

SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE OLIMPIA - SP

PLANO DE RECUPERAÇÃO E OCUPAÇÃO

DA ÁREA COMO ATERRO SANITÁRIO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	INFORMAÇÕES CADASTRAIS	2
2.1	ENTIDADE RESPONSÁVEL PELO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE LIXO	2
2.2	RESPONSÁVEL PELO PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA	2
3	MEMORIAL DESCRITIVO	3
3.1	INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS DISPOSTOS NO ATUAL SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE LIXO DOMÉSTICO	3
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EMPREGADO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE LIXO DOMÉSTICO	14
3.2.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO	14
3.2.2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA DA ÁREA	15
3.2.3	CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	15
3.3	CONCEITUAÇÃO PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA	24
3.3.1	CHORUME	24
3.3.2	EMPREGO DE FILTROS ANAERÓBIOS	30
3.3.3	PROCESSOS NATURAIS DE ATENUAÇÃO	32
3.3.4	AÇÕES GERAIS DE REMEDIAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	40
3.4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	46
3.4.1	CONSIDERAÇÕES	46
3.4.2	DESCRIÇÃO GERAL	47
3.4.3	DRENAGEM	48
3.4.4	RECIRCULAÇÃO DO CHORUME	51
3.4.5	TRATAMENTO DE CHORUME	52
3.5	OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	53
3.5.1	ACESSOS E ISOLAMENTO DA ÁREA	53
3.5.2	SEQÜÊNCIA DE DISPOSIÇÃO	53
3.5.3	TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS	54
3.5.4	MATERIAL PARA COBERTURA	55
3.5.5	CONTROLE TECNOLÓGICO	56
3.5.6	OCUPAÇÃO FUTURA	58

4	MEMORIAL TÉCNICO	60
4.1	LIXO ATERRADO PREVIAMENTE	60
4.2	VIDA ÚTIL DO ATERRO E DEMANDA DE TERRA PARA COBERTURA	61
4.3	SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL	64
4.4	GASES GERADOS	66
4.5	MANEJO DE CHORUME	70
4.5.1	QUANTIDADE GERADA	70
4.5.2	FILTROS ANAERÓBIOS E TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE CHORUME ✓	72
4.5.3	TANQUE DE RECEPÇÃO E BOMBEAMENTO DE CHORUME E SISTEMA DE RECALQUE	73
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
6	ANEXOS	76

1 INTRODUÇÃO

O município de Olímpia, localizado na região Norte do Estado de São Paulo, tem apresentado problemas característicos com relação a disposição de resíduos sólidos urbanos.

Nos últimos anos o lixo doméstico tem sido disposto às margens da Rodovia SP-322 sem que houvessem critérios adequados com relação à escolha da área, uma vez que a mesma encontra-se próxima ao Córrego da Divisa. Agravam-se os problemas pois não se efetuou uma preparação da base e a disposição ocorre sem critérios técnicos.

Verifica-se que no local o lixo foi disposto através do seu revolvimento, mistura com o solo e cobertura parcial com emprego de um trator de esteiras. Essa prática, embora ocasione menores problemas estruturais e de formação de gases, exaure rapidamente a capacidade de disposição, pela rápida ocupação superficial do solo.

A CETESB como órgão detentor do poder de polícia administrativa, constatou tais irregularidades e com a anuência da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, tomou do Município de Olímpia, um compromisso de ajustamento de sua conduta às exigências legais.

Em um primeiro momento, constituiu como obrigação da prefeitura municipal, a concentração das descargas em uma única frente de trabalho, com a realização de cobertura diária de terra. Exigiu também a adoção de rotinas e procedimentos operacionais que garantissem o uso racional da área e a definição de uma vida útil suficiente para a implantação da solução definitiva da destinação final dos resíduos sólidos gerados no município.

2 INFORMAÇÕES CADASTRAIS

2.1 Entidade Responsável pelo Sistema de Disposição de Lixo

Prefeitura Municipal de Olímpia - SP

Endereço: Rua Nove de Julho, 1.054

15 400-000 Olímpia - SP

2.2 Responsável pelo Plano de Recuperação de Área

2.2.1.1 Responsável pelo Plano

Engº Nariaqui Cavaguti

Geólogo

CREA nº 0600 17.630-5

R. Antonio Xavier de Mendonça, 5-50

17.043-090 Bauru - SP

3 MEMORIAL DESCRITIVO

3.1 INFORMAÇÕES SOBRE OS RESÍDUOS DISPOSTOS NO ATUAL SISTEMA DE DISPOSIÇÃO DE LIXO DOMÉSTICO

3.1.1.1 Fontes Geradoras e Tipos de Resíduos Sólidos

O conhecimento das fontes e tipos de resíduos sólidos, juntamente com dados da composição e taxas de geração, são componentes básicos do projeto e operação dos elementos funcionais associados ao manejo desses resíduos.

As fontes de geração de resíduos sólidos da comunidade estão relacionados com o uso da terra e o zoneamento. Embora possa existir uma diversidade de classificações, basicamente os resíduos gerados por uma comunidade, podem divididos nas categorias: a) residencial; b) comercial; c) institucional; d) de construções e demolições; e) serviços municipais; f) industriais; e g) agrícolas.

Os resíduos residenciais e comerciais, excluindo determinados resíduos especiais e perigosos, são constituídos por uma fração orgânica tais como: restos de alimentos, papéis, papelão, plásticos, têxteis, borracha, couro, madeira e restos de jardins e quintais; e uma fração inorgânica tais como: vidro, porcelana, alumínio, metais ferrosos e terra.

Resíduos que se decompõem rapidamente, também são denominados como resíduos putrescíveis, que correspondem aos originados no preparo e consumo de alimentos. Essa capacidade de decomposição resulta na geração de odores ofensivos e na procriação de moscas.

Resíduos considerados especiais, correspondem a: elementos eletrônicos (equipamentos eletrônicos quebrados ou partes destes), maquinaria (máquinas e equipamentos), restos de quintais e jardins coletados separadamente, baterias e pilhas (alcalinas, de mercúrio, prata, zinco, níquel ou cádmio), óleo (de serviços automotivos),

pneus e aqueles volumosos (relativos a mobiliários e correlatos). Esses resíduos, de maneira geral, são naturalmente separados.

3.1.1.2 Composição dos Resíduos

Os dados sobre a composição física dos resíduos sólidos domésticos são importantes para a seleção e operação de equipamentos e instalações, na otimização de recursos e consumo de energia e na análise e projeto de aterros sanitários. Esses dados devem ser, sempre que possível, coletados no município em questão, pois determinados levantamentos obtidos em bibliografias podem não refletir as características locais.

Contudo, valores típicos podem ser caracterizados em função do estágio de desenvolvimento ou renda "per capita" da região. O Tabela 1 mostra essa caracterização típica, excluindo-se os materiais reciclados.

Tabela 1 - Características qualitativas do lixo de Olímpia (estimativa).

Componente	Categoria	Massa (base úmida)	Umidade Típica	Massa (base seca)
Restos de Alimento	R	55,0	70	16,50
Papel, papelão	R	21,0	6	19,74
Têxteis	L	5,0	10	4,50
Madeira	L	1,1	20	0,88
Plástico	N	8,9	2	8,72
Vidro	N	2,6	2	2,55
Metais	N	5,4	2	5,29
Outros	N	1,0	5	0,95
Total				100,0
R	rapidamente degradável			
L	lentamente degradável			
N	não degradável (ou dificilmente)			

3.1.1.3 Propriedades dos Resíduos Domésticos

• Propriedades Físicas

Dentre as propriedades físicas mais importantes dos resíduos sólidos domésticos, destacam-se: peso específico, umidade, tamanho das partículas e sua distribuição, capacidade de campo e porosidade.

O peso específico é um parâmetro de importância uma vez que podem ser determinados diversos valores, considerando-se as condições em que se encontra o resíduo, ou seja: natural, como encontrado em recipientes, compactados (em caminhões compactadores e no aterro), entre outras situações.

Infelizmente, existe muita dificuldade na definição de padrões para o peso específico dos resíduos, devido a sua não uniformidade, e a questão das condições em que o mesmo se encontra (compactado ou não), muitas vezes não é bem definida.

O tamanho e a distribuição do tamanho dos materiais componentes dos resíduos sólidos domésticos ganham maior importância quando existe interesse na sua recuperação, principalmente por meios mecânicos. Dentre os materiais de maior tamanho médio, destacam-se o papelão e o papel, seguido pelo plástico, tomando-se como base o comprimento como maior dimensão.

A capacidade de campo dos resíduos sólidos domésticos é representado pela umidade total que pode ser retida em uma amostra de resíduo, submetido à ação gravitacional. A capacidade de campo desses resíduos é de importância crítica na formação do chorume nos aterros sanitários. A quantidade de chorume pode ser relacionada diretamente com o excedente da capacidade de campo.

A capacidade de campo varia com o grau compactação e o estado de decomposição do resíduo aterrado. A capacidade campo de resíduos domésticos não compactados varia entre 50 e 60%, considerando-se os dados de TCHOBANOGLIOUS (1993).

- *Propriedades Químicas*

As informações sobre a composição dos resíduos sólidos domésticos é de grande importância na avaliação de processos alternativos e opções de reciclagem. A prática da incineração, por exemplo, torna-se viável, dependendo da composição química dos resíduos.

O conteúdo energético pode ser determinado em laboratório, empregando-se calorímetros ou estimado por cálculos baseados na composição elementar de componentes conhecidos dos resíduos domésticos.

Quando há interesse na conversão biológica dos resíduos domésticos, tais como compostos (de compostagem), metano e etanol, as informações dos nutrientes essenciais é de grande importância na manutenção do equilíbrio e da eficiência na conversão.

▪ *Propriedades Biológicas*

Excluindo plásticos, borracha, e couro, os demais componentes presentes nos resíduos sólidos domésticos podem ser classificados como:

- componentes solúveis em água (açúcar, amido, aminoácidos e vários ácidos orgânicos);
- hemicelulose (produto da condensação de determinados açúcares);
- celulose (produto de condensação da glicose);
- gordura, óleos e ceras (ésteres de álcool e longas cadeias de ácidos graxos)
- lignina (matéria polimérica contendo cadeias aromáticas com grupos -OCH₃);
- ligninocelulose (combinação de lignina e celulose); e
- proteínas.

• *Biodegradabilidade*

A biodegradabilidade da fração orgânica é frequentemente medida através do conteúdo de sólidos voláteis, determinado pela queima acima de 550 °C, contudo os resultados podem ser por vezes enganosos, pois determinados produtos altamente voláteis são pouco biodegradáveis. Alternativamente o conteúdo de lignina dos resíduos pode ser usado para estimar a fração biodegradável e, neste caso, diversos compostos orgânicos podem ser listados para identificação da biodegradabilidade, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Dados de fração biodegradável de alguns resíduos orgânicos, baseados no conteúdo de lignina.

Componente	Porcentagem de Sólidos Voláteis em relação aos Sólidos Totais	Porcentagem de Lignina em relação aos Sólidos Voláteis	Fração biodegradável
Restos de alimento	7-15	0,4	0,82
Papel			
Jornais/revistas	94,0	21,9	0,22
Papéis de escritórios	96,4	0,4	0,82
Papelão	94,0	12,9	0,47
Podas (jardins)	50-90	4,1	0,72

Materiais com maior quantidade de lignina, tais como revistas e jornais, apresentam menor biodegradabilidade que outros resíduos orgânicos encontrados no lixo doméstico.

A taxa com que ocorre a degradação dos principais componentes orgânicos do lixo doméstico varia consideravelmente, e do ponto de vista prático podem ser classificados em rapidamente e lentamente degradáveis.

- *Odores*

Odores surgem de resíduos sólidos quando se verifica o armazenamento por períodos relativamente longos no intervalo da geração "in loco" e a coleta, nas estações de transbordo e nos aterros sanitários. Essas ocorrências tornam-se significativas em locais de clima tropical, como no Brasil.

A formação de odores resulta da decomposição anaeróbia de componentes biodegradáveis. Por exemplo, sob condições anaeróbias, o sulfato pode ser reduzido a sulfeto, que posteriormente combina com o hidrogênio para formar H_2S .

Os íons sulfeto podem também combinar com sais metálicos, tais como ferro, e formar sulfetos metálicos. A cor preta ou escurecida dos resíduos sólidos submetidos a decomposição anaeróbia em aterros, ocorre primariamente pela formação de sulfetos metálicos.

A redução de compostos orgânicos contendo um radical de enxofre pode iniciar a formação de compostos como metil-mercaptana e ácidos aminobutíricos, que apresentam odores desagradáveis. A metil-mercaptana pode ser hidrolizada bioquimicamente para metil-álcool e sulfeto de hidrogênio.

- *Moscas*

A procriação de moscas é um problema constante em países como o Brasil, portanto são muito importantes, considerações sobre o armazenamento, principalmente no local de origem. As moscas podem se desenvolver em menos de duas semanas após a postura de ovos. A Tabela 3 mostra o desenvolvimento das moscas domésticas, a partir da postura.

Tabela 3 - Fases de desenvolvimento de moscas domésticas

Fase	Tempo
Eclosão de ovos	8-12 horas
Primeiro estágio do período larval	20 horas
Segundo estágio do período larval	24 horas
Terceiro estágio do período larval	3 dias
Estágio de Pulpa	4-5 dias
Total	9-11 dias

Dentro deste ponto vista, o período em que ocorre a formação da pulpa no aterro sanitário pode ser inferior ao período de desenvolvimento (9 a 11 dias), uma vez que o período de armazenamento desde sua geração (ou às vezes antes) até sua disposição no aterro, podem ser elevados. Ainda, durante o estágio larval, as larvas podem aderir-se nas paredes dos recipientes e *containers*, e podem ser transportados posteriormente ao aterro sanitário, onde finalizam seu desenvolvimento.

Neste aspecto, a cobertura diária é imprescindível na redução e eliminação de moscas dos aterros sanitários e arredores.

3.1.1.4 Resíduos Domésticos Perigosos

Resíduos perigosos são definidos como resíduos ou a combinação destes, que proporcionam um potencial perigo aos seres humanos ou outros organismos vivos, pois: a) não são degradáveis ou persistem na natureza; b) podem ser mensurados biologicamente; c) podem ser letais ou d) podem provocar ou tender a provocar efeitos cumulativos prejudiciais. A questão da periculosidade está relacionada com a segurança e a saúde.

São propriedades relacionadas com a segurança: corrosividade, explosividade, inflamabilidade, ponto de ignição e reatividade. São propriedades relacionadas com a saúde: cacinogenicidade, infectividade, irritabilidade (resposta alérgica), mutagenicidade, toxicidade (crônica ou aguda), radioatividade e teratogenicidade. Para o lixo doméstico, as propriedades mais comuns que identificam a periculosidade de determinado material, são: ponto de ignição, corrosividade, reatividade, toxicidade e carcinogenicidade.

Muito produtos que são utilizados diariamente nas residências são tóxicos e podem ser perigosos à saúde e a ao meio ambiente, tais como: de limpeza, de uso pessoal, automotivos, de pintura, e de jardinagem. A Tabela 4 apresenta uma lista de produtos considerados perigosos.

As pequenas quantidades de resíduos perigosos encontrados no lixo doméstico podem ser considerados de significância pois estão presentes em todas as instalações de manejo de resíduos sólidos e diversos persistem ativos após a descarga no meio ambiente. A Tabela 5 mostra os perigos associados aos resíduos persistentes e não persistentes presentes no lixo doméstico.

Na atmosfera dos arredores de aterros sanitários, têm sido encontrados traços de constituintes orgânicos, em gases extraídos dos aterros e no clorume. Os traços desses constituintes podem Ter origem do próprio resíduo aterrado e/ou foram produzidos pelas reações químicas e bioquímicas.

Tabela 4 Produtos perigosos típicos empregados em residências

Produto	Propriedade	Local de Disposição Adequado
<i>Produtos de limpeza</i>		
Pó abrasivo, amônia e Baseados em amônia, água sanitária, desentupidores, limpadores de vidro, limpadores de fogão e removedor de manchas.	Corrosivo	Instalações para resíduos perigosos
Acrossóis, polidores de móveis, polidores de sapatos, polidores de metais, limpador de tapetes.	Inflamável	Instalações para resíduos perigosos
Medicamentos vencidos	Perigosos para os demais da família	Diluição de pequenas quantidades e lançamento no esgoto.
<i>Produtos de uso pessoal</i>		
Loções para cabelo e shampoos medicinais	Veneno	Diluição de pequenas quantidades e lançamento no esgoto.
Para limpeza de unhas	Veneno e inflamável	Instalações para resíduos perigosos
<i>Produtos automotivos</i>		
Fluidos de freio e de transmissão e gasolina.	Inflamáveis	Instalações para resíduos perigosos
Óleo diesel, óleo usado e querosene	Inflamáveis	Centros de reciclagem
Bateria de carros	Corrosivo	Centros de reciclagem ou reparo
<i>Produtos para pintura</i>		
Esmalte, a base de óleo e latex	Inflamáveis	Instalações para resíduos perigosos
Solventes e Thinners	Inflamáveis	Reuso ou Instalações para resíduos perigosos

Produto	Propriedade	Local de Disposição Adequado
<i>Diversos</i>		
Baterias e pilhas	Corrosivos	Centros de reciclagem
Produtos químicos para fotografia	Corrosivos, venenoso	Instalações para resíduos perigosos
Ácidos para piscina e cloro	Corrosivos	Instalações para resíduos perigosos
<i>Pesticidas, herbicidas e fertilizantes</i>		
Inseticidas	Veneno e alguns inflamáveis	Instalações para resíduos perigosos
Fertilizantes químicos	Veneno	Instalações para resíduos perigosos
Inseticidas para jardins	Veneno	Instalações para resíduos perigosos

Tabela 5 - Perigos associados com a persistência e não persistência de resíduos orgânicos.

Compostos Típicos	Perigos
<i>Orgânicos não persistentes</i>	
Óleo, solventes de baixo peso molecular, alguns pesticidas biodegradáveis (organofosforados, carbamatos, triazinas, anilinas), óleo usado, maioria dos detergentes	Problemas de toxicidade primariamente ao meio ambiente e biota na origem ou local de descarga. Efeitos tóxicos ocorrem rapidamente após exposição.
<i>Orgânicos persistentes</i>	
Hidrocarbonetos de elevado peso molecular clorados e aromáticos, alguns pesticidas (hexaclorobenzeno, DDT, DDE, lindane), PCBs	Podem ocorrer efeitos tóxicos imediatos na origem ou no local de descarga. Pode ocorrer toxicidade crônica e duradoura. O transporte dos resíduos a a partir da origem pode resultar em contaminação difusa e bioconcentração na cadeia alimentar. O transporte natural no ambiente pode expor a biota a baixos níveis de poluição, resultando em toxicidade crônica.

3.1.1.5 Frequência e Horário de Recebimento dos Resíduos no Aterro

A frequência e horário de recebimento dos resíduos no aterro estão associados com a frequência e horário atual de coleta e transporte efetuado pela prefeitura.

O município de Olimpia efetua sua coleta diariamente, exceto aos domingos, com o emprego de quatro caminhões. Os veículos iniciam a coleta por volta das 4h da manhã, sendo que as primeiras descargas no aterro ocorrem entre 7h30 e 8h30, e as últimas por volta de 20h.

3.1.1.6 *Massa Específica dos Resíduos*

A massa específica média dos resíduos sólidos domésticos, "in natura", para o caso da maioria dos municípios brasileiros, de acordo com dados disponíveis em literatura, situa-se na faixa de 200 a 400 Kg/m³ dependendo de uma localidade para outra.

3.1.1.7 *Quantidade*

Segundo os dados obtidos junto à Prefeitura Municipal de Olímpia, estima-se atualmente uma coleta diária média de 21,28 toneladas, efetuadas de segunda à sábado, durante a semana.

Esse valor foi obtido de um programa de pesagens realizadas entre os meses de março e abril de 1998, que resultaram nos valores apresentados na Tabela 6.

Verifica-se através da Tabela 6, que a média per Capita durante o período foi de 0,525 kg por dia em termos de geração de lixo. Este valor é compatível com a média observada em municípios brasileiros de mesmo porte.

A partir desses dados e da atual taxa de crescimento populacional do município, efetuou-se uma projeção para o respectivo crescimento da quantidade de lixo ao longo dos próximos anos (Tabela 7).

A forma de coleta efetuada é em linhas gerais a diferenciada, com coleta separada de resíduos de serviço de saúde, através de um veículo apropriado, sendo que os mesmos são dispostos no aterro em forma de valas.

Tabela 6 - Pesagens efetuadas nos veículos coletores de lixo durante os meses de março e abril de 1998.

Data 1.998	Peso por viagem (kg)										Soma Diária (kg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
16-Mar	4.482	4.381									8.863
17-Mar	4.419	3.170	3.170	10.874	2.334	4.340	5.946	4.720			38.979
18-Mar	4.656	3.870	5.476								14.002
19-Mar	4.635	3.874	4.026	4.476							17.011
20-Mar	5.232	3.682	5.622	6.564							21.100
21-Mar	3.875	5.120	4.620	4.345							17.961
23-Mar	4.838	3.920	5.770	4.770	4.700	3.200	6.231	1.600			35.027
24-Mar	2.940	2.940	4.635	5.250	2800	8.300	6.250				33.115
25-Mar	4.876	4.020	1.817	4.600	7.200						22.513
26-Mar	4.534	4.150	4.450	5.400							18.534
27-Mar	4.665	4.700									9.365
28-Mar	3.884	5.000	5.300								14.184
30-Mar	3.580	3.580	2.480	6.200	4.670	3.030	4.340	4.124			32.004
31-Mar	4.770	6.200	4.460	3.420							18.850
1-Abr	4.680	5.940	4.720	6.600							21.940
2-Abr	3.910	4.500	4.700	4.045							17.155
3-Abr	4.874	4.370	1.400	7.200	4.600						22.444
4-Abr	4.310	5.000	3.750								13.060
6-Abr	4.030	4.030	4.500	2.300	4.510	3.171					22.841
7-Abr	6.730	5.490	4.530								16.750
8-Abr	3.900	3.900	5.600	4.250							17.650
9-Abr	4.240	5.200	4.030								14.276
11-Abr	3.070	4.200	4.050	3.839							15.159
13-Abr	4.690	4.690	4.624	4.384	1724	4.800	4.095				29.007
14-Abr	4.070	5.000	4.548	3.664	5.220	5.350	1320	4.800	4.850	3.600	42.422
15-Abr	4.996	2.770	4.940	4.390	4.250	4.800					26.146
16-Abr	4.830	5.070	4.208								14.108
Total (kg)											574.466
Média diária (kg)											21.277
per Capita (kg/hab.dia)											0,525

Tabela 7 - Dados censitários e projeções para o crescimento populacional e o corresponde de lixo para a área urbana do município de Olímpia.

Ano	População (hab)			Taxa de Crescimento		Quantidade Lixo (t)			
	Urbana	Rural	Total	Urbano	Total	Anual	Mensal	Diária	Acumulada
1980	24.907	6.735	31.642			4.080	340	13,1	
1985	29.925	6.315	36.239	3,74%	2,75%	4.902	408	15,7	
1988	33.408	5.904	39.312	3,74%	2,75%	5.472	456	17,5	
1989	34.657	5.736	40.394	3,74%	2,75%	5.677	473	18,2	5.677
1990	35.953	5.552	41.504	3,74%	2,75%	5.889	491	18,9	11.566
1991	37.297	5.349	42.646	3,74%	2,75%	6.109	509	19,6	17.675
1992	37.778	5.200	43.077	1,29%	1,01%	6.188	516	19,8	23.863
1993	38.264	5.248	43.512	1,29%	1,01%	6.268	522	20,1	30.131
1994	38.758	5.194	43.952	1,29%	1,01%	6.348	529	20,3	36.479
1995	39.257	5.139	44.396	1,29%	1,01%	6.430	536	20,6	42.910
1996	39.763	5.082	44.845	1,29%	1,01%	6.513	543	20,9	49.423
1997	40.275	5.023	45.298	1,29%	1,01%	6.597	550	21,1	56.020
1998	40.794	4.962	45.756	1,29%	1,01%	6.682	557	21,4	62.702
1999	41.320	4.898	46.218	1,29%	1,01%	6.768	564	21,7	69.470
2000	41.853	4.833	46.686	1,29%	1,01%	6.855	571	22,0	76.326
2001	42.392	4.765	47.157	1,29%	1,01%	6.944	579	22,3	83.270
2002	42.938	4.696	47.634	1,29%	1,01%	7.033	586	22,5	90.303
2003	43.492	4.624	48.116	1,29%	1,01%	7.124	594	22,8	97.427
2004	44.052	4.549	48.602	1,29%	1,01%	7.216	601	23,1	104.643
2005	44.620	4.473	49.093	1,29%	1,01%	7.309	609	23,4	111.951
2006	45.195	4.394	49.589	1,29%	1,01%	7.403	617	23,7	119.354
2007	45.777	4.313	50.090	1,29%	1,01%	7.498	625	24,0	126.853
2008	46.367	4.229	50.596	1,29%	1,01%	7.595	633	24,3	134.448
2009	46.965	4.143	51.108	1,29%	1,01%	7.693	641	24,7	142.140
2010	47.570	4.054	51.624	1,29%	1,01%	7.792	649	25,0	149.932
2011	48.183	3.963	52.146	1,29%	1,01%	7.892	658	25,3	157.825
2012	48.804	3.869	52.673	1,29%	1,01%	7.994	666	25,6	165.819
2013	49.433	3.772	53.205	1,29%	1,01%	8.097	675	26,0	173.916
2014	50.070	3.673	53.743	1,29%	1,01%	8.201	683	26,3	182.117
2015	50.715	3.571	54.286	1,29%	1,01%	8.307	692	26,6	190.426
2016	51.369	3.466	54.835	1,29%	1,01%	8.414	701	27,0	198.839
2017	52.031	3.358	55.389	1,29%	1,01%	8.523	710	27,3	207.362
2018	52.701	3.247	55.949	1,29%	1,01%	8.632	719	27,7	215.994
2019	53.381	3.134	56.514	1,29%	1,01%	8.744	729	28,0	224.738
2020	54.068	3.017	57.085	1,29%	1,01%	8.856	738	28,4	233.594

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EMPREGADO PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE LIXO DOMÉSTICO

3.2.1 Localização e Caracterização Geral do Município

O município de Olímpia situa-se na Região Norte do Estado de São Paulo, entre os municípios de referência: São José do Rio Preto, Barretos, Bebedouro e Catanduva.

Em situação privilegiada em termos de acessibilidade, encontra-se a 417 km da capital, a 130 km da cidade de Ribeirão Preto, a 52 km de São José do Rio Preto, a 50 km de Barretos, a 50 km de Bebedouro e a 48 km de Catanduva.

Seu acesso se dá pelas Rodovias Assis Chateaubriand - SP 425 e Rodovia Armando Salles de Oliveira - SP 322.

Olímpia é sede de comarca, englobando os municípios de Altair, Cajobi, Embauba, Guaraci e Severínia. Possui 02 Varas, 01 Tribunal de Pequenas Causas. A comarca, da 80ª Zona Eleitoral, perfazia um total de 45.000 eleitores nas últimas eleições. O município compõe-se de 02 distritos além da sede: Baguaçu e Ribeiro dos Santos.

Olímpia pertence a Região Administrativa de Barretos, que engloba 19 municípios. Esta Região apresentou forte dinamismo populacional na última década, passando de um crescimento médio anual de 0,93% nos anos 70 para 2,64% nos anos 80. A Região Administrativa de Barretos, com 358.231 pessoas em 1.991, representa tão somente 1,14% da população paulista, apesar do significativo crescimento populacional registrado.

A população nessa região se urbanizou entre 1.980 e 1.991, passando de uma taxa de 79,42% para 87,90% respectivamente. Em 1.991 era de 87,57% a taxa de urbanização de Olímpia (Tabela 8).

Enquanto na década de 70 o saldo migratório registrado foi negativo, no período seguinte ele responde por 37,3% do crescimento populacional.

As atividades econômicas dominantes são a agricultura (laranja e cana de açúcar), indústria (açúcar, álcool, suco de laranja, metalurgia) e comércio.

A nível cultural o município é considerado a Capital Nacional do Folclore e realiza festivais há 40 anos. Possui um Museu do Folclore, uma Casa da Cultura, uma Biblioteca Municipal, uma Faculdade de Administração de Empresas com ênfase Rural, doze escolas de primeiro e segundo graus estaduais e municipais e duas escolas particulares de primeiro e segundo graus. Possui ainda 04 emissoras de Rádio (2 AM e 2 FM), 04 jornais, 04 clubes recreativos.

Tabela 8 - Dados contextuais do município de Olimpia (Fund. SEADE, 1999).

Demografia	1980	1991	1996
População	31.642	42.646	44.845
População Urbana	24.907	37.297	39.763
População Rural	6.735	5.349	5.082
Taxa de Urbanização (%)	78,71	87,57	88,67
Taxa Geom. Cresc. Anual População - 1991/1996 (%)			0,92

3.2.2 Localização e caracterização topográfica da área

A atual área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos domiciliares de Olimpia-SP, com área de 6,38 hectares, está localizado a N (norte) da cidade, no lado esquerdo da Rodovia SP-322 (Rodovia Armando de Salles Oliveira) no sentido Olimpia-Guaraci, à 6 km. (seis quilômetros) do perímetro urbano. É delimitada pela Rodovia SP-322 e pela faixa de recomposição vegetal subsequente à de preservação permanente do Córrego do Potreiro, afluente do Rio Cachoeirinha. O acesso é feito dentro da área urbana por ruas pavimentadas e na área rural através da Rodovia SP-322 totalmente asfaltada. O único curso d'água da proximidade é o Córrego do Potreiro (afluente do Rio Cachoeirinha) demarcado nas plantas topográficas anexas. Na atual área, o lixo domiciliar está sendo disposto sem critério técnico adequado desde 1988.

3.2.3 Caracterização Hidrogeológica

A caracterização hidrogeológica e geotécnica da área de disposição atual do lixo domiciliar de Olimpia, foi obtida através dos seguintes trabalhos de pesquisa:

A. TRABALHOS PRÉVIOS

- A.1. Levantamento topográfico do terreno (1988) e elaboração da planta planialtimétrica em escala adequada, com curvas de nível de metro em metro;
- A.2. Levantamento topográfico da área na situação atual (1999) e elaboração da planta planialtimétrica em escala adequada, com curvas de nível de metro em metro;
- A.3. Dados climatológicos registrados na estação climatológica de Votuporanga;
- A.4. Dados registrados através da perfuração de 2 furos de sondagem à percussão, com barrilete amostrador (*SP-1* e *SP-2*) executados pela Silva Estacas e Poços Ltda. nos dias 29 e 30 de novembro de 1988;
- A.5. Publicações, artigos técnicos e mapas geológico, geomorfológico e hidrológico existentes.

B. TRABALHOS COMPLEMENTARES

- B.1. Estudo e análise dos trabalhos prévios;
- B.2. Geologia de superfície com caminhamento na área e no entorno para uma caracterização preliminar regional e documentação fotográfica;
- B.3. Estudo dos dados anteriormente obtidos com os 2 furos de sondagem SP-1 e SP-2;
- B.4. Execução de 5 furos de sondagem (F.1, F.2, F.3, F.4 e F.5) com trado manual de diâmetro 10 cm. Até encontrar material não perfurável. Os furos F.1 e F.2 atingiram a profundidade de 1,4 metros; os furos F.3 e F.4 foram de 1,45 metros e o furo F.5 alcançou 1,5 metros. Estas sondagens foram feitas para:
 - a. Coleta de amostras representativas do solo, de 0,3 a 0,5 m.; de 0,5 a 1,0 m.; de 1,0 a 1,3 m. e de 1,3 a 1,5 metros. (foram coletadas 20 amostras);

- b. Execução de ensaios para determinação do coeficiente de permeabilidade “in loco” nas seguintes profundidades: entre 0,3 e 0,5 metros; entre 0,5 e 1,0 metro; entre 1,0 m. e 1,3 metros e, entre 1,3 e 1,5 metros;
 - c. Verificação da presença (ou não) do lençol d'água;
- B.5. Ensaio laboratoriais de caracterização das amostras representativas de solos coletadas.

Os ensaios realizados foram os seguintes:

- Análise granulométrica simplificada (apenas peneiramento) em todas as amostras;
- Determinação da massa específica;
- Análise granulométrica completa - peneiramento e sedimentação (peneiramento utilizando as peneiras de números ASTM 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 230, 270, 325 e 400 e sedimentação com densitometria por 24 horas) e, traçado da curva granulométrica das amostras de solo representativas da área (amostras “1”, “2”, “3” e “4”),
- Análise e obtenção de dados das curvas granulométricas;
- Ensaio de determinação dos parâmetros de consistência (limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade);
- Ensaio de compactação (Proctor);
- Ensaio de determinação do coeficiente de permeabilidade das amostras compactadas (Proctor - 90 %).

Estes trabalhos de pesquisa possibilitaram realizar a caracterização hidrogeológica e geotécnica da área, descrita a seguir, compatível com o objetivo do empreendimento.

3.2.3.1 Solos

Os solos ocorrentes na atual área de disposição final de resíduos sólidos domiciliares são residuais, resultantes do intemperismo que atuou no substrato

rochoso, representado pela Formação Adamantina do Grupo Bauru, de idade cretácea.

Constituem solos podzólicos avermelhados, textura média.

A caracterização do solo da área foi obtida mediante a análise dos dados das duas sondagens pré-existentes (SP-1 e SP-2) e de mais 5 furos de sondagem (F.1; F.2, F.3, F.4 e F.5) executados com trado manual de diâmetro 10 cm. (conforme mostrado na planta anexa). Os furos 1 e 2 foram escavados até a profundidade de 1,4 metros; os furos 3 e 4 atingiram 1,45 metros e o 5 alcançou 1,5 metros. Estes furos, executados junto à cerca de arame farpado que contorna a área em questão no lado junto ao Córrego do Potreiro, somente foram interrompidos quando encontrava material não escavável pelo trado manual (embasamento rochoso).

Nos furos, foram coletadas amostras nas seguintes profundidades: 0,3-0,5 m.; 0,5-1,0 m.; 1,0-1,3 m. e 1,3-1,5 m., totalizando 20 amostras. Cada uma destas amostras foi submetida ao ensaio granulométrico simplificado (peneiramento utilizando apenas as peneiras de números ASTM 30, 50, 70, 100, 140, 200, 230 e 400). Os resultados mostraram significativa uniformidade horizontal, indicando entretanto, uma pequena variação vertical. Desta forma, foi possível sistematizar 4 amostras representativas de toda área, nas quais foram realizados ensaios laboratoriais completos. As 4 amostras representativas foram denominadas Amostra "1" (amostra média representativa do solo da área no entorno do local em processo de degradação: profundidade = 0,3 a 0,5 metro); Amostra "2" (amostra média representativa do solo da área no entorno do local em processo de degradação: profundidade = 0,5 a 1,0 metro); Amostra "3" (amostra média representativa do solo da área do entorno do local em processo de degradação: profundidade = 1,0 a 1,3 metros) e, Amostra "4" (rocha semi-decomposta parcialmente lixiviada encontrada em toda área à profundidades variáveis).

Os resultados (detalhados nos anexos) permitem chegar às seguintes conclusões:

- 1) Com exceção do topo da área, onde temos a ocorrência localizada de argila muito arenosa marrom, mole de espessura menor que 2,0 metros, na área, os solos apresentam relativa uniformidade horizontal e pequena variação vertical.

- 2) Tratam-se de solos podzólicos avermelhados textura média, resultantes de arenitos da Formação Adamantina do Grupo Bauru, de idade cretácea;
- 3) São solos que apresentam predominância de areia (fina) (48,0 – 68,0 %), sendo argilo siltosos à silto-argilosos. De acordo com a classe textural, são classificados como *areia argilosa* à *areia siltica argilosa* segundo o diagrama triangular de Shepard e como *franco argilo arenoso* à *franco* conforme o diagrama triangular da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo;
- 4) Os solos apresentam aumento no teor de argila com a profundidade. Esta variação textural com a profundidade vai causar variação no coeficiente de permeabilidade;
- 5) O módulo de finura AFS do solo natural varia entre 180 e 245 enquanto o da fração arenosa varia entre 84 e 91. O diâmetro médio das partículas do solo natural (D_{50}) oscila entre 0,055 e 0,120 mm. Estes números indicam a variação vertical ocorrente nos solos da área;
- 6) A massa específica dos solos oscila entre 2,68 e 2,73 g/cm³;
- 7) O índice de plasticidade dos solos varia entre 7 e 10,0, de conformidade com o teor de argila. A rocha semi-decomposta apresenta índice de plasticidade 4,7;
- 8) O coeficiente de permeabilidade da amostra de solo “in situ” variou entre $1,3 \cdot 10^{-3}$ e $2,3 \cdot 10^{-6}$ cm/s, sendo o valor maior encontrado à profundidade de 03 a 0,5 metro (solo menos compactado). A permeabilidade torna-se menor com a profundidade em virtude da elevação do teor de argila e do grau de compactação; A rocha semi-decomposta, já parcialmente lixiviada, embora muito compacta, apresenta teor de finos muito baixa (argila = 8,8%). Desta forma apresenta coeficiente de permeabilidade “in situ” médio maior que o dos solos ($2,6 \cdot 10^{-3}$ cm/s);
- 9) O coeficiente de permeabilidade da amostra compactada (Proctor – 90%) mostra valores significativamente menores, oscilando entre $1,8$ e $2,9 \cdot 10^{-6}$ cm/s

Estes valores indicam que a compactação do solo com máquinas tradicionais, aliada a declividade da área, serão suficientes para a mitigação dos impactos ambientais que seriam gerados pela quantidade de lixo domiciliar que será disposta diariamente nesta área. Ressaltamos que, a base

das células para disposição do lixo domiciliar não deverá atingir a rocha semi-decomposta, em virtude do menor teor de argila e do maior coeficiente de permeabilidade

3.2.3.2 *Relevo*

A área encontra-se localizada na parte oriental da Bacia do Paraná, na província geomorfológica denominada Planalto Ocidental Paulista. Trata-se de relevo de degradação em planaltos dissecados, sendo colinoso, com predominância de declividades inferiores a 15 % e amplitudes locais inferiores a 100 metros, com colinas médias – predominância de interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes (conforme Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, IPT – 1981 – Escala 1:1.000.000).

Localmente, a área corresponde a uma semi colina, com topo aplainado (declividade inferior a 3,0 %) e encostas de declividade média 7,8 % e máxima de quase 15,0 % (local em processo de degradação pelo atual sistema de disposição dos resíduos sólidos domiciliares)

3.2.3.3 *Geologia*

O embasamento rochoso da área e de todo entorno é representado por arenitos da Formação Adamantina (do Grupo Bauru, de idade cretácea).

Afloramentos da Formação Adamantina, podem ser encontrados na estrada municipal de terra no extremo norte da área

Genericamente, a Formação Adamantina é constituída de arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, cores creme e vermelha,

sendo de origem fluvial. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) oscila entre 0,09 e 0,28 mm., com média de 0,15 mm. e desvio padrão de 1,4-1,65.

Amostra média representativa da rocha semi-decomposta parcialmente lixiviada (Amostra "4") encontrada na área mostram os seguintes valores: areia fina silto-argilosa, com teor de finos (argila + silte) de 20,0 % aproximadamente; diâmetro médio das partículas (D_{50}) = 0,190; coeficiente de permeabilidade médio (**k**) "in loco" = $2,6 \cdot 10^{-3}$ cm/s e da amostra compactada (Proctor - 90 %) = $8,9 \cdot 10^{-5}$ cm/s. A rocha decomposta, por apresentar teor menor de argila e de silte (em comparação com os solos residuais), apresentou coeficiente de permeabilidade tanto "in loco" quanto compactado maior que o dos solos sobrepostos.

O módulo de finura AFS da rocha semi-decomposta é 130 e da fração areia = 68. A amostra média apresentou pico granulométrico na peneira número 70 e os seguintes parâmetros de consistência: limite de liquidez = 14,7; limite de plasticidade = 10,0 e índice de plasticidade = 4,7. Estes resultados são compatíveis com os dados regionais.

O embasamento rochoso (arenito) encontra-se à profundidade média de 1,5 metros junto à cerca de arame farpado construída no entorno da sub-área em processo de degradação (furos de sondagem F.1, F.2, F.3, F.4 e F.5). À medida que caminhamos em direção ao topo do morro, este contato solo-rocha vai se aprofundando, até atingir 6,1 metros (sondagem à percussão SP-1). Mantém este patamar por um trecho e, posteriormente, ocorre um pequeno "levantamento" próximo ao topo do morro, quando o embasamento é encontrado na profundidade de 5,1 metros (sondagem à percussão SP-2). O Córrego do Potreiro tem seu talvegue na Formação Adamantina.

3.2.3.4 Hidrogeologia

O lençol d'água subterrâneo é representado pelo aquífero Bauru com recarga direta pela superfície. Na área destinada ao aterro sanitário, sondagens anteriormente executadas pela Prefeitura Municipal (SP-1 e SP-2) com



FIGURA 2: MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

IP7/1981 ESCALA 1:1.000.000

213 = Relevo colinoso, colinas baixas (relievo de degradação planaltos dissecados)

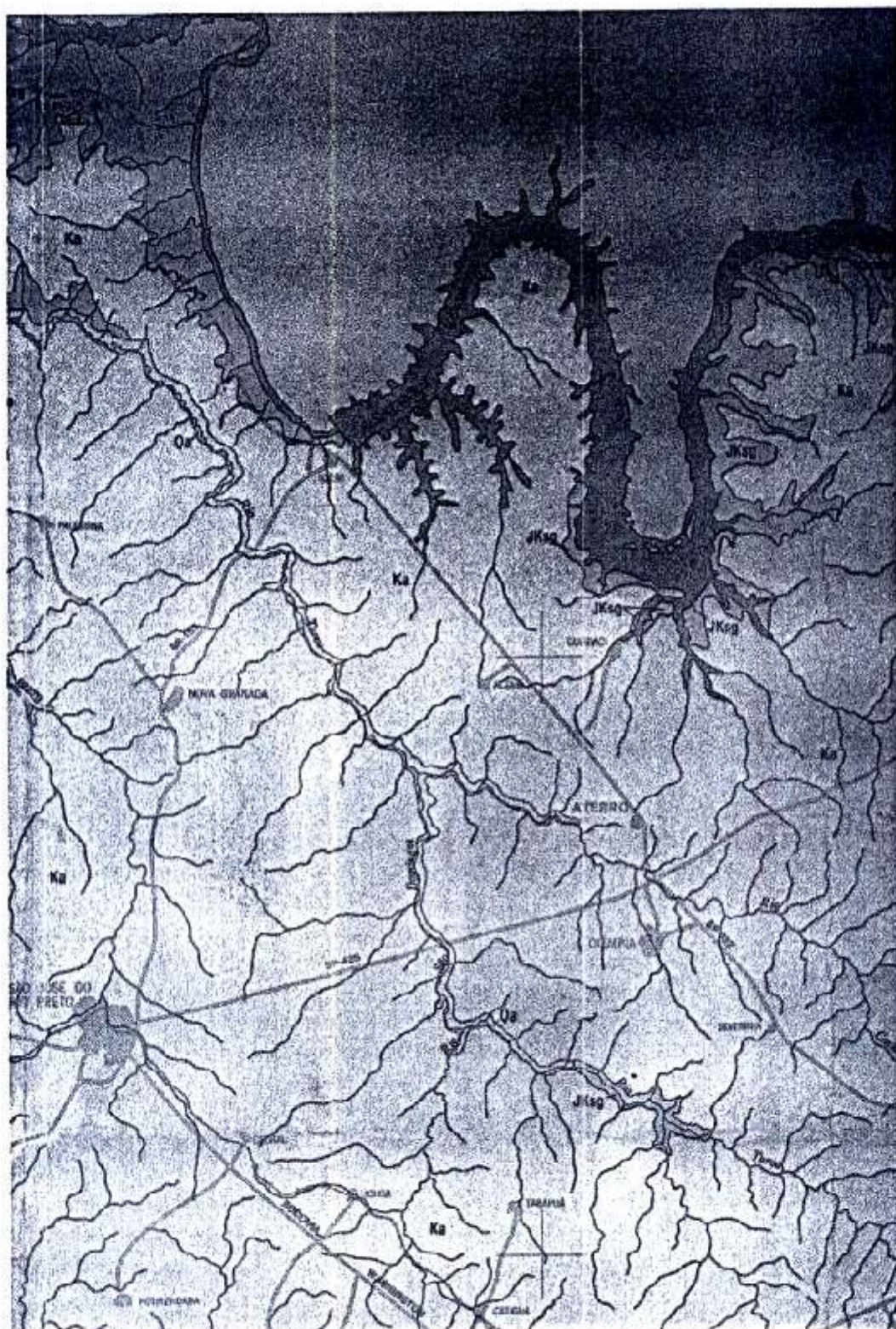


FIGURA 3: MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
DAEE/UNESP
Ka - Formação Adamantina (Grupo Bauru)
JKsg = Formação Serra Geral

profundidades de 6,1 e 5,1 metros não encontraram água. As sondagens feitas à trado (F.1 a F.5) atingiram o embasamento (1,5 metros) e não encontraram água. Desta forma, podemos afirmar que, o lençol freático encontra-se nos arenitos da Formação Adamantina (embasamento rochoso), à profundidade superior a 5,0 metros dentro da área em processo de degradação.

O curso d'água mais próximo é representado pelo Córrego do Potreiro (afluente do Rio Cachoeirinha) que serve de limite da área total do empreendimento. Deve ser ressaltado que, tanto a faixa de preservação permanente (margem do Córrego do Potreiro) quanto a faixa subsequente de recomposição vegetal estão sendo preservadas, não tendo ocorrido qualquer tipo de disposição de resíduos sólidos.

Os principais dados retirados do balanço hídrico simplificado da sub-bacia são os seguintes:

Índice pluviométrico médio anual	= 1.396,3 mm.
Infiltração média anual	= 25,0 %
Evaporação efetiva média anual	= 1.116,8 mm.
Vazão total ($126,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)	= 281,8 mm.
Escoamento básico médio	= 99,1 mm. (35,2 %)
Escoamento superficial médio	= 182,7 mm. (64,8 %)

As *características hidrogeológicas* foram determinadas complementando-se os ensaios laboratoriais com a determinação do coeficiente de permeabilidade "in situ" dos solos nos 5 furos de sondagem F.1, F.2, F.3, F.4 e F.5 à profundidades entre 0,3 e 0,5 metros; 0,5 a 1,0 metro; 1,0 e 1,3 metros e, 1,3 e 1,5 metros. O método utilizado foi o do "auger hole" (poço invertido) com a determinação do parâmetro em solo saturado. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Profundidade = 0,3 a 0,5 m --- $k = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$ (reduzindo para $2,9 \cdot 10^{-6} \text{ cm/s}$ quando compactado - Proctor 90 %);

Profundidade = 0,5 a 1,0 m. --- $k = 3,7.10^{-4} \text{ cm/s}$ (reduzindo para $1,9.10^{-6} \text{ cm/s}$
quando compactado - Proctor
90 %)

Profundidade = 1,0 a 1,3 m. --- $k = 2,3.10^{-4} \text{ cm/s}$ (reduzindo para $1,8.10^{-6} \text{ cm/s}$
quando compactado - Proctor
90 %);

Profundidade = 1,3 a 1,5 m. --- $k = 2,6.10^{-3} \text{ cm/s}$ (rocha semi-decomposta
lixiviada)

Observamos que, nas partes topograficamente mais elevadas, a espessura do solo é maior, variando apenas as profundidades. Porém, as características hidrogeológicas e geotécnicas dos solos continuam sendo praticamente as mesmas.

As características hidrogeológicas da área e do entorno, mostram condições favoráveis para a obra, recomendando-se para a base das células de disposição dos resíduos sólidos domiciliares e do sistema de drenagem e tratamento do chorume a cota de 0,5 m. acima do topo da rocha semi-decomposta.

USO DO SOLO

A área estava sendo utilizada para a disposição final do lixo domiciliar de Olímpia na forma de vazadouro à céu aberto ("lixão") desde 1989, com preservação da faixa que agrega a de recomposição vegetal e a de preservação permanente.

CONCLUSÃO

As características hidrogeológicas e geotécnicas e o atual uso do solo encontradas na área demonstram condições favoráveis e compatíveis com o empreendimento.

3.3 CONCEITUAÇÃO PARA CONCEPÇÃO DO SISTEMA

3.3.1 Chorume

Chorume pode ser definido como a fase líquida da massa aterrada, que percola através desta removendo materiais dissolvidos ou suspensos. Na maioria dos aterros sanitários, o chorume é composto pelo líquido que entra na massa aterrada de lixo advindo de fontes externas, tais como sistemas de drenagem superficial, chuva, lençol freático, nascentes e aqueles resultantes da decomposição do lixo.

3.3.1.1 Composição

Quando a água percola através da massa de lixo aterrada, que está em decomposição, material biológico e componentes químicos são carregados para a solução. A Tabela 9 mostra dados representativos das características de chorume, tanto para aterros novos como para mais antigos (maturados).

Tabela 9 - Dados típicos da composição do chorume para aterros novos e antigos (TCHOBANOGLIOUS, 1993).

Características	Valores (mg/l)		
	Novos aterros (menos de 2 anos)		Aterros antigos (mais de 10 anos)
	Faixa de variação	Típico	
DBO ₅	2.000-30.000	10.000	100-200
COI (carbono orgânico total)	1.500-20.000	6.000	80-160
DQO	3.000-60.000	18.000	100-500
Sólidos suspensos totais	200-2.000	500	100-400
Nitrogênio orgânico	10-800	200	80-120
Nitrogênio amoniacal	10-800	200	20-40
Nitrato	5-40	25	5-10
Fósforo total	4-100	30	5-10
Alcalinidade como CaCO ₃	1.000-10.000	3.000	200-1.000
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Dureza total como CaCO ₃	300-10.000	3.500	200-500

A composição química do chorume varia muito, dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorreram antes da amostragem. Por exemplo, se o chorume é coletado durante a fase ácida, o pH será baixo, porém parâmetros como DBO₅, COT, DQO, nutrientes e metais pesados deverão ser altos. Contudo durante a fase metanogênica o pH varia entre 6,5 e 7,5 e os valores de DBO₅, COT, DQO e nutrientes serão significativamente menores.

A biodegradabilidade do chorume varia com o tempo e pode ser determinada pela relação DBO₅/DQO. Inicialmente essa relação situa-se em torno de 0,5 ou maior; e relações entre 0,4 e 0,6 são indicadores da melhor biodegradabilidade. Em aterros antigos, a mesma relação situa-se normalmente na faixa entre 0,05 e 0,2. Como resultado dessa variação nas características do chorume, o projeto de sistemas de tratamento é bastante complexo.

3.3.1.2 Geração

O potencial de formação do chorume pode ser determinado através do balanço de água no aterro. O balanço corresponde a soma de quantidades que entram e a subtração de quantidades de água que são consumidas nas reações químicas e a quantidade de água que deixa o aterro como vapor. O potencial, portanto corresponde à quantidade de água que excede a capacidade de retenção de umidade da massa aterrada.

Os componentes principais que compõem o balanço de massa para uma "célula" de aterro podem ser vistos na Figura 1. As principais fontes correspondem a: água que entra pela face superior; à umidade presente no lixo doméstico; e à umidade de lodo, se adicionado. As principais saídas são: água que deixa o aterro como gases formados (água usada na formação dos gases); vapor de água saturado como um dos componentes dos gases do aterro; e como chorume.

A água que entra pela face superior corresponde à parcela que resulta da percolação através da camada de cobertura. Uma das dificuldades para determinar essa parcela reside na determinação da quantidade que efetivamente percola pela camada de cobertura, a partir do escoamento superficial.

A água que entra como parte do lixo doméstico é caracterizado pela umidade própria e pela umidade absorvida da atmosfera ou pela chuva. Em climas secos, parte da umidade característica do lixo se perde, dependendo das condições de armazenamento. A

determinação mais precisa da umidade requer a condução de uma série de testes específicos durante diferentes períodos que abrangem climas secos e úmidos.

A água que entra com o material de cobertura depende do tipo deste e da estação do ano (sazonalidade). A quantidade máxima de água, neste caso, pode ser determinada pela capacidade campo do material, que correspondem a valores entre 6 e 12% para a areia e 23 a 31% para a argila.

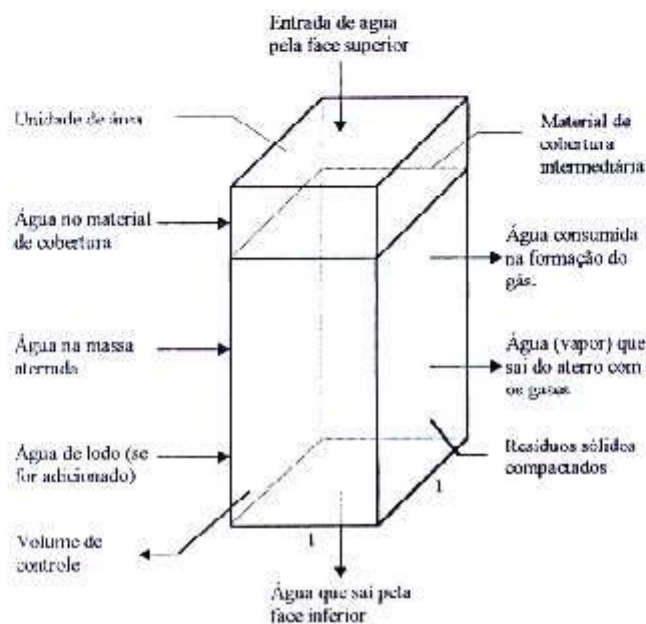


Figura 1 - Esquema para definição do balanço de água no aterro.

A água que sai pela face inferior corresponde ao chorume. Contudo, como a Figura 1 mostra um volume de controle que representa basicamente uma célula diária, a existência de outras camadas inferiores, resulta na consideração de que a água que sai pela face inferior, corresponde à entrada de face superior para a camada subjacente.

A água consumida durante a decomposição anaeróbia de componentes orgânicos pode ser estimada a partir da formulação química do material facilmente degradável, descrito por:



Os gases do aterro estão normalmente saturados em vapor d'água. A quantidade de vapor de água que escapa do aterro é determinado considerando-se a lei dos gases perfeitos e que o gás do aterro é saturado com água.

3.3.1.3 Movimentação

Sob condições normais, o chorume é encontrado no fundo do aterro sanitário. Em sistemas com impermeabilização ausente, existe um movimento predominantemente vertical em direção as subcamadas da base. Algum movimento lateral pode ocorrer, dependendo das características do material dos arredores.

A taxa com que percola, a partir da base do aterro, pode ser estimada pela lei de Darcy para escoamentos em meios porosos.

$$Q = -K \cdot A \cdot \frac{dh}{dl}$$

em que:

- Q: vazão de descarga;
- K: coeficiente de permeabilidade;
- A: seção transversal ao escoamento;
- dh/dl: gradiente hidráulico;
- h: perda de carga;
- l: distância considerada, em direção ao escoamento.

3.3.1.4 Controle

Como o chorume percola através de subcamadas da base do aterro, muitos dos componentes químicos e biológicos contidos originariamente podem ser removidos pela ação de filtração e adsorção do subsolo. Em geral a eficiência desse processo depende das características do solo, especialmente se for argiloso. Contudo, em função dos riscos envolvidos na possibilidade da movimentação do chorume para o lençol subterrâneo, serão empregadas práticas mais adequadas para minimizá-las.

Impermeabilizações de base limitam ou eliminam o movimento de gases e chorume para fora da área do aterro. O uso de argila como material de impermeabilização tem sido o método adotado em projetos. A argila tem boa capacidade de retenção e adsorção de muitos componente químicos encontrados no chorume, assim como a capacidade de limitar o seu escoamento. Ultimamente, com maior popularização do uso de geomembranas, esta alternativa, conjuntamente com a camada de argila, constituem uma prática das mais seguras.

Contudo, o sistema a ser considerado para o porte do aterro de Olímpia, e pelo potencial representado a nível de bacia, será baseado na capacitação técnica e econômica, do município. Neste caso, o sistema de impermeabilização pode admitir limites menos rigorosos, constituído pela recompactação do solo local, conforme resultados obtidos em laboratório, com valores de coeficiente de permeabilidade em torno de 10^{-5} cm/s. As características do material compactado permite obter uma permeabilidade aceitável para o tipo de aterro requisitado pelo órgão ambiental e pela proposição apresentada inicialmente.

3.3.1.5 Manejo e Tratamento

O manejo do chorume é a chave para eliminação dos riscos potenciais de contaminação do subsolo. Diversas técnicas alternativas podem ser empregadas para manejo do chorume coletado dos aterros, entre as quais: a) recirculação do chorume; b) evaporação; c) tratamento seguido de disposição; e d) lançamento em sistemas de tratamento de esgotos municipais (quando houver).

Recirculação de Chorume. Um método eficiente para tratamento de chorume é a coleta e recirculação para o aterro. Durante os estágios iniciais de operação do aterro, o chorume contém quantidades significativas de sólidos totais dissolvidos, DBO₅, DQO, nutrientes e metais pesados. Quando o chorume é recirculado a concentração desses componentes são abrandadas pela atividade microbiológica e por reações químicas e efeitos físicos que ocorrem dentro do aterro. Verificam-se assim, taxas de produção de gás significativamente maiores nesse tipo de sistema. O chorume residual deve ser coletado, tratado e disposto. Em alguns casos, como aterros muito grandes, são necessárias instalações para armazenamento.

Evaporação de Chorume. Uma das formas de manejo simplificado de chorume é o uso de lagoas de evaporação (devidamente impermeabilizadas). O chorume residual, menos úmido, resultante do processo, é disposto em locais do aterro, parcialmente encerradas. Em locais de elevado índice pluviométrico, as instalações devem ser cobertas.

Tratamento de Chorume. Onde a recirculação de chorume e evaporação não são empregadas, deverão ser necessárias algumas das formas de pré-tratamento ou tratamento completo. Uma vez que as características dos chorume coletado variam bastante nos diversos casos, um bom número de opções podem ser empregadas para tratamento. A

Tabela 10 mostra os principais processos de tratamento, tanto físico/químico e biológico utilizados para o tratamento de chorume.

Tabela 10 - Processos representativos para tratamento de chorume

Processo de Tratamento	Aplicação	Observações
<i>Processos biológicos</i>		
Lodos ativados	Remoção de componentes orgânicos	Necessita de decantador
Sequência de reatores "batch"	Remoção de componentes orgânicos	Similar ao de lodos ativados, porém sem decantador (somente para pequenas vazões)
Lagoas aeradas	Remoção de componentes orgânicos	Requer muita área
Sistemas baseados em películas biológicas	Remoção de componentes orgânicos	Mais indicado para efluentes industriais
Sistemas anaeróbios (lagoas e reatores)	Remoção de componentes orgânicos	Baixos consumo de energia e produção de lodo; em climas muito frios requer aquecimento; riscos de instabilidade, principalmente na partida
Nitrificação/desnitrificação	Remoção de nitrogênio	Dependendo do sistema pode ser aplicado conjuntamente aos sistemas de remoção de componentes orgânicos.
<i>Processos químicos</i>		
Neutralização	Controle de pH	Aplicação limitada
Precipitação	Remoção de metais e alguns ânions	Gera lodo que deve ser disposto como resíduos perigoso
Oxidação	Remoção de componentes orgânicos	Mais indicado para águas residuárias diluídas e o uso de cloro pode gerar hidrocarbonetos clorados
Oxidação com vapor saturado	Remoção de compostos orgânicos	Custoso
<i>Operações físicas</i>		
Sedimentação/flotação	Remoção de sólidos suspensos	Aplicação limitada se aplicado isoladamente, porém pode ser útil em conjunto com outros processos.
Filtração	Remoção de sólidos suspensos	Útil somente no refinamento do processo
"Air Stripping"	Remoção de amônia ou compostos orgânicos voláteis	Necessita de equipamento para controle de poluição atmosférica
Adsorção	Remoção de componentes orgânicos	Custos elevados, e ainda em testes
Troca iônica	Remoção de compostos inorgânicos dissolvidos	Útil somente no refinamento do processo
Evaporação	Quando a descarga de chorume não é permitida	Resulta em lodo que pode ser perigoso, e pode ser custoso em regiões não áridas.

Avaliando diversos aspectos, relativos às condições físicas, disponibilidade de área, facilidade de operação, proximidade de manancial superficial e o sistema de disposição proposto, optou-se pela implementação de recirculação para atenuação da carga orgânica de chorume, pela implementação de filtros anaeróbios e infiltração do efluente final.

3.3.2 Emprego de Filtros Anaeróbios

A atividade biológica anaeróbia ocorre no processo natural de degradação no interior do aterro. Esse processo anaeróbio pode ter a continuidade em um sistema de tratamento de chorume.

Em um sistema de tratamento de águas residuárias, as moléculas orgânicas complexas no afluente são fermentadas por bactérias a ácidos graxos voláteis, principalmente acético, propiônico e butírico. Estes são convertidos em metano e dióxido de carbono pelas bactérias metanogênicas, resultando em uma baixa produção de sólidos biológicos.

Uma desvantagem conhecida do processo anaeróbio é que os microrganismos, principalmente as bactérias metanogênicas, são inibidas pelo meio ácido e são sensíveis à presença de alguns metais. Estas inibições podem causar uma redução na taxa de crescimento e conduzir ao carreamento da rede de células microbianas em sistemas de mistura completa. Este problema normalmente é solucionado com a adição de uma solução tampão ou pelo emprego de filtros anaeróbios, para retenção de biomassa. Os filtros anaeróbios tem-se mostrado mais eficientes que os digestores, principalmente pela redução do carreamento da biomassa. A Tabela 11 apresenta resultados de estudos com filtros anaeróbios e similares (biomassa fixa ou biofilme).

Tabela 11 - Exemplos de eficiência de tratamento empregando reatores de filme fixo.

Autores	DQO (mg/l)	Remoção de DQO (%)	Meio suporte
Chian e deWalle (1977)	54.000	95	Carvão granular
Henry et al. (1985)	2.000	91	Filme plástico
Soyupack (1979)	5.800	90	Areia
Wright et al (1985)	22.800	97	Anéis plásticos

Outros trabalhos sobre tratamento anaeróbio, como descritos por KENNEDY e GUIOT (1986), demonstram que sistemas como filtros podem operar com tempos de detenção menores que 24 horas, considerando-se cargas orgânicas variando entre 11 e 70 kg (DQO)/(m³.dia) e eficiências entre 50 e 90%. BEARD e McCARTY (1983), concluíram que sistemas de manta de lodo para tratamento de chorume com tempo de detenção de 1 dia e para cargas orgânica média de 15 kg (DQO)/(m³.dia) promovem um tratamento eficiente, sem necessidade de tamponamento e empregando a recirculação de chorume. Ainda, estudos de LEMA e colaboradores (1988) com diversos sistemas anaeróbios demonstraram sua viabilidade e eficiência, como apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Resumo de levantamentos realizados por LEMA e colaboradores (1988), para alguns sistemas anaeróbios de tratamento de chorume

Tipo de reator	DQO do chorume (mg/l)	Temperatura (°C)	Tempo de detenção (dias)	Remoção de DQO (%)
Manta de lodo	25 - 35	33 - 35	0,3 - 0,5	80 - 90
Filtro anaeróbio	13,8	21 - 25	2 - 4	68 - 95
Filtro anaeróbio	3,8	21 - 25	0,5 - 1	60 - 95
Filtro anaeróbio	1,9	21 - 25	0,5 - 1	88 - 90

Os sistemas anaeróbios para tratamento de chorume apresentam muitas vantagens sobre o tratamento aeróbio. As vantagens incluem a geração do gás metano como subproduto e a baixa produção de lodo biológico na forma de lodo ou material em suspensão. Além disso o sistema não requer a introdução de equipamentos de aeração, e, conseqüente, considerável consumo de energia.

Além da manutenção de temperaturas adequadas, que não representam problema para a maior parte do Brasil, o sistema deve ser projetado cuidadosamente para não permitir sua obstrução.

Dentre as desvantagens que podem ser citadas, incluem-se as descritas na sequência:

- Exigência de temperaturas entre 15 e 35°C.
- Tempos de detenção relativamente longos
- Remoção incompleta de matéria orgânica
- Redução limitada de nitrogênio amoniacal

3.3.3 Processos Naturais de Atenuação

3.3.3.1 Introdução

Atenuação é definida como uma redução da concentração de contaminantes durante o respectivo transporte através do solo. Diversos fatores associados com o solo promovem a capacidade natural de atenuação. Embora este meio (o solo) tenha capacidade de assimilar resíduos, esta é limitada. Os processos que influenciam a atenuação podem ser desde uma simples diluição através da água não contaminada que se infiltra no solo, até interações físico-químicas complexas, que fixam ou retardam o movimento dos contaminantes através do meio constituído pelo solo.

O atual local de disposição de resíduos de Olímpia foi escolhido sem critérios ambientais adequados, sendo que na concepção e execução do aterro de resíduos, não se efetuou nenhum tipo de tratamento da base. Desta forma o sistema tem explorado, a capacidade natural do solo para atenuação da contaminação.

Historicamente, o uso da capacidade natural de atenuação do solo, tem sido bastante comum, mesmo quando não se tinha exatamente esse conceito em mente. Apesar disso, atualmente, considera-se que o uso da capacidade de atenuação do solo é de alto risco e deve ser considerado somente em alguns casos particulares, tais como em sistemas de pequeno porte. O uso da capacidade da atenuação do solo é considerado de alto risco, com base em duas questões: estimativa da carga de contaminantes e a quantificação dos mecanismos de atenuação dessa carga presente no chorume. O conceito atual de sistemas de disposição consideram a maximização da capacidade de contenção e remoção do chorume.

Um local ideal para disposição, é aquele capaz de conter indefinidamente os resíduos e o chorume resultante, com base nas características geológicas, hidrogeológicas e através de mecanismos de engenharia.

Um sistema de atenuação natural, possibilita a migração lenta dos líquidos, permitindo o envolvimento de processos de atenuação e dispersão, reduzindo a concentração de poluentes à níveis aceitáveis.