



PROJETO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS  
DE ANDRADAS – MG

CONSÓRCIO PÚBLICO DE GESTÃO INTEGRADA - CPGI

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	4
2	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL .....	5
2.1	Localização do empreendimento .....	5
2.2	Clima.....	5
2.3	Geologia e geotecnia.....	6
2.3.1	Análise de dados de sondagens SPT .....	7
2.4	Relevo .....	10
2.5	Solos.....	11
2.6	Recursos hídricos .....	12
2.7	Cobertura vegetal .....	13
3	MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO.....	15
3.1	Localização .....	15
3.2	População atendida atual e projetada.....	15
3.3	Resíduos sólidos produzidos.....	16
3.3.1	Coleta e roteiro de acesso ao Aterro de Andradas – MG .....	17
4	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	19
4.1	Concepção do modelo proposto.....	19
4.2	Objetivo .....	20
4.3	Dispositivos do projeto de ampliação .....	20
4.3.1	Áreas do projeto .....	20
4.3.2	Configuração do aterro .....	21
4.3.2.1	Expansão da projeção na base (cota 1410m à cota 1417m).....	21
4.3.2.2	Expansão da projeção da cota 1417m à cota 1421 m .....	22
4.3.2.3	Expansão da projeção da cota 1421m à cota 1425m .....	23
4.3.2.4	Expansão da projeção da cota 1425 m à cota 1430 m .....	24
4.3.2.5	Expansão da projeção da cota 1430 m à cota 1433 m .....	25
4.3.2.6	Expansão da plataforma base para a área adjacente - nova célula.....	26
4.3.3	Sistema de tratamento de chorume .....	27
4.3.3.1	Lagoa anaeróbia .....	27
4.3.3.2	Lagoa facultativa.....	28

4.3.4	Sistema de drenagem de chorume .....	29
4.3.5	Sistema de drenagem de gases .....	30
4.3.6	Sistema de drenagem de águas pluviais .....	31
4.3.7	Unidades de apoio .....	32
4.3.8	Vias de acesso.....	33
4.3.8.1	Cobertura vegetal .....	33
4.3.8.2	Equipe de operação .....	34
5	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO FÍSICA – VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	35
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
7	Anexos A - Procedimentos Executivos.....	37
8	Anexos B - Desenhos .....	38

## **1 INTRODUÇÃO**

O presente projeto contém informações sobre a ampliação do Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Andradas, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Lei 12305/2010 e demais normas e diretrizes para a disposição final dos resíduos sólidos de Andradas e de mais cinco outros municípios que constituem o Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (CPGI).

Com a ampliação, o consórcio beneficiará no local do aterro atual os municípios de Albertina (1,14 t/d), Caldas (5,35 t/d), Ibitiúra de Minas (1,57 t/d), Ipuiúna (4,26 t/d), e Santa Rita de Caldas (2,20 t/d), totalizando, com o município de Andradas (22,16 t/d), 36,67 t/d, e atendendo a uma população total estimada em 81.482 habitantes.

## **2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

As informações mais relevantes sobre as características dos meios físico e biótico da área do empreendimento em operação, descritas no Relatório de Controle Ambiental emitido em dezembro de 2015, foram reproduzidas e complementadas nesse documento com o objetivo de balizar o dimensionamento dos dispositivos do projeto de ampliação do aterro atual.

Adicionalmente, apresenta-se o levantamento quali-quantitativo dos fragmentos florestais que serão suprimidos com a ampliação do aterro.

### **2.1 Localização do empreendimento**

O Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos de Andradas está localizado em uma propriedade rural distante 13,2 km do centro da cidade, coordenadas UTM 341662m E / 7564843m S, na Microrregião de Poços de Caldas, na Bacia Hidrográfica do Rio Grande.

O local possui uma área de aproximadamente 20,2 hectares, confrontando com as propriedades de Antônio Pedro Leite, com sucessores de Drummond José de Mato, Fernando Roteli, Natalino Trevisan e Manoel Lopes Jr.

A topografia e aspectos geológicos favoráveis, o distanciamento de núcleos populacionais e o acesso em boas condições são alguns dos fatores que justificaram a escolha do sítio para implantação do aterro que se encontra em operação desde 2008.

### **2.2 Clima**

Segundo a classificação de Köppen, o clima de Andradas corresponde ao Cwb mesotérmico, o qual corresponde a temperado úmido, com inverno seco e verão brando, com amplas variações de temperatura.

A precipitação média anual, segundo dados fornecidos pela Fazenda Experimental da Epamig, localizada em Caldas, é de 1.486mm (Quadro 1), sendo que, em áreas serranas, tais índices chegam a ser ultrapassados. O período seco é curto e dura de 2 a 3 meses, coincidindo com os meses frios, que vai de junho a agosto. A temperatura média

anual é de 20°C. A amplitude térmica anual (diferença entre a média do mês mais quente e a do mês mais frio) varia de 5 a 7°C.

Quadro 1: Médias mensais de 2014 e 2015. Fazenda Experimental da EPAMIG de Caldas – MG.

Mês	Precipitação (2014)	Precipitação (2015)	Precipitação média (mm)	Evaporação potencial (mm)	Evaporação fatores de 1 ajustada pela	
					Correção	latitude (mm)
Janeiro	311,10	371,5	341,00	89,00	1,14	101,00
Fevereiro	137,00	359,50	248,00	90,00	1,00	90,00
Março	200,90	125,30	163,00	82,00	1,05	86,00
Abril	36,50	14,10	25,00	70,00	0,97	68,00
Mai	29,50	1,20	15,00	46,00	0,95	44,00
Junho	23,80	4,00	14,00	44,00	0,90	40,00
Julho	3,30	45,80	25,00	45,00	0,94	42,00
Agosto	-	73,90	37,00	47,00	0,99	47,00
Setembro	47,60	157,60	103,00	60,00	1,00	60,00
Outubro	56,00	45,20	51,00	70,00	1,09	76,00
Novembro	95,90	250,80	173,00	73,00	1,10	80,00
Dezembro	240,10	342,40	291,00	82,00	1,16	95,00
<b>Total Anual</b>	<b>1.181,70</b>	<b>1.419,80</b>	<b>1.486,00</b>	<b>798,00</b>	<b>----</b>	<b>829,00</b>

A altitude e o relevo exercem importante influência nas características climáticas de Andradas, resultando, por exemplo, na amenização das temperaturas e na criação de climas locais, tipicamente serranos. No inverno, são registradas temperaturas absolutas inferiores a 0°C e o fenômeno das geadas é comum, nos dias mais frios.

### 2.3 Geologia e geotecnia

Geologicamente, Andradas apresenta duas regiões diferenciadas:

- A primeira, abrangendo as porções central e sul do município, é formada por rochas granito-gnáissicas do embasamento cristalino, que são as mais antigas na escala do tempo geológico;
- A segunda - onde se localiza a área do aterro sanitário, corresponde à porção norte, e é limitada pela Serra do Caracol, fazendo parte do maciço de Poços de Caldas. Esse maciço é uma formação rochosa gerada mais recentemente, quando a lava vulcânica se infiltrou entre as rochas granito-gnáissicas do embasamento. Nele, são eventualmente localizados importantes depósitos minerais, como zircônio (contendo

urânio), tório, argilas refratárias e bauxita. Dentre os minerais explorados no município, citam-se: bauxita, leucita, caulim, quartzo, argilas, sais de potássio, argila refratária, rochas potássicas e feldspatos.

A caracterização geotécnica refere-se aos materiais associados diretamente ao aterro de resíduos sólidos, como segue:

- material de fundação, em seu estado natural, das áreas sob o maciço de lixo e no interior das lagoas de tratamento dos efluentes, quanto a: a) permeabilidade; b) deformabilidade; c) posição do lençol freático;
- material de empréstimo, utilizado para o recobrimento diário e para a construção da camada "impermeável" sob a projeção do maciço, no encerramento da última plataforma e nas fundações das lagoas anaeróbia e facultativa, quanto a: a) permeabilidade no estado compactado; b) redução de volume ao passar da condição natural para o estado compacto.

Os parâmetros de interesse direto ou indireto são: a) caracterização quanto à distribuição granulométrica e à plasticidade; b) massa específica seca máxima e umidade ótima do ensaio de compactação na energia do Proctor Normal; c) índices físicos; d) coeficientes de permeabilidade do solo no estado compactado; e) parâmetros elásticos e de resistência (estes, inferidos através dos ensaios de penetração SPT).

Optou-se somente pelos ensaios de campo (SPT), intensificados sobretudo na área do maciço. Os resultados são apresentados nos Anexos e resumidos a seguir:

### **2.3.1 Análise de dados de sondagens SPT**

O estudo geológico-geotécnico da área foi feito, em grande parte, mediante a análise dos resultados de ensaios SPT, que é um ensaio dinâmico destinado a identificar os tipos de solos atravessados pelos furos, medir a resistência à penetração das camadas e avaliar a existência (e a posição) do nível do lençol freático.

Foram analisados sete furos de sondagens, executados pela empresa Estapress Fundações Ltda, obtendo-se os seguintes resultados:

- Em 3 furos, o lençol freático foi localizado, a profundidades de 4,0m, 6,5m e 3,8m, respectivamente. O solo local é tipicamente de duas camadas, tendo uma camada

superficial de argila com consistência variando de muito mole a média e tonalidades geralmente claras, com predominância da cor cinza. Esta camada pode estar capeada de um depósito de pedregulhos pouco espesso e está sotoposta a uma camada de silte até o limite de sondagens;

- Os valores de SPT são inicialmente baixos e crescentes com a profundidade, geralmente a partir dos 6m de profundidade. Esta é uma característica básica de solos residuais capeados por colúvios em zonas de encostas de baixa a média declividade.

Algumas correlações que podem ser obtidas a partir dos valores de SPT, permitindo a inferência sobre algumas propriedades de resistência das camadas de solo:

Quadro 2: Correlação entre a compactidade de areias e siltes, SPT e ângulo de atrito interno.

Compactidade	Muito fofa	Fofa	Média	Compacta	Muito compacta
SPT	0 - 3	3 - 8	8 - 25	25 - 42	42 - 58
$\phi$ (°)	< 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	> 45

Quadro 3: Consistência e coesão de argilas em função do SPT.

Consistência	Muito mole	Mole	Média	Rija	Muito rija	Dura
SPT	< 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30
Coesão (kPa)	< 10	10 - 25	25 - 50	50 - 100	100 - 200	> 200

Em resumo: do ponto de vista de resistência à penetração, pode-se definir o solo por meio de um modelo de duas camadas: a) na primeira, até a profundidade de 6 m em média, tem-se um terreno argiloso, de consistência em geral variando de mole a média, com coesão que pode ser estimada em torno de 25 kPa; b) na segunda, tem-se um silte argiloso, com resistência rapidamente crescente, variando de pouco a muito compacto e ângulo de atrito interno estimado em torno de 35 graus.

Quadro 4: Resultados dos ensaios de penetração SPT.



Furo	Profundidade (m)	N.A. (m)	Resistência SPT x Profundidade (m)										Tipos de solo
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SP-1	8,45	Não	2	3	4	4	5	10	23	36	-	-	Camada 1: Argila de consistência muito mole a média (6 metros) Camada 2: Argila siltosa, de consistência rija a dura
SP-2	9,45	4,0 m	2	2	3	4	7	17	24	26	26	31	Camada 1: Argila de consistência muito mole a mole Camada 2: Argila siltosa, de consistência média a dura
SP-3	13,45	Não	2	2	3	4	4	5	11	15	22	23	Camada 1: Pedregulho (0,4 m) Camada 2: Argila siltosa, de consistência mole a rija Camada 3: Silte argiloso variando de médio a compacto
SP-4	8,45	Não	3	4	4	4	5	6	17	55	-	-	Camada 1: Pedregulho (0,5 m) Camada 2: Argila siltosa, de consistência mole a média (4 metros) Camada 3: Silte argiloso, variando de pouco compacto a muito compacto
SP-5	9	6,5 m	4	4	4	4	4	4	4	5	7	-	Camada 1: Argilosa siltosa de consistência mole a média (7,0 m) Camada 2: Argila arenosa, de consistência média (2,0 m)
SP-6	4,5	3,8 m	4	9	10	14	-	-	-	-	-	-	Camada 1: Silte argiloso, pouco compacto (1,8m) Camada 2: Silte a silte arenoso, pouco a medianamente compacto (2,7m)
SP-7	4,5	Não	14	20	37	51	-	-	-	-	-	-	Camada 1: Silte compacto a muito compacto (4,5m)

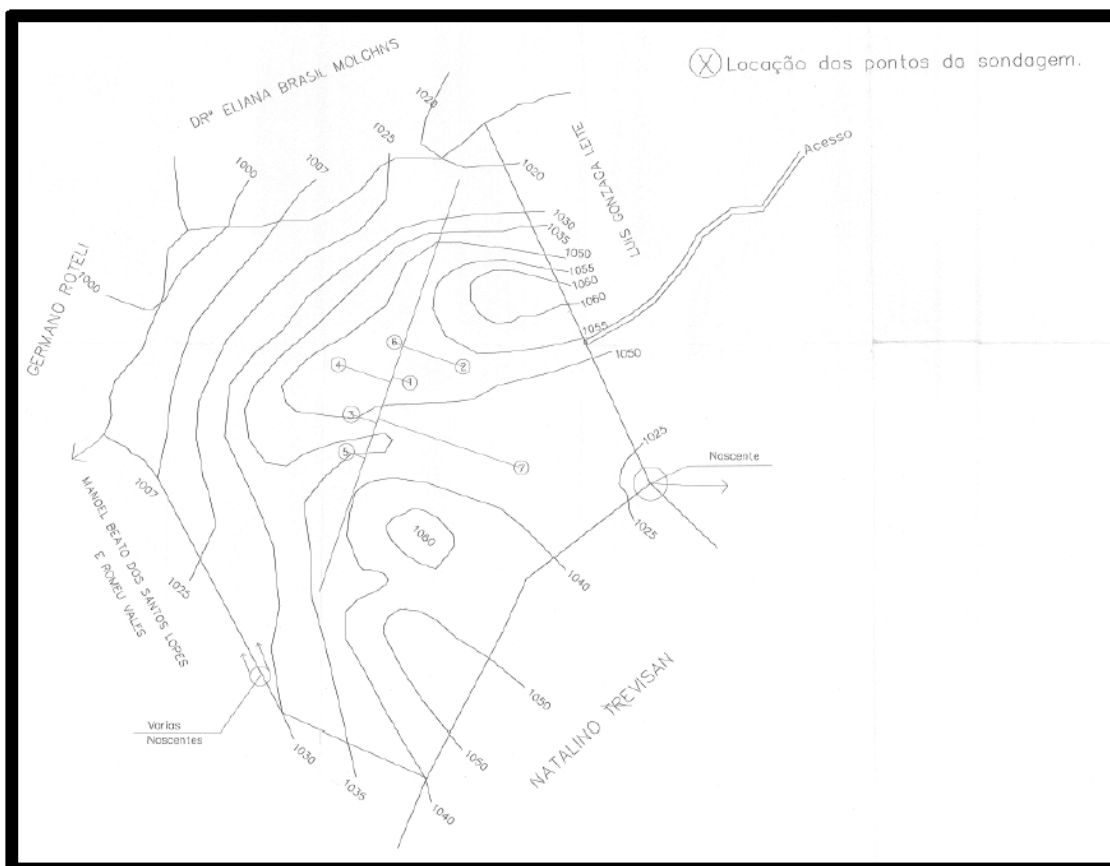


Figura 1: Localização dos pontos da sondagem.

## 2.4 Relevo

Andradas está localizada na base do Planalto Poços de Caldas pertencente a província geomorfológica denominada planalto Sul de Minas, caracterizada pelos seus planaltos elevados sustentados por rochas cristalinas do Pré-Cambriano e Cambro-Ordoviciano, cortados por intrusivas alcalinas do final do período Cretáceo (CAVALCANTE et al 1979).

O Planalto Poços de Caldas situa-se na divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo. Destaca-se como o maior complexo alcalino do Brasil, ocupando uma área de cerca de 800 km<sup>2</sup> que abrange partes dos municípios de Poços de Caldas, Caldas, Andradas e Águas da Prata (CAVALCANTE et al 1979).

De acordo com Ellert (1959), a morfologia do Planalto Poços de Caldas representa um exemplo do modelado estrutural dômico com diques anelares, surgindo como unidade individualizada e sendo delimitado por um anel quase completo, formando um complexo

de rochas efusivas e intrusivas. O dique anelar que circunda o planalto é saliente na topografia em três quadrantes: norte, oeste e sul; no quadrante leste não há expressão morfológica do anel.

Leinz e Amaral (1998) descreveram a evolução hipotética do Planalto de Poços de Caldas como sendo um vulcanismo de idade mesozoica nas rochas encaixantes, onde ocorreu colapso da parte central, determinando a formação de uma imensa caldeira.

O relevo da área do empreendimento, considerando a topografia atual alterada para implantação do aterro em operação, pode ser classificado como plano a suavemente ondulado com declividades mais acentuadas nos sentidos sudoeste – nordeste (entrada – lagoas de estabilização) e oeste-leste, com cotas variando entre 1440m a 1400.

## **2.5 Solos**

De acordo com o Mapa de Solos de Minas Gerais elaborado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Lavras (UFLA), CETEC e FEAM em 2010, o solo predominante da área do aterro é classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, A moderado, textura argilosa (Figura 2).

É um solo identificado em extensas áreas dispersas em todo o território nacional associados aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade.

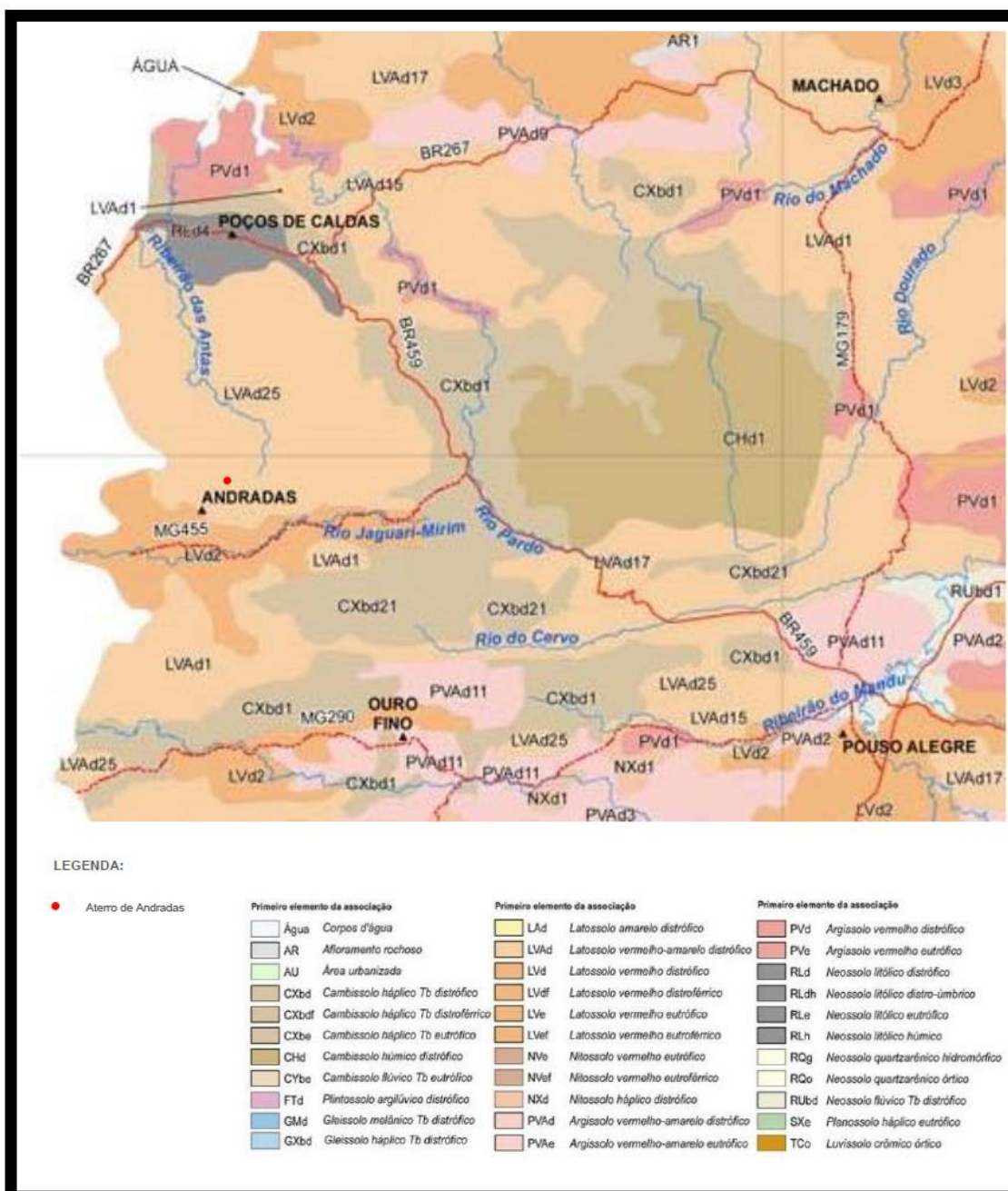


Figura 2: Mapa de solos de Andradadas.

## 2.6 Recursos hídricos

A rede hidrográfica municipal tem como principal curso d'água o rio Jaguari Mirim, que atravessa a parte central do município no sentido leste-oeste, vindo de Ibitiúra de Minas, onde se localiza sua nascente. Seus afluentes nascem nas regiões serranas, e

entre eles, citam-se os córregos da Farinha, do Toque, Retirinho, Angola, Cachoeira, Cambuí, Água Espelhada e os ribeirões Pirapitinga, Caracol, Cocais, Prata e São João.

Ocupando um vale aberto entre as Serras de São João e do Bebedouro, o córrego São João do Gama corre no sentido nordeste-sudoeste, em direção ao rio Jaguari Mirim, entre muitos outros cursos d'água de menor vulto.

Na porção norte, a drenagem corre no sentido sul-norte em direção ao norte, destacando-se os ribeirões do Tamanduá e das Antas. De um modo geral, o município é bem servido de recursos hídricos. Deve-se observar, no entanto, que o aproveitamento de tais recursos em escala deve ser objeto de detido planejamento, buscando sua utilização regional, assim evitando-se sua deterioração e falta no futuro.

A área de influência do aterro sanitário está relacionada com a bacia do ribeirão das Antas, que se dirige para a cidade de Poços de Caldas. Localmente, notam-se diversas nascentes nos limites da propriedade. Fora da propriedade, margeando os limites sul e leste, a cerca de 300 m do aterro, na cota 1384, há um pequeno córrego, afluente do ribeirão das Antas, cuja nascente está situada em propriedade vizinha, a montante da área.

## **2.7 Cobertura vegetal**

A área do aterro, assim como toda a região do município de Andradas, encontra-se no domínio do Bioma da Mata Atlântica, segundo o Inventário Florestal de Minas Gerais - Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007.

Em um levantamento realizado em 2007, antes da implantação do aterro, constatou-se que a cobertura vegetal apresentava predomínio da fitofisionomia de campo sujo (16,42 ha ou 82,1 %) nas cotas mais altas (1060 m) e a ocorrência de áreas de capoeira (0,36 ha ou 1,8%) e capoeirinha (0,72 ha ou 3,6 %), além de remanescentes de mata ciliar (2,5 ha ou 12,5 %) junto aos cursos d'água e nascentes, em cotas altimétricas que variam de 1007 a 1035 m.

A área de ampliação prevista no presente projeto abrange um fragmento florestal remanescente cuja supressão será necessária para implantação da expansão. Desta forma, deve ser executado levantamento em uma área de aproximadamente 3.900 m<sup>2</sup> de todos os espécimes arbóreos para obtenção da autorização de supressão junto ao órgão ambiental estadual, bem como execução da devida compensação ambiental exigida. No

levantamento deve constar no mínimo informações do fragmento como localização georreferenciada, identificação do estágio sucessional, espécies existentes, grupo ecológico correspondente de cada espécie, volume de madeira mensurado, número de indivíduos por espécie, área basal, número e volume de árvores mortas, e registro fotográfico (Figura 3).



Figura 3: Croqui indicativo do fragmento arbóreo a ser suprimido.

### 3 MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO

#### 3.1 Localização

Os municípios do Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos estão localizados no Sul de Minas Gerais, na mesorregião Sul e Sudoeste de Minas, na microrregião de Poços de Caldas.



Figura 4: Localização dos municípios do consórcio e do aterro de resíduos sólidos urbanos.

#### 3.2 População atendida atual e projetada

O projeto de ampliação do Aterro de Andradas atenderá uma população de 81.896 habitantes em 2021 e 82.313 habitantes para 2022. Para o cálculo do crescimento da população para os 2 anos citados foram consideradas as estimativas populacionais do IBGE para os anos de 2018 a 2020. Para o cálculo foi utilizado o método geométrico, o

qual baseia-se na suposição de que a população cresce segundo uma progressão geométrica.

Quadro 5: Taxas de crescimento populacional dos municípios do consórcio definidas segundo método geométrico e estimativa populacional do IBGE de 2017 a 2020, e estimativa da população a ser atendida para os anos de 2021 e 2022.

<b>Estimativa da população (habitantes)</b>							
	Albertina	Andradas	Caldas	Ibitiura	Ipuiuna	Sta. Rita de Caldas	TOTAL
<b>2018</b>	3003	40747	14417	3483	10039	8974	80663
<b>2019</b>	3007	41077	14480	3488	10079	8949	81080
<b>2020</b>	3011	41396	14541	3492	10118	8924	81482
Taxa média crescimento %a.a.	0,133	0,793	0,429	0,129	0,393	-0,279	-
<b>2021</b>	3015	41724	14603	3497	10158	8899	81896
<b>2022</b>	3019	42055	14666	3501	10198	8874	82313

### 3.3 Resíduos sólidos produzidos

Segundo o relatório do Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais de 2018 elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente, cerca de 61,87% da população urbana do estado era atendida por sistemas de disposição final de RSU regularizados ambientalmente, o que representa aproximadamente 11.460.176 habitantes de 391 municípios.

No entanto, os lixões e aterros não regularizados ainda atendem 25,28% da população, promovendo impactos significativos no meio ambiente e, conseqüentemente, na saúde pública.

O território Sul, onde estão localizados os seis municípios que integram o Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, possui uma população de 1.865.025 habitantes. Os municípios irregulares correspondem a 21,8% (34 municípios) da população urbana atendidas por lixões e 11,0% (7 municípios) por aterros controlados.

A ampliação do Aterro Sanitário de Andradas contribuirá para a manutenção do atendimento de 4,3% da população do território Sul por sistemas de tratamento e/ou disposição final de RSU regularizados ambientalmente.



O volume de resíduos produzidos pelos municípios integrantes do consórcio é estimado em 1.100 toneladas/mês, o que representa uma taxa de geração diária, per capita, de 0,45 kg/hab.d, compreendendo a taxa base deste projeto. A seguir é apresentado planilha contendo volume de resíduos dispostos no aterro sanitário no ano de 2020 pelos municípios consorciados.

Municípios	Volume de resíduos dispostos em 2020 por município no aterro sanitário - em toneladas												
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
<b>Albertina</b>	48,45	36,80	38,85	42,01	32,50	35,71	36,78	30,43	36,31	33,25	31,39	40,44	<b>442,92</b>
<b>Andradas</b>	759,70	678,73	773,63	633,84	610,91	644,57	644,67	620,98	650,26	667,44	656,16	739,36	<b>8080,25</b>
<b>Caldas</b>	273,80	162,81	173,46	156,67	144,05	146,36	141,74	132,08	146,94	159,82	157,92	176,58	<b>1972,23</b>
<b>Ibitiura de Minas</b>	57,65	48,11	48,92	44,81	41,73	45,64	48,62	46,14	45,18	46,75	45,40	49,49	<b>568,44</b>
<b>Ipuiuna</b>	163,02	138,01	139,71	127,22	126,54	128,66	136,06	121,92	125,38	131,83	120,67	126,87	<b>1585,89</b>
<b>Santa Rita de Caldas</b>	8,64	7,15	7,39	0,00	0,00	0,00	2,88	3,47	1,69	3,74	7,23	9,49	<b>51,68</b>
<b>Total</b>	1311,26	1071,61	1181,96	1004,55	955,73	1000,94	1010,75	955,02	1005,76	1042,83	1018,77	1142,23	<b>12701,41</b>

Considerando a taxa de geração per capita dos municípios, foi possível estimar a produção de resíduos para os próximos 2 anos, como segue:

Quadro 6: Projeção da produção de resíduos.

Ano	População (hab)	Produção per capita (kg/hab.d)	Quantidade (t/d)	Quantidade (t/ano)
<b>2021</b>	81.896	0,45	36,85	13.450,25
<b>2022</b>	82.313	0,45	37,04	13.519,60

### 3.3.1 Coleta e roteiro de acesso ao Aterro de Andradas – MG

Quadro 7: Dados do serviço de coleta e transporte dos resíduos sólidos dos municípios do consórcio.

Município	Dias de coleta	Distância percorrida (km)	Trajeto	Veículos (quantidade)
<b>Albertina</b>	Seg-Qui	53,5	Albertina / ESP-020 / SP-346 / MG-455 / Andradas / BR-146 / Estrada Andradas-Pocinhos do Rio Verde / Aterro	Caminhão compactador (1)
<b>Andradas</b>		13,4		Caminhão compactador (3)



	Seg-Qua-Sex / Ter-Qui-Sab		Andradas / BR-146 / Estrada Andradas-Pocinhos do Rio Verde / Aterro	Caminhão carroceria (2) Caminhão poliguindaste (2) Caminhão basculante (1)
<b>Caldas</b>	Seg-Sab	27,4	Caldas / Estrada Pocinhos do Rio Verde-Andradas / Aterro	Caminhão basculante (1) Caminhão compactador (1)
<b>Santa Rita de Caldas</b>	Seg-Qua-Sex	46,2	Santa Rita de Caldas / MG-455 / Ibitiúra / MG-455 / Andradas / BR-146 / Estrada Andradas-Pocinhos do Rio Verde / Aterro	Caminhão compactador (1)
<b>Ibitiúra de Minas</b>	Seg-Qua-Sex	33,3	Ibitiúra / MG-455 / Andradas / BR-146 / Estrada Andradas-Pocinhos do Rio Verde / Aterro	Caminhão basculante (1)
<b>Ipuiúna</b>	Seg-Qua-Sex	53,3	Ipuiúna / MG-455 / Santa Rita de Caldas / MG-455 / Ibitiúra / MG-455 / Andradas / BR-146 / Estrada Andradas-Pocinhos do Rio Verde / Aterro	Caminhão basculante (1)

## 4 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 4.1 Concepção do modelo proposto

O modelo proposto segue princípios de engenharia para o confinamento de resíduos por meio da acomodação, compactação ascendente em rampa e aterramento diário, formando camadas que variam entre 3 e 7 metros de altura dependendo da plataforma a ser expandida ou construída, as quais serão finalizadas com cobertura vegetal de gramíneas e leguminosas.

Compreende em um aterro sanitário para disposição final e tratamento exclusivamente de resíduos sólidos urbanos. Os resíduos perigosos, sépticos hospitalares, de portos e aeroportos e da construção civil não serão recebidos.

As medidas de proteção ambiental do aterro em operação serão mantidas, adequadas e outras implantadas visando o pleno atendimento da disposição final do volume adicional de resíduos sólidos dos municípios do Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

O projeto de ampliação prevê a adoção de todos os elementos de proteção ambiental e de apoio operacional necessários para a preservação da integridade dos recursos naturais que não serão utilizados na área do aterro e adjacências, como segue:

- Sistema de impermeabilização de base e laterais;
- Sistema de recobrimento diário dos resíduos;
- Sistema de cobertura final das plataformas;
- Sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados;
- Sistema de coleta do biogás;
- Sistema de drenagem superficial;
- Sistema de tratamento de líquidos percolados;
- Unidades de apoio;
- Vias de acesso;
- Cobertura vegetal; e
- Sistema de monitoramento.

Os dispositivos propostos foram dimensionados e serão executados em conformidade com a NBR 13896/1997. No Quadro 8 apresentam-se os dispositivos que serão aproveitados, ampliados e implantados.

Quadro 8: Dispositivos de proteção ambiental e apoio operacional.

<b>Item</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Aproveitado</b>	<b>Ampliado</b>
<b>1</b>	Sistema de tratamento de chorume	X	X
<b>2</b>	Sistema de drenagem de chorume	X	X
<b>3</b>	Sistema de drenagem de biogás	X	X
<b>4</b>	Sistema de drenagem de águas pluviais	X	X
<b>5</b>	Vias de acesso	X	X
<b>6</b>	Unidades de apoio		
<b>6.1</b>	Guarita de acesso	X	
<b>6.2</b>	Apoio administrativo (sala da gerência, sala de controles e banheiros)	X	
<b>6.3</b>	Apoio operacional (galpão aberto, destinado à oficina de reparos, refeitório, copa)	X	
<b>6.4</b>	Balança	X	

## 4.2 Objetivo

Ampliar, implantar, manter e aprimorar dispositivos tecnicamente adequados de disposição final e tratamento dos resíduos sólidos provenientes dos aglomerados urbanos dos municípios que integram o Consórcio Público para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, visando aumentar o percentual da população do território Sul do estado atendida por sistemas de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos regularizados ambientalmente.

## 4.3 Dispositivos do projeto de ampliação

### 4.3.1 Áreas do projeto

- Área total: A área total do terreno é de 20,2 hectares, compreendendo um perímetro de 1.320 m;
- Área útil: A área útil é de 29.581,60 m<sup>2</sup>, como segue:

Quadro 9: Locação da área útil.

<b>Dispositivos</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Aterro de resíduos</b>	23.090
<b>Área da lagoa facultativa</b>	1.089

<b>Prédio administrativo</b>	36
<b>Prédio de manutenção</b>	81,6
<b>Vias internas de acesso</b>	1550
<b>Total</b>	29.255

#### 4.3.2 Configuração do aterro

O aterro sanitário é constituído por um maciço formado por cinco plataformas de altura variável entre 3 e 7 metros de altura, conforme demonstrado nos Desenhos n° 01 ao 08, separadas entre si por bermas de equilíbrio com largura de 4 m e taludes com inclinação variando entre V:H=1:1,5 e V:H=1:2. As cotas variam de 1.410 m até 1.433 m, compreendendo uma altura máxima de 23 m.

O projeto de ampliação modificará o projeto atual nos seguintes aspectos:

a) A projeção do maciço principal do aterro foi aumentada, objetivando um ganho da vida útil em cada plataforma;

b) Além do maciço principal, deverá ser implantada uma expansão em uma área de 3520 m<sup>2</sup> sul do maciço principal, contendo 1 plataforma de 7,0 m de altura conectada a este;

Os cortes no terreno natural, para conformação das plataformas, serão feitos em taludes de 1:1, compatível com a boa estabilidade do terreno conforme a análise geotécnica feita durante a fase de elaboração do projeto.

A base do aterro previsto no projeto deverão ser executados de acordo com os critérios de engenharia e sobre competente controle tecnológico, particularmente no que se refere ao grau de compactação, permeabilidade das bases, através da aplicação de geomembranas, e estabilidade dos taludes especificados no Procedimento Executivo n° 03 a 05.

As bermas serão acabadas com declividades longitudinais de 1,5% (no sentido das caixas de passagem ou de coleta das águas pluviais) e transversais de 2,5% (no sentido do pé dos taludes). Isto facilita a drenagem das águas de escoamento superficial incidentes sobre a área do aterro, requisito essencial para manutenção das condições de estabilidade mecânica do maciço.

##### 4.3.2.1 Expansão da projeção na base (cota 1410m à cota 1417m)

Foi impermeabilizada uma área de 1023 m<sup>2</sup> que deve ser elevada até a cota 1417m. A área já contém as estruturas para drenagem de chorume e gás, construídas conforme o Desenhos 03 e 12, e Procedimentos Executivos 06 e 07. O volume de aterro estimado para esta etapa será de 3081m<sup>3</sup> (2465 t de RSD - peso específico de 0,8t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Esta área dará um período de operação estimado de 2,24 meses.

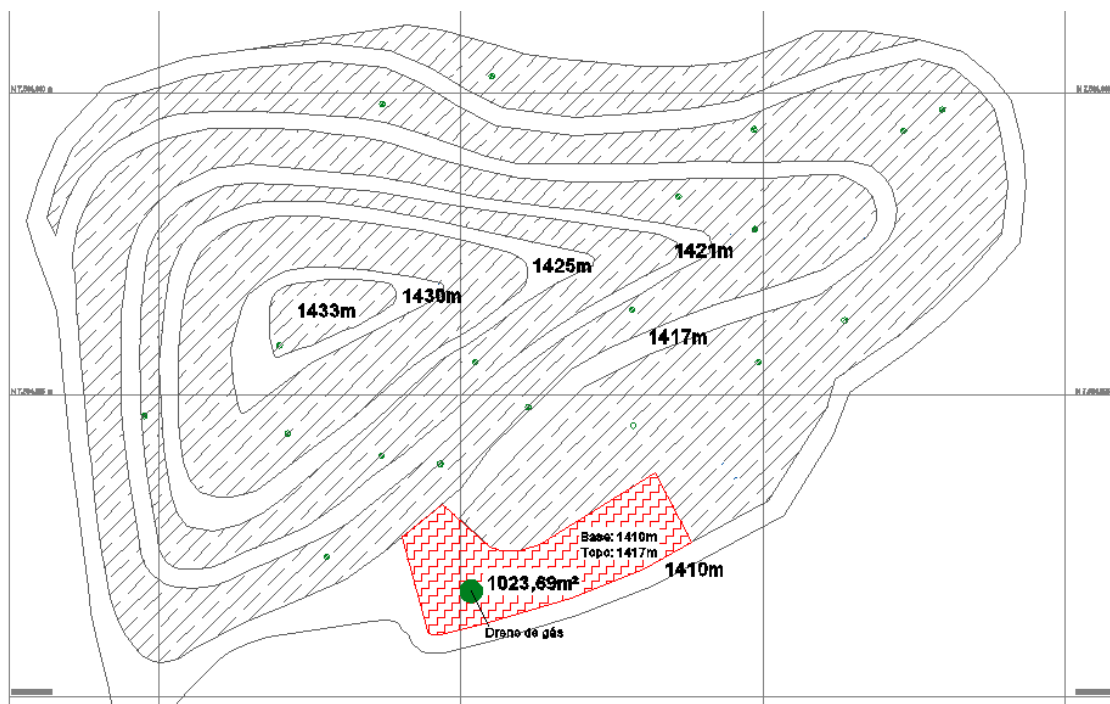


Figura 5: Expansão da área impermeabilizada na base para aterramento - cotas 1410m a 1417m.

#### 4.3.2.2 Expansão da projeção da cota 1417m à cota 1421 m

Para o aterramento nesta camada será necessário implantar 70 metros de drenos de chorume e 9 metros de drenos de biogás conectados à estrutura já existente, conforme a Desenhos 04 e 12, e Procedimentos Executivos 06 e 07. A área para aterramento foi estimada em 1497,5 m<sup>2</sup>, com altura de 4m, contendo volume de aterro de 5151 m<sup>3</sup> (4121 t de RSD - peso específico de 0,8t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Esta área possui período de operação estimado de 3,75 meses.

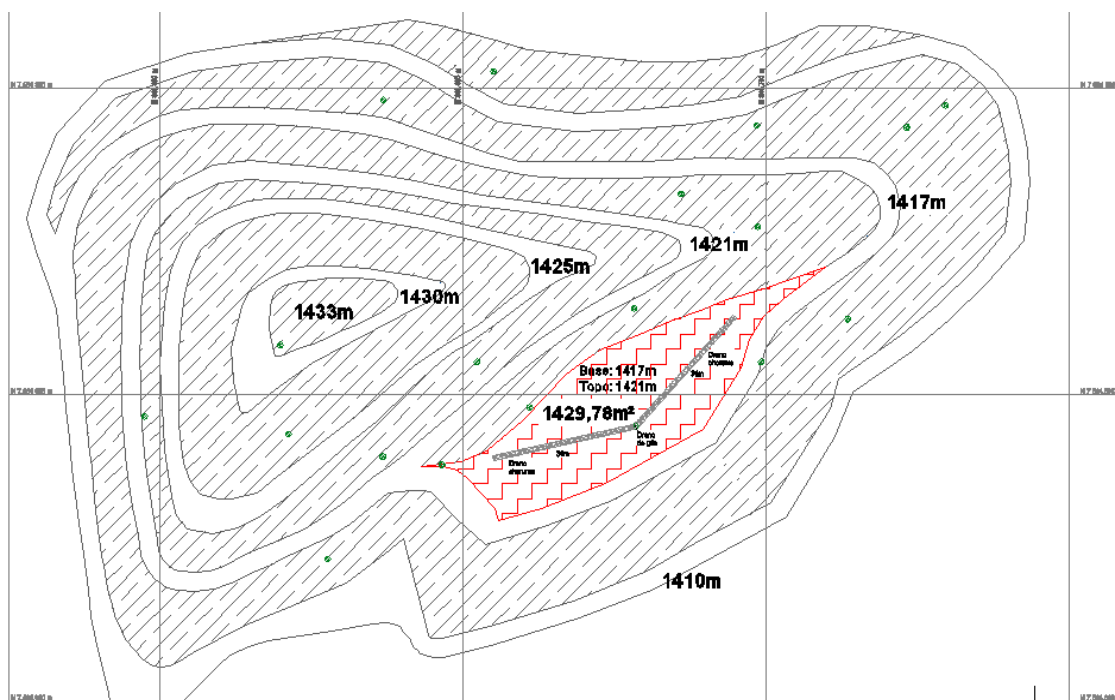


Figura 6: Expansão da área de aterro entre as cotas 1417m e 1421m.

#### 4.3.2.3 Expansão da projeção da cota 1421m à cota 1425m

Para o aterramento nesta camada será necessário implantar 40 metros de drenos de chorume e 10 metros de drenos de biogás conectados à estrutura já existente, conforme a Desenhos 05 e 12, e Procedimentos Executivos 06 e 07. A área para aterramento foi estimada em 1150,5 m<sup>2</sup>, com altura de 4m, contendo volume de aterro de 3958 m<sup>3</sup> (3166 t de RSD - peso específico de 0,8t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Esta área possui período de operação estimado de 2,88 meses.

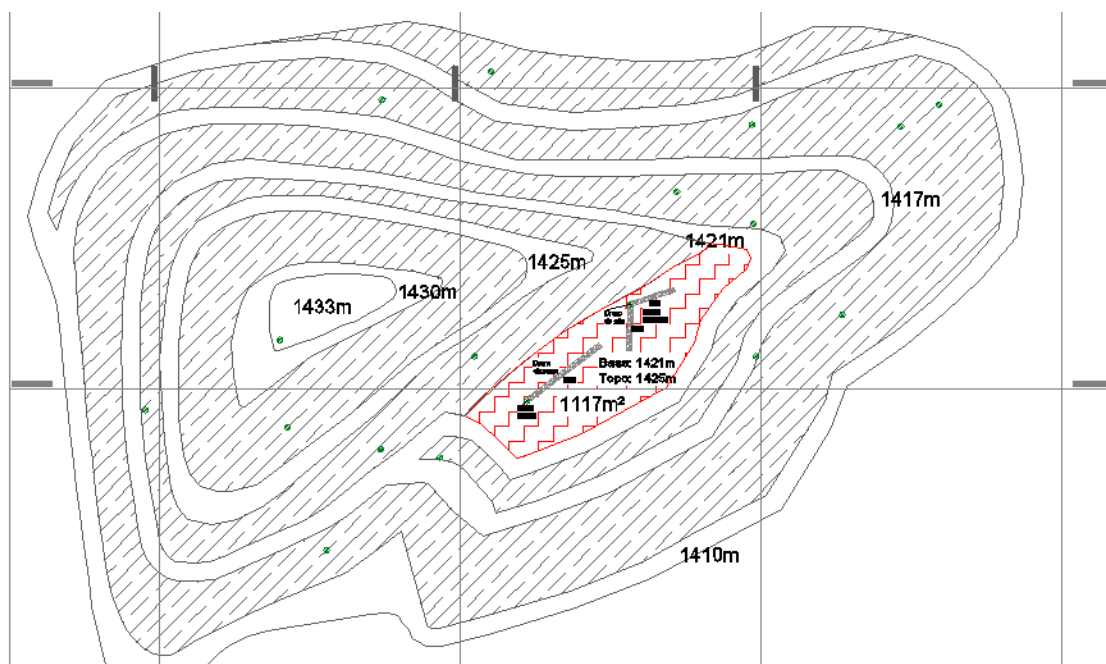


Figura 7: Expansão da área de aterro entre as cotas 1421m e 1425m.

#### ***4.3.2.4 Expansão da projeção da cota 1425 m à cota 1430 m***

Para o aterramento nesta camada será necessário implantar 25 metros de drenos de chorume e 12 metros de drenos de biogás conectados à estrutura já existente, conforme a Desenhos 06 e 12, e Procedimentos Executivos 06 e 07. A área para aterramento foi estimada em 462,5 m<sup>2</sup>, com altura de 5m, contendo volume de aterro de 1989 m<sup>3</sup> (1591 t de RSD - peso específico de 0,8t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Esta área possui período de operação estimado de 1,45 meses.



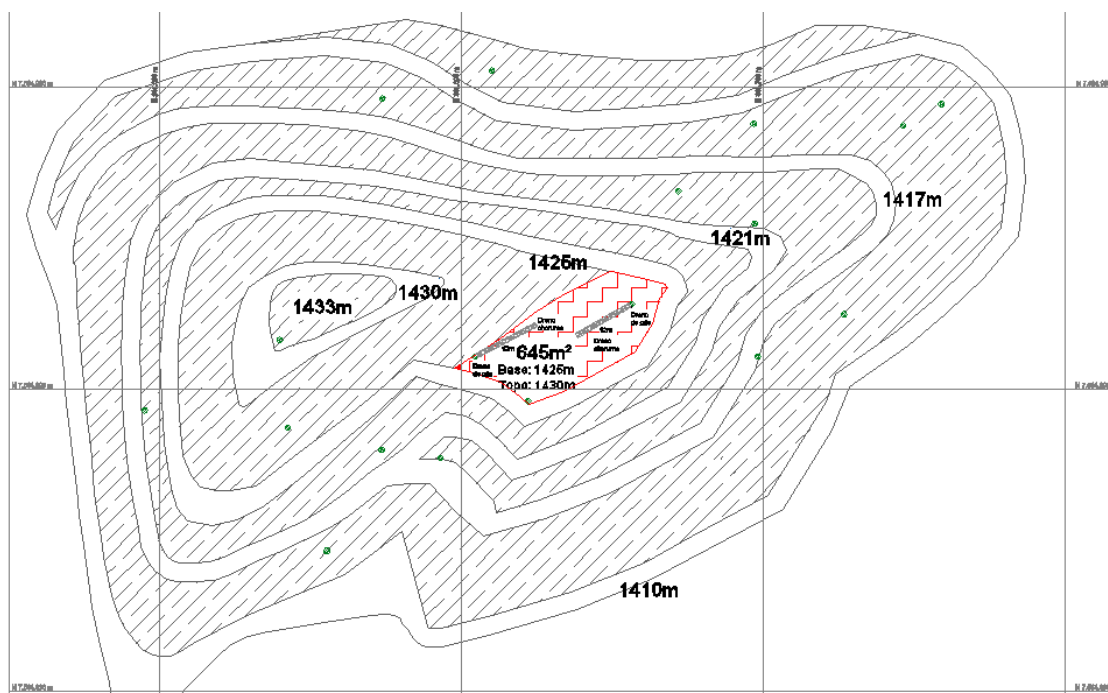


Figura 8: Expansão da área de aterro entre as cotas 1425m e 1430m.

#### 4.3.2.5 Expansão da projeção da cota 1430 m à cota 1433 m

A área para aterramento foi estimada em 140 m<sup>2</sup>, com altura de 3m, contendo volume de aterro de 361,2 m<sup>3</sup> (289 t de RSD - peso específico de 0,8t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Vide Desenhos 6 e 12, e Procedimentos Executivos 06 e 07. Esta área possui período de operação estimado de 0,3 meses.

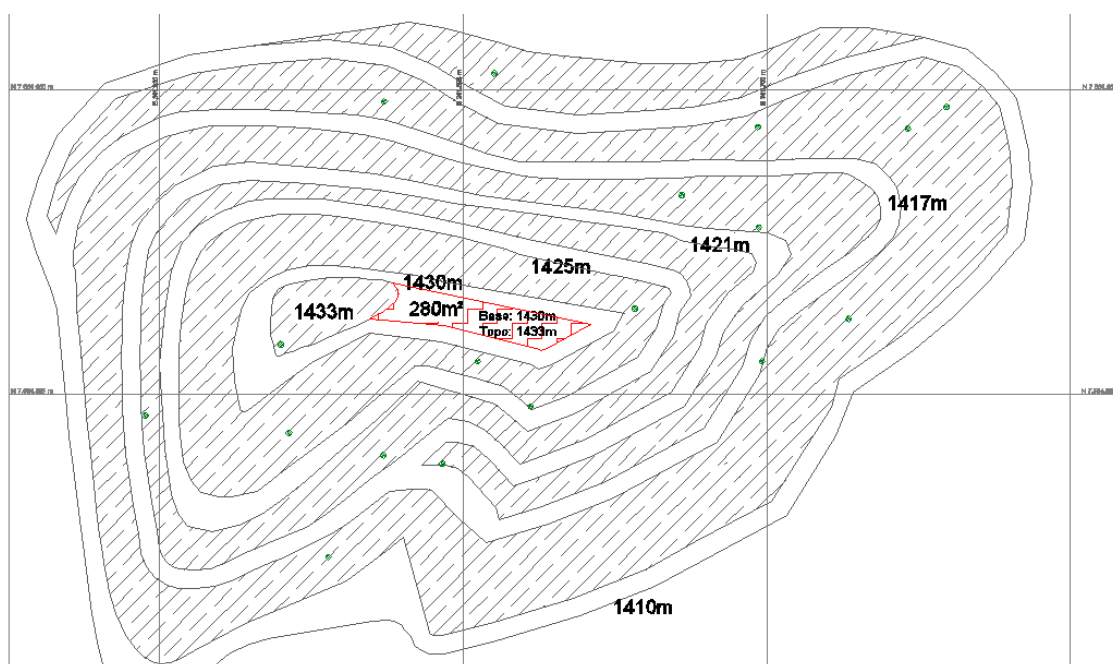


Figura 9: Expansão da área de aterro entre as cotas 1430m e 1433m.

Ao final da expansão do maciço na célula já existente deverá ser realizada a expansão em área adjacente - nova célula.

#### ***4.3.2.6 Expansão da plataforma base para a área adjacente - nova célula***

Com o fim das áreas de expansão na projeção do maciço principal, deve-se ampliar a base do aterro para uma plataforma localizada a sul do maciço. A área esquematizada na Figura 10 já é parte da área licenciada do aterro, contendo um fragmento arbóreo remanescente que precisará ser suprimido para continuidade das operações, conforme citado na Seção “2.7 Cobertura Vegetal”. Esta camada deverá ter 7 m de altura, estando compreendida entre as cotas 1410m e 1417 m. Para o aterramento desta camada será necessário impermeabilizar a área estimada de 3520 m<sup>2</sup> - sem contar os ancoramentos e as sobreposições da manta durante a soldagem (Procedimentos 04 e 05), implantar 151 m de drenos de chorume e 15 metros drenos de biogás conectados à estrutura já existente no maciço principal, conforme a Figura 10. O volume de aterramento estimado para essa camada foi de 13806 m<sup>3</sup> (11045t de RSD - considerando peso específico de 0,8 t/m<sup>3</sup>), já descontados 14% de terra para recobrimento. Esta área possui período de operação estimado de 10 meses.

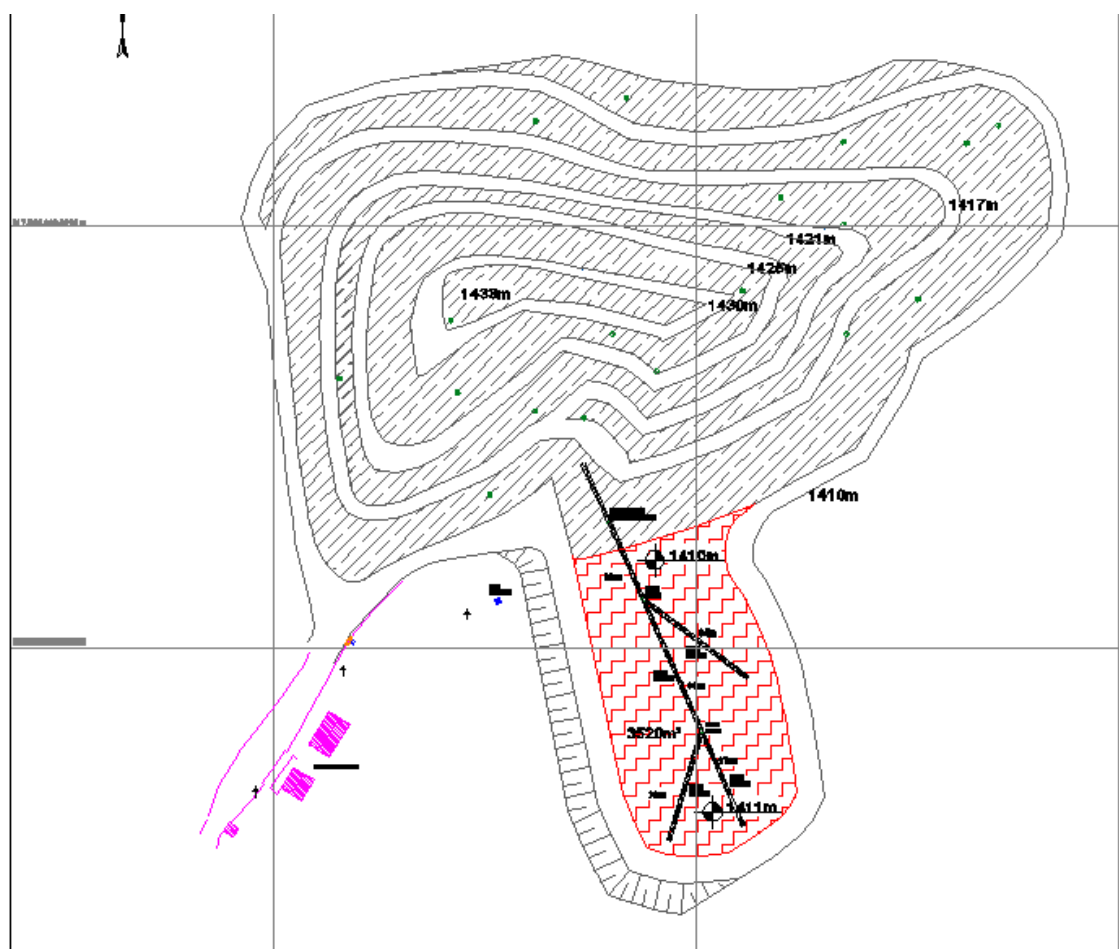


Figura 10: Ampliação da área da base com nova plataforma à sul do maciço principal.

### 4.3.3 Sistema de tratamento de chorume

Embora a célula de aterro seja provida de impermeabilização de base e de sistemas de monitoramento, o chorume gerado no aterro continuará a ser tratado nas lagoas anaeróbia (cota 1.405m) e facultativa (1.400m).

#### 4.3.3.1 Lagoa anaeróbia

Na lagoa anaeróbia, a matéria orgânica é submetida a um processo de degradação na ausência de oxigênio com produção de gás metano e gás carbônico. Lagoas anaeróbias são tanques com profundidade de 4,0 a 5,0 m, de maneira a reduzir a possibilidade de penetração do oxigênio produzido na superfície para as camadas mais profundas. A carga orgânica aplicada deverá ser alta, principalmente para que a taxa de consumo de oxigênio

seja várias vezes superior à taxa de produção, criando condições estritamente anaeróbias (MEIRA, 2003). O efluente das lagoas anaeróbias, em geral, necessita de tratamento posterior.

A lagoa anaeróbia está situada na cota 1.405 m e possui as seguintes características:

Quadro 10: características geométricas construtivas da lagoa anaeróbia.

<b>Forma</b>	<b>Quadrada</b>
<b>Área da lagoa</b>	85,5 m <sup>2</sup>
<b>Volume útil da lagoa</b>	342 m <sup>3</sup>
<b>Inclinação dos taludes (V:H)</b>	1:1,50
<b>Profundidade da lâmina d'água</b>	3,50 m
<b>Altura da borda livre</b>	0,50 m
<b>Altura total da lagoa</b>	4,0 m
<b>Dimensões no fundo da lagoa</b>	6,90 x 6,90 m
<b>Dimensões no espelho d'água</b>	12,15 x 12,15 m



Figura 11: Lagoa anaeróbia do Aterro Sanitário de Andradas. Data: jun/2016.

#### 4.3.3.2 *Lagoa facultativa*

Dentre os processos biológicos de tratamento, a lagoa facultativa é considerada a mais simples, uma vez que depende unicamente de fenômenos puramente naturais (VON SPERLING, 1996). Lagoas facultativas são tanques de menor profundidade (1,5 a 3,0 m). Nesses locais a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica de pequenas dimensões (DBO finamente particulada) não sedimenta,

permanecendo dispersa na massa líquida. Na camada mais superficial a matéria orgânica é oxidada por meio da respiração aeróbia. Abaixo da zona de penetração da energia solar, forma-se a zona facultativa composta de grupos de bactérias que são capazes de sobreviver e proliferar tanto na presença como na ausência de oxigênio. Na camada de maior profundidade forma-se uma zona anaeróbia, onde os sedimentos sofrem o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertidos lentamente em gás carbônico, água, metano e outros (MEIRA, 2003).

A lagoa facultativa está situada na cota 1.400 m e possui as seguintes características:

Quadro 11: características geométricas construtivas da lagoa anaeróbia.

<b>Forma</b>	<b>Retangular</b>
<b>Área da lagoa</b>	892 m <sup>2</sup>
<b>Volume útil da lagoa</b>	1338 m <sup>3</sup>
<b>Relação comprimento/largura</b>	2,0
<b>Inclinação dos taludes (V:H)</b>	1:1
<b>Profundidade da lâmina d'água</b>	1,50 m
<b>Altura da borda livre</b>	0,50 m
<b>Altura total da lagoa</b>	2,0 m
<b>Dimensões no fundo da lagoa</b>	19,6 x 40,7 m
<b>Dimensões no espelho d'água</b>	23,6 x 44,7 m



Figura 12: Lagoa facultativa do Aterro Sanitário de Andradás. Data: Jun/2016.

#### 4.3.4 Sistema de drenagem de chorume

O chorume gerado será drenado e orientado para as lagoas de estabilização por meio dos drenos verticais e horizontais interligados que serão ampliados de acordo com o avanço da célula de aterro.

Os drenos horizontais são dispostos como “espinha de peixe” em toda a base e a cada nova camada de aterro. São canais abertos com retroescavadeira na camada de cobertura, revestidos com manta geotêxtil e preenchidos com brita, a que geralmente têm a profundidade e largura da pá da retroescavadeira (1m x 1m).

A escavação da drenagem deve ser iniciada na cota mais baixa em relação à camada de aterramento de lixo novo. Sendo assim, para construção da nova célula do aterro, na cota 1.410 m serão escavados 151 m de dreno horizontal. Os trechos escavados serão preenchidos com brita nº 4 e interligados à rede de captação do sistema. Considerando a existência da manta de PEAD, na execução da drenagem de chorume, o meio drenante deve vir sobre a manta.

No caso da ampliação da célula existente, os drenos deverão ser construídos de forma a interligá-los nos drenos de gases existentes no local de ampliação conforme a cota pré-determinada. Com isso o sistema de drenagem existente será utilizado para confecção das ampliações das cotas mencionadas.

Os sistemas de drenagem de percolados são representados no Procedimento executivo nº: 07 – Drenagem de Líquidos e no Desenho nº: 09 e 12 - para a construção da nova célula; nos Desenhos nº 03, 04, 05, 06, 07 e 12, e Procedimento Executivo nº 07, para ampliação dos drenos na célula existente de acordo com cada cota de ampliação.

#### **4.3.5 Sistema de drenagem de gases**

Formados pela digestão anaeróbica dos resíduos orgânicos contidos no interior da célula de aterro, o biogás consiste em mistura de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), tal como ilustrado na Figura 13.

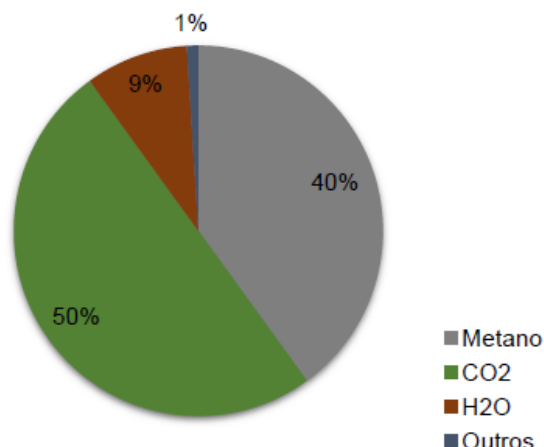


Figura 13: Composição estequiométrica dos gases produzidos no inteiro do maciço de aterros sanitários.

O biogás produzido será captado por meio de drenos verticais e horizontais interligados existentes no aterro. O sistema de drenagem será ampliado de forma concomitante com o avanço do processo de disposição e aterramento dos resíduos sólidos, conforme indicado nos Desenhos n°: 03, 04, 05, 06, 07 e 12 e Procedimento executivo n°: 06 – Drenagem de gases para ampliação na célula já existente e Desenhos n° 09 e 12 e Procedimento Executivo n° 06 durante a construção da nova célula do aterro.

Utilizando a retroescavadeira, deve-se fazer uma trincheira rasa, 1,50m x 1,50m de seção quadrada, na cota de fundo, em seguida dispõem-se a armação metálica a qual deverá ser preenchida com brita n° 4, conforme mostra o Desenho n° 12. À medida que há o aumento da cota da célula, outra armação de igual dimensão deverá ser instalada sobre ela, e assim, sucessivamente até atingir a cota final ou topo da célula. Na saída de cada dreno será instalado um tubo liso de concreto tipo PA-04 com diâmetro de 1,00 m que será utilizado para a queima dos gases.

#### 4.3.6 Sistema de drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais tem como objetivo a coleta e o esgotamento das águas de chuva, de forma a evitar a ocorrência de processos erosivos nos taludes, bermas e no sistema viário, bem como evitar o aumento da quantidade de percolados por infiltrações superficiais. O sistema será constituído por canais construídos em argila compactada e canaletas de concreto pré-moldado tipo meia-cana.

As canaletas de concreto tipo meia-cana serão instaladas nos trechos principais e terão seção igual a 30 cm de diâmetro.

#### 4.3.7 Unidades de apoio

As unidades de apoio foram previstas de forma a se conjugar o menor investimento possível com satisfatórias condições de funcionalidade e operacionalidade do aterro e com o conforto dos servidores.

- Guarita de acesso: A guarita de acesso está localizada junto ao portão de entrada, sendo construída em alvenaria e tendo dimensões de 2,5m x 2,5m.
- Apoio administrativo: Edificação em alvenaria, com dimensões externas de 6m x 6m, contendo: sala da gerência; sala de controles; e banheiros masculino e feminino, com sistema de esgoto ligado a uma fossa séptica.
- Apoio operacional: Possui área total de 60m<sup>2</sup> (6m x 10m), compreendendo um galpão aberto, destinado à oficina de reparos, integrado a uma outra construção fechada em alvenaria utilizada como refeitório, copa, banheiro masculino, cujo esgotamento será ligado à mesma fossa séptica da unidade de apoio administrativo. Quanto ao esgoto da pia da copa, ele será destinado a uma caixa separadora de gordura, sendo prevista limpeza periódica.



Figura 14: Guarita (A), Apoio administrativo (B) e Apoio operacional (C).



- Balança: Área com dimensões de 28m x 3,5m, onde encontram-se montados os componentes para a pesagem dos caminhões e o sistema de aquisição de dados.
- Reservatório d'água: Na parte mais elevada do relevo local, localiza-se um reservatório, com capacidade de armazenamento de 10.000 litros de água. É construído em concreto armado, impermeabilizado interna e externamente, tendo seção quadrada, suportado por quatro pilares de concreto armado.
- Cerca: O fechamento da área é feito por meio de cerca, construída com mourões de concreto de ponta virada, com altura de 2,5m e com 8 fios de arame farpado, em todo o perímetro.

#### **4.3.8 Vias de acesso**

As vias possuirão largura total de 7 m. A faixa destinada à drenagem pluvial a ser implantada será de 1 metro para cada lado.

O caimento transversal das vias será de 2,5% para cada lado. O pavimento atual de terra receberá uma camada de 10 cm de cascalho.

Toda a área do aterro possui 1550m de vias de acesso, cobrindo toda a área de operação.

##### **4.3.8.1 Cobertura vegetal**

A cobertura vegetal a ser implantada na área do aterro com objetivo de cobertura antierosiva, que consiste em um mix de sementes de espécies forrageiras de crescimento rápido de gramíneas e leguminosas.

O plantio será executado por meio da hidrossemeadura em todos os taludes e topos de cada uma das camadas projetadas para a célula de aterro.

O objetivo dessa cobertura é proteger rapidamente o solo exposto, formado com o aterramento diário dos resíduos, contra processos erosivos.

#### **4.3.8.2 Equipe de operação**

A equipe será composta pelos seguintes profissionais:

Quadro 12: Equipe de profissionais.

<b>Auxiliar administrativo</b>	1
<b>Motorista</b>	1
<b>Encarregado</b>	1
<b>Ajudante</b>	2
<b>Balanceiro</b>	1
<b>Vigia</b>	2
<b>Operador</b>	2
<b>Engenheiro</b>	1

## 5 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO FÍSICA – VIDA ÚTIL DO ATERRO

O projeto de ampliação do aterro será finalizado em 16 anos, quando o volume total projetado de 220.329m<sup>3</sup> será alcançado, conforme apresentado no Quadro 13.

Quadro 13: Cronograma de execução física do aterramento de resíduos sólidos urbanos do aterro sanitário de Andradas - MG.

Platô (cota) (m)	Volume do maciço (m <sup>3</sup> )*	Peso de RSD (t)**	Período operacional (meses)																				
			mês 1	mês 2	mês 3	mês 4	mês 5	mês 6	mês 7	mês 8	mês 9	mês 10	mês 11	mês 12	mês 13	mês 14	mês 15	mês 16	mês 17	mês 18	mês 19	mês 20	mês 21
1417	3081	2465	2,24																				
1421	5151	4121			3,75																		
1425	3958	3166						2,88															
1430	1989	1591								1,45													
1433	361	289									0,3												
<b>N.C.- 1410 -1417***</b>	<b>13086</b>	<b>11045</b>																					10,04

\*já descontados 14% de terra para aterramento

\*\* peso específico de 0,8 t/m<sup>3</sup>

\*\*\* Nova célula

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>.

CAVALCANTE, J.C.; CUNHA, H.C.; CHIEREGATI, L.A.; KAEFER, L.Q.; ROCHA, J.M.; DAITX, E.C.; COUTINHO, M.G.N.; HAMA, M.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J.B.V.; ROSA, D.B.; RAMALHO, R. Projeto Sapucaí; Estado de Minas Gerais e São Paulo. Relatório Final... Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, Série Geologia, 299p., 1979.

ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. Bol. Fac. Fil. Ciên. Letras USP, São Paulo, v. 237, n.18, p.5-63, 1959.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2015 / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2016. 73p.: il.

LEINZ, V. e AMARAL, S. E. Geologia Geral. 13ª ed., Companhia Editora Nacional, São Paulo, 399p., 1998.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.

MEIRA, J. C. R. Chorume do aterro sanitário de Goiânia: Tratamento por floculação/coagulação/degradação fotoquímica e custos operacionais. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), UFSC.

**7 ANEXOS A - PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS**

## **8 ANEXOS B - DESENHOS**

**9 ANEXO C - LICENÇA AMBIENTAL E CONDICIONANTES**