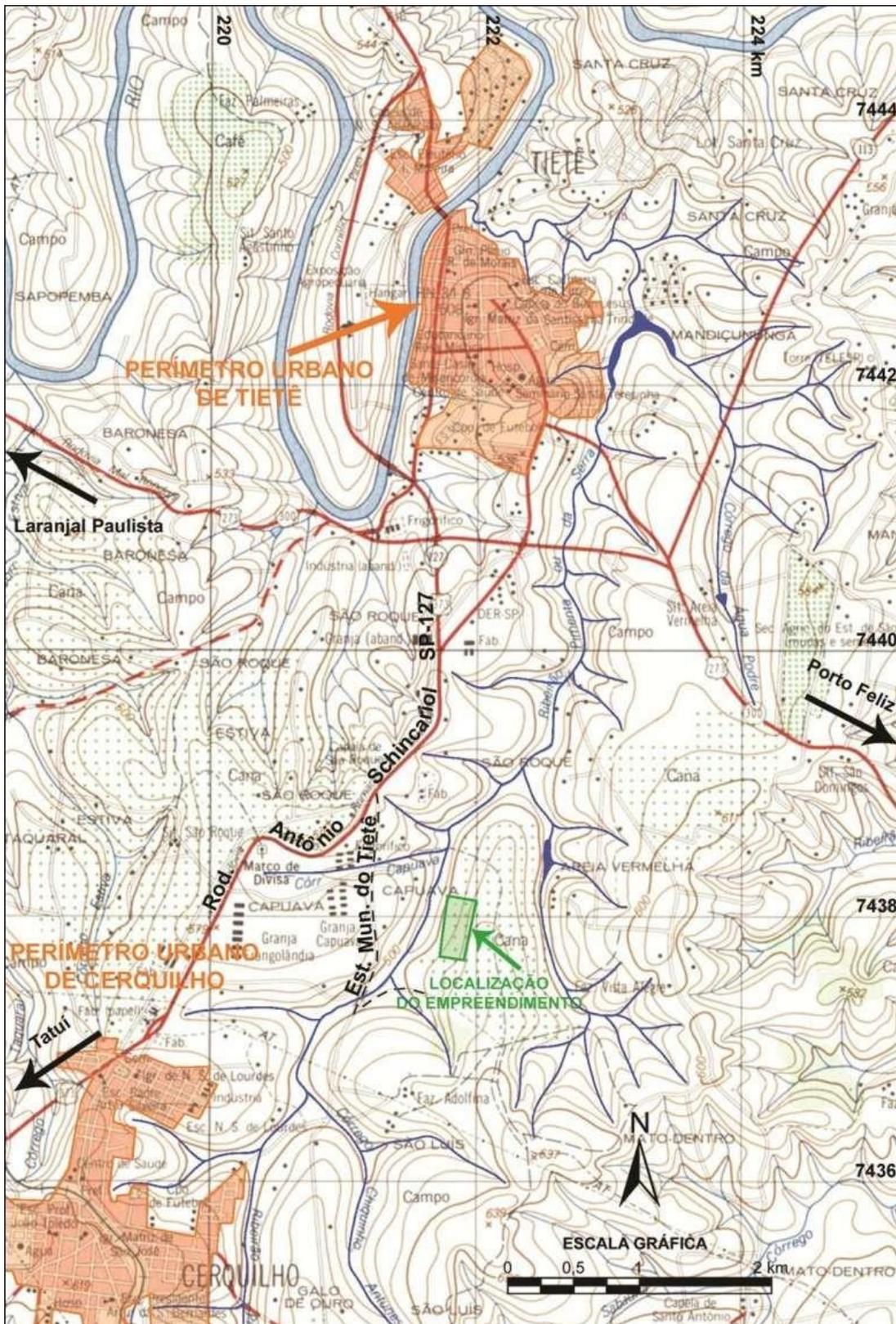
Neste item apresenta-se a descrição das características ambientais locais do Aterro Sanitário de Cerquillo, bem como das características da área contemplada para a implantação da Expansão do Aterro Sanitário Municipal de Cerquillo.

4.1 Localização do Aterro Sanitário de Cerquillo

O aterro sanitário localiza-se ao norte do Município de Cerquillo, distante cerca de 4,0 km do centro do município, sendo que o acesso ao aterro é feito pela Estrada da Servidão, acessada pela Estrada Municipal do Tietê, sendo esta acessada pela Rodovia Antônio Romano Schincariol (SP-127), que liga o município de Tatuí a Tietê passando por Cerquillo. As coordenadas UTM do centro da área do aterro são:

E = 221.834, N = 7.437.909.

Na Figura 4-1 é apresentada a localização geográfica do Aterro Sanitário Cerquillo e seu acesso.



Fonte: Adaptado de IBGE, 1984 (1:50.000).

Figura 4-1. Localização geográfica do Aterro Sanitário de Cerquilha.

4.2 Caracterização Geológica

Conforme descrito por Massoli et al (1986) no entorno da área do empreendimento são encontradas as seguintes unidades geológicas: Grupo Itararé, Grupo Guatá - Fm Tatuí, Formação Serra Geral - "Sill" de Diabásio e sedimentos quaternários. Na figura a seguir são apresentadas as principais litologias contidas na área do empreendimento.

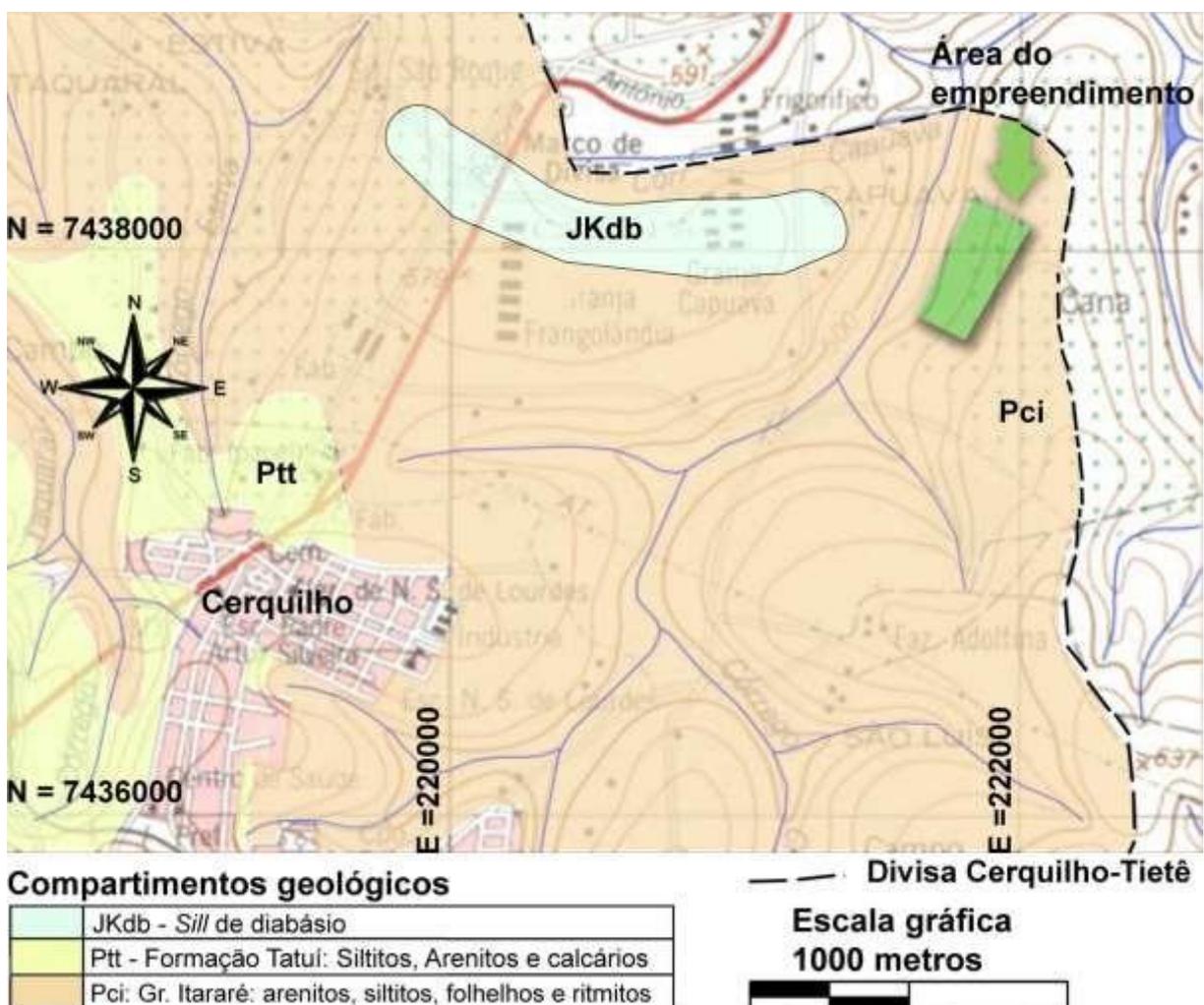


Figura 4-2. Mapa geológico. Fonte: Adaptado de Massoli et al (1986).

Conforme proposto no Projeto RadamBrasil (1983), o grupo Itararé apresenta diacmitos e arenitos com intercalações de argilitos e ritmitos e folhelhos sotopostos

em discordância erosiva sobre rochas do embasamento cristalino, estes são recobertos por siltitos finos da Formação Tatuí.

4.3 Caracterização Geotécnica

Conforme apresentado no relatório de Adequações de projeto (GEOTECH, 2001) foram realizadas 10 sondagens a percussão em nov/98 (SP-01 a SP-10) e duas sondagens em jun/99 (SP-11 e SP-12). Nas sondagens SP-11 e SP-12 foram realizados ensaios de permeabilidade *in situ*. Para melhor caracterizar os índices físicos dos solos foram realizados ensaios geotécnicos laboratoriais em amostra de solo moldada.

4.3.1 Sondagens à Percussão

Conforme descrito anteriormente, na área de implantação do aterro sanitário e seu entorno, foram realizadas 12 sondagens à percussão. O objetivo dessas sondagens foi avaliar as características geológico-geotécnicas da área do empreendimento e com isso poder embasar a definição das técnicas mais convenientes e seguras que deverão ser empregadas nesse projeto.

Na Tabela 4-1 a seguir, são apresentadas as coordenadas UTM das sondagens a percussão realizadas na área da propriedade, em metros.

Sondagem	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Empresa executante/Ano
S-01	221.862,76	7.437.728	Soenvil, 1998
S-02	221.883,11	7.437.826	
S-03	221.903,46	7.437.924	
S-04	221.923,81	7.438.022	
S-05	221.933,99	7.438.071	
S-06	221.729,51	7.437.748	
S-07	221.741,04	7.437.847	
S-08	221.754,63	7.437.946	
S-09	221.769,06	7.438.045	
S-10	221.776,27	7.438.095	
S-11	221.830,10	7.437.834	Sondosolo, 1999
S-12	221.791,53	7.437.991	

Tabela 4-1. Coordenadas UTM das sondagens à percussão realizadas.

Na são apresentados os valores de N_{SPTs} das sondagens em questão.

De (m)	Até (m)	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-06A	S-06B	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	SP-01	SP-02	SP-03	
1,00	1,45	5	5	4		3	30	30	32	5	3	5	3	5	T R A D O	8	12	40	
2,00	2,45	4	9	4		3	45/10	45/08	45/09	6	6	6	8	8			11	14	29
3,00	3,45	7	12	5		3	IMP	IMP	IMP	4	5	5	3	17			18	26	34
4,00	4,45	8	20	14		7				24	6	6	5	22			28	45/05	45/12
5,00	5,45	15	24	11		6				28	5	4	8	21			45/25	IMP	IMP
6,00	6,45	45/19	43	21		7				45	12	13	10	22			IMP		
7,00	7,45	IMP	45/08	17		9				IMP	9	35	10	30/09					
8,00	8,45		IMP	28		13					14	45/27	16	31/07					
9,00	9,45			45/28		17					18	IMP	13	32/06					
10,00	10,45			IMP		16					38		19	30/04					
11,00	11,45					24					45/07		33	IMP					
12,00	12,45					23					IMP		45/10						
13,00	13,45					45													
14,00						IMP													

Tabela 4-2. Valores de N_{SPTs} obtidos em cada sondagem em função da profundidade.

A partir dos dados obtidos pode-se verificar que os solos sob o aterro são constituídos principalmente por argila silto-arenosas intercaladas por camadas de areia fina, a média, com índice de resistência a penetração da ordem de 14 golpes, desconsiderando os valores de N_{SPT} acima de 40 golpes.

Em relação ao Índice de resistência à penetração dos solos, pode-se verificar que os valores N_{SPT} obtidos aumentam gradativamente com o aumento da profundidade de ensaio, até atingir o critério de “impenetrável à percussão” definido pela norma

vigente. De modo geral, os valores NSPT obtidos, denotam que a área do aterro sanitário possui boa capacidade de carga e suporte para o empreendimento em questão.

4.3.2 Ensaios de Permeabilidade *in situ*

Os ensaios de permeabilidade *in situ* foram realizados nos furos S-11 e S-12 (SONDASOLO, 1999), acima do nível d'água, nas profundidades de 2 metros, 5 metros e 9 metros, a partir da cota de boca de cada sondagem. O ensaio consiste no método de nível d'água variável, assim, saturou-se o furo de sondagem com água durante pelo menos 30 minutos e em seguida interrompeu-se o fornecimento de água tomando esse instante como $t = 0$ e acompanhou-se o rebaixamento do nível d'água no furo, efetuando-se leituras de nível d'água em intervalos determinados de minuto a minuto e a cada 5 minutos, após passados os primeiros 10 minutos de ensaio.

Sondagem	SP-11	SP-12
Trecho (profundidade em metros)	K (cm/s)	
2,00 a 2,50	1,90E-07	2,70E-04
5,00 a 5,50	2,40E-06	8,80E-06
9,00 a 9,50	3,90E-07	2,40E-05

Tabela 4-3. Coeficiente de permeabilidade *in situ* obtidos nos ensaios.

De acordo com o projeto de escavação, o compartimento litológico superficial será utilizado como solos operacionais, para coberturas diárias das células de resíduos. Desse modo, considera-se que os solos naturais que permanecerão sob o aterro sanitário possuem coeficientes de permeabilidade média da ordem $2,4 \times 10^{-5}$ cm/s a $3,9 \times 10^{-7}$ cm/s, ou seja, valores abaixo do estabelecido pela norma ABNT NBR 13.896:1997 que determina que, obrigatoriamente, exista uma camada de solo com espessura mínima de 1,50 m e permeabilidade da ordem de 5×10^{-5} cm/s na base do aterro.

4.3.3 Ensaios Geotécnicos Laboratoriais em Amostra de Solo Moldada

Para melhor caracterizar os índices físicos dos solos foram realizados ensaios geotécnicos laboratoriais em uma amostra de solo moldada (P1 - Amostragem).

Na Tabela 4-4 a seguir são apresentados seus resultados obtidos a partir dos ensaios geotécnicos laboratoriais.

SOLOS DE ESCAVAÇÃO / JAZIDA	
Classificação	Areia fina argilo-siltosa
RESUMO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES EM LABORATÓRIO	
Análise granulométrica conjunta	
Argila	22,5%
Silte	18,4%
Areia	
Fina	38,8%
Média	20,2%
Grossa	0,1%
Pedregulho	0,0%
Ensaio de compactação Proctor	
Teor de Umidade Ótima	12,70%
Massa Espec. Aparente Seca Máx.	1,870 kg/m ³
Limites de Atterberg	
Limite de Liquidez (LL)	24,70%
Limite de Plasticidade (LP)	15,20%
Índice de Plasticidade (IP)	9,60%
Massa Específica real dos grãos	
Média	2,67 kg/m ³
Permeabilidade sob carga variável – amostra moldada com GC=100% e h ^{hot} do PN	
K _{20°C}	6,5 x E-7 cm/s

Tabela 4-4. Ensaios geotécnicos laboratoriais.

Pelos resultados das análises em laboratório, conclui-se que os solos a serem escavados e utilizados no aterro são classificados como areia fina argilo siltosa, com pouca a média plasticidade, baixa compressibilidade e boa consistência no seu estado natural, mostrando-se, técnica e economicamente viável para sua utilização na

implantação, operação e no sistema de cobertura definitiva do aterro sanitário, em seu encerramento.

4.4 Caracterização Hidrogeológica

O subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) em que o empreendimento está inserido é um sistema aquífero subterrâneo de baixa produtividade conforme descrito por Iritani & Ezaki (2008), devido às intercalações de lentes de areia, argilas e siltes. Além do fator composicional verifica-se também que os poços de exploração de recursos hídricos subterrâneos estão situados distantes da área do empreendimento e suas profundidades variam de 200 a 300 metros.

No aterro sanitário existem quatro poços de águas subterrâneas, sendo um a montante e três a jusante da área de disposição final de resíduos sólidos. No dia 09/03/2012 foram realizadas medições de nível d'água nestes poços de monitoramento e verificou-se que o poço de monitoramento à montante (PM-01) apresentava nível d'água a profundidade de 10,90 metros (em relação a cota superficial topográfica do PM). Já os poços de monitoramento à jusante PM-02 e PM-04 apresentaram nível d'água a profundidade de 9,70 e 8,75, respectivamente.

O poço de monitoramento 03, PM-03, na presente data, apresentava-se com sedimentos em seu interior, portanto não foi possível a leitura do nível d'água. Este poço será desenvolvido segundo as normas ABNT NBR 15495-2/08 – Poços de monitoramento em aquíferos granulares – Desenvolvimento e NBR 15847/10 – Métodos de purga.

Assim, para elaboração do mapa potenciométrico foram utilizados os dados hidrogeológicos obtidos nos poços de monitoramento, cuja leitura foi realizada no período de chuvas intensas, e as profundidades finais do avanço das sondagens dados de sondagens à percussão, que se apresentaram “secas”, de modo conservador.

A partir dos dados hidrogeológicos obtidos pode-se realizar o mapa potenciométrico da área do empreendimento. No Anexo I, Folha 02/12 é apresentado o mapa potenciométrico.

Neste mapa verifica-se uma tendência natural da direção do fluxo como sendo, na região sudeste da área, do topo do terreno, em direção ao Ribeirão da Serra, localizado à jusante e a noroeste da área.

Conforme descrito anteriormente, o projeto de escavação adotado contemplou que na base do aterro recomenda-se uma camada mineral não saturada de no mínimo 3,0 metros de espessura, portanto, considera-se atendidos os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 13.896:97, (item 4.1.2) que estabelece que, obrigatoriamente, entre a base do aterro sanitário e o mais alto nível d'água, deve haver uma camada de solo não saturado de 1,5 m de espessura com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s.

5 DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DE PROJETO

Para a implantação da expansão do aterro sanitário de Cerquilha será necessária a execução de serviços de regularização do terreno e a implantação dos sistemas de proteção ambiental e sanitária, cujos detalhamentos serão devidamente apresentados a seguir.

Ressalta-se que o empreendimento em questão opera com devida autorização do órgão ambiental responsável, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, perante a Licença de Operação – L.O. Nº 6003966 (Processo Nº 06/01390/98).

5.1 Terraplenagem de base (escavação e aterro de solo)

Para viabilizar a implantação da Expansão do Aterro Sanitário de Cerquilha, deverão ser realizadas obras de regularização do terreno através dos cortes no solo natural e aterro de solo, de modo que possibilite a adequada implantação dos **sistemas de proteção, além de promover a máxima disposição de resíduos.**

Na porção sudeste, dentro do perímetro já licenciado do aterro sanitário, será realizada uma escavação no terreno natural estabelecendo um platô com 2% de declive de base, com divisor de lixiviados, no meio da área da base, pois foram projetadas duas saídas de lixiviados, uma à Sudoeste da área de expansão (região do dique de solo proposto) e outra, à Noroeste, atravessando-se o maciço existente.

No entanto, para o sistema de drenagem de base de águas limpas (de fundação), que ficará sob a impermeabilização de base, projetou-se uma única saída de águas limpas de fundação, à Sudoeste da área de expansão (sob o dique de solo proposto).

Nas duas figuras a seguir, são apresentados, primeiramente o sistema de drenagem de base de águas limpas e posteriormente, o sistema de drenagem de lixiviados de base:



Figura 5-1. Sistema de drenagem de base de águas limpas (em lilás e cotas em azul), saída das águas limpas sob o dique (em verde água) e cotas da terraplenagem de base – corte e aterro (em verde claro).

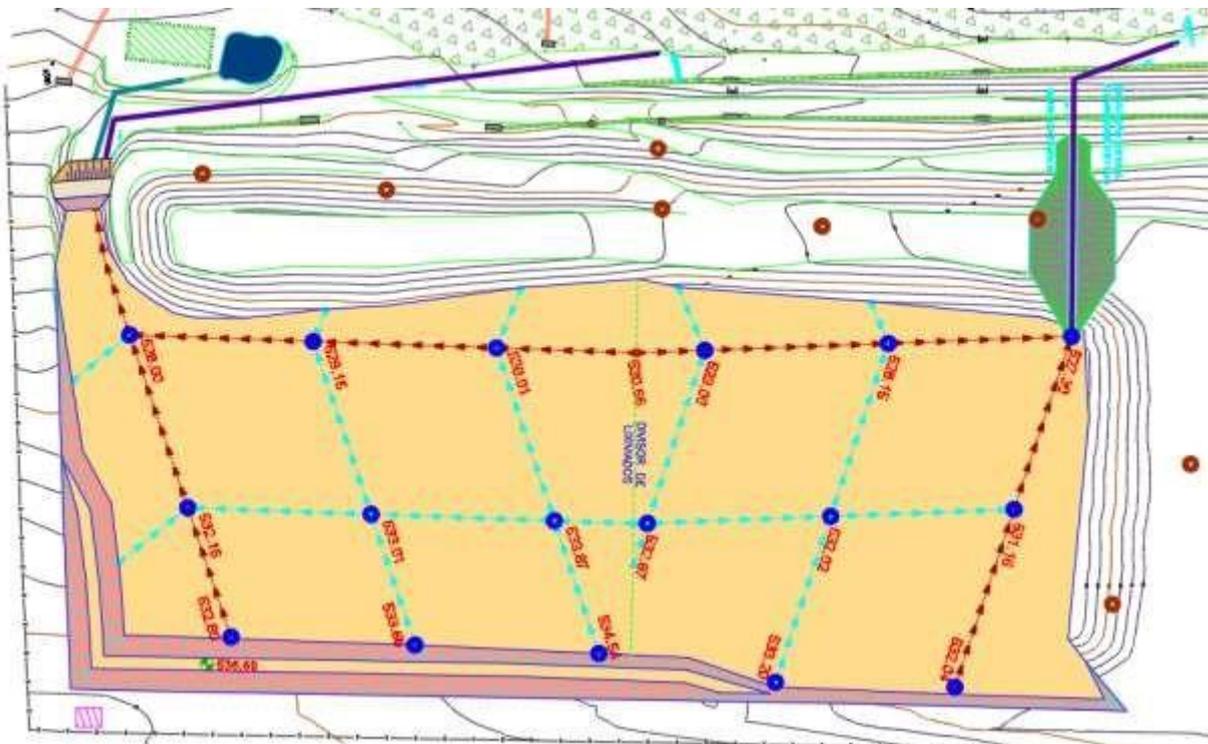


Figura 5-2. Sistema de drenagem de lixiviados de base, com drenos principais (vermelho), drenos secundários (em azul) e saída de lixiviados (em roxo).

Esta terraplenagem visa proporcionar a devida regularização do terreno possibilitando a implantação dos sistemas de proteção e do prolongamento dos taludes do maciço de resíduos atual, além de viabilizar o reaproveitamento do solo retirado no aterro de solo da base desta expansão e dique de solo.

As escavações serão feitas no terreno natural com taludes de inclinação 1:1 (V:H), altura de até 5,3 m e bermas de 3,0 m de largura. A terraplenagem realizada determinou platôs de base com uma declividade média 2,0%, considerando que a escavação projetada levou em consideração a manutenção da distância adequada da base até o nível do lençol freático (acima de 1,5 m), mantendo declive suficiente para funcionamento adequado da drenagem de lixiviados e conseqüente encaminhamento do lixiviado, através de duas saídas, com direcionamento para duas caixas de passagem de lixiviados, que encaminham por gravidade, ao reservatório projetado para o armazenamento temporário.

O volume total estimado de solo a ser escavado é de 33.532 m³, sendo que o volume total de utilização do solo, considerando toda a expansão, será de aproximadamente 207.359 m³, de modo que haverá um déficit de solo da ordem de 173.827 m³, para esta expansão de operação. No Anexo I, na Folha 03/12, apresenta-se a terraplenagem prevista no local e no Volume II – Memorial técnico apresenta-se o balanço dos solos.

A complementação desse déficit de solos deverá ser obtida com a utilização dos solos externos, devidamente licenciados, estimados em 173.827 m³, ou com utilização de geossintéticos adequados, como geomembranas de PEAD, no caso do déficit de solos para cobertura dos resíduos.

5.1.1 Jazida de Solo

Está previsto durante as obras de terraplenagem do terreno, uma escavação de cerca de 33.532 m³ de solo e necessidade de utilização de cerca de 25.727 m³ de solo para execução de um dique de solo compactado e de aterro de base. Com isso, o volume

de solo escavado atenderia a essa demanda para execução do dique e do aterro de base, no entanto, não haverá solo suficiente para os demais usos de solo necessários, como para a impermeabilização de base, na etapa de implantação e na etapa de operação, para utilização em cobertura operacional, cobertura definitiva e acessos internos.

Como já citado, prevê-se um déficit de solo acumulado de 173.827 m³; este volume indica que durante toda a vida útil do empreendimento, com relação aos solos necessários, será indispensável a obtenção de solos de jazida externa.

As áreas de jazida potenciais para o empréstimo de solo deverão ser devidamente licenciadas e, visando caracterizar geotecnicamente os solos a serem utilizados para as obras de terraplenagem, deverão ser realizados ensaios geotécnicos de laboratório em corpo de provas moldados. Assim, recomenda-se que para as amostras enviadas para laboratório, sejam realizados os seguintes ensaios:

- Massa específica real dos grãos;
- Limites de Atterberg (LL e LP);
- Análise granulométrica por peneiramento e sedimentação;
- Compactação Proctor Normal;
- Permeabilidade sob carga variável, sobre corpo de prova moldado com teor de umidade ótima e massa específica aparente seca máxima, do ensaio de compactação Proctor Normal.

Salienta-se, que deverá ser realizado controle tecnológico de compactação dos solos no campo para atender às especificações de projeto.

5.2 Dique de Solo Compactado

Na cota inferior do terreno, na porção sudoeste da área de expansão, será executado um dique de disparo de solo compactado, com a finalidade de conter os resíduos, e de onde deverá ser iniciada a disposição dos resíduos. O dique será executado com solo argiloso, e compactado com equipamentos convencionais de terraplenagem, com

GC \geq 95% e desvio de umidade em torno da umidade ótima do ensaio de compactação Proctor Normal.

A declividade do talude interno do dique será de 1:1 (V:H) e do talude externo será de 1:1,5 (V:H), até a cota 528 m (crista) e a largura da crista do dique será de 4 m. A crista deverá ter declividade de 2% no sentido interno em direção às canaletas, visando o adequado encaminhamento das águas pluviais decorrentes sobre o dique. Nas Folhas 03/12 a 10/12 do Anexo I é possível visualizar a locação do dique em planta e na Folha 12/12, seus detalhes.

Ressalta-se ainda, que o talude externo do dique de solo deverá receber proteção superficial com plantio de gramíneas e execução de sistema de drenagem superficial, visando o adequado encaminhamento das águas pluviais decorrentes sobre o mesmo.

Já o talude interno do dique deverá receber a impermeabilização de base em taludes, com os geossintéticos desta impermeabilização, sendo devidamente ancorado na crista do dique.

5.3 Drenagem de Base de Águas Limpas

Com o intuito de prevenir ascensões ou eventuais infiltrações de águas no interior da área de terraplenagem foi dimensionado um sistema de drenagem de águas de base de águas limpas, que deverá substituir a existente.

Esta nova drenagem é constituída por um dreno, em vala escavada trapezoidal e composto por tubos de PEAD perfurados, envoltos por brita 2 e 3 e pedrisco, recobertos por geotêxtil não tecido de polipropileno RT 31 e na sua base, entre o contato do solo natural e o geotêxtil, uma geomembrana de PEAD de 1,5 mm.

Os tubos são especificados como tubos de PEAD com Diâmetro Externo (DE) de 110 mm, PE-100, PN 10, com espessura da 6,6 mm e perfurados com furos de \varnothing 12 mm, para direcionar um eventual fluxo d'água.

A saída desses drenos será feita na drenagem natural da área por se tratar de águas limpas, se interligando ao dreno de base de águas limpas existente, transpassando o dique proposto.

Para esta drenagem foi considerado um distanciamento mínimo de 1,0 m acima do nível freático e declividade mínima da drenagem na área de expansão, de 0,25%.

Na Figura 5-3 a seguir é ilustrado exemplo de drenagem de base de águas limpas.



Figura 5-3– Exemplo de drenagem de base de águas limpas.

No Anexo I, na Folha 03/12, é apresentado este sistema e na Folha 12/12, seus detalhes.

5.4 Sistema de Impermeabilização

O sistema de impermeabilização proposto deverá ser implantado em toda a área do perímetro de resíduos da expansão do aterro sanitário de Cerquilha, que não dispõe de impermeabilização de base, ou seja, em terreno natural sem disposição de resíduos, podendo ser instalado, concomitantemente, à disposição dos resíduos desta expansão. Este sistema tem por objetivo isolar os resíduos evitando a penetração dos lixiviados no solo natural, devendo, portanto, ser aplicado também nas regiões de taludes.

Desta forma, o sistema de impermeabilização de base foi concebido para ser implantado nas áreas planas e de taludes, com sistema diferenciado para cada situação.

Nas áreas planas, o sistema de impermeabilização de base foi projetado para ser composto, primeiramente, por uma camada de 0,50 m de solo compactado com permeabilidade da ordem de $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s, seguido por uma geomembrana de Polietileno de Alta Densidade – PEAD de 1,5 mm de espessura, que por sua vez será recoberta por uma camada de solo argiloso compactado de no mínimo 0,30 m de espessura para a proteção mecânica da geomembrana, seguindo o projeto inicialmente aprovado, licenciado e em operação.

Na base do aterro, alternativamente à camada de solo de 0,50 m de solo compactado com permeabilidade da ordem de $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s, poderá ser executada uma camada de solo com bentonita na proporção a ser definida na fase de implantação, de forma que se possa atingir o coeficiente de permeabilidade de 10^{-7} cm/s, tomando-se como base os custos de cada solução.

A camada de solo compactado de 0,50 m com permeabilidade da ordem de $1,0 \times 10^{-7}$ cm/s, deverá ser executada, com equipamentos convencionais de terraplenagem e serviços de controle de compactação de solos.

Já nos taludes, como do dique, taludes de corte e em regiões inclinadas, em áreas em que a compactação do solo seja menos eficiente, ao invés da camada de 0,50 m de solo compactado, implanta-se um geocomposto bentonítico tipo GCL, com a finalidade de assegurar que o sistema de impermeabilização de base seja homogêneo.

Da mesma forma, a camada de 0,30 m solo compactado a ser implantada como proteção mecânica da geomembrana de PEAD de 1,5 mm de espessura, poderá ser substituída por geotêxtil não tecido de polipropileno de RT 31. Se usado o solo argiloso compactado, este deverá estar rigorosamente isento de pedras e torrões com diâmetro nominal superior a 0,5 cm, por tratar-se de proteção mecânica da geomembrana plástica, para não puncionar o material. O material deverá ser pouco

compactado para evitar equipamentos pesados e somente de uso de tráfego de equipamentos com pneus de baixa pressão, para espalhamento e compactação.

A recepção, estocagem, manuseio, transporte, instalação e controle de qualidade da instalação dos geossintéticos deverá ser realizada, conforme a norma da ABNT NBR 16.199/2020.

O perímetro onde será instalado o sistema de impermeabilização adotado pode ser visualizado em planta no Anexo I, na Folha 04/12 estando seus detalhes na Folha 12/12.

A geomembrana de PEAD utilizada para o sistema de impermeabilização deverá ser devidamente ancorada nos taludes de solo natural e interligadas com a geomembrana existente sob o maciço atual, conforme as especificações descritas a seguir. Os detalhes desta ancoragem no talude de solo natural encontram-se apresentados no Anexo I, na Folha 12/12.

5.4.1 Especificações

A implantação da geomembrana de PEAD deverá ser realizada conforme a norma da ABNT NBR 16.199/2020, devendo ser iniciada pelo tratamento de todas as superfícies de assentamento, garantindo a regularidade de todos os planos e a retirada de quaisquer saliências como pedras, tocos, ou outros materiais que possam vir a puncionar o geossintético.

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

A ancoragem da geomembrana deverá ser provisória no seu limite superior, no talude

de solo natural, evitando-se o rompimento do geossintético por tração, sendo sua ancoragem definitiva realizada ao final da disposição dos resíduos na área. No Anexo I, na Folha 12/12 pode-se visualizar o detalhe da ancoragem.

5.5 Drenagem de Lixiviados

O sistema de drenagem de lixiviados de base será constituído por tubos de PEAD perfurados, envoltos por brita-rachão-brita e geotêxtil não tecido de polipropileno e, para os drenos de lixiviados de camada prevê-se a execução de trincheiras preenchidas de brita nº 4, conforme a altura definida de cada camada, de 5,0 m. Assim sendo, o sistema de drenagem de lixiviados proposto visa dar sequência aos sistemas já consolidados no aterro sanitário de Cerquillo podendo ser dividido em dois tipos: de base e de camadas.

5.5.1 Rede de encaminhamento de lixiviados

Os lixiviados captados nesta expansão serão drenados por gravidade até o reservatório existente, através de duas saídas desta expansão (uma saindo sob o dique e outra transpassando entre a 1ª e 2ª fase do aterro), por tubos de PEAD não perfurados (DE 200 mm), que irão se interligar a duas caixas de passagem de lixiviados existentes.

Para a saída de lixiviados que irá transpassar entre a 1ª e 2ª fase do aterro, será necessário escavar o maciço existente para implantar essa rede de encaminhamento de lixiviados, da saída de lixiviados da porção Noroeste da área da expansão.

Deve-se executar essa escavação de maneira cuidadosa e segura, garantindo-se a estabilidade dos taludes escavados e sem danificar a impermeabilização de base existente, principalmente a geomembranas de PEAD. Caso ocorra algum dano, deve-se reparar, soldando adequadamente a geomembrana de PEAD danificada.

5.5.2 Drenos de Base de Lixiviados

O sistema de drenagem de base foi concebido para ser implantado sobre o sistema de impermeabilização de base, conforme descrito no Item 5.4 – Sistema de Impermeabilização, e deverá apresentar sua locação conforme definido no projeto.

Assim, os drenos de base serão constituídos por drenos principais e secundários, cuja distinção é o diâmetro dos tubos, sendo:

- ✓ Dreno principal - Tubo de PEAD ISO 4427/PE-100/DE 200 mm/e 11,9 mm/ PN 10 perfurados com furos de Ø 18 mm; e
- ✓ Dreno secundário - Tubo de PEAD ISO 4427/PE-100/DE 160 mm/e 9,5 mm/ PN 10 perfurados com furos de Ø 18 mm.

Ambos os drenos (principais e secundários) são envoltos por uma camada de transição de brita-rachão-brita e geotêxtil não tecido de polipropileno (RT 16), conforme apresentado na folha de detalhes, no Anexo I, na Folha 12/12.

Em relação a esse geotêxtil não tecido de polipropileno (RT 16), destaca-se que na fase de implantação, deve-se manter o dreno envolto por esse geotêxtil e na fase de operação, **deve-se abrir esse geotêxtil para contato direto dos resíduos com o dreno** (tubo de PEAD envolto por brita-rachão-brita).

Salienta-se que estes tubos assim definidos atendem às vazões de lixiviados estimadas e pressões futuras atuantes sobre os mesmos, preservando a sua integridade, conforme dimensionamento apresentado no Volume II – Memorial Técnico.

Os drenos de base deverão encaminhar o líquido lixiviado coletado para o reservatório existente no aterro, através da implantação de uma rede própria desta expansão, conforme apresentado no Anexo I, na Folha 04/12. O reservatório existente armazena os líquidos lixiviados drenados do aterro para posterior bombeamento do mesmo à Estação de Tratamento de Efluentes – ETE Capuava, localizada a cerca de 300 m do reservatório do aterro, para adequado tratamento.

Assim, os drenos de base serão executados sobre o sistema de impermeabilização, que deverá ser concebida com uma declividade mínima de 2% na direção do escoamento dos lixiviados, visando manter o bom funcionamento deste sistema.

Os drenos principais, composto por tubos de PEAD de 200 mm são capazes de atender a uma vazão de 627 m³/dia, considerando um declive de 2% e um coeficiente de *Manning* de 0,012 em seção parcial de escoamento, ou seja, capaz de atender uma vazão bastante superior à vazão de lixiviados, estimada com acréscimo da Expansão + Ampliação, de 150 m³/dia, conforme detalhado no Item 5.5.4 – Geração, Armazenamento e Destinação de Lixiviados.

5.5.3 Drenos de Camada de Lixiviados

Os drenos de camada de lixiviados serão aqueles implantados sobre a camada operacional de resíduos, através de trincheiras de 0,60 m x 0,60 m preenchidas por brita nº 4, de modo que os resíduos tenham contato direto com a brita dos drenos, conforme detalhe apresentado no Anexo I, na Folha 12/12.

Estas drenagens deverão ser interconectadas entre si, conforme projeto cujo fluxo sempre descendente, conduzirá os lixiviados captados através dos drenos de biogás, e assim para o sistema de drenagem de base de lixiviados.

Os drenos de base e de camadas se conectarão aos drenos de biogás, os quais deverão desempenhar também a função de drenagem de lixiviados, através da drenagem descendente dos lixiviados até os drenos de base.

A distribuição do sistema de drenagem de lixiviados em cada camada e os pontos de interligação aos drenos de biogás pode ser visualizada no Anexo I, nas Folhas 05/12 a 08/12.

5.5.4 Geração, Armazenamento e Destinação de Lixiviados

Atualmente no Aterro Sanitário de Cerquillo são gerados cerca de 48,5 m³/dia de lixiviados, que são drenados e encaminhados para tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE Capuava do SAEE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Cerquillo, que se localiza a cerca de 300 m do reservatório do aterro sanitário. O encaminhamento dos líquidos lixiviados armazenados é feito através do bombeamento dos lixiviados do reservatório à ETE, localizada à jusante.

Com a implantação da expansão de operação do aterro sanitário de Cerquillo deverá ocorrer um aumento de aproximadamente 25,7 m³/dia de lixiviado que serão encaminhados ao reservatório. Sendo assim, o reservatório existente deverá receber cerca de 74,2 m³/dia proveniente do maciço existente e da expansão aqui pleiteada. Ressalta-se que o reservatório em questão detém capacidade para armazenar cerca de 700 m³.

No entanto, considerando a área da Expansão (22.367 m²), mais uma possível nova ampliação de área de cerca de 66.000 m², a área com resíduos seria 88.367 m² maior que a área de resíduos atual (42.064 m²), ou seja, cerca de 210% maior que a área atual do aterro sanitário.

Portanto, com a Expansão + Ampliação a geração de lixiviados será no máximo 210% maior que o gerado atualmente, ou seja, terá um acréscimo de 101,9 m³/dia, totalizando 150,4 m³/dia.

Os cálculos da geração de lixiviados encontram-se devidamente apresentados no Volume II – Memorial Técnico.

5.6 Drenagem de Biogás

A drenagem interna de gases do maciço sanitário será executada através de drenos verticais interligados em sua base ao sistema de drenagem de base de líquidos

lixiviados, e nas camadas, interligadas aos drenos de camada de lixiviados, ambos dispostos em diferentes posições da área, conforme o projeto.

Os drenos deverão ser formados pela conexão de tubos verticais perfurados de concreto de \varnothing 0,60 m, revestidos com uma camada de rachão em seu perímetro e envolto por tela Telcon tipo gaiola, ou similar, instalada concomitantemente ao alteamento do aterro. Assim, conforme apresentado no Anexo I, na Folha 12/12 de detalhes, o diâmetro final dos drenos de gás será de 1,60 m.

O primeiro tubo inferior da coluna do dreno de biogás deverá ser penetrado pelo dreno de base de lixiviados e se apoiar sobre uma laje de concreto armado quadrada, de 1,60 m de largura e 0,15 m de espessura.

Os gases serão conduzidos por estes drenos e deverão ser queimados em tubo galvanizado, “flare”, que deverá ser conectado nas saídas dos tubos de concreto. À medida que o aterro for alteado, esses tubos deverão ser prolongados, com o cuidado de substituir o tubo que será enterrado. Esta medida visa garantir a integridade estrutural do sistema de tubos.

Esta concepção deverá seguir as locações apresentadas no projeto, conforme apresentado no Anexo I, nas Folhas 04/12 e 09/12. A distância média adotada entre os drenos foi de 40 m, sempre as interligando aos drenos de camada de lixiviados, formando uma malha de drenagem, que propiciam várias “saídas”, tanto para os gases como para os lixiviados, facilitando a saída de gases no interior do maciço, bem como do lixiviado.

5.7 Drenagem de Águas Pluviais

O sistema de drenagem pluvial consiste na implantação de elementos hidráulicos capazes de promover a captação, o encaminhamento e a descarga das águas pluviais que incidirem sobre a área do aterro sanitário, a fim de minimizar a infiltração no maciço sanitário e evitar eventuais erosões e deteriorações nos taludes e acessos

implantados. Dessa forma, os elementos propostos para a expansão são compostos por:

- ✓ Canaletas de concreto tipo meia-cana;
- ✓ Descidas hidráulicas em geocélulas e preenchidas por pedras;
- ✓ Caixas de passagem de concreto;
- ✓ Galerias em tubos de concreto (travessia);
- ✓ Bacia de retenção de sedimentos e de águas pluviais; e
- ✓ Bacia de enrocamento.

Os cálculos das vazões admitidas e os dimensionamentos dos elementos propostos estão apresentados no Volume II – Memorial Técnico.

No Anexo I, nas Folhas 03/12 a 09/12 é possível visualizar em planta o sistema de drenagem pluvial previsto para esta expansão, bem como seus fluxos de escoamento, e na Folha 12/12 os detalhes dos elementos que compõem o sistema de drenagem pluvial proposto.

A drenagem pluvial definitiva deverá ser implantada nas áreas definitivas do Aterro Sanitário de Cerquillo e sobre as coberturas definitivas do aterro sanitário.

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

Na Figura 5-4 é apresentado um exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.



Figura 5-4. Exemplo de canaletas de concreto tipo meia-cana.

As descidas de água pluvial dos taludes e bermas no aterro sanitário se darão por canais trapezoidais com inclinação do talude lateral interno do canal de 1:2 (V:H) nos taludes e 1:3 (V:H) nas bermas, com revestimento geocélulas de polipropileno (altura de 20 cm) preenchidas por pedras (brita 3 ou 4), grampos e tela tipo alambrado galvanizada, sobre uma base de geotêxtil (RT 16) tipo não tecido de polipropileno, entre as geocélulas e a superfície de contato (cobertura definitiva).

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

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

Na Figura 5-5 é apresentado um exemplo de descida hidráulica de geocélula preenchida por pedras.



Fonte: Ober Geossintéticos.

Figura 5-5. Exemplo de descida hidráulica em geocélula preenchida por pedras.

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

As caixas de passagem de concreto têm como função direcionar melhor o escoamento das águas, possibilitar a dissipação de energia hidráulica e reter sedimentos, devendo-se implantar em diversas situações, como: nas mudanças de direção dos dispositivos de drenagem pluvial, para diminuição da energia de escoamento pluvial, nas transições entre diferentes dispositivos de drenagem pluvial e nas transições com as travessias subterrâneas da drenagem pluvial. A seguir são descritos tipos de caixas de passagem propostas:

- ✓ Tipo 1 (P1): entre linhas de descidas hidráulicas e/ou travessias subterrâneas e/ou canaletas, para direcionar melhor o escoamento das águas, possibilitar a dissipação de energia hidráulica e retenção de sedimentos;



Figura 5-6. Exemplo de caixa de passagem Tipo 1 a jusante de descida hidráulica, entre canaletas e tubos de concreto.

- ✓ Tipo 2 (P2): nas mudanças de direção e diminuição da energia do escoamento das canaletas de berma e retenção de sedimentos;



(a)

(b)

Figura 5-7. Exemplo de caixa de passagem Tipo 2 entre canaletas, de mudança de direção (a) e de diminuição de energia nas canaletas (b).

Com relação às saídas de águas pluviais definidas no empreendimento, foram definidas oito saídas, através de um sistema associado de dissipação de energia e retenção de sedimentos, composto por bacias de retenção e bacias de enrocamento,

uma após a outra, respectivamente, com a função de diminuir as velocidades elevadas de escoamento, retenção de sedimentos, e com isso direcioná-las adequadamente para a área externa ao aterro, minimizando efeitos erosivos e de assoreamento.

As bacias de retenção, também conhecido como reservatórios de acumulação, é comum em áreas rurais, principalmente em estradas vicinais. A função deste tipo de dispositivo de drenagem pluvial é acumular as vazões de pico das águas pluviais drenadas e propiciar a retenção temporária das águas.

Basicamente, essas bacias de retenção são executadas, escavando-se o terreno natural até que se obtenha o volume desejado.

As águas pluviais que se acumularem temporariamente nessas bacias, serão removidas a jusante para uma bacia de enrocamento, antes de serem lançadas ao terreno de jusante ou curso d'água.

As bacias de enrocamento deverão ser executadas com rachão/pedra-de-mão (podendo ser rachão/pedra-de-mão reciclado).

Na Figura 5-8 é apresentado um exemplo de bacia de retenção e de bacia de enrocamento.



Fonte: www.codasp.sp.gov.br

(a)



(b)

Figura 5-8. Exemplo de bacia de retenção (a) e de bacia de enrocamento (b).

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

6 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Neste item estão descritas as condições operacionais atuais do Aterro Sanitário de Cerquilha.

6.1 Acessos do Aterro Sanitário

Os acessos serão desenvolvidos através da utilização de brita compactada com espessura média de 0,30 m, propiciando o acesso mesmo durante a ocorrência de chuvas. No Anexo I, na Folha 09/12 apresentam-se os acessos do projeto.

Os resíduos dispostos nas regiões dos taludes e acessos deverão receber maior compactação, visando diminuir os recalques iniciais e aumentar a resistência da massa dos resíduos nas regiões onde serão implantados os acessos.

Para o traçado dos acessos definidos acima foram utilizadas rampas com declividades máximas de 10%. Os acessos principais terão largura de 10,0 m e para os acessos pelas bermas, 5,0 m com inclinação média de 2% no sentido do pé do talude.

O perímetro do aterro sanitário de Cerquilha encontra-se devidamente cercado em todo seu perímetro com cerca viva (Sansão do Campo), evitando assim, o acesso de animais e de pessoas não autorizadas. A entrada de terceiros deverá ocorrer somente após a devida autorização na portaria.

6.2 Disposição de Resíduos Sólidos

Os resíduos transportados pelos caminhões serão depositados na frente de operação, devidamente preparada, utilizando-se os acessos existentes e os projetados.

Os resíduos, após serem descarregados pelos caminhões, serão espalhados e compactados através de trator de esteira, no sentido ascendente contra o talude, formando rampa com inclinação média de 1:3 (V:H). Para a adequada compactação

dos resíduos deverão ser executadas pelo trator de 5 a 8 passadas sobre o material disposto, de maneira semelhante ao que vem sendo executado atualmente no aterro.

Ao final de cada dia de trabalho, a célula de resíduos correspondente a essa jornada deverá ser recoberta com uma camada de solo de 0,15 m de espessura, que poderá ser substituída por lona de geossintético. A última camada de célula terá a superfície final recoberta com uma camada de solo argiloso compactado, que deverá constituir no total uma cobertura definitiva do aterro de 0,60 m de espessura. O detalhamento descritivo da cobertura operacional e final dos resíduos encontra-se detalhada no Item 6.3.

A frente de trabalho deverá ser mantida sempre com a menor superfície exposta de resíduos, planejando-se a disposição diária com o recebimento dos resíduos durante o período operacional. Diariamente no início dos trabalhos, a frente de trabalho deverá ser descoberta e os resíduos compactados sobre os do dia anterior.

Deverão ser verificadas diariamente as condições da drenagem pluvial, de maneira a evitar problemas de tráfego nos períodos chuvosos e processos erosivos na área da frente de trabalho e seus arredores.

No Anexo I, na Folha 09/12 é possível visualizar o arranjo final previsto para o aterro sanitário de Cerquilha.

6.3 Cobertura Operacional e Final dos Resíduos

A cobertura operacional se dará ao final de cada dia de trabalho, cuja célula de resíduos correspondente a essa jornada, deverá ser recoberta com uma camada de solo de cerca de 0,15 m, que poderá ser substituída por lonas de geossintético, apropriada para esta função.

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

de impermeabilização. Desta maneira, todos os taludes serão submetidos ao recobrimento com solos, tanto os definitivos quanto os provisórios.

Os taludes definitivos, após a cobertura prevista com camada solo compactado de 0,60 m de espessura e permeabilidade da ordem de 10^{-5} cm/s, deverão ser imediatamente submetidos ao plantio de grama, a fim de resguardá-los das erosões laminares, sulcos nos taludes e aumentar a evapotranspiração. Complementar à cobertura final e ao plantio de gramíneas deverá ser implementada a drenagem pluvial definitiva.

Desta forma, sobre os platôs finais das camadas de células e dos taludes finalizados deverá ser aplicada uma camada de substrato (solo vegetal) composto de nutrientes e espessura de 0,08 m sobre a camada de cobertura definitiva de solo compactado. O substrato tem finalidade de subsidiar nutrientes às gramíneas, auxiliar na fixação e no enraizamento das mesmas.

Cabe ressaltar que o substrato deverá ser enriquecido com macronutrientes essenciais a planta, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Após o tratamento do substrato ter sido realizado, deverá ser executado o plantio em placas da grama, com espessura de cerca de 0,07 m. Para fixação inicial das gramíneas nos taludes deverá ser realizado estaqueamento das placas.

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

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

6.3.1 Estimativa de Vida Útil e Balanço dos Solos

O volume útil para disposição dos resíduos sólidos na área do projeto proposto é de 193.039 m³, já descontados os volumes de solo a serem utilizados na impermeabilização de base, na operação diária de cobertura dos resíduos dispostos e na cobertura definitiva do aterro proposto.

Desta forma, para estimativa da vida útil das concepções de projeto considerou-se uma recepção diária de 35 t/dia de resíduo e peso específico (γ) de 0,7 t/m³, obtendo-se cerca de 15 anos e 1 mês de operação, considerando o ano com 365 dias operacionais.

Conforme descrito anteriormente deve-se lembrar que o que está, efetivamente, detalhado neste projeto é o volume total espacial e de resíduos e que, a vida útil, depende da variação de recepção de resíduos e das condições de operação relativas à compactação dos mesmos.

O volume estimado de solos necessários para a execução dos acessos, obras de regularização do terreno, drenagem de base de águas limpas, para a impermeabilização e proteção da geomembrana e cobertura operacional e definitiva totalizam cerca de 207.359 m³. Sendo assim, considerando-se que a escavação a ser realizada totaliza 33.532 m³ haverá, portanto, um déficit de solo da ordem de 173.827 m³, conforme cálculos apresentados no Volume II – Memorial Técnico. A complementação desse déficit de solos será feita com a utilização dos solos de jazidas externas (devidamente licenciadas) estimados em 173.827 m³, ou utilização de geossintéticos adequados, conforme anteriormente mencionado.

Os cálculos realizados para a obtenção dos volumes de resíduos a serem dispostos e o balanço dos solos para o projeto, além das áreas abrangidas estão devidamente apresentados e detalhados no Volume II.

6.4 Armazenamento de solo

A área de armazenamento temporário de solos deverá ocorrer dentro da própria área do aterro sanitário, nos locais onde o aterro sanitário ainda não tiver avançado, desde que não sobre alguma maciço de resíduos, mas apenas sobre terreno natural.

Após a ocupação de toda área do aterro sanitário, os solos deverão ser armazenados dentro da própria área do empreendimento (fora do maciço de resíduos), de forma ambientalmente adequada.

Os solos escavados na gleba do empreendimento deverão ser armazenados em um planejamento de execução para as diversas etapas e usos. Este procedimento possibilitará que o solo seja escavado e armazenado próximo à área da etapa em execução, facilitando as operações das máquinas e armazenamento dos excedentes em área para utilização futura.

Uma vez que o aterro sanitário deverá ser executado ao longo de etapas de implantação e operação, os solos provenientes das escavações de uma etapa poderão ser armazenados, temporariamente, dentro do perímetro previsto para a implantação da etapa seguinte, e caso ocorra superávit de solo operacional, estes poderão ser armazenados dentro dos limites da propriedade, nas áreas reservadas especificamente para esta finalidade.

Recomenda-se, que o armazenamento desses solos deverá ser realizado de modo a configurar um aterro de no máximo 3,0 m de altura e inclinação máxima dos taludes de 1:1 (V:H).

Como medida para mitigar o carreamento de sedimentos para o sistema de drenagem pluvial, poderá ser realizada a compactação do aterro em questão, com trator de esteira convencional, passando-se duas vezes sob o material.

Associado a isso, este aterro poderá ser coberto com lona, grama ou similar, e disciplinamento das águas superficiais, através de canaletas provisórias, como valetas escavadas no solo com 0,60 m de largura por 0,60 m de profundidade, para

encaminhamento das águas pluviais drenadas para o sistema de drenagem pluvial definitivo do empreendimento.

Mesmo com essas medidas, se o carreamento excessivo de solos persistir, barreiras físicas, ou cercas-silte deverão ser instaladas entre o pé de talude e a canaleta provisória.

Na Figura 6-1 a seguir é apresentado um detalhe esquemático para armazenamento de solo.

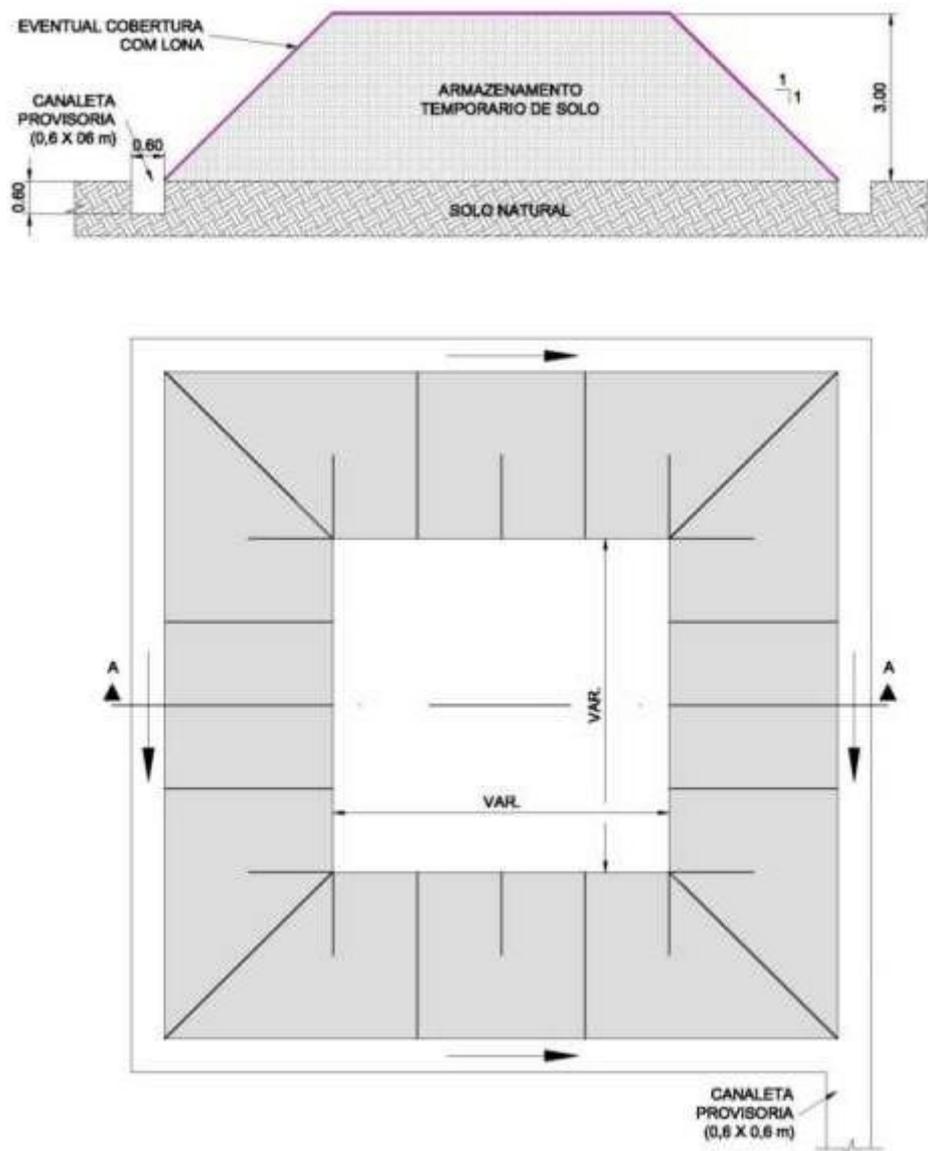


Figura 6-1. Detalhe esquemático para armazenamento de solo.

6.5 Monitoramento Geoambiental

Visando garantir o bom desempenho, a segurança do aterro sanitário e sua qualidade ambiental, algumas medidas de monitoramento devem ser realizadas seguindo as prescrições do projeto e dando continuidade àquelas já consolidadas, conforme apresentado neste item.

De acordo com a Exigência Técnica nº 02 da Licença de Operação – L.O. Nº 61002519 (Processo da CETESB Nº 06/01390/98), deve-se manter o monitoramento das águas superficiais, subterrâneas e da estabilidade do maciço.

6.5.1 Monitoramento Geotécnico

O monitoramento geotécnico deverá ser executado conforme já definido no projeto para implantação do aterro sanitário do município de Cerquillo (GEOTECH, 2001), devendo ocorrer com periodicidade a ser definida pelo órgão ambiental competente, e dotar de instrumentação geotécnica, que totalize 19 piezômetros e 35 marcos superficiais, nas locações indicadas, que seguem o projeto original do aterro sanitário. No Anexo I, na Folha 10/12 estão apresentadas as locações destas instrumentações.

Os critérios de segurança relativos aos deslocamentos para as áreas sobre resíduos serão adotados conforme a Tabela 6-1.

RECALQUE		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$20 < x \leq 40$ mm/dia	$40 < x \leq 100$ mm/dia	$x > 100$ mm/dia
DESLOCAMENTO HORIZONTAL		
ATENÇÃO	ALERTA	INTERVENÇÃO
$10 < x \leq 25$ mm/dia	$25 < x \leq 50$ mm/dia	$x > 50$ mm/dia

Tabela 6-1. Critérios de segurança para os deslocamentos horizontais e verticais (recalques).

Em geral, o deslocamento horizontal dos marcos superficiais a uma velocidade inferior a 25 mm/dia é considerado um padrão aceitável para os aterros sanitários tradicionais. A posição dos marcos superficiais no maciço foi definida pelas condições geométricas no ponto, ou seja, principalmente altura, inclinação média do talude e espessura dos resíduos.

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

Nestas inspeções deverão ser registradas as seguintes observações:

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

A periodicidade dessas inspeções deve ser mensal podendo ser mais intensa após períodos chuvosos, excepcionais, de grande intensidade ou duração.

Os cálculos e as análises de estabilidade realizadas, que contemplaram as situações futuras do aterro sanitário, além da estabilidade dos taludes de escavação, encontram-se apresentados no Volume II – Memorial Técnico, atestando suas estabilidades.

6.5.2 Monitoramento de Águas Subterrâneas

O monitoramento das águas subterrâneas deverá ser realizado através da coleta e análise das águas subterrâneas dos quatro poços de monitoramento existentes no empreendimento (um a montante e três a jusante do aterro), com periodicidade a ser

definida pelo órgão ambiental competente, de modo que seja possível identificar possíveis alterações na qualidade do corpo hídrico, por influência do aterro sanitário.

Sendo assim, o monitoramento destas águas subterrâneas deverá atender à Exigência Técnica nº 07 da Licença de Operação – L.O. Nº 61002519 (Processo da CETESB Nº 06/01390/98), que dispõe que deverá ser apresentado anualmente, relatório operacional do aterro com os resultados dos monitoramentos da qualidade das águas subterrâneas na área de influência do aterro.

Os critérios aqui adotados têm como referências as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, roteiros e publicações da CETESB.

Abaixo são transcritas as principais publicações:

- Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001);
- Decisão de Diretoria CETESB nº 038/2017/C, de 07 de fevereiro de 2017;
- Diretrizes para Monitoramento Sistemático de Água Subterrânea em Aterros Sanitários (versão setembro 2019) - CETESB;
- Decisão de Diretoria CETESB N.º 125/2021/E, de 09 de dezembro de 2021 - Dispõe sobre a Aprovação da Atualização da Lista de Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea;
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da CETESB & ANA, 2011;
- NBR 8.419/1992 – Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos;
- NBR 13.896/1997 - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação;
- NBR 15.847 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento: Métodos de purga - jul/2010;

- NBR 15.495-1/2009 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção; e
- NBR 15.495-2/2008 - Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento.

6.5.2.1 Poços de monitoramento de águas subterrâneas

A área do aterro sanitário de Cerquilha, no âmbito do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, possui 4 (quatro) poços de monitoramento, sendo um de montante (PM-05) e três de jusante (PM-02, PM-03 e PM-04).

6.5.2.2 Periodicidade das campanhas de amostragem de águas subterrâneas

O monitoramento sistemático da qualidade da água subterrânea deve ser realizado com amostragens nos poços de monitoramento, através da coleta de amostras relativas à época de chuvas (janeiro a março) e a época de estiagem (junho a agosto), que se estenderá por todo o período da operação do aterro sanitário e após o seu encerramento, até que se comprove que este não é mais necessário, ou mediante autorização de modificação de periodicidade de monitoramento a ser emitida pela CETESB.

6.5.2.3 Amostragem de águas subterrâneas - Metodologia

Para a adequada amostragem de água subterrânea devem ser adotados os métodos descritos na Norma Técnica ABNT NBR 15.847/2010, estas amostragens devem ser realizadas por empresa especializada, com certificação de cadastro ATIVO no banco de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

Todas as amostras devem ser coletadas utilizando-se o método de amostragem de baixa-vazão (micro-purga) para águas subterrâneas. Este método baseia-se na

amostragem por meio da adoção de uma baixa velocidade na vazão da água, com controle a ser realizado por meio do acompanhamento do rebaixamento do nível d'água durante o bombeamento realizado e análise em tempo real dos parâmetros indicadores de estabilização.

A análise do nível d'água dinâmico é realizada através da utilização de uma sonda elétrica para medição contínua do rebaixamento do nível d'água em cada poço (medidor de rebaixamento) e equipamento de medida acoplado. Quando obtidas leituras próximas e sucessivas dos parâmetros medidos "in situ" é fornecida a indicação de que foram alcançadas as condições ideais para a amostragem ou para as leituras da água da formação. As leituras consideradas são as que variaram dentro de um intervalo, conforme apresentado na tabela abaixo, baseada na norma ABNT NBR 15847 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento: Métodos de purga - jul/2010.

Parâmetro	Variação permitida
pH	0,2 unidades
Condutividade elétrica	5% das leituras
Potencial oxi-redução	20 milivolts
Temperatura	0,5 °C
Oxigênio Dissolvido	10% ou 0,2 mg/L

Tabela 6-2 - Variações máximas dos parâmetros durante a estabilização.

6.5.2.4 Parâmetros a serem analisados

As amostras das águas subterrâneas são submetidas à análise laboratorial, visando determinar suas características físico-químicas e biológicas, utilizando-se as metodologias usuais que atendam aos limites mínimos de quantificação da amostra, de modo a atender a Lista de Valores Orientadores da CETESB (exceto pesticidas, PCBs, TBT, anilina e dioxinas/furanos), acrescida de: pH, condutividade específica, série do nitrogênio (amoniaco, nitrito, nitrato e orgânico), carbono orgânico dissolvido

(COD), cloreto, sódio, fósforo, potássio, sulfato e parâmetros microbiológicos (Escherichia coli e coliformes totais).

Nestas campanhas de amostragem, os limites mínimos de quantificação utilizados pelo laboratório nas análises químicas devem ser no mínimo 3 vezes menores que os Valores Orientadores para águas subterrâneas estabelecidos na Decisão de Diretoria CETESB N.º 125/2021/E, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB.

6.5.3 Monitoramento de Águas Superficiais

O monitoramento das águas superficiais também deverá ser realizado através da coleta e análise das águas superficiais a montante e a jusante do aterro, com periodicidade a ser definida pelo órgão ambiental competente, de modo que seja possível identificar possíveis alterações na qualidade do corpo hídrico, por influência do aterro sanitário.

Sendo assim, o monitoramento destas águas superficiais deverá atender à Exigência Técnica n° 07 da Licença de Operação – L.O. N° 61002519 (Processo da CETESB N° 06/01390/98), que dispõe que deverá ser apresentado anualmente, relatório operacional do aterro com os resultados dos monitoramentos da qualidade das águas superficiais na área de influência do aterro.

6.5.1 Amostragem de águas superficiais – Metodologia

Para a amostragem de água superficial devem ser adotados os métodos descritos na Norma Técnica ABNT NBR 9.898/1987 e no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes líquidos da CETESB e ANA (2011).

Estas amostragens devem ser realizadas por empresa especializada, com certificação de cadastro ATIVO no banco de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

6.5.2 Parâmetros a serem analisados

As amostras das águas superficiais deverão ser submetidas à análise laboratorial, visando determinar suas características físico-químicas e biológicas, utilizando-se as metodologias usuais que atendam aos limites mínimos de quantificação da amostra, de modo a atender aos valores orientadores descritos. Além disso, deverão ser adotados os adequados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, com registro de cadeia de custódia.

Em todas as amostras encaminhadas ao laboratório devem ser realizados ensaios de quantificação dos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357, Artigo 15, de 17 de março de 2005 para águas de Classe 2.

6.5.3 Plano de Inspeções e Manutenção Periódica

Para garantia e manutenção das condições operacionais dos sistemas projetados, bem como da segurança operacional do aterro sanitário, é proposto um plano de inspeções e manutenção periódica para análise das condições de manutenção dos principais elementos de projeto, de modo que todos os sistemas componentes do empreendimento deverão ser avaliados periodicamente, por exemplo, através de um “*check-list*”.

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

Este “*check-list*” deverá ser realizado por funcionário credenciado e o seu resultado fornecido ao órgão ambiental para conhecimento e análise. Os sistemas de drenagem pluvial, coberturas operacionais e definitivas finais deverão ser inspecionados por

técnico especialista, mensalmente e, sempre após a ocorrência de chuvas intensas, para garantia de manutenção da operação e encerramento dentro das condições projetadas.

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

Componente e/ou estrutura da instalação, sistema ou peça de equipamento	Possível falha ou deterioração	Frequência de inspeção	Sugestões para ações corretivas
Edificações	Conservação Inadequada	Mensal	Manutenção Predial
Portões e Cercas	Mau funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Acessos internos	Formação de lama e poças d'água	Mensal	Drenagem superficial e conservação da pavimentação
Sistema de Drenagem Superficial	Assoreamento, solapamento, mudança de declividade, rupturas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Limpeza e manutenção
Cobertura final	Erosões, Proteção vegetal danificada	Mensal ou após chuvas excepcionais	Recomposição dos sistemas de cobertura
Drenos de Lixiviados	Mau Funcionamento e rompimentos	Mensal	Manutenção
Reservatório de lixiviados	Vazamentos e Condições de nível dos lixiviados	Semanal	Manutenção e Remoção dos Lixiviados
Poços de Monitoramento	Quebra do sistema de proteção, solapamento, falta d'água	Trimestral	Manutenção, esgotamento, substituição do poço defeituoso
Piezômetros e Marcos Superficiais	Quebra, mau funcionamento	Mensal	Manutenção, conserto, substituição
Proteção vegetal dos taludes	Não crescimento de espécies, escorregamentos da proteção vegetal, falhas	Mensal ou após chuvas excepcionais	Replantios e Correções locais
Cinturão verde	Deficiência do crescimento da vegetação	Trimestral	Correção com replantio de novas mudas ou tratamento do solo.
Sistemas de drenagem e queima de gases	Drenos apagados, ruptura dos tubos	Mensal	Substituição dos tubos e acendimento dos "flares"

Tabela 6-3. Modelo de *check-list*.

7 ENCERRAMENTO E USO FUTURO DA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO

Para a fase final do aterro sanitário Cerquilha, é proposto um plano de encerramento, para sua desativação, continuação do monitoramento e manutenção e uso futuro da área utilizada pelo aterro. Desse modo, para a fase de encerramento são considerados:

- ✓ Plano de encerramento para a área;
- ✓ Plano de monitoramento da área encerrada; e
- ✓ Plano de uso futuro da área.

7.1.1 Plano de encerramento

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

Os platôs finais das camadas de células, assim como os taludes ainda não concluídos com cobertura definitiva, deverão receber tal cobertura, respeitando os declives do projeto, tendo por finalidade selar a superfície final do aterro sanitário. Após este encerramento ocorrerá o desenvolvimento de uma área verde, com cobertura de gramíneas e vegetação tipo arbustiva em seus taludes e platôs, visando evitar a ocorrência de processos erosivos. As bermas dos taludes serão mantidas como vias de acesso para veículos/maquinários.

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

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

Essas operações visam garantir a estabilidade física do maciço, através da correção de possíveis recalques diferenciais, principalmente nos taludes frontais do aterro sanitário, que ocorrem principalmente devido à decomposição da fração orgânica dos resíduos sólidos. Além disso, deverão ser realizadas operações de correção e manutenção dos sistemas de drenagem de águas pluviais, lixiviados e de biogás.

Os líquidos lixiviados gerados no aterro sanitário deverão continuar a ser armazenados temporariamente nos tanques existentes e enviados para tratamento adequado em Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, visando o adequado encaminhamento do efluente.



Figura 7-1. Exemplo de aterro sanitário encerrado.

7.1.2 Plano de monitoramento da área encerrada

O monitoramento geoambiental deverá ser realizado por um período mínimo de 20 anos após o encerramento da disposição de resíduos, conforme prevê a norma ABNT

NBR 13.896/1997, com inspeções periódicas de especialistas até que garanta a completa inertização e estabilidade da massa de resíduos. Este período poderá ser reduzido, uma vez constatado o término da geração dos lixiviados e de gases, ou conforme determinações do órgão ambiental responsável.

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

- ✓ Monitoramento geotécnico (marcos superficiais e piezômetros);
- ✓ Monitoramento das águas subterrâneas e superficiais, por um período de 20 anos após o fechamento do empreendimento.
- ✓ Manutenção da cobertura de modo a corrigir subsidências, fissuras ou erosões;
- ✓ Manutenção do sistema de monitoramento, coleta, armazenamento e transporte dos lixiviados, até o término da sua geração;
- ✓ Manutenção e monitoramento do sistema de coleta de biogás até que seja comprovado o término de sua geração;
- ✓ Manutenção do sistema de drenagem de águas pluviais;
- ✓ Manutenção do isolamento do local, para impedir o acesso de pessoas não autorizadas e animais; e
- ✓ Monitoramento da recomposição vegetal (cobertura vegetal e cinturão verde).

Uma vez constatado a diminuição da geração dos lixiviados e biogás, a periodicidade de realização do monitoramento geoambiental após o encerramento poderá ser reduzido, em acordo às prescrições do órgão ambiental de controle, a CETESB.

7.1.3 Uso futuro da área

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

Esta área, após a verificação de término das atividades biológicas internas do aterro, poderá ser aproveitada como área para geração de energia fotovoltaica, área de lazer ou de parque, não se devendo construir nenhuma edificação sobre os resíduos, no entanto, podendo-se aproveitar as áreas em solo natural e as edificações implantadas, inclusive como locais para palestras e orientações de alunos de escolas, dentro de um plano de educação ambiental e de um circuito de passeios ecológicos da região, divulgando a área como exemplo de disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos não perigosos.

BIBLIOGRAFIA

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 6484: Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT**. Método de ensaio. ABNT. Rio de Janeiro. 2001.

_____, ABNT. **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 07p.

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

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

_____, ABNT. **NBR 13.441: Rochas e solos**. Simbologia. ABNT. Rio de Janeiro. 1995.

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

_____, ABNT. **NBR 15.495-1. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 1: Projeto e construção**. Rio de Janeiro. 2009.

_____, ABNT. **NBR 15.495-2. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 2: Desenvolvimento**. Rio de Janeiro. 2008.

_____, ABNT. **NBR 15.847. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga**. Rio de Janeiro. 2010.

_____, ABNT. **NBR 16.199. Barreiras geossintéticas – Instalação de geomembranas poliméricas**. ABNT. Rio de Janeiro. 2020.

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

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

BENVENUTO C.; CIPRIANO, M. A. Modelo reológico de comportamento de resíduos e aterros sanitários, segundo critérios de projeto e operação atuais no Brasil. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, Edição 74. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, 2010.

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

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Manual para elaboração de estudos para o licenciamento com avaliação de impacto ambiental** **Decisão de Diretoria nº 217/2014/I**, de 06 de agosto de 2014.

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

FÚLFARO, V.J.; GAMAJÚNIOR, E.G.; SOARES, P.C. **Revisão estratigráfica da bacia do Paraná**. São Paulo, PAULIPETRO, 1980. 155p. (Relatório BP-008/80).

GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. **Complementação do Relatório Ambiental Preliminar do Aterro Sanitário do Município de Cerquilha**. São Paulo: GEOTECH, 13 set. 1999 (REL.TEC.ERCQ.02/99).

GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.
Adequações de projeto para implantação do aterro sanitário do município de Cerquillo, SP. São Paulo: GEOTECH, jul. 2001.

GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.
Detalhamento e adequações do projeto para implantação da segunda fase do aterro sanitário do município de Cerquillo, SP. São Paulo: GEOTECH, abr. 2005.

GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS LTDA. **Projeto executivo da terceira fase do aterro sanitário do município de Cerquillo, SP.** São Paulo: GEOTECH, mar. 2012.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo.** São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Geológico. 2008.

MASSOLI, M.; AZEVEDO, A.A.B.; ODA, G.H.; SANTORO, J.; TOMINAGA, L.K.; PETRI, S. **Contribuição à geologia do município de Cerquillo, SP.** Revista do Instituto Geológico, edição 7 (1/2): pág 17:30, jan/dez, São Paulo, 1986.

PINTO, C. S. *et al.* Propriedades dos Solos Residuais. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECÂNICA DOS SOLOS - NÚCLEO REGIONAL DE SÃO PAULO; DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA DA ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS. **Solos do Interior de São Paulo.** São Carlos: ABMS & USP/SC, 1993. p. 97-142

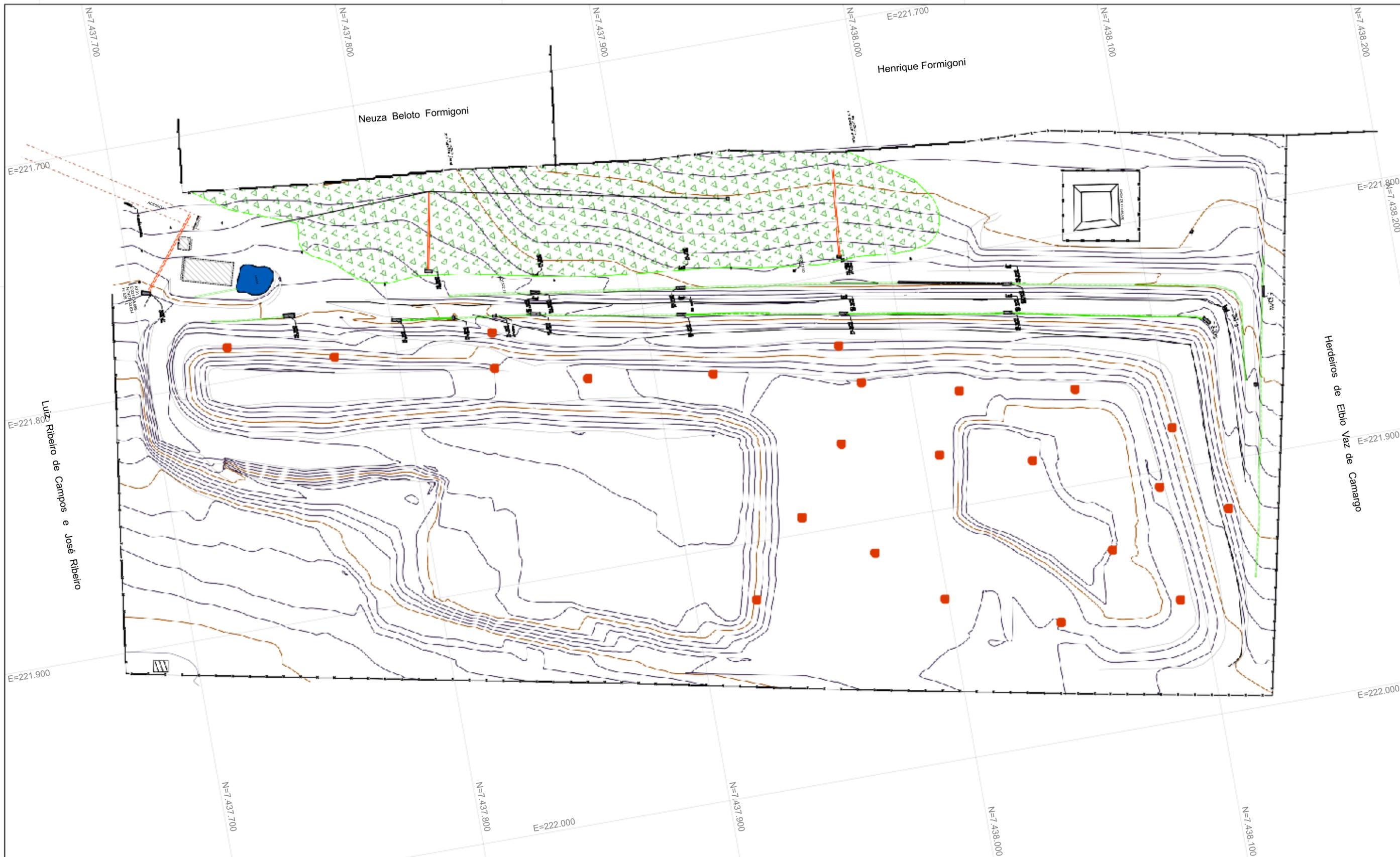
ANEXOS

Anexo I - Desenhos

Anexo III - Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

Anexo I - Desenhos

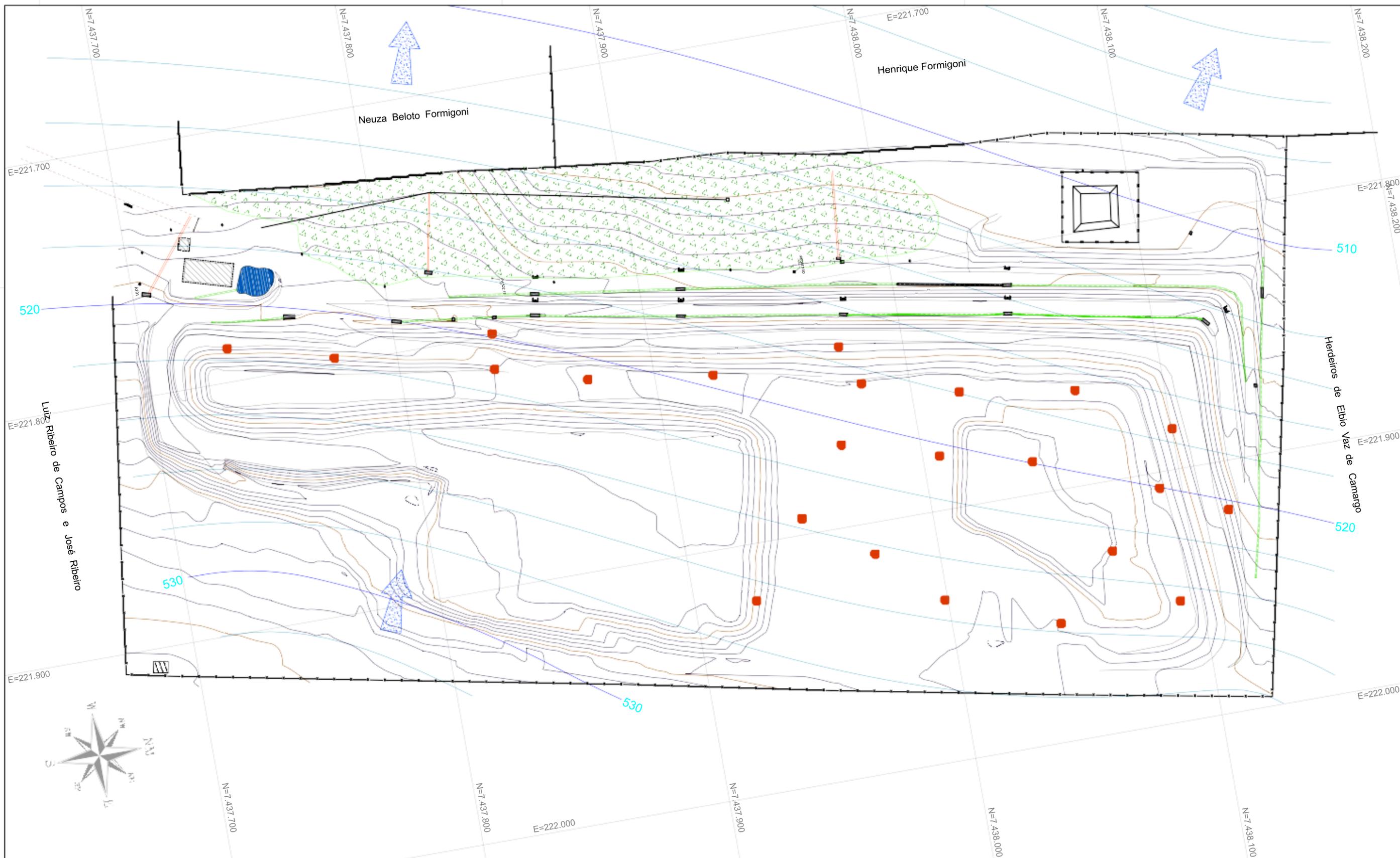
- Folha 01/12** – Levantamento Topográfico - *As Built* de Maio de 2022
- Folha 02/12** – Mapa Potenciométrico
- Folha 03/12** – Projeto de Escavação e Drenagem de Base de Águas Limpas
- Folha 04/12** – Sistema de Impermeabilização de Base e Drenagem de Base de Lixiviados e Biogás
- Folha 05/12** – Disposição de Resíduos - Camada 1 (531,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial
- Folha 06/12** – Disposição de Resíduos - Camada 2 (536,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial
- Folha 07/12** – Disposição de Resíduos - Camada 3 (541,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial
- Folha 08/12** – Disposição de Resíduos - Camada 4 (546,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial
- Folha 09/12** – Disposição de Resíduos - Layout Final (550,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial
- Folha 10/12** – Disposição de Resíduos - Layout Final (550,0 m), E Instrumentação Geotécnica
- Folha 11/12** – Detalhes Gerais I
- Folha 12/12** – Detalhes Gerais II



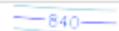
LEGENDA

	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
Nota: Levantamento Topográfico fornecido pelo cliente, de Maio de 2022	

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquinho		 Tel. (011) 3742-0804 www.geotech.srv.br	
LOCAL: Estrada da Servidão Cerquinho - SP			
TÍTULO: Levantamento Topográfico - As Built Maio de 2022			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 01/12	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto	VISTO:	VERIF.: DATA: Outubro de 2022



LEGENDA

-  840 Curvas de Nível
-  Canaleta Existente
-  Dreno de Biogás Existente
-  840 Curvas Equipotenciais

Nota: Levantamento Topográfico fornecido pelo cliente, de Maio de 2022

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha

LOCAL: Estrada da Servidão
Cerquilha - SP

TÍTULO: Mapa Potenciométrico

ESC.:
1:1.000

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5

DESENHO:
Eng. Marco A. Cipriano

PROJETO:
Eng. Clovis Benvenuto

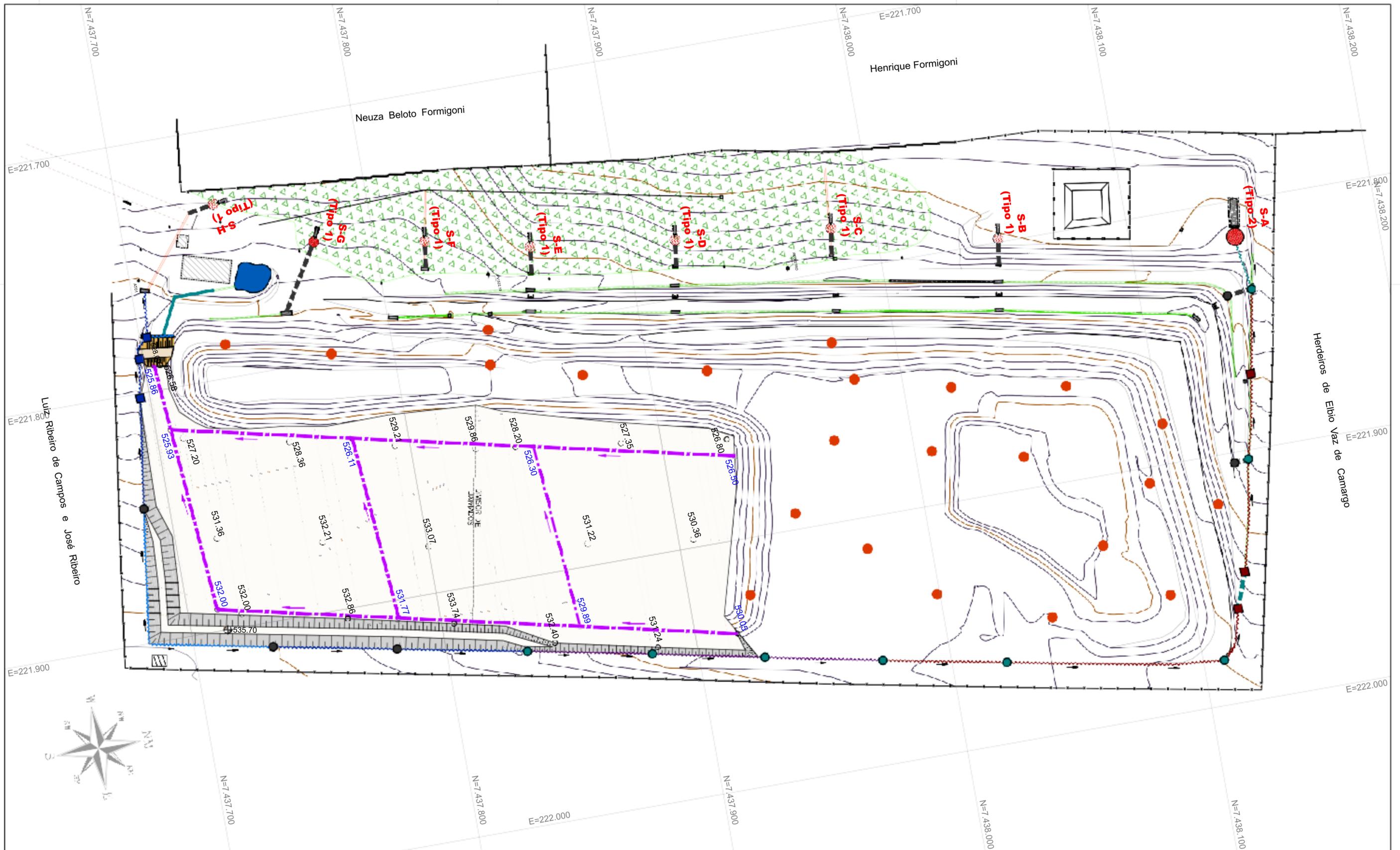
VISTO:

VERIF.:

GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS
Tel. (011) 3742-0804
www.geotech.srv.br



FOLHA: 02/12
REV.: 0
DATA: Outubro de 2022



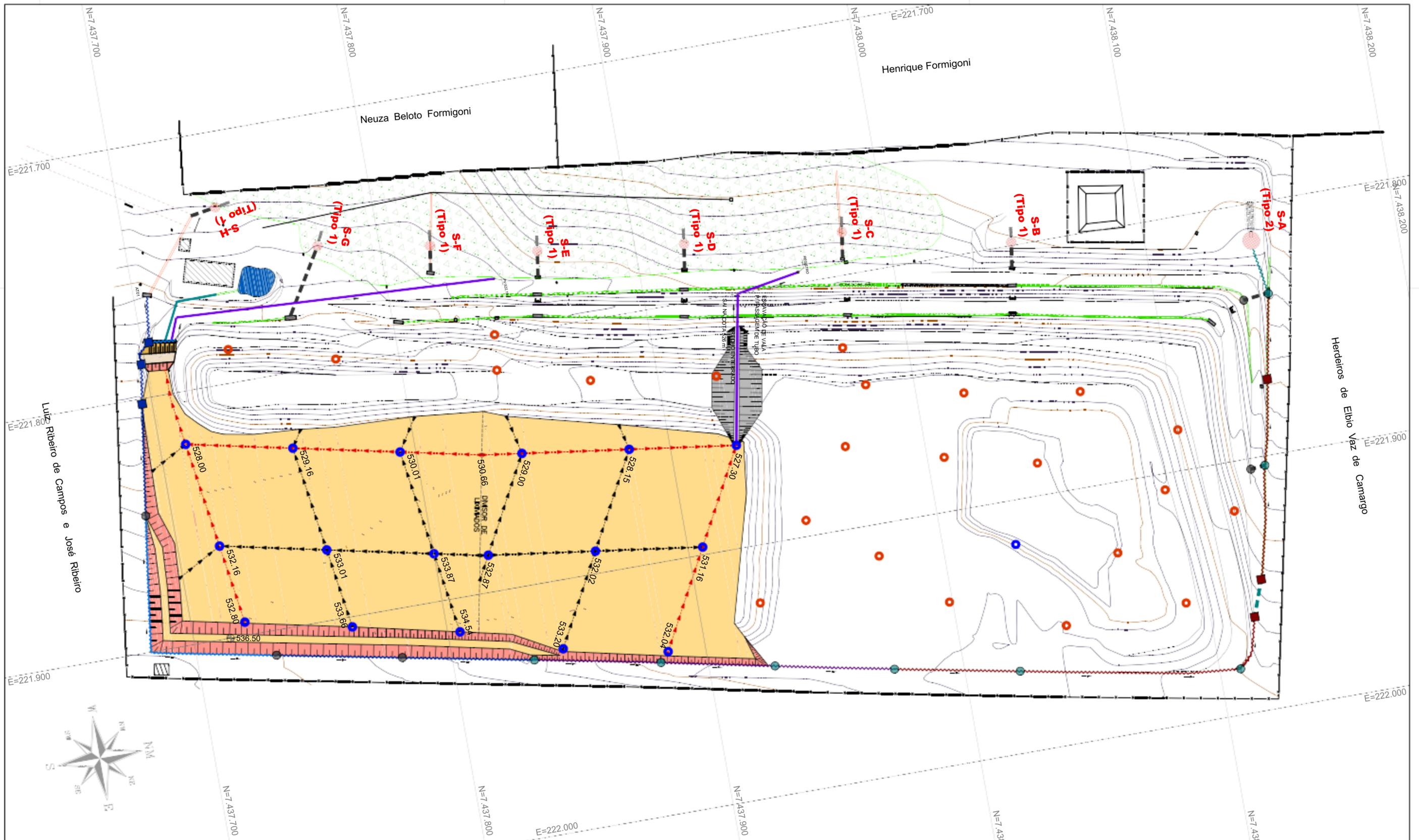
LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Talude de Escavação
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas

	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm

	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C

	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Amplicação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha		 GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS Tel. (011) 3742-0804 www.geotech.srv.br	
LOCAL: Estrada da Servidão Cerquilha - SP		 FOLHA: 03/12 REV.: 0	
TÍTULO: Projeto de Escavação e Drenagem de Base de Águas Limpas		DATA: Outubro de 2022	
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	VERIF.: Eng. Clovis Benvenuto	
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto	VISTO:	



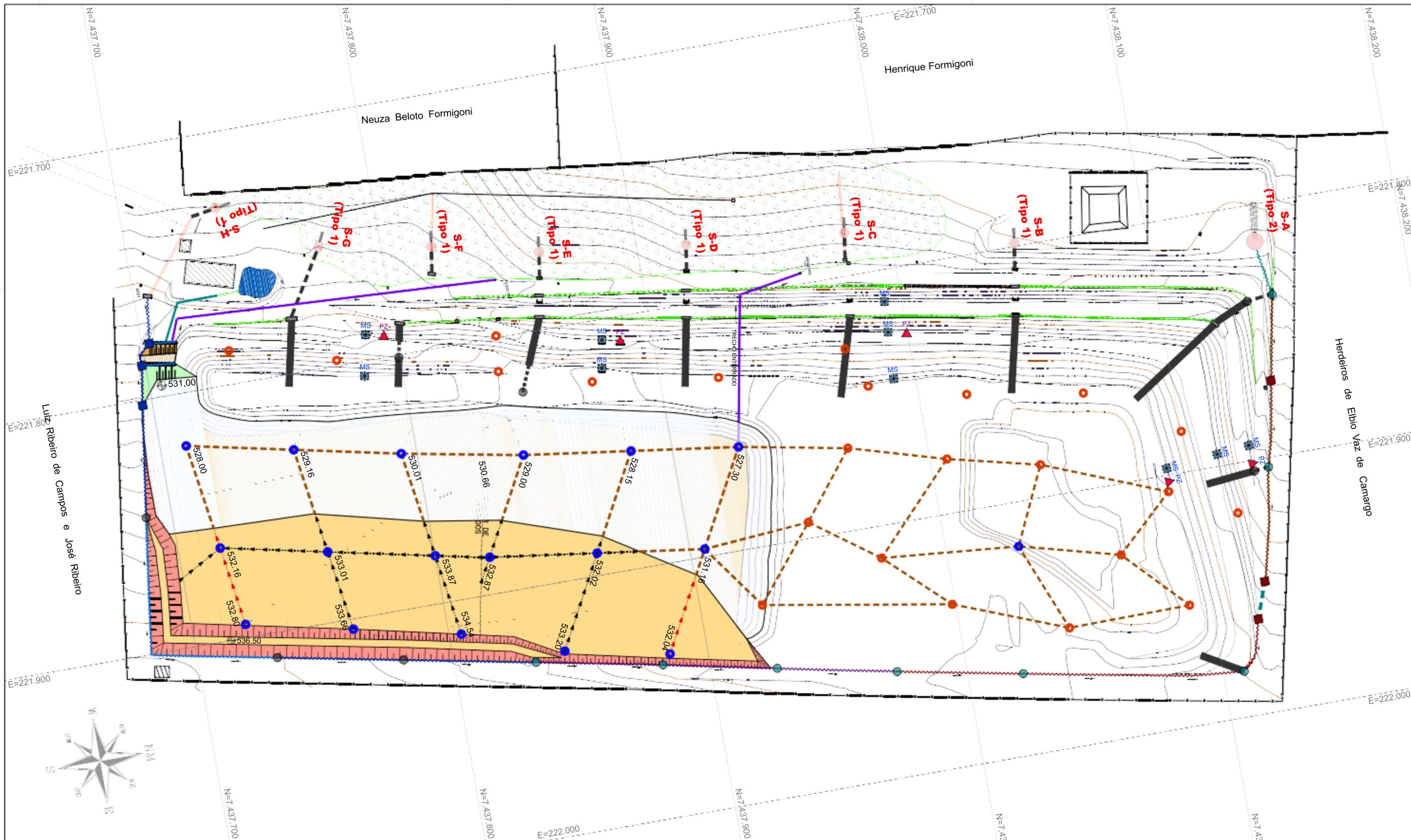
LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar

	Impermeabilização Taludes e Bermas
	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados de Base Perfurado Principal
	Dreno de Lixiviados de Base Perfurado Secundário
	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm

	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B

	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha			
LOCAL: Estrada da Servidão Cerquilha - SP		Tel. (011) 3742-0804 www.geotech.srv.br	
TÍTULO: Sistema de Impermeabilização de Base e Drenagem de Base de Lixiviados e Biogás			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 04/12	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto	VISTO:	DATA: Outubro de 2022



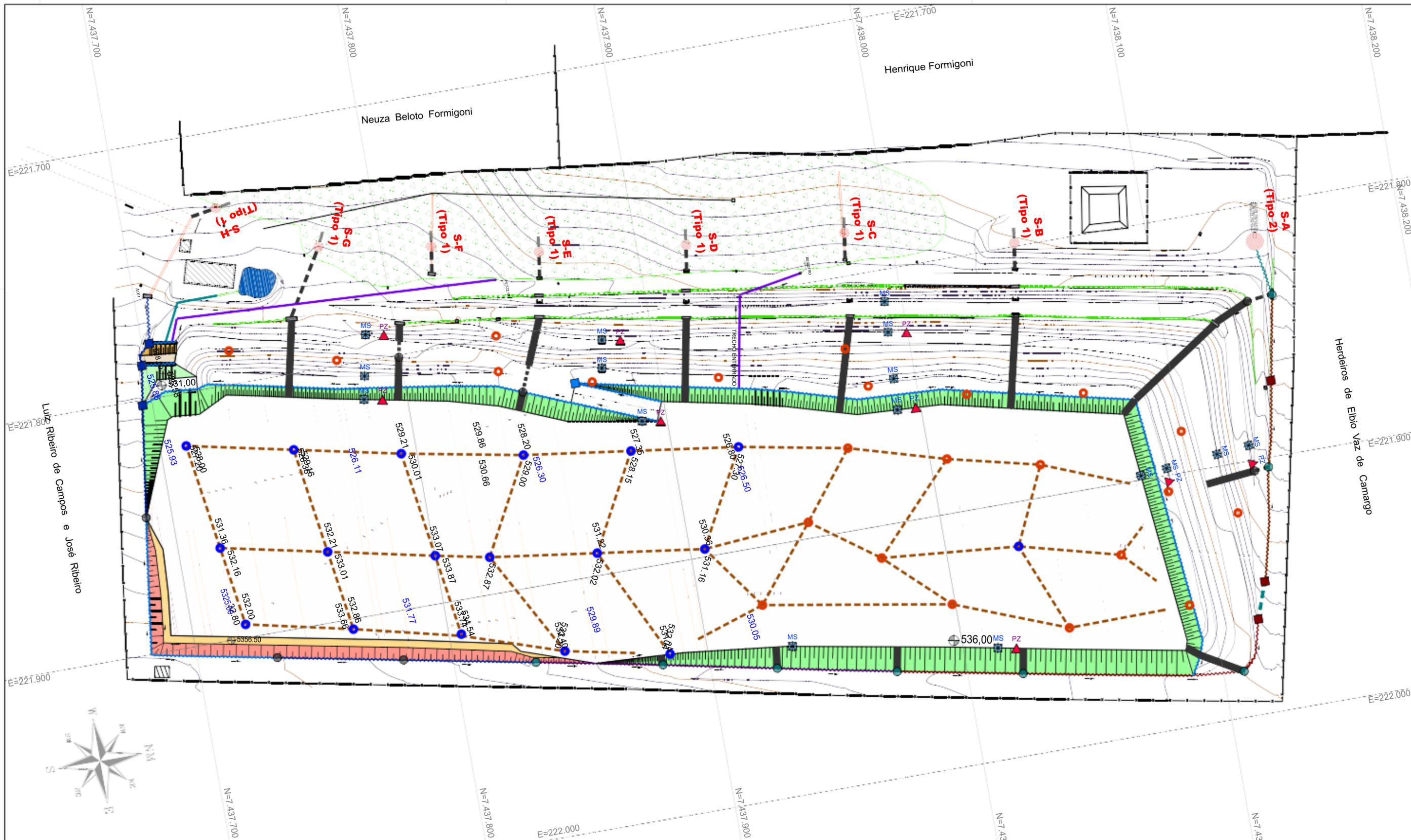
LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Impermeabilização Taludes e Bermas

	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados de Base Perfurado Principal
	Dreno de Lixiviados de Base Perfurado Secundário
	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Talude de Resíduos
	Dreno de Lixiviados de Camada
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm

	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C

	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Descida Hidráulica em Geocélula Tipo 1
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquillo		 GEOTECH GEOTECNIA AMBIENTAL CONSULTORIA E PROJETOS Tel. (011) 3742-0804 www.geotech.srv.br	
LOCAL: Estrada da Servidão Cerquillo - SP		 TÍTULO: Disposição de Resíduos - Camada 1 (531,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial	
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 05/12	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto	VISTO:	DATA: Outubro de 2022



LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Impermeabilização Taludes e Bermas

	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Talude de Resíduos
	Dreno de Lixiviados de Camada
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm

	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm

	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Descida Hidráulica em Geocélula Tipo 1
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha

LOCAL: Estrada da Servidão, Cerquilha - SP

TÍTULO: Disposição de Resíduos - Camada 2 (536,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial

ESC.: 1:1.000

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5

DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano

PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto

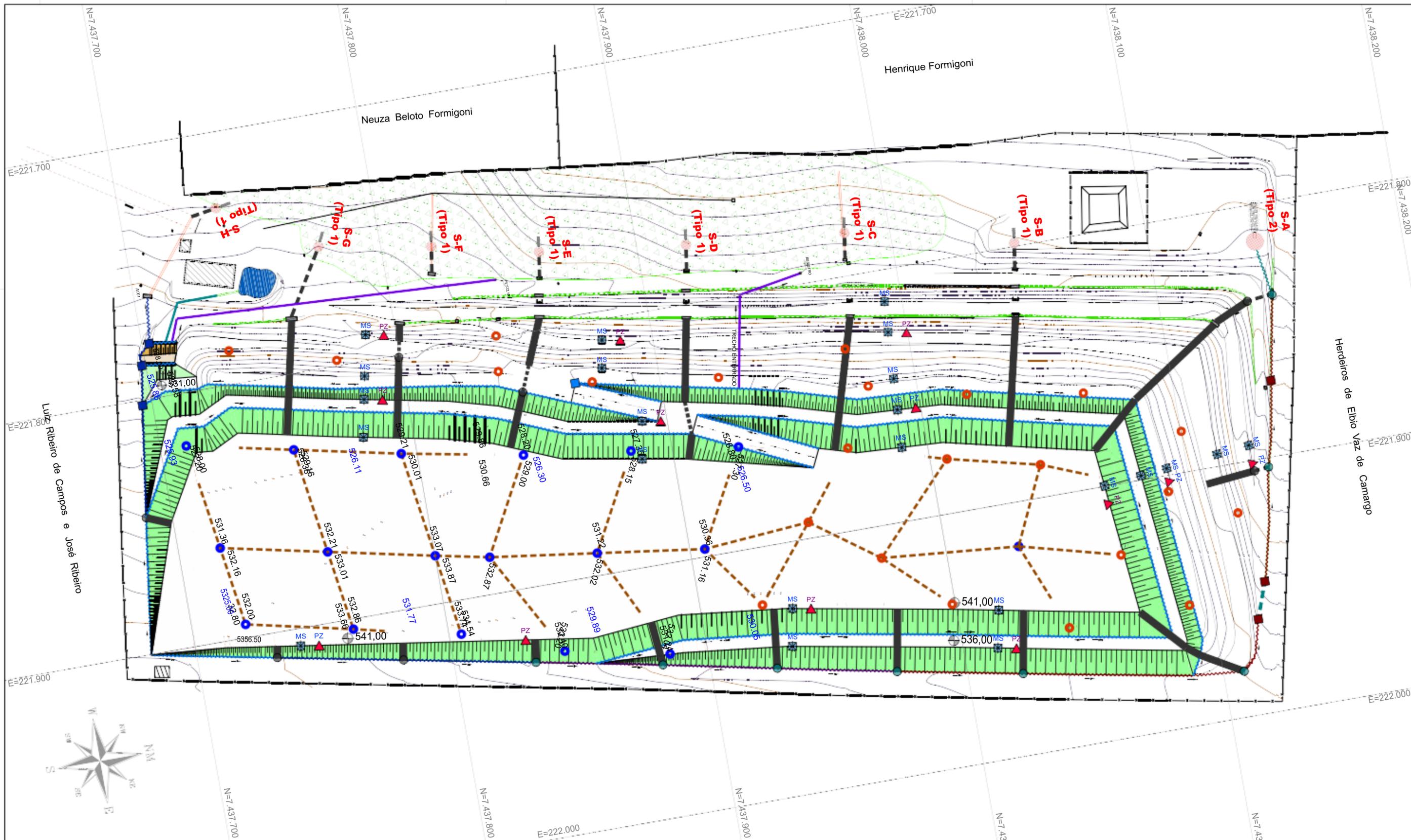
VISTO: VERIF.:

FOLHA: 06/12

REV.: 0

DATA: Outubro de 2022





LEGENDA

	Curvas de Nível		Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm		Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Canaleta Existente		Talude de Resíduos		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm		Descida Hidráulica em Geocélula Tipo 1
	Dreno de Biogás Existente		Dreno de Lixiviados de Camada		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm		Bacia de Enrocamento
	Dique de Solo Compactado		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm		Bacia de Retenção e Infiltração
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm		Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm		Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar						
	Dreno de Biogás a Instalar						

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha

LOCAL: Estrada da Servidão
Cerquilha - SP

TÍTULO: Disposição de Resíduos - Camada 3 (541,0 m),
Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial

ESC.: 1:1.000

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5

DESENHO:
Eng. Marco A. Cipriano

PROJETO:
Eng. Clovis Benvenuto

VISTO:

VERIF.:

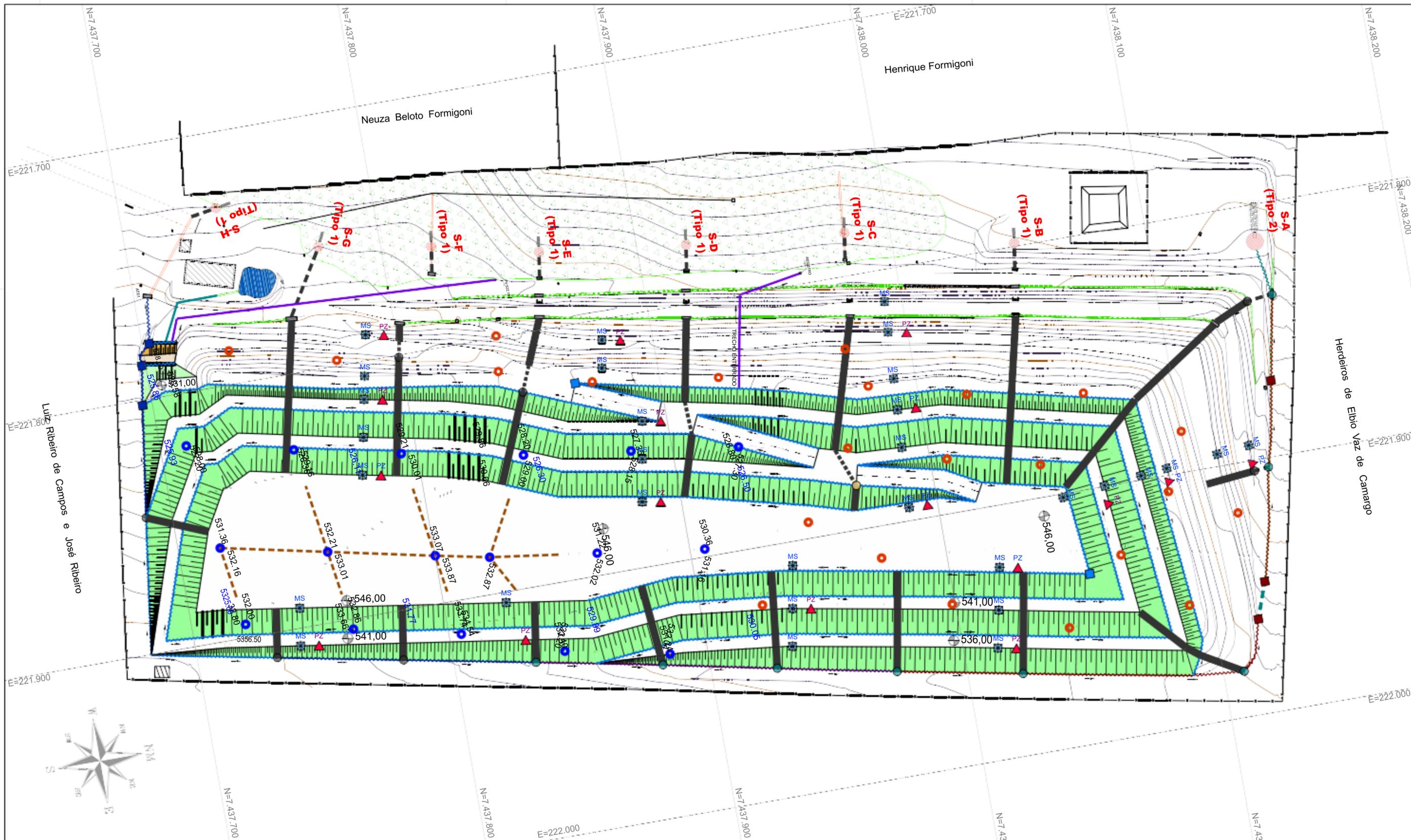
GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS

Tel. (011) 3742-0804
www.geotech.srv.br



FOLHA: 07/12

REV.: 0
DATA: Outubro de 2022



LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Dreno de Biogás a Instalar
	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Talude de Resíduos
	Dreno de Lixiviados de Camada
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Descida Hidráulica em Geocélula Tipo 1
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquillo

LOCAL: Estrada da Servidão
Cerquillo - SP

TÍTULO: Disposição de Resíduos - Camada 4 (546,0 m),
Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial

ESC.: 1:1.000

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5

DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano

PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto

VISTO:

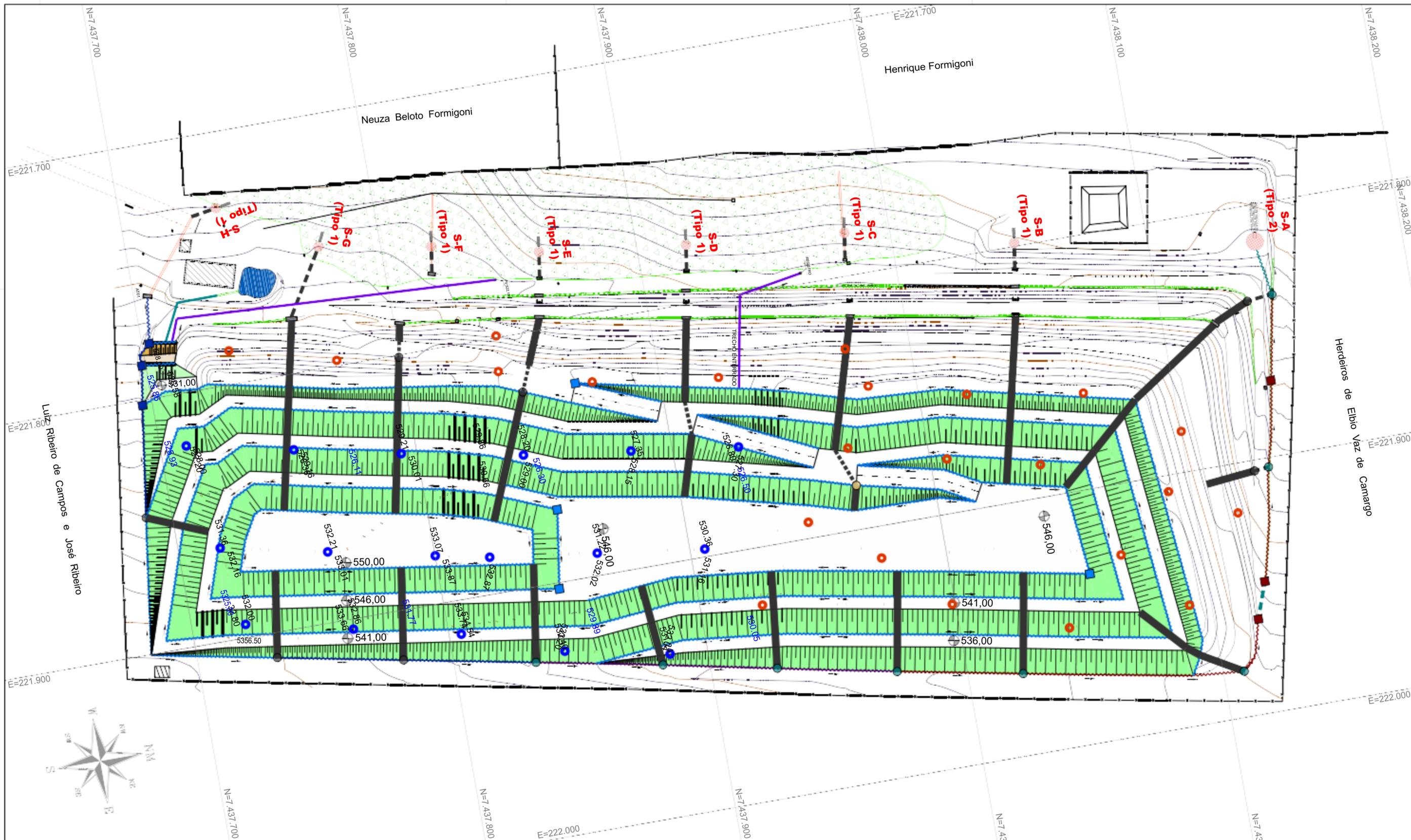
VERIF.:

FOLHA: 08/12

REV.: 0

DATA: Outubro de 2022





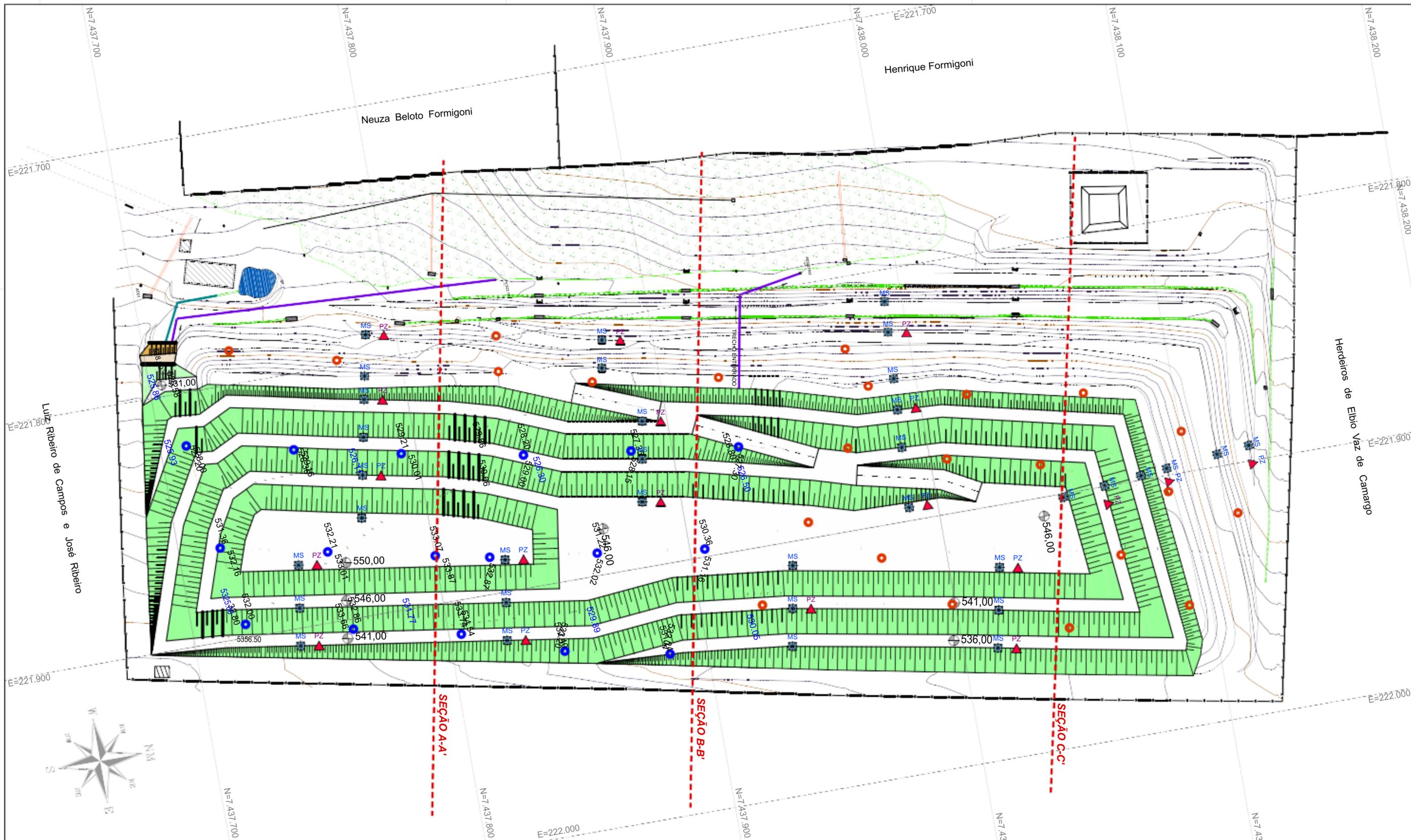
LEGENDA	
	Curvas de Nível
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Dreno de Biogás a Instalar

	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Talude de Resíduos
	Dreno de Lixiviados de Camada
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 300 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 500 mm
	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1000 mm

	Canaleta de Concreto de Águas Pluviais - Ø 1100 mm
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 1-C
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-A
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-B
	Caixa de Passagem Águas Pluviais Tipo 2-C
	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 400 mm

	Tubo de Concreto de Águas Pluviais - Ø 600 mm
	Descida Hidráulica em Geocélula Tipo 1
	Bacia de Enrocamento
	Bacia de Retenção e Infiltração

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquillo			
LOCAL: Estrada da Servidão Cerquillo - SP		Tel. (011) 3742-0804 www.geotech.srv.br	
TÍTULO: Disposição de Resíduos - Layout Final (550,0 m), Drenagem de Lixiviados e Biogás de Camada e Drenagem Pluvial			
ESC.: 1:1.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	FOLHA: 09/12	REV.: 0
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto	VISTO:	DATA: Outubro de 2022



	Dreno de Lixiviados (Encaminhamento)
	Talude de Resíduos
	Marco Superficial a Instalar
	Piezômetro Tipo Stand-Pipe a Instalar
	Canais de Nivel
	Canaleta Existente
	Dreno de Biogás Existente
	Dique de Solo Compactado
	Dreno de Base de Águas Limpas Não Perfurado
	Poço de Visita de Águas Limpas a Instalar
	Dreno de Biogás a Instalar

OBRA: Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Cerquilha

LOCAL: Estrada da Servidão
Cerquilha - SP

TÍTULO: Disposição de Resíduos - Layout Final (550,0 m)
e Instrumentação Geotécnica

ESC.: 1:1.000

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5

DESENHO:
Eng. Marco A. Cipriano

PROJETO:
Eng. Clovis Benvenuto

VISTO:

VERIF.:

GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS

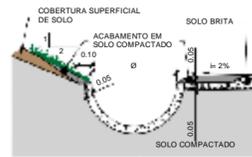
Tel. (011) 3742-0804
www.geotech.srv.br



FOLHA: 10/12

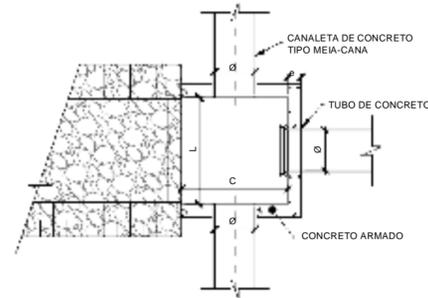
REV.: 0

DATA: Outubro de 2022



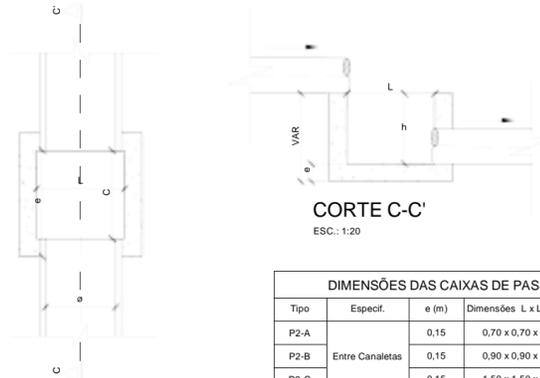
CANALETE DE PÉ DE TALUDE
ESC.: 1:40

DIMENSÕES DAS CANALETAS DE PÉ DE TALUDE		
Tipo	Q (m³/s)	Ø (m)
P1	0,04	0,30
P2	0,13	0,50
P3	0,34	0,80
P4	0,68	1,00
P5	0,87	1,10



CAIXA DE PASSAGEM-P1
ESC.: 1:40

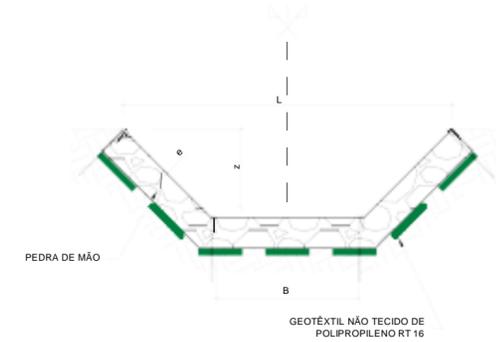
DIMENSÕES DAS CAIXAS DE PASSAGEM				
Tipo	Especif.	e (m)	Dimensões L x C x h (m)	Canaleta - Ø (m)
P1-A	Entre Escadas	0,15	1,90 x 0,70 x 1,40	0,30
P1-B			1,90 x 1,30 x 1,50	0,50



CORTE C-C'
ESC.: 1:20

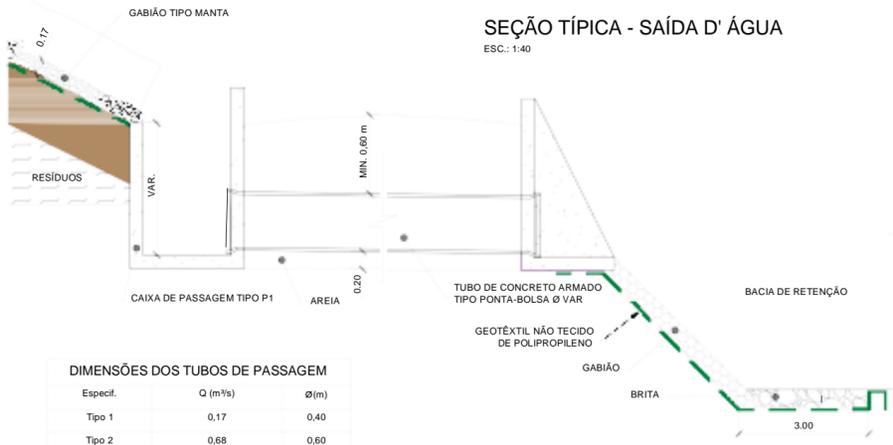
DIMENSÕES DAS CAIXAS DE PASSAGEM				
Tipo	Especif.	e (m)	Dimensões L x L x h (m)	e (m)
P2-A		0,15	0,70 x 0,70 x 0,50	0,30
P2-B	Entre Canaletas	0,15	0,90 x 0,90 x 0,70	0,50
P2-C		0,15	1,50 x 1,50 x 1,00	1,00

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



DIMENSÕES DAS ESCADAS D'ÁGUA							
Tipo	Q (m³/s)	e (m)	z (m)	Talude		Berna	
				B (m)	L (m)	B (m)	L (m)
E1	0,19	0,10	0,20	0,70	1,50	2,00	3,20

SEÇÃO TÍPICA - ESCADA D'ÁGUA EM GEOCELULA COM PEDRA DE MÃO
ESC.: 1:10

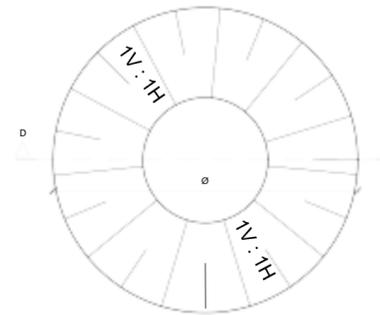


SEÇÃO TÍPICA - SAÍDA D'ÁGUA
ESC.: 1:40

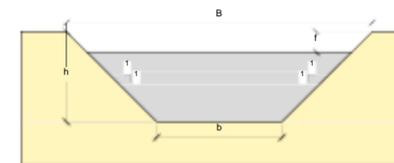
DIMENSÕES DOS TUBOS DE PASSAGEM		
Especif.	Q (m³/s)	Ø (m)
Tipo 1	0,17	0,40
Tipo 2	0,68	0,60

PLANTA - SAÍDA D'ÁGUA
ESC.: 1:40

DRENAGEM PLUVIAL - RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO E INFILTRAÇÃO
ESC.: 1:50

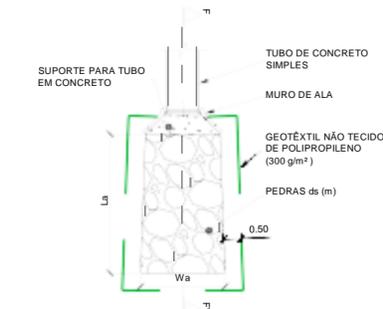


CORTE D-D'

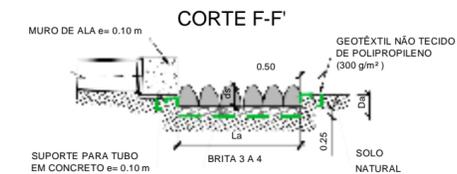


DIMENSÕES DOS RESERVATÓRIOS DE RETENÇÃO

Tipo	Localização (Saídas d'água)	h (m)	b (m)	B (m)	free-board (m)
R1	S-B, S-C, S-D, S-E, S-F, S-G e S-H	1,50	1,00	4,00	0,50
R2	S-A	1,50	4,00	7,00	0,50



BACIA DE ENROCAMENTO
ESC.: 1:100



DIMENSÕES DAS BACIAS DE ENROCAMENTO

Tipo	Localização (Saídas d'água)	Wa (m)	La (m)	ds (m)	Da(m)
B1	S-B, S-C, S-D, S-E, S-F, S-G e S-H	1,20	4,00	0,15	0,30
B2	S-A	2,40	8,60	0,30	0,60

OBRA: Ampliação do Aeroporto Municipal de Cerquillo

LOCAL: Estrada da Servidão Cerquillo - SP

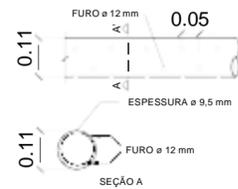
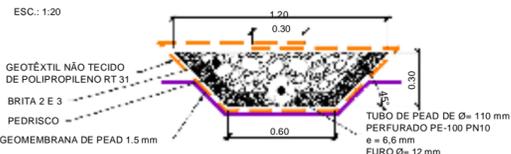
TÍTULO: Detalhes Gerais I

ESC.: Indicado RESPONSÁVEL TÉCNICO: Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5
DESENHO: Eng. Marco A. Cipriano PROJETO: Eng. Clovis Benvenuto VISTO: VERIF.:

GEOTECH
GEOTECNIA AMBIENTAL
CONSULTORIA E PROJETOS

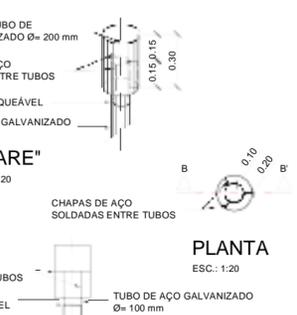
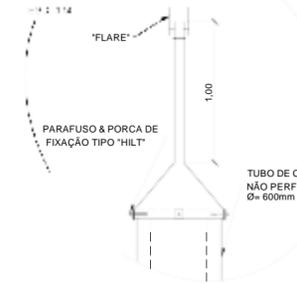
FOLHA: 11/12 REV.: 0
DATA: Outubro de 2022

DRENAGEM DE BASE DE ÁGUAS LIMPAS



DRENO DE BASE DE ÁGUAS LIMPAS (DE Ø 110 mm)
ESC.: 1:10

CONEXÃO TUBO CONCRETO TUBO GALVANIZADO



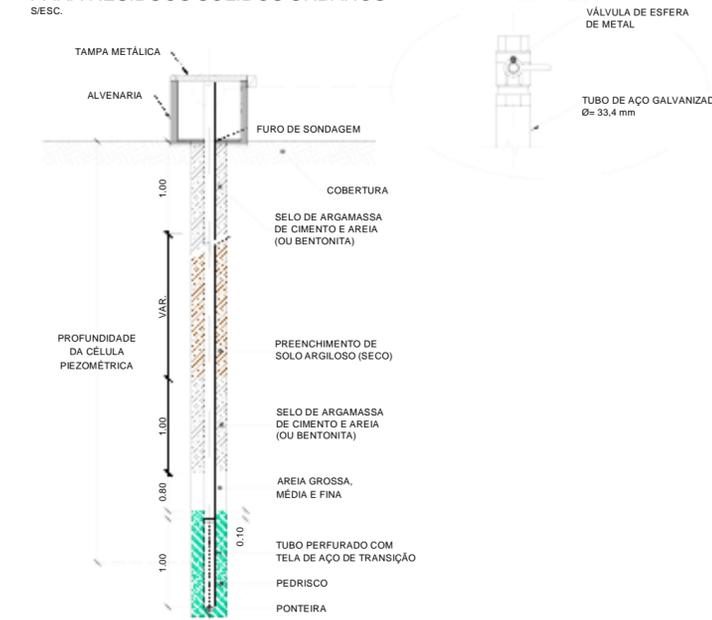
"FLARE"
ESC.: 1:20

SEÇÃO TÍPICA DE BIOGÁS VERTICAL SOBRE SOLO NATURAL

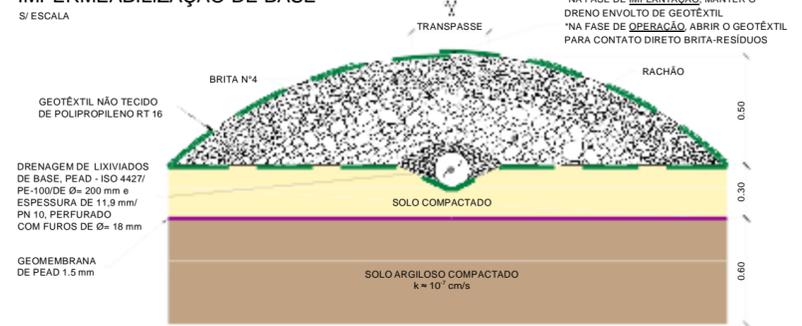


BASE DOS TUBOS DE CONCRETO
ESC.: 1:50

PIEZÔMETRO STAND PIPE - TIPO GEOTECH PARA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS



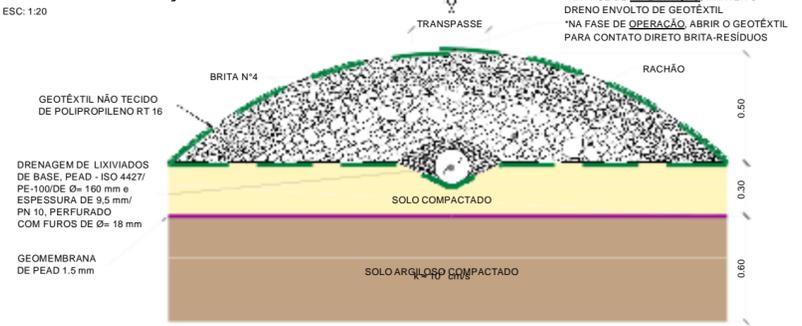
DRENAGEM DE BASE DE LIXIVIADOS PRINCIPAL E IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE



DRENO DE LIXIVIADOS DE BASE PRINCIPAL (DE Ø=200 mm)

ESC.: 1:25

DRENAGEM DE BASE DE LIXIVIADOS SECUNDÁRIO E IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE

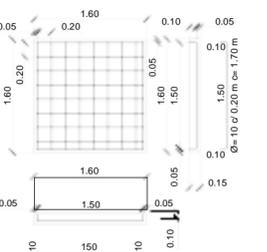
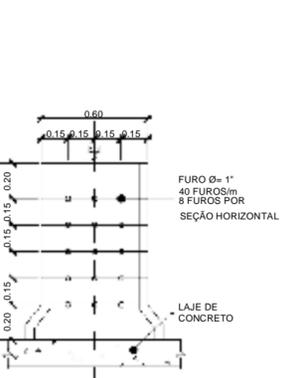


DRENO DE LIXIVIADOS DE BASE SECUNDÁRIO (Ø= 160 mm)

ESC.: 1:10

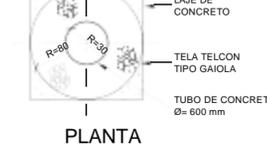
CORTE B-B'

ESC.: 1:20

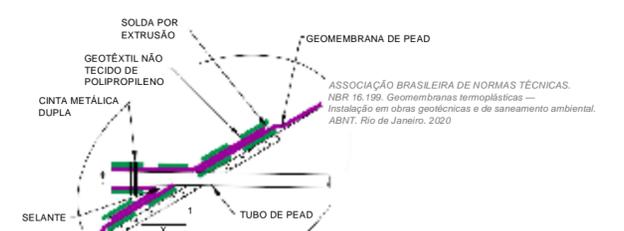
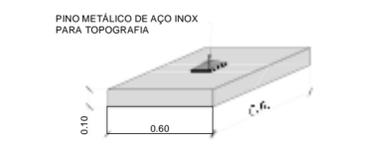


BASE DOS TUBOS DE CONCRETO

ESC.: 1:50

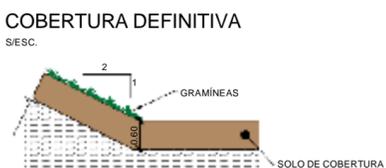


ESQUEMA DO MARCO SUPERFICIAL



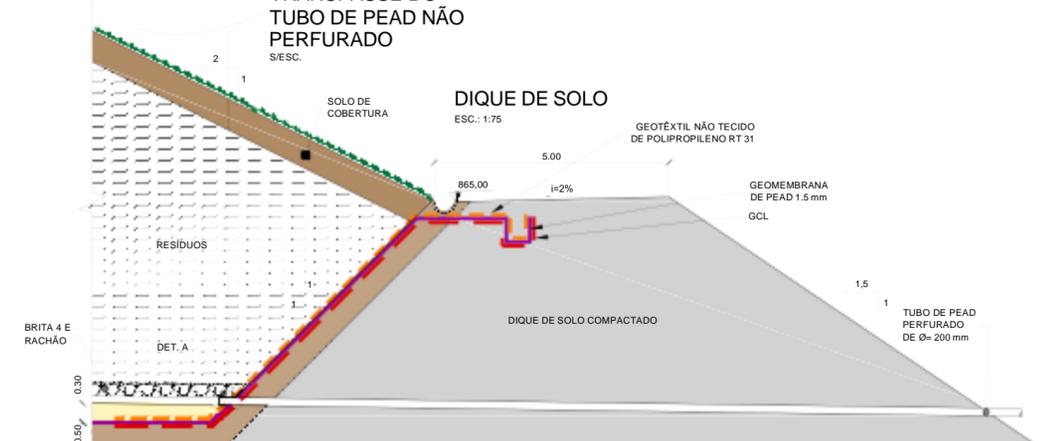
TRANSPASSE DO TUBO DE PEAD NÃO PERFORADO

S/ESC.



COBERTURA DEFINITIVA

S/ESC.



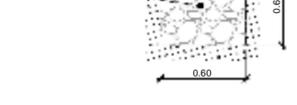
SEÇÃO TÍPICA - DRENOS DE LIXIVIADOS DE BASE E CAMADA

ESC.: 1:100



DRENO DE LIXIVIADOS DE CAMADA

ESC.: 1:25



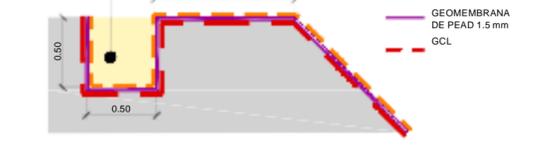
IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE

S/ESC.



IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE NOS TALUDES E ANCORAGEM DOS GEOSINTÉTICOS

ESC.: 1:25



OBRA:	Ampliação do Aterro Sanitário Municipal de Curitiba			
LOCAL:	Estrada do Servidão Cerquilha - SP			
TÍTULO:	Detalhes Gerais II			FOLHA: 12/12 REV: 0
ESC.:	Indicado	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	Eng. Marcelo Benvenuto - CREA: 506.930.567-5	
DESENHO:	Eng. Marco A. Cipriano	PROJETO:	Eng. Clovis Benvenuto	DATA: Outubro de 2022

Anexo II - Anotação de Responsabilidade Técnica - ART



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

CREA-SP

ART de Obra ou Serviço
28027230220737793

1. Responsável Técnico

MARCELO BENVENUTO

Título Profissional: Engenheiro Civil

RNP: 2613129417

Registro: 5069305675-SP

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

Registro: 0489910-SP

2. Dados do Contrato

Contratante: **PREFEITURA MUNICIPAL DE CERQUILHO**

CPF/CNPJ: 46.634.614/0001-26

Endereço: **Rua ENGENHEIRO URBANO PÁDUA DE ARAÚJO**

Nº: 28

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **Cerquillo**

UF: **SP**

CEP: 18520-135

Contrato: **21/2022-SF**

Celebrado em: **18/03/2022**

Vinculada à Art nº:

Valor:

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

Ação Institucional:

3. Dados da Obra Serviço

Endereço: **Estrada de Servidão ESTRADA DA SERVIDÃO**

Nº:

Complemento: **SN - FAZENDA INDALÉCIO**

Bairro: **CAPUAVA**

Cidade: **Cerquillo**

UF: **SAO PAULO**

CEP:

Data de Início: **12/05/2022**

Previsão de Término: **18/09/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

Proprietário: **PREFEITURA MUNICIPAL DE CERQUILHO**

CPF/CNPJ: 46.634.614/0001-26

Endereço: **Rua JOÃO DA CRUZ MELÃO**

Nº: 131

Complemento:

Bairro: **JARDIM LEONOR**

Cidade: **São Paulo**

UF: **SP**

CEP: 05621-020

Data de Início: **12/05/2022**

Previsão de Término: **18/09/2022**

Coordenadas Geográficas:

Finalidade: **Ambiental**

Código:

Proprietário: **PREFEITURA MUNICIPAL DE CERQUILHO**

CPF/CNPJ: 46.634.614/0001-26

4. Atividade Técnica

			Quantidade	Unidade
Elaboração				
1	Projeto executivo	Estudo Ambiental Aterro Sanitário	31731,00000	metro quadrado

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

5. Observações

ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DA AMPLIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CERQUILHO/SP.

6. Declarações

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

7. Entidade de Classe

0-NÃO DESTINADA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

São Paulo 13 de maio de 2022

Local

data

MARCELO BENVENUTO - CPF: 277.822.618-48

PREFEITURA MUNICIPAL DE CERQUILHO - CPF/CNPJ: 46.634.614/0001-26

9. Informações

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

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

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

www.creasp.org.br
Tel: 0800 017 18 11

E-mail: [acessarlink](mailto:acessarlink@creasp.org.br) Fale Conosco do site acima



Valor ART R\$ 233,94

Registrada em: 12/05/2022

Valor Pago R\$ 233,94

Nosso Número: 28027230220737793

Versão do sistema

Impresso em: 13/05/2022 09:33:48

