



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO

MELHORIA DA GESTÃO AMBIENTAL URBANA NO BRASIL

– BRA/OEA/08/001



RELATÓRIO TÉCNICO 2 – RT 2

**ESTUDOS DOS CUSTOS RELACIONADOS COM A
CONSTITUIÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Brasília – DF

MELHORIA DA GESTÃO AMBIENTAL URBANA NO BRASIL

BRA/OEA/08/001

RELATÓRIO TÉCNICO 2 – RT 2
ESTUDOS DOS CUSTOS RELACIONADOS COM A
CONSTITUIÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Secretário de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
Silvano Silvério da Costa

Diretor de Departamento de Ambiente Urbano
Sérgio Antonio Gonçalves

Gerente de Projeto
Moacir Moreira da Assunção

Equipe Técnica
Ana Flávia Rodrigues Freire
Bruno Ávila Eça de Matos
Bruno César G. de Sá Silva
Carmem Lúcia Ribeiro de Miranda
Dagmar Machado Dias
Francisco Eduardo Porto
Hidely Grassi Rizzo
Ingrid Pontes Barata Bohadana
Ivana Marson
João Geraldo Ferreira Neto
Joísa Maria Barroso Loureiro
Marcelo Chaves Moreira
Marcos Pellegrini Bandini
Maria Cristina Costa Gitirana dos Santos
Rosângela de Assis Nicolau
Sílvia Cláudia Semensato Povinelli
Thaís Brito de Oliveira
Thiago Sabóia Larcher
Vinícios Hiczy do Nascimento

Coordenador Nacional do Projeto
Ronaldo Hipólito Soares

Consultor Técnico
Carlos Henrique Andrade de Oliveira
Contrato Nº 189152
Novembro/2010

RESUMO EXECUTIVO

O presente relatório – **“Estudos dos Custos relacionados com a Constituição de Consórcios Públicos de Resíduos Sólidos Urbanos”** – corresponde ao segundo produto relativo ao contrato firmado entre o Governo da República Federativa do Brasil, através da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente/MMA e o consultor Carlos Henrique Andrade de Oliveira, no âmbito do Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil – BRA/OEA/08/001, de acordo com o contrato 189152, de 24 de Maio de 2010.

Este Relatório Técnico 2 compreende a descrição das atividades realizadas pelo consultor relativas à elaboração de estimativas de custos operacionais para aterros sanitários convencionais e de custos operacionais e de investimentos de aterros sanitários de pequeno porte, tendo como referência o Estado de Minas Gerais.

Este Relatório contém, ainda, as estimativas dos custos envolvidos com transporte dos resíduos dos pontos finais de até as áreas de destino final e com a implantação e operação de estações de transferência para diferentes portes de massa de resíduos.

Os dados referenciais utilizados para a realização das referidas estimativas foram obtidas junto ao Engº Cássio Humberto Versiani Velloso, que gentilmente cedeu os estudos desenvolvidos sobre Aterros Sanitários, e aos Consultores Maria Stella (Teia), Tarcísio e Dan, aos quais manifesto expressamente meus agradecimentos.

O Relatório Técnico 2 está estruturado em Capítulos, divididos de acordo com a estruturação acima referida, conforme apresentado a seguir. Cada capítulo apresenta subdivisões que melhor organizam o conteúdo apresentado.

O Capítulo 1 traz a descrição da elaboração dos custos operacionais de aterros sanitários convencionais, contando, como referência, com os estudos desenvolvidos pelo Engº Cássio Humberto Versiani Velloso.

O Capítulo 2 refere-se à elaboração de estimativas de custos de investimento e de operação de Aterros Sanitários de Pequeno Porte – ASPP.

Em seguida, no Capítulo 3, é apresentado o resultado dos estudos relativos à estimativa de custos de transporte de resíduos sólidos, bem como dos custos de investimento e de operação das Estações de Transferência de Resíduos Sólidos (unidades de transbordo).

AGRADECIMENTOS

O presente Relatório Técnico foi fruto de um esforço bastante grande deste Consultor, tendo em vista os diversos obstáculos e dificuldades existentes no período de validade do contrato com a OEA e o Ministério do Meio Ambiente, no âmbito do Projeto BRA/OEA/08/001.

Estas dificuldades somente foram vencidas com a ajuda, a colaboração e a compreensão de diversas pessoas que, sem nenhuma manifestação além do carinho, da empatia e do respeito, contribuíram para que este estudo chegasse a seu final de maneira satisfatória, e com a devida carga de contribuição para o conjunto de estudos desenvolvidos.

Inicialmente, gostaria de agradecer à equipe de Consultores, em especial à Maria Stella Magalhães (Teia), ao Tarcísio Paula Pinto e ao Dan Schneider por todo o companheirismo demonstrado ao longo de todo o processo e de toda a caminhada.

Agradecer, de forma não menos especial, ao Engº Cássio Humberto Versiani Velloso, grande amigo Cássio, pela cessão, de forma tão gentil e responsável, dos estudos empreendidos por ele, em conjunto com o não menos especial José Alberto da Mata Mendes (Zé Alberto), companheiros de tão curta data, mas que são muito especiais para mim – não apenas como profissionais dignos e referenciais.

Agradecer, também à toda equipe do DAU/SRHU/MMA, desde os seus gestores principais – Silvano Costa, Sérgio Gonçalves, Moacir Assunção, Saburo Takahashi e Marcos Bandini (este não mais na equipe) – até os analistas, técnicos administrativos e coordenadores, pela atenção, pelas prontas respostas e disponibilidades em esclarecer as dúvidas e contratemplos que existiram pelo caminho.

À equipe do BRA/OEA, ao Rodrigo Carvalho e à Sílvia Vallini, sempre respondendo com cortesia e compreensão às solicitações de esclarecimentos, bem como nas discussões para elucidação dos termos contratuais.

Por fim, agradecer imensamente pela companhia, pelos conhecimentos, pelos olhares, sorrisos e debates – que não poderiam faltar neste ambiente de trabalho -, mas principalmente, por fazer parte desta equipe que enfrenta desafios, por todos os cantos deste país, lutando para alterar a realidade mais sofrida, para um futuro mais solidário e justo, indistintamente.

**PLANEJAMENTO, ESTRUTURAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MATERIAIS PARA
CAPACITAÇÃO TÉCNICA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 ESTIMATIVAS DE CUSTOS OPERACIONAIS PARA ATERROS SANITÁRIOS CONVENCIONAIS – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.	3
1.1. Parâmetros de Referência	3
1.2. Estudos relativos à Estimativa de Custos de Operação de Aterros Sanitários convencionais	7
1.3. Resultados Finais – Compilação de resultados - Custos operacionais de aterros sanitários convencionais	13
2 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERACIONAIS PARA ATERROS SANITÁRIOS DE PEQUENO PORTE - ASPP – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.	19
2.1. Parâmetros de Referência	19
2.2. Estimativas de Custos de Investimentos para Implantação de Aterros Sanitários de Pequeno Porte	27
2.3. Estimativas de Custos de Operacionais de Aterros Sanitários de Pequeno Porte	31
3 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS E DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.	58
3.1 Slides sobre os temas abordados	58
3.2 Exercícios propostos para sala de aula	94
4 CONCLUSÕES	95
5 RECOMENDAÇÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

ANEXOS

- 1. Planilhas – Estimativas de Custos Operacionais para Aterros Sanitários
convencionais**
- 2. Planilhas – Estimativas de Custos de Investimentos e Operacionais para Aterros
Sanitários de Pequeno Porte - ASPP**
- 3. Planilhas – Estimativas de Custos de Transporte de Resíduos e de Investimentos e
Operacionais de Estações de Transferência de Resíduos Sólidos**

Lista de Quadros

Descrição dos Quadros	Pág.
Quadro 1a – Custos da implantação inicial (revisão – outubro de 2010).	3
Quadro 1b – Custos da implantação inicial (revisão – outubro de 2010).	4
Quadro 2 – Faixas e estratos populacionais utilizados para a definição de estimativa de custos operacionais de aterros sanitários.	6
Quadro 3 – Conjunto de profissionais e funções para operação de aterro sanitário	7
Quadro 4 – Estimativa de número e tempo de dedicação – equipe de operação do aterro sanitário.	8
Quadro 5 – Estimativa de número e tempo de dedicação – equipe de operação do aterro sanitário	9
Quadro 6 – Estimativa de custos – uniformes e equipamentos de proteção individual (EPI)	10
Quadro 7 – Estimativa de custos – outros custos	13
Quadro 8 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais	14
Quadro 9 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais – Média Mensal com Depreciação	16
Quadro 10 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais – Custos Médios Unitários – por tonelada e <i>per capita</i> - Média Mensal com Depreciação	17
Quadro 11 – Estratos populacionais para dimensionamento dos custos de implantação e operacionais - ASPP	19
Quadro 12 – Tipologias de Aterro Sanitário de Pequeno Porte - ASPP	20
Quadro 13 – Dimensionamento de ASPP	21
Quadro 14 – Dimensionamento de ASPP – Estrato Populacional 1 – 1.000 habitantes	22
Quadro 15 – Dimensionamento de ASPP – Estrato Populacional 11 – 30.000 habitantes	23
Quadro 16 – Dados de Referência para Aterros em Valas – CETESB/2005	27
Quadro 17a – Custos de Implantação de ASPP por Capacidade de recebimento de RSU (ton/dia)	28
Quadro 17b – Custos de Implantação de ASPP por Estrato Populacional	28
Quadro 18 – Planilha de Custos Operacionais de ASPP	37
Quadro 19 – Tipos de Estação de Transferência ou de Transbordo	43
Quadro 20 – Custos de Implantação de Estações de Transferência	48
Quadro 21 – Custos Referenciais – Transporte de Resíduos	50
Quadro 22 – Custos de Transporte por Tipo de Veículo – R\$/km	50

Lista de Figuras

Descrição das Figuras	Pág
Figura 1 – Custos da implantação inicial por habitante (revisão – outubro de 2010)	6
Figura 2 – Percentual relativo aos equipamentos mecânicos sobre os custos globais de operação de aterros sanitários	11
Figura 3 – Custos médios Mensais - Equipamentos Mecânicos de Uso Rotineiro	11
Figura 4 – Custo Operacional Médio Total - Mensal	15
Figura 5 – Custo Operacional Médio Total – Mensal, incluindo Depreciação	15
Figura 6 – Custo Operacional Médio – Por Peso – incluindo Depreciação	18
Figura 7 – Custo Operacional Médio – <i>Per Capta</i> – incluindo Depreciação	18
Figura 8 – Volumes Médios Diários por Estrato Populacional	24
Figura 9 – Volumes Médios Anuais por Estrato Populacional	24
Figura 10 – Estimativa de área necessária para implantação de ASPP por Estrato	25
Figura 11 – Dimensões das Valas e Quantidade de Valas Abertas por Ano	26
Figura 12 – Abertura de Valas – Equipamentos Mecânicos	26
Figura 13 – Custos de Implantação de ASPP	29
Figura 14 – Custos de Implantação de ASPP – Custo Unitário por Tonelada	30
Figura 15 – Abertura de Valas - ASPP	31
Figura 16 – Abertura de Valas - ASPP	31
Figura 17 - Descarga de Resíduos – ASPP	32
Figura 18 - Descarga de Resíduos – ASPP	32
Figura 19 – Espalhamento e Conformação dos Resíduos na Vala	33
Figura 20 – Encerramento de Vala	33
Figura 21 – Percentual de Participação do Componente Pessoal no Custo Total de Operação de ASPP	34
Figura 22 – Percentual de Participação do Componente Abertura de Valas no Custo Total de Operação de ASPP	35
Figura 23 – Número Total de Valas por Empreendimento	35
Figura 23 – Custo de Operação de ASPP – Mensal	38
Figura 24 – Custo de Operação de ASPP – Anual	38
Figura 25 – Custo Total – Operação de ASPP – Custo Unitário Mensal (por beneficiário)	39
Figura 26 – Proteção das Instalações – Operação de ASPP	40
Figura 27 – Alternativa simplificada de transbordo de resíduos	44
Figura 28 – Vista aérea do município X	45
Figura 29 – Vista aérea do município X, com delimitação dos bairros e loteamentos	46
Figura 30 – Localização da Estação de Transferência e Roteiros de Transferência	46
Figura 31 – Vista da área de transbordo de uma Estação de Transferência	47
Figura 32 – Vista da área de transbordo de uma Estação de Transferência, com operação de transbordo	47
Figura 33 – Custo de Implantação de Estações de Transferência	49
Figura 34 – Estrutura esquemática de uma Estação de Transferência – 5.000m²	49

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABLP – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE – Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica
CEMPRE – Compromisso Empresarial pela Reciclagem
CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAU – Departamento de Ambiente Urbano
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Amazônia Legal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LP – Licença Prévia
LI – Licença de Instalação
LO – Licença de Operação
MCI – Ministério das Cidades
MDS – Ministério do Desenvolvimento Social
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MPE – Ministério Público Estadual
MPF – Ministério Público Federal
NBR – Norma Brasileira
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PEV – Ponto de Entrega Voluntária
PNAD – Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RCD – Resíduos da Construção e Demolição
RT – Relatório Técnico
SEDRO - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Urbano - MG
SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - MG
SRHU – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

INTRODUÇÃO

O cenário brasileiro atual aponta para possibilidade de redução da fragilidade dos municípios para enfrentar a gestão dos resíduos sólidos. O conjunto de normas legais, de estímulo ao planejamento e de ações coordenadas, complementado com a aprovação da Lei Federal nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Anteriormente, diversos aspectos contribuíam para este quadro negativo, como a escala insuficiente da prestação dos serviços e os custos de implantação e de operação das estruturas de apoio ao manejo adequado dos resíduos, excessivos para a maioria dos municípios brasileiros. Esta situação - maioria de municípios pequeno porte, com menos de 25 mil habitantes –, sempre dificultou as ações públicas relacionadas ao tema de limpeza urbana e manejo de resíduos.

Aliado a isto, o crescimento econômico e desenvolvimento social presentes no Brasil têm alterado a situação de geração de resíduos sólidos, considerando o aumento do consumo de boa parte da população mais carente. Segundo levantamento do IBGE, o Brasil gerou, em 2009, cerca de 57 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) - número crescente comparativamente aos outros anos anteriores, considerando que o resultado acima é cerca de 7,7% maior que o do ano anterior.

Além disso, estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente desde 2002 evidenciaram as diferenças de investimentos necessários à implantação de um modelo sustentável de manejo e gestão de resíduos sólidos. Um dos exemplos mais significativos são os custos relativos à implantação de aterros sanitários para diversos portes populacionais de municípios. Os resultados destes demonstram que os custos *per capita* podem variar bastante – iniciando-se em cerca de R\$ 152,00 por habitante para os municípios com até 2,5 mil habitantes até cerca de R\$ 6,00 para municípios com população acima de 1,5 milhões de habitantes.

Os estudos e a prática têm demonstrado que este cenário também ocorre com os custos operacionais – ou seja, também são proporcionalmente mais altos nos aterros de menor porte.

Isto se dá porque os pequenos aterros são mais suscetíveis sob o ponto de vista operacional, em função da realidade predominante nos pequenos municípios, que têm extrema carência de equipamentos e de pessoal técnico especializado. Exemplo disso é a utilização, em outras atividades, de uma máquina que esteja ociosa num aterro, tornando a operação intermitente ou totalmente abandonada.

Entretanto, o desenvolvimento de estudos e diagnósticos referentes a estes aspectos limitadores tem propiciado uma série de conclusões e constatações que contribuirão para a mudança de paradigmas. Uma das conclusões é a de que há necessidade de estabelecer um modelo de gestão que contemple ações e instalações adequadas ao manejo de resíduos sólidos. Para tanto, o Ministério do Meio Ambiente tem empreendido esforços com esta finalidade e este relatório é parte disso.

Outro dado importante é o de que, em relação às instalações destinadas à disposição final de resíduos sólidos – os aterros sanitários –, estas devem cumprir a função de receber apenas os rejeitos, e não mais os resíduos – como bem diferenciou a referida Lei Federal 12.305/2010.

Os aterros sanitários, cujas normas estabelecem tipologias diferenciadas de acordo com a realidade local e o cenário no qual será inserido, estão divididos em Aterros Sanitários (considerados “convencionais”, pois já possuem normatização e utilização ampla no país) e os Aterros Sanitários de Pequeno Porte – ASPP – destinados a atender a uma movimentação de, no máximo, 20 toneladas diárias.

A normatização destas tipologias permite evitar a propagação do entendimento de que a simples redução de um aterro sanitário – como numa “regra de três”, de proporção,

transformando as dimensões de suas instalações e a aplicação automática das regras operacionais de um aterro sanitário (idealizadas para municípios de maior porte) -, terá efetividade no contexto brasileiro dos pequenos municípios, em especial naqueles mais carentes.

A constatação dessa evidência levou o Governo Federal a propor um novo modelo de gestão dos resíduos sólidos, com destaque para os pequenos municípios, apoiando os Estados brasileiros a planejarem e estruturarem suas ações de manejo de resíduos sólidos, através de convênios que têm como objeto principal, a elaboração dos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – PGIRS, e, por conseguinte, os Estados apoiarem os municípios em sua estruturação.

Assim, passou-se a trabalhar com a formação de cenários onde as ações e instalações propostas estivessem de acordo com as mais diversas realidades existentes no país e, em relação aos aterros sanitários – como áreas de tratamento e disposição final -, optou-se por adotar também os ASPP como solução técnica, considerando serem estes bastante simplificados do ponto de vista de implantação e operação – atendimento de cidades com até 30 mil habitantes.

Esta escolha significa menor investimento e, principalmente, menores custos operacionais, que possam, efetivamente, ser suportados pela população que recebe os serviços.

De forma geral, os pequenos municípios são muito frágeis em sua capacidade de acessar recursos financeiros para uma gestão adequada dos resíduos sólidos, possuem menos recursos técnicos, além de terem menores condições para contratação de assessoria técnica. Este conjunto representa a imensa maioria dentre os municípios brasileiros. Do total de 5.564 municípios, cerca de 87% (4.861 municípios) têm menos de 30 mil habitantes na área urbana, segundo o IBGE (dados do Censo de 2000 – aguardando os resultados do censo de 2010 para nova configuração).

Em contrapartida, os municípios de porte médio e grande têm mais condição de viabilizar os itens acima descritos, mas são em muito menor número no cenário brasileiro.

Neste sentido, uma das primeiras opções para os municípios (conforme o modelo de gestão proposto) deve ser a busca de soluções compartilhadas com municípios vizinhos, implantadas por meio de consórcios públicos que reúnam não apenas os municípios que compartilham cada unidade de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, mas um conjunto mais amplo de municípios e de instalações (quando possível), que permita alcançar a escala ótima para a prestação dos serviços, garantindo-se o padrão técnico exigido no país e a sustentabilidade ambiental, social e econômica.

A segunda opção diz respeito à implantação de um ASPP quando for tecnicamente desaconselhável o compartilhamento de soluções para tratamento e disposição final, e a condição local permita simplificar os procedimentos em todas as etapas (considerando a diferença do impacto provocado pela disposição de pequena quantidade de resíduos sólidos no solo).

Assim, e após a regulamentação de normas relativas à implantação e operação dos aterros sanitários de pequeno porte – mais especificamente a Resolução CONAMA 404/2008 e a ABNT NBR 15.849/2010, que tratam das diretrizes e orientações para licenciamento, localização, implantação e operação destas instalações -, restava elaborar estudos para a definição de estimativas de custo de implantação e operacionais para estes empreendimentos, considerando-se a existência de estimativas de custo para os aterros sanitários convencionais, produzidas pelo Engº. Cássio Humberto Versiani Velloso, cujos estudos basearam todo este relatório.

Este Relatório Técnico, portanto, traz as estimativas de custos relativas à operação dos Aterros Sanitários convencionais, bem como de implantação e operação dos Aterros Sanitários de Pequeno Porte – ASPP, visando unirem-se aos demais estudos produzidos pela equipe de Consultores contratada pelo Ministério do Meio Ambiente, configurando um conjunto de ações e de instalações para a melhoria da gestão e do manejo dos resíduos sólidos urbanos.

1. ESTIMATIVAS DE CUSTOS OPERACIONAIS PARA ATERROS SANITÁRIOS CONVENCIONAIS – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.

1.1. Parâmetros de Referência

O presente Relatório Técnico traz como objeto inicial, os estudos técnicos para estimativa dos custos operacionais de aterros sanitários convencionais.

Para elaboração destes estudos, foi necessário estabelecer uma conexão direta com os estudos relativos aos custos de implantação destas unidades de destinação final de resíduos sólidos, estudos estes empreendidos pelo Engº. Cássio Humberto Versiani Velloso – sendo estruturado, numa primeira versão, em 2002, com vinculação ao CEFET/MG, e mais recentemente, contratado pelo próprio Ministério do Meio Ambiente para atualização destes estudos.

Assim, e tendo como base de análise o produto denominado “Estudo técnico para avaliação dos custos de implantação inicial de aterros sanitários”, desenvolvido em meados do ano de 2010 pelo referido profissional, foram elaborados os estudos para definição das estimativas de custos operacionais dos Aterros Sanitários convencionais.

Cabe destacar, inicialmente, que os estudos para implantação dos aterros sanitários contêm uma série de dados que foram sistematizados a partir dos custos de implantação, mas sintetizados para uma melhor conformação e integração com os demais estudos desenvolvidos pela equipe de Consultores contratada pelo MMA para desenvolvimento e estruturação do modelo tecnológico proposto pelo Ministério.

No estudo de referência, o Consultor Cássio Velloso atribuiu 36 faixas populacionais como referência para estruturação dos custos, com um nível de detalhamento bastante grande. Este estudo é, sem dúvida alguma, destaque no cenário nacional, pois identifica, classifica e indica todos os componentes necessários à elaboração de projetos e implantação de aterros sanitários.



Os estudos referenciados abrangem itens que compõem os custos de implantação, bem como a quantificação destes itens (valores unitários e composição), todos estruturados por estratos populacionais e módulos temporais, tendo como referência para estes itens, os custos praticados no Estado de Minas Gerais.

Assim como no estudo referenciado, este Relatório Técnico baseou-se nos dados constantes das planilhas do SINAPI (CEF / IBGE) referentes ao Estado de Minas Gerais, disponibilizadas pelo Consultor Cássio Velloso.

Outro fator que merece esclarecimento inicial diz respeito à limitação de informações constantes destas planilhas do SINAPI, que possui um número muito pequeno de itens de custos inerentes à operação dos aterros sanitários - restrita apenas aos custos médios horários de alguns poucos equipamentos de terraplenagem. Ainda, como destacado pelo Engº Cássio, limitações referentes aos “*custos médios de alguns ensaios geotécnicos necessários durante a progressiva implantação da camada impermeabilizante da base dessas instalações (item da implantação complementar indissociável, na prática, de sua operação)*”.

Assim, alguns dos valores utilizados para a estimativa de custos para a operação dos aterros sanitários foram obtidos a partir da coleta junto ao mercado da construção civil de Belo

Horizonte, como bem explicitou em seu estudo de referência, atualizando, quando necessário, alguns valores de itens pela variação do INCC no período.

O Engº. Cássio Velloso destaca, também em referência ao estudo relativo aos custos de implantação de aterros sanitários, que os resultados obtidos inicialmente mereceram revisão para este processo de definição dos custos operacionais, resultado do “*superdimensionamento dos custos de implantação inicial a que chegamos na primeira etapa de nosso estudo, particularmente no que se refere aos estratos mais populosos*”.

De fato, este superdimensionamento poderia inflar os custos operacionais, considerando-se que diversos itens estimados no processo de implantação seriam utilizados na elaboração dos custos de operação dos aterros sanitários, desequilibrando os resultados finais e afastando-os da realidade. O Consultor sugere, ainda, a substituição de determinadas planilhas de cálculo por novas planilhas, desenvolvidas para corrigir as distorções identificadas.

Deste trabalho referencial, destacamos os quadros 1a e 1b, a seguir, que apresentam os valores estimados de implantação dos aterros (denominados “teóricos” pelo Engº. Cássio).

Cabe ressaltar que estes quadros apresentados ainda contêm as 36 faixas e estratos populacionais propostos pelo Engº. Cássio Velloso, número este que foi sintetizado pelo presente estudo - o conjunto de faixas foi sintetizado para 09 estratos populacionais - para melhor articulação com os demais estudos produzidos pela equipe de Consultores – que produziram estudos de estimativas de custos de implantação e operação de outras instalações de apoio ao manejo de resíduos sólidos, a saber: Galpões de Triagem; Unidades de Compostagem; Áreas de Triagem e Transbordo – ATT; Postos de Entrega Voluntária – PEV; dentre outras unidades.

Quadro 1a – Custos da implantação inicial (revisão – outubro de 2010).

data-base: agosto de 2009 UF: MINAS GERAIS					
faixa	população beneficiária (hab)	massa de RSU (t/ano)	custo unitário por tonelada (R\$/t)	custo unitário por beneficiário (R\$/hab)	custo total da implantação inicial (R\$)
1a	2.500	593	643,48	152,67	381.664,08
1b	5.000	1.186	351,66	83,43	417.154,20
2a	7.500	1.779	250,55	59,44	445.828,77
2b	10.000	2.373	201,95	47,91	479.119,56
3a	12.500	2.966	170,55	40,46	505.778,38
3b	15.000	3.559	151,66	35,98	539.734,86
4a	17.500	4.152	137,21	32,55	569.691,50
4b	20.000	4.745	126,28	29,96	599.204,78
5a	25.000	5.931	112,98	26,80	670.116,83
5b	30.000	7.118	105,18	24,96	748.652,00
6a	35.000	9.070	88,55	22,95	803.208,62
6b	40.000	10.366	80,54	20,87	834.895,15
7	45.000	11.662	74,74	19,37	871.568,94
8	55.000	15.056	61,76	16,91	929.838,00
9	65.000	17.794	55,57	15,21	988.877,80
10	75.000	20.531	51,07	13,98	1.048.616,76
11	90.000	24.638	47,03	12,87	1.158.592,35
12	110.000	32.120	38,21	11,16	1.227.377,57

Fonte: Estimativa de Custos de Implantação Inicial de Aterros Sanitários – Engº Cássio Humberto Versiani Velloso

Quadro 1b – Custos da implantação inicial (revisão – outubro de 2010).

data-base: agosto de 2009 UF: MINAS GERAIS					
faixa	população beneficiária (hab)	massa de RSU (t/ano)	custo unitário por tonelada (R\$/t)	custo unitário por beneficiário (R\$/hab)	custo total da implantação inicial (R\$)
13	135.000	39.420	34,24	10,00	1.349.603,49
14	175.000	51.100	30,47	8,90	1.557.068,00
15a	225.000	74.734	24,87	8,26	1.858.367,47
15b	275.000	91.341	25,86	8,59	2.362.327,85
16a	325.000	107.949	20,89	6,94	2.254.852,78
16b	375.000	124.556	19,95	6,63	2.484.826,36
17a	450.000	164.250	19,79	7,22	3.250.376,97
17b	550.000	200.750	19,00	6,93	3.814.205,03
18a	650.000	237.250	18,03	6,58	4.277.487,41
18b	750.000	273.750	17,78	6,49	4.867.373,11
19	900.000	328.500	17,46	6,37	5.736.334,45
20a	1.000.000	419.750	16,20	6,80	6.799.359,67
20b	1.100.000	461.725	15,69	6,58	7.242.683,42
20c	1.200.000	503.700	15,30	6,42	7.707.479,86
21a	1.300.000	545.675	14,98	6,29	8.171.870,63
21b	1.400.000	587.650	15,16	6,36	8.910.324,73
22a	1.500.000	629.625	14,89	6,25	9.377.682,87
22b	1.600.000	671.600	14,67	6,16	9.849.148,34

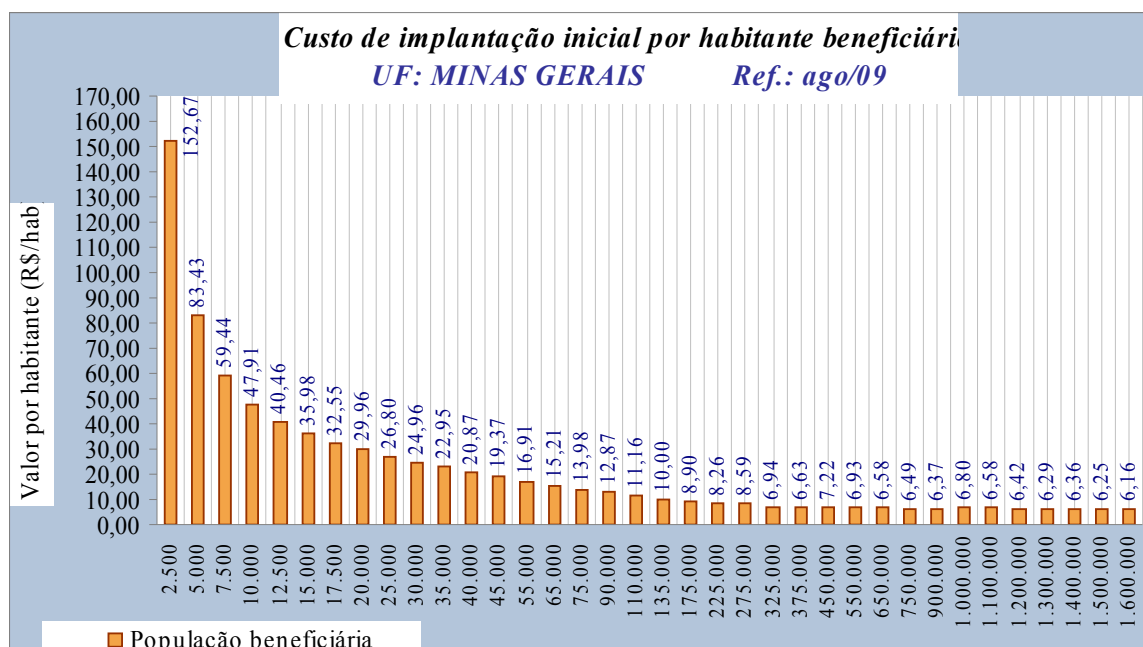
Fonte: Estimativa de Custos de Implantação Inicial de Aterros Sanitários – Engº Cássio Humberto Versiani Velloso

Estas estimativas de custo de implantação de aterros sanitários geraram um gráfico que corrobora a versão inicial deste estudo, produzida em 2002, que demonstra claramente que, quanto maior a escala de movimentação de resíduos, menores são os custos per capita (R\$ por habitante).

Assim, como já abordado na introdução deste item do presente Relatório Técnico, configura-se como uma opção para os municípios (conforme o modelo de gestão proposto), o compartilhamento de soluções entre municípios vizinhos, que permita alcançar a escala ótima para a prestação dos serviços. Ressalta-se, mais uma vez, que esta escolha significa menor investimento e, principalmente, menores custos operacionais, que poderão ser suportados pela população que recebe os serviços.

Os resultados apresentados na Figura 1 a seguir, também surgem no presente estudo, relativo aos custos operacionais dos aterros sanitários convencionais – o que representa um ganho significativo na argumentação e nos princípios do modelo tecnológico proposto pelo MMA, em que a gestão associada resulta em ganhos qualitativos e quantitativos (de ordem técnica e econômica), bem como caminha no sentido da sustentabilidade (econômica, social e ambiental).

Figura 1 – Custos da implantação inicial por habitante (revisão – outubro de 2010).



Fonte: Estimativa de Custos de Implantação Inicial de Aterros Sanitários – Engº Cássio Humberto Versiani Velloso

Todos estes estudos, bem como os produzidos para a definição de custos estimados para operação de aterros sanitários convencionais, consideraram as projeções da evolução populacional para um horizonte de 30 anos. Entretanto, os custos operacionais estão restritos aos três primeiros anos de operação das instalações, e foram estimados com base num conjunto diversos de componentes de operação dos aterros – denominados pelo Engº Cássio Velloso como componentes essenciais de custos –, em função da massa de resíduos a serem dispostos nos mesmos.

Relembrando a informação dada anteriormente, e para melhor visualização da sintetização proposta, o Quadro 2 apresenta o conjunto de 09 faixas estruturado para a elaboração dos estudos relativos à estimativa de custos operacionais de aterros sanitários convencionais.

Quadro 2 – Faixas e estratos populacionais utilizados para a definição de estimativa de custos operacionais de aterros sanitários.

faixas de população beneficiária	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5.000	10.000	25.000	50.000	100.000	250.000	500.000	1.000.000	1.500.000

1.2. . Estudos relativos à estimativa de custos operacionais de aterros sanitários convencionais

Os **custos de operação** de aterros sanitários, em seus diversos portes (conforme os estratos populacionais a que estão vinculados), tiveram sua estimativa constituída com base na quantificação dos componentes de custos incidentes – estruturas, recursos e serviços necessários para a operação dos aterros sanitários.

Como destacado anteriormente, estes custos de operação foram dimensionados para os 03 primeiros anos, dos 30 previstos como período de funcionamento dos aterros, considerando o volume de resíduos a serem destinados a estas instalações, considerando, também, os estatos populacionais indicados – que determinam este volume de geração de RSU.

Estes componentes de custos estão relacionados à efetiva operação dos aterros, e vinculados à definição do pessoal envolvido e necessário à operação; aos prestadores de serviço (eventuais); aos uniformes e EPIs (equipamentos de proteção individual); aos equipamentos mecânicos (de uso rotineiro e eventual/periódico); ao monitoramento dos elementos naturais envolvidos (água e solo, essencialmente); e, por fim, à depreciação das instalações, considerando o prazo de vida dos mesmos – estimada em 30 anos.

Em relação a este primeiro componente – pessoal envolvido na operação -, foram consideradas as funções técnica, gerencial e de apoio operacional, incluindo, neste cenário, os vinculados ao titular da prestação dos serviços (o município ou conjunto de municípios, em caso de Consórcios Públicos), os prestadores de serviços (para execução de serviços eventuais e de acompanhamento da operação), bem como os operadores de equipamentos mecânicos (que podem ou não estarem vinculados à prestadora dos serviços públicos).

Com relação ao primeiro grupo, foi considerado um cenário considerado comum nas administrações municipais, em que há variação no número de servidores definidos para uma determinada função, ou a dedicação de um mesmo servidor à gestão ou operação de cada aterro.

Os Quadros 3 e 4, a seguir, indicam, respectivamente, a composição dos profissionais e funções necessários à operação de um aterro sanitário, bem como o número exigido para cada estrato populacional, com base em estudos desenvolvidos pelo Engº Cássio Velloso.

Quadro 3 – Conjunto de profissionais e funções para operação de aterro sanitário.

	Função/profissional
A	engenheiro responsável - RT
B	técnico em segurança do trabalho
C	encarregado operacional
D	auxiliar técnico operacional
E	ajudante de operação de máquinas
F	auxiliar administrativo
G	balanceiro / apontador
H	vigia (noturno)
I	auxiliar de serviços gerais
J	topógrafo (serviço terceirizado)
K	auxiliares de topografia (serviço terceirizado)
L	tratorista
M	operador de máquinas de terraplenagem
N	motorista de veículos de carga

Quadro 4 – Estimativa de número e tempo de dedicação – equipe de operação do aterro sanitário.

estimativa do número / tempo de dedicação dos profissionais atuantes nos aterros sanitários, por faixas																				
Faixa	Aux serv gerais (campo)	construção área de	Aux serv gerais (edificações)	equipamentos de uso rotineiro fase inicial (un)		Tratorista	Operador de máquinas	Ajud oper máq	Topógrafo (h/mês)	Ajud Top (h/mês)	Engenheiro (RT)	Aux técn oper	Téc seg trab	operacional Encarregado	Aux admin	Balanceiro	Vigia	caminhões	Motorista	pessoal (total)
		(m²)		trator	outros															
1	2	120	1	1	1	1	0	1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	1	1	0	1	2	1	10
2	2	120	1	1	1	1	0	1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	1	1	0	1	2	1	10
3	2	147	2	1	1	1	0	1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	1	1	0	1	2	1	11
4	2	180	2	1	1	1	0	1	0,075	0,15	0,3	0,5	0,2	1	1	1	1	2	2	13
5	3	210	2	1	1	1	0	1	0,075	0,15	0,3	0,5	0,3	1	1	1	1	2	2	14
6	4	237	3	2	1	2	1	1	0,125	0,25	0,5	0,8	0,4	1	1	1	2	2	2	20
7	5	303,8	3	2	2	2	1	2	0,2	0,4	0,5	0,8	0,4	1	2	2	2	2	2	24
8	6	372,3	4	3	3	3	2	3	0,2	0,4	1	1	0,5	2	3	3	3	3	2	34
9	6	410,8	4	5	3	5	3	4	0,3	0,5	1	1	0,5	2	3	3	3	3	3	39

A configuração da **equipe operacional** varia em cada um dos estratos populacionais, considerando a necessidade de acompanhamento mais próximo e do número de profissionais exigido pela operação. Exemplifica-se tal afirmação com alguns dos profissionais listados, como os auxiliares de serviços gerais, que atuam no campo auxiliando os demais profissionais em diversas atividades. Estes crescem em grande proporção, conforme mudam-se de faixas, com elevação do número de habitantes atendidos e beneficiados pela instalação.

Quanto aos profissionais de nível superior (engenheiro, por exemplo), o custo se eleva a partir da exigência de maior tempo de dedicação à operação do aterro, considerando que a complexidade é maior quanto maior o porte do aterro, exigindo-se, portanto, uma maior dedicação e acompanhamento deste tipo de profissional.

Assim, conforme aumenta o porte do aterro – sempre vinculado ao número de habitantes beneficiado pela instalação de disposição final -, crescem as exigências de dedicação e de número de profissionais vinculados à operação do mesmo.

Com esta configuração da equipe de pessoal envolvida na operação dos aterros sanitários, passamos a buscar desenvolver e estimar os custos relativos a este fator componente dos custos globais de operação de um aterro, considerando diversos aspectos, como o tempo de dedicação diária ao empreendimento, a quantificação de horas semanais e mensais, a quantificação da remuneração média deste conjunto de profissionais (vinculada ao salário mínimo estabelecido e vigente no país), bem como o cálculo de encargos exigíveis pela legislação trabalhista.

Neste sentido, apresentamos, no Quadro 5, a seguir, a composição de custos de pessoal referente à Faixa 9 – relativa ao cenário de uma cidade (ou conjunto de cidades) com mais de 1,5 milhão de habitantes.

Quadro 5 – Estimativa de número e tempo de dedicação – equipe de operação do aterro sanitário.

ATERROS SANITÁRIOS FAIXA 9 — PESSOAL TÉCNICO, GERENCIAL E OPERACIONAL												
população beneficiária inicial (2013) = 1.560.906 pessoas												
nº de ordem	categoria profissional (cargo)	nº de profissionais	ao empreendimento percentual de dedicação diária	horas/semana	carga horária mensal por profissional	carga horária mensal por categoria	(em nº de referência salários mínimos)	sem encargos sociais (R\$) ^(*) remuneração unitária bruta mensal,	sem encargos sociais (R\$) ^(*) remuneração unitária bruta horária,	do aterro (sem encargos) remuneração relativa à operação	do aterro (com encargos) remuneração relativa à operação	prestadores de serviços eventuais
								510,00			1,75	
1	engenheiro responsável - RT	1	1,0	40	160,0	160,0	2,00	3.570,00	22,31	3.570,00	6.247,50	
2	técnico em segurança do trabalho	1	0,5	20	80,0	80,0	1,00	2.040,00	11,59	927,27	1.622,73	
3	encarregado operacional	2	1,0	44	176,0	352,0	2,00	2.550,00	14,49	5.100,00	8.925,00	
4	auxiliar técnico operacional	1	1,0	44	176,0	176,0	1,00	1.530,00	8,69	1.530,00	2.677,50	
5	ajudante de operação de máquinas	4	1,0	44	176,0	704,0	2,00	1.020,00	5,80	4.080,00	7.140,00	
6	auxiliar administrativo	3	1,0	44	176,0	528,0	3,00	1.530,00	8,69	4.590,00	8.032,50	
7	balanceiro / apontador	3	1,0	44	176,0	528,0	3,00	1.530,00	8,69	4.590,00	8.032,50	
8	vigia (noturno)	3	1,0	44	176,0	528,0	2,00	1.020,00	5,80	3.060,00	5.355,00	
9	auxiliar de serviços gerais	10	1,0	44	176,0	1.760,0	1,50	765,00	4,35	7.650,00	13.387,50	
10	Topógrafo ^(**)	1			40,0	40,0			14,49	579,55	1.014,20	1.014,20
11	auxiliares de topografia ^(**)	2			40,0	80,0			5,80	463,64	811,36	811,36
									totais	36.140,45	63.245,80	1.825,57

Como se pode notar, os custos passam a ser bastante elevados quando o porte do aterro é grande, exigindo a presença constante de profissionais técnicos e de um número maior de profissionais operacionais.

Numa análise comparativa de custos, veremos mais adiante a significativa redução dos custos operacionais dos Aterros Sanitários de Pequeno Porte – ASPP, onde tanto o tempo de dedicação como o número de profissionais envolvidos é bastante menor, tendo em vista a menor complexidade na operação deste tipo de instalação.

Com relação aos **uniformes e equipamentos de proteção**, os resultados alcançados seguem a mesma lógica dos custos estimados para os profissionais envolvidos. A variação de custos destes componentes segue proporcional e essencialmente o número de profissionais envolvidos em cada estrato populacional, assim como o tempo de dedicação e a função exercida.

Este último aspecto prepondera neste conjunto de informações, pois o uso rotineiro e o tipo de função exercida por alguns profissionais geram desgaste dos equipamentos de proteção individual, acarretando um maior número de trocas.

O Quadro 6, apresentado a seguir, também relativo à maior faixa de estrato populacional (Faixa 9 – mais de 1,5 milhão de habitantes), sintetiza os custos relativos aos uniformes e aos Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Quadro 6 – Estimativa de custos – uniformes e equipamentos de proteção individual (EPI).

Estimativa de uniformes e EPI											
peça / equipamento	custo unitário (R\$)	consumo anual por categoria profissional			nº de profissionais por categoria			custo anual por categoria profissional			custo anual por item
		categoria 1	categoria 2	categoria 3	categoria 1	categoria 2	categoria 3	categoria 1	categoria 2	categoria 3	
calça e camisa de brim	40,00	4	6	2	13	10	5	2.080	2.400	400	407
calçado (botina)	30,00	2	4	1				780	1.200	150	178
Boné	5,00	2	4	1				130	200	25	30
luva de raspa	20,00	0	12	0				0	2.400	0	200
capa de chuva	15,00	1	3	1				195	450	75	60
colete de proteção	8,00	1	3	0				104	240	0	29
	custo médio global, por mês (uniformes e EPI), em R\$ =										902,42

categoria 1: encarregado operacional, auxiliar técnico operacional, ajudante de operação de máquinas, balanceiro e vigia

categoria 2: auxiliares de serviços gerais

categoria 3: engenheiro, técnico em segurança do trabalho, auxiliar administrativo

Como se pode notar nos dados acima estimados, a presença constante de um número significativo de profissionais operacionais eleva os custos relativos a este componente dos custos globais de operação de aterros sanitários.

Entretanto, este item é o menos dentre todos os componentes de custos operacionais, sendo sobreposto pelos custos de pessoal, de equipamentos e de monitoramento – estes dois últimos apresentados na sequência deste Relatório.

Outro dado interessante sobre este componente é o fato de que alguns itens não são necessários para determinados profissionais, mas alguns são obrigatórios, considerando o grau de risco associado a determinadas funções. Este aspecto é exemplificativo da complexidade operacional deste tipo de instalação de manejo de RSU, onde acidentes de trabalho podem trazer sérias consequências aos trabalhadores envolvidos.

Com relação aos **equipamentos mecânicos**, estes são divididos em duas categorias: os de uso rotineiro e os de uso esporádico/temporário.

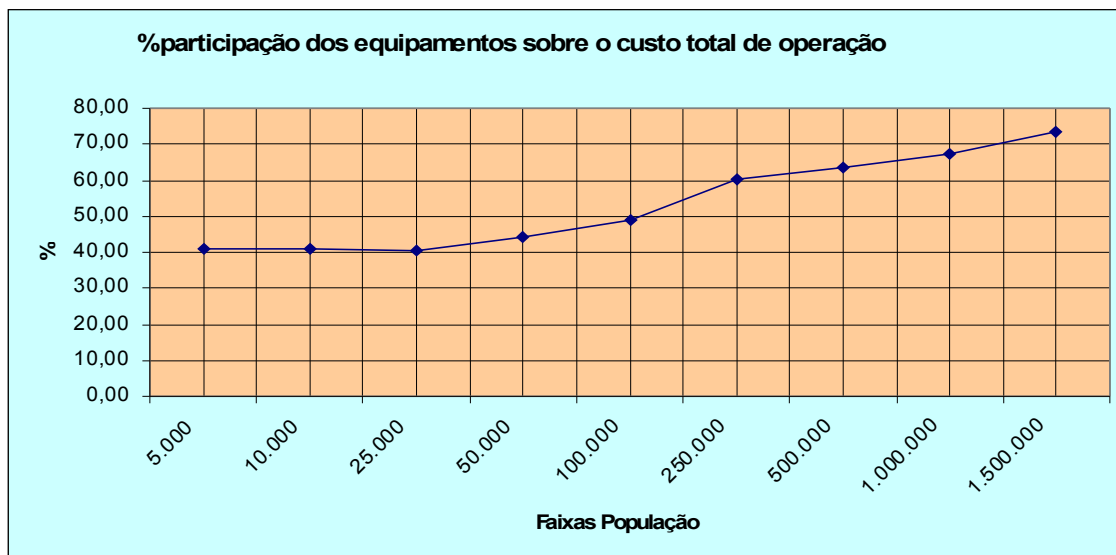
Sobre a primeira categoria – equipamentos de uso rotineiro -, podemos destacar os dados relativos ao número de tratores trabalhando de forma simultânea nos aterros. O custo mensal deste item cresce significativamente, passando de R\$ 19.620,00 na faixa 1 (municípios com até 5000 habitantes) a mais de R\$ 370.000,00 na faixa 9 (municípios com mais de 1,5 milhão de habitantes).

Logicamente, os custos relativos aos equipamentos de uso rotineiro prevalecem, percentualmente, sobre os demais, tendo em vista o porte, as características de uso e finalidade dos mesmos.

E, também por estes aspectos, este componente dos custos globais de operação de aterros se configura como a maior parcela destes custos globais.

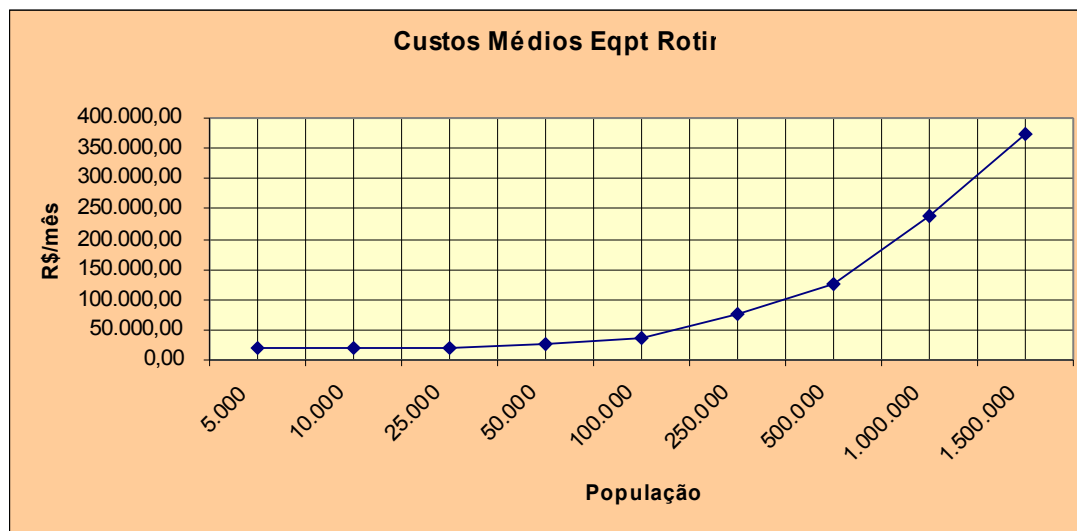
A Figura 2, a seguir, demonstra o percentual relativo aos equipamentos mecânicos no conjunto de custos operacionais, em relação aos estratos populacionais.

Figura 2 – Percentual relativo aos equipamentos mecânicos sobre os custos globais de operação de aterros sanitários.



A Figura 3, apresentada a seguir, trata dos custos mensais médios dos equipamentos de uso rotineiro – aqueles que permanecem em operação diária nas atividades relativas aos aterros. Assim como nos demais componentes, o crescimento é maior conforme evoluem os estratos populacionais, tendo em vista o aumento do número de máquinas utilizadas nos aterros de maior porte.

Figura 3 – Custos médios Mensais - Equipamentos Mecânicos de Uso Rotineiro



Com relação aos custos relativos ao monitoramento tecnológico, necessário para avaliar periodicamente os possíveis impactos gerados sobre as águas (superficiais e subterrâneas) e o solo, estes apresentam o maior equilíbrio identificado no conjunto de componentes de custos operacionais: há apenas três níveis de custos.

Para a definição destes custos, foi necessário definir os parâmetros a serem aferidos, de acordo com o estabelecido na legislação vigente de controle ambiental, verificando-se a eficácia e eficiência dos dispositivos de tratamento de efluentes (estação de tratamento e lagoas de estabilização).

Para cada estrato (e, portanto, para cada tipo de instalação), foram considerados sempre dois pontos de amostragem junto ao manancial de águas superficiais porventura existentes no entorno das unidades de disposição final de RSU.

Também devem ser instalados pontos de amostragem em pontos estratégicos das áreas dos aterros, como a montante do sistema de tratamento de efluentes, e a jusante dos módulos das lagoas, dentre outros, conforme as características dos aterros.

No presente estudo, foram identificados quatro valores constantes para os níveis de estratos populacionais, a seguir descritos:

- ✓ R\$ 2.522,00 para os estratos 1,2 e 3 (de 5.000 a 25.000 habitantes);
- ✓ R\$ 3.467,75 para os estratos 4,5 e 6 (de 50.000 a 250.000 habitantes);
- ✓ R\$ 5.044,00 para o estrato 7 (referente a municípios com aproximadamente 500.000 habitantes; e
- ✓ R\$ 5.674,50 para os estratos 8 e 9 (mais de 500.000 a 1,5 milhão de habitantes).

A leitura principal deste componente é que há certa racionalidade de procedimentos de monitoramento, o que condiz com o acompanhamento periódico do funcionamento do aterro e dos dispositivos de controle ambiental. Isso garante a manutenção destes serviços, importantes não apenas ao longo do período de funcionamento do aterro, mas também para o período após o encerramento das atividades no mesmo, onde o monitoramento é obrigatório pela legislação vigente.

Por fim, para completar os componentes de custos operacionais de aterros sanitários, há um conjunto de dados relativos a **serviços, bens e atividades complementares**, como o consumo de energia elétrica, ferramentas e outros materiais de consumo.

Este componente é o de mais difícil dimensionamento, considerando a diversidade de realidades com as quais estamos tratando. Entretanto, foram estimados alguns itens, definidos de forma arbitrária, mas com base na experiência profissional acumulada, conforme indicou o Engº Cássio Velloso em seus estudos que subsidiaram a elaboração deste Relatório.

Com exceção dos estratos iniciais (1 e 2), pela especificidade de suas características (muito próximas ao ASPP), os demais estratos contam com os custos relativos ao funcionamento e manutenção de balanças rodoviárias – situação que eleva os custos referentes a este componente – não de forma significativa, mas elevam.

Neste sentido, o Quadro 7, a seguir, apresenta os custos relativos ao conjunto de itens vinculados ao componente outros custos operacionais.

Quadro 7 – Estimativa de custos – outros custos.

Estratos populacionais	Custo Mensal (R\$)
5.000	3.222,22
10.000	3.240,52
25.000	3.295,84
50.000	4.256,61
100.000	4.567,51
250.000	6.073,81
500.000	8.284,22
1.000.000	12.285,50
1.500.000	15.564,86

1.3. Resultados Finais – Compilação de resultados - Custos operacionais de aterros sanitários convencionais

Os resultados finais deste estudo são bastante significativos, tendo em vista a formatação e sistematização de dados e informações relativas aos componentes estruturadores da operação de uma unidade tão complexa como um aterro sanitário.

Estes resultados, assim como já observado em vários momentos deste Relatório Técnico, foram alcançados graças à disponibilização da metodologia desenvolvida pelo Engº Cássio Humberto Versiani Velloso e aos resultados iniciais alcançados pelos estudos desenvolvidos pelo mesmo profissional, sem os quais seria impossível a consecução deste estudo.

Inicialmente, cabe destacar que cada um dos componentes da operação de um aterro sanitário é fundamental para a perfeita atividade operacional, e que os custos estimados para cada um deles foram devidamente pesquisados e estabelecidos de forma a configurar um cenário mais próximo da realidade.

Outro aspecto importante é que, apesar do estudo estar referenciado ao Estado de Minas Gerais, as planilhas geradas estão preparadas para receber e alterar, automaticamente, os dados específicos de cada região do país. Este mecanismo foi previsto pelo Engº Cássio Velloso em suas planilhas referenciais e mantido neste estudo, tendo em vista o objetivo principal da contratação deste trabalho – o de estruturar um conjunto de dados e informações relativas aos custos de implantação e de operação das diversas instalações de apoio à gestão e ao manejo de resíduos sólidos por todo o território brasileiro.

Iniciamos a apresentação dos resultados com os esclarecimentos de que a totalidade de informações das planilhas consta dos anexos deste Relatório Técnico, e que os custos apresentados estão sendo estimados para os três primeiros anos de funcionamento dos aterros sanitários, após sua implantação.

Portanto, a seguir, serão apresentados os principais resultados do estudo, de forma resumida, iniciando-se com as informações contidas no Quadro 8 – Custo Operacional de Aterros Sanitários Convencionais por Estratos Populacionais, que inclui o custo médio mensal – objeto da última coluna deste quadro.

Quadro 8 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais

			massa a aterrar	pessoal		uniformes e EPI	equipamentos mecânicos		monitoramento	outros custos	custo médio total mensal, no 1º triênio (R\$/mês)
faixas de população beneficiária		ano	massa média mensal de resíduos a aterrar (t/mês)	remuneração do pessoal próprio incumbido da operação do aterro (inclusive encargos)	custos com prestadores de serviços eventuais	custos com uniformes e equipamentos de proteção individual (pessoal próprio)	custo total com equipamentos de uso rotineiro	custo total com equipamentos de uso periódico	custo total com o monitora-mento ambiental	outros custos operacionais do aterro	
5.000	1	2013	98,55	20.641,09	365,11	310,17	19.616,49	1.251,09	2.522,00	3.222,22	47.928,17
		2014	98,81	20.641,09	365,11	310,17	19.617,61	1.251,09	2.522,00	3.222,22	47.929,29
		2015	99,07	20.641,09	365,11	310,17	19.618,74	1.251,09	2.522,00	3.222,22	47.930,42
10.000	2	2013	197,50	20.641,09	365,11	310,17	20.038,13	1.600,66	2.522,00	3.240,52	48.717,68
		2014	198,13	20.641,09	365,11	310,17	20.040,81	1.600,66	2.522,00	3.240,52	48.720,36
		2015	198,76	20.641,09	365,11	310,17	20.043,50	1.600,66	2.522,00	3.240,52	48.723,05
25.000	3	2013	496,80	21.979,84	365,11	367,58	21.313,45	2.650,04	2.522,00	3.295,84	52.493,87
		2014	499,15	21.979,84	365,11	367,58	21.323,46	2.650,04	2.522,00	3.295,84	52.503,88
		2015	501,51	21.979,84	365,11	367,58	21.333,51	2.650,04	2.522,00	3.295,84	52.513,93
50.000	4	2013	1.268,88	23.152,26	547,67	367,58	27.692,03	3.218,67	3.467,75	4.256,61	62.702,58
		2014	1.276,84	23.152,26	547,67	367,58	27.719,33	3.218,67	3.467,75	4.256,61	62.729,88
		2015	1.284,86	23.152,26	547,67	367,58	27.746,80	3.218,67	3.467,75	4.256,61	62.757,35
100.000	5	2013	2.729,17	24.815,56	547,67	425,00	36.107,78	3.611,80	3.467,75	4.567,51	73.543,07
		2014	2.751,93	24.815,56	547,67	425,00	36.179,46	3.611,80	3.467,75	4.567,51	73.614,75
		2015	2.774,87	24.815,56	547,67	425,00	36.251,74	3.611,80	3.467,75	4.567,51	73.687,03
250.000	6	2013	7.722,94	32.020,47	912,78	560,92	77.019,05	8.192,54	3.467,75	6.073,81	128.247,33
		2014	7.799,27	32.020,47	912,78	560,92	77.259,48	8.192,54	3.467,75	6.073,81	128.487,75
		2015	7.876,36	32.020,47	912,78	560,92	77.502,28	8.192,54	3.467,75	6.073,81	128.730,55
500.000	7	2013	17.232,20	41.046,89	1.460,45	671,33	127.187,96	16.522,69	5.044,00	8.284,22	200.217,54
		2014	17.420,27	41.046,89	1.460,45	671,33	127.793,37	16.522,69	5.044,00	8.284,22	200.822,94
		2015	17.610,40	41.046,89	1.460,45	671,33	128.405,38	16.522,69	5.044,00	8.284,22	201.434,96
1.000.000	8	2013	35.900,84	61.095,68	1.460,45	881,33	236.410,71	33.101,01	5.674,50	12.285,50	350.909,18
		2014	36.259,85	61.095,68	1.460,45	881,33	257.820,50	33.101,01	5.674,50	12.285,50	372.318,98
		2015	36.622,45	61.095,68	1.460,45	881,33	258.987,71	33.101,01	5.674,50	12.285,50	373.486,19
1.500.000	9	2013	53.851,26	63.245,80	1.825,57	902,42	373.161,40	48.384,75	5.674,50	15.564,86	508.759,29
		2014	54.389,77	63.245,80	1.825,57	902,42	374.894,89	48.384,75	5.674,50	15.564,86	510.492,78
		2015	54.933,67	63.245,80	1.825,57	902,42	376.645,70	48.384,75	5.674,50	15.564,86	512.243,60

Os resultados deste quadro são sintetizados pela Figura 4, apresentada a seguir, gráfico gerado a partir das informações constantes do Quadro 8.

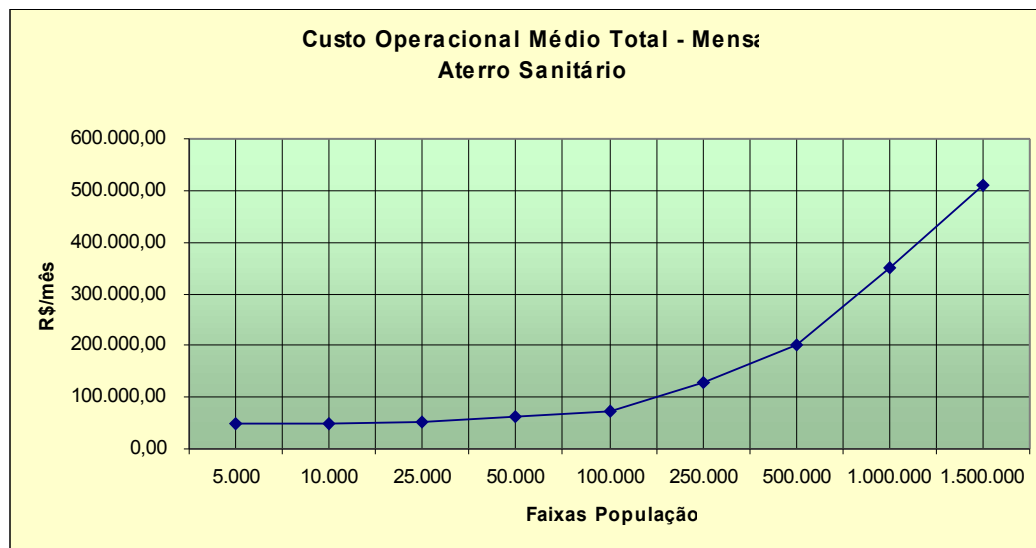
É possível notar que a curva gerada pelas informações que contemplam a totalidade dos custos operacionais de um aterro sanitário tem um comportamento até certo ponto previsível, pois cresce numa maior proporção nas faixas que contém os maiores estratos populacionais. Ou seja, o

crescimento é maior quanto maiores as amplitudes do conjunto de população existente nas localidades onde serão implantadas estas instalações.

É possível notar que, a partir da faixa que contempla os municípios com mais de 100.000 habitantes, o índice de crescimento comparativamente à faixa anterior eleva-se mais fortemente.

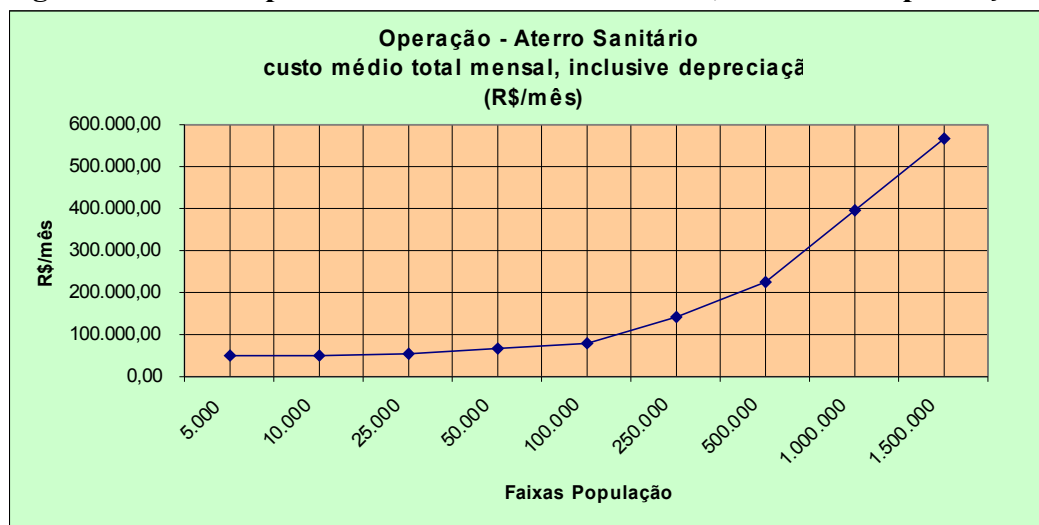
Como dito anteriormente, este resultado é extremamente justificado, por conta do número de máquinas utilizadas e do percentual relativo que este componente cumpre na totalidade dos componentes – importância demonstrada na Figura 2.

Figura 4 – Custo Operacional Médio Total - Mensal



Outra informação que possui o mesmo comportamento demonstrado na figura anterior é o custo total operacional que contém os aspectos de depreciação. Este item está relacionado e contido na planilha completa – disponível no Anexo 1 deste Relatório Técnico – e apresenta o mesmo comportamento registrado nos custos médios totais, como pode ser visto na Figura 5, a seguir, gerada a partir dos dados constantes do Quadro 9, à frente.

Figura 5 – Custo Operacional Médio Total – Mensal, incluindo Depreciação



Os dados apresentados com detalhes a seguir, pelo Quadro 9, demonstram o caráter de finitude destas instalações, associado à vida útil efetiva das mesmas. Como bem destacado pelo Engº Cássio Velloso, “ao final desse relativamente extenso período, restará um passivo ambiental que deverá ser monitorado e mantido adequadamente,..... e cujo valor residual restringir-se-á,, à perspectiva de exploração dos gases neles gerados e/ou da biomassa neles acumulada”.

Sugere-se, portanto, que, antes de esgotada sua capacidade operacional, seja realizado novo investimento voltado à implantação de outras instalações destinadas a substituir os aterros em operação. Com base nesta avaliação, foi prevista a inserção dos custos inerentes à aquisição das áreas para implantação de novos aterros sanitários, em conjunto com os custos estimados à sua implantação, considerando o tempo de vida útil adotado no presente estudo - 30 anos.

Segundo avaliação do Engº Cássio Velloso, os “valores deveriam ser explicitamente incorporados às taxas e/ou tarifas a serem cobradas dos seus beneficiários pela adequada disposição dos RSU por eles gerados”. Com isso, certamente haverá aplicação segura dos investimentos realizados, conferindo, ao Município ou ao Consórcio, a condição financeira necessária para implantar as futuras instalações - que substituirão os aterros sanitários esgotados.

Voltando à análise dos resultados, é possível verificar, analisando-se comparativamente as Figuras 4 e 5, que o comportamento dos aterros é semelhante, teoricamente. Certamente haverá variações de custos e de depreciação das instalações, dependendo de aspectos como a capacidade econômica e financeira dos responsáveis pelo aterro, as condições climatológicas, os materiais utilizados em sua construção, e, também, os valores de mão de obra e de horas técnicas (de profissionais e de equipamentos) adotados na mais variadas regiões do país. Sobre este último aspecto, cabe lembrar que as planilhas estão preparadas para serem alteradas, com a inserção de dados regionalizados, e gerar resultados condizentes com o concluído por este estudo.

Quadro 9 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais – Média Mensal com Depreciação

faixas de população beneficiária		ano	custo médio total mensal, no 1º triênio (R\$/mês)	depreciação (*)	custo médio total mensal, inclusive depreciação (R\$/mês)
5.000	1	2013	47.928,17	2.311,66	50.239,84
		2014	47.929,29	2.311,66	50.240,96
		2015	47.930,42	2.311,66	50.242,08
10.000	2	2013	48.717,68	2.587,07	51.304,74
		2014	48.720,36	2.587,07	51.307,42
		2015	48.723,05	2.587,07	51.310,11
25.000	3	2013	52.493,87	3.435,94	55.929,81
		2014	52.503,88	3.435,94	55.939,82
		2015	52.513,93	3.435,94	55.949,87
50.000	4	2013	62.702,58	4.590,26	67.292,84
		2014	62.729,88	4.590,26	67.320,14
		2015	62.757,35	4.590,26	67.347,61
100.000	5	2013	73.543,07	6.172,50	79.715,57
		2014	73.614,75	6.172,50	79.787,26
		2015	73.687,03	6.172,50	79.859,54
250.000	6	2013	128.247,33	13.483,16	141.730,48
		2014	128.487,75	13.483,16	141.970,91
		2015	128.730,55	13.483,16	142.213,71
500.000	7	2013	200.217,54	24.312,13	224.529,67

		2014	200.822,94	24.312,13	225.135,08
		2015	201.434,96	24.312,13	225.747,09
		2013	350.909,18	43.948,48	394.857,67
1.000.000	8	2014	372.318,98	43.948,48	416.267,46
		2015	373.486,19	43.948,48	417.434,67
		2013	508.759,29	59.570,53	568.329,82
1.500.000	9	2014	510.492,78	59.570,53	570.063,30
		2015	512.243,60	59.570,53	571.814,12

Por fim, cabe apresentar os dados relativos aos custos operacionais e sua divisão por tonelada e por habitante, gerando os custos operacionais “individualizados” nestes dois aspectos – peso (tonelada) e moradores (*per capita*) -, que poderá subsidiar o estabelecimento de taxa de limpeza urbana a fim de garantir a sustentabilidade econômica e financeira destas instalações. Estas informações estão contidas no Quadro 10, a seguir.

Em ambos os casos, a redução é semelhante em termos proporcionais, demonstrado mais claramente pelos gráficos apresentados pelas Figuras 6 e 7.

Quadro 10 – Custos Operacionais de Aterros Sanitários por Estratos Populacionais – Custos Médios Unitários – por tonelada e *per capita* - Média Mensal com Depreciação

faixas de população beneficiária		ano	custo médio unitário, inclusive depreciação (R\$/t)	custo médio unitário, inclusive depreciação (R\$/beneficiário)
5.000	1	2013	509,81	9,94
		2014	508,46	9,91
		2015	507,11	9,89
10.000	2	2013	259,77	5,07
		2014	258,96	5,05
		2015	258,15	5,03
25.000	3	2013	112,58	2,20
		2014	112,07	2,19
		2015	111,56	2,18
50.000	4	2013	53,03	1,19
		2014	52,72	1,19
		2015	52,42	1,18
100.000	5	2013	29,21	0,70
		2014	28,99	0,70
		2015	28,78	0,69
250.000	6	2013	18,35	0,50
		2014	18,20	0,49
		2015	18,06	0,49
500.000	7	2013	13,03	0,39
		2014	12,92	0,39
		2015	12,82	0,38
1.000.000	8	2013	11,00	0,38
		2014	11,48	0,40
		2015	11,40	0,39
1.500.000	9	2013	10,55	0,36
		2014	10,48	0,36
		2015	10,41	0,36

As Figuras 6 e 7, apresentadas a seguir, possuem comportamento semelhante, como demonstram os dados constantes do Quadro 10, acima. Este comportamento segue a tendência

identificada nos estudos iniciais, datados de 2002, e que corroboram as conclusões de que, conforme aumenta a escala de ação do manejo de resíduos sólidos, os custos unitários são reduzidos.

Figura 6 – Custo Operacional Médio – Por Peso – incluindo Depreciação

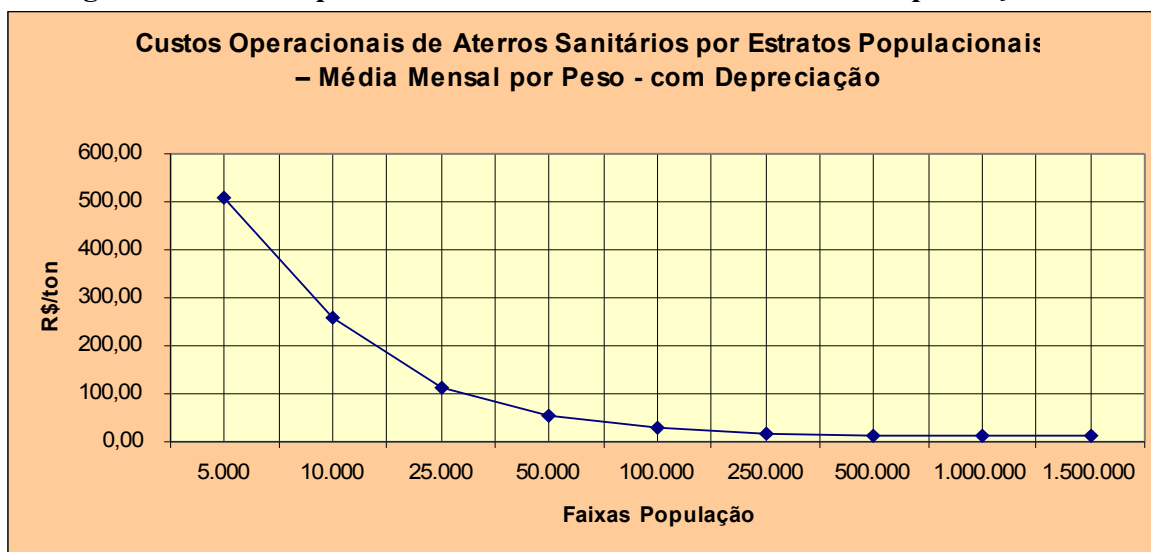
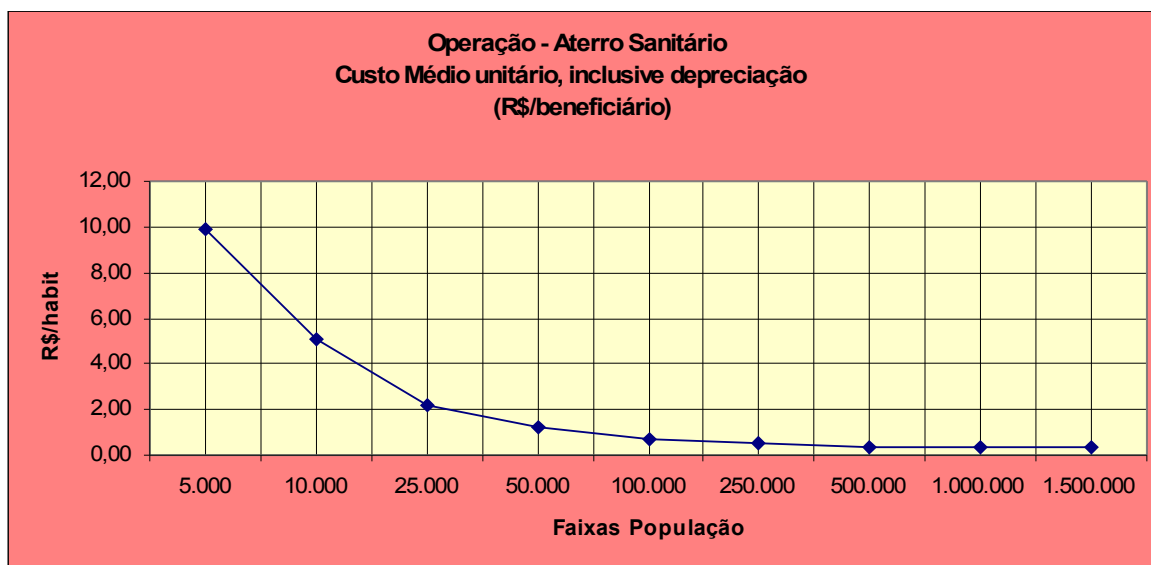


Figura 7 – Custo Operacional Médio – Per Capta – incluindo Depreciação



2. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERACIONAIS PARA ATERROS SANITÁRIOS DE PEQUENO PORTE – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.

2.1. Parâmetros de Referência

Os Aterros Sanitários de Pequeno Porte – ASPP – são uma modalidade de aterro sanitário, sendo destinados a receber resíduos sólidos urbanos num limite máximo de 20 toneladas diárias, em situações em que possam ser adotadas técnicas mais simplificadas na concepção do sistema (incluindo a adequação dos sistemas de proteção ambiental), sem que haja prejuízo do objetivo de minimização dos impactos negativos ao ambiente e à saúde pública.

Os ASPP são instalações bastante específicas por suas características, não apenas por sua simplificação comparativamente aos equipamentos de grande porte, mas também por seu porte menor, o que indica, inclusive, que sua operação será predominantemente manual nos modelos utilizados nas pequenas cidades. E esta característica inicial já se reflete diretamente nos custos operacionais, comparativamente aos aterros sanitários convencionais.

Assim como demonstrado na parte inicial deste Relatório Técnico, os estudos referentes aos custos de implantação e de operação dos ASPP seguem as divisões populacionais por estratos, limitados aos valores máximos de 30 mil habitantes.

Quadro 11 – Estratos populacionais para dimensionamento dos custos de implantação e operacionais - ASPP

Faixa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
nº habitantes	1.000	2.500	5.000	7.500	10.000	12.500	15.000	17.500	20.000	25.000	30.000

As diretrizes para implantação de aterros sanitários de pequeno porte foram estabelecidas por normas como a resolução CONAMA nº 404, de 2008, e pela norma ABNT NBR nº 15.849 de 2010, que definiram o conjunto de exigências legais mais simplificadas, considerando a realidade brasileira em que predominam os municípios com pequena população, pouca capacidade de gestão administrativa e extrema limitação de recursos financeiros e técnicos para a prestação dos serviços.

Neste sentido, foi considerada – e demonstrada pelo conteúdo das referidas normas - a possibilidade de simplificação de algumas estruturas e sistemas que poderiam ser simplificados sem comprometer a capacidade de proteção do ambiente (e de seus elementos formadores) e da saúde humana. Esta simplificação está representada, inclusive, na existência facultativa de determinados elementos, em razão das características e do cenário onde estará inserido o ASPP – localidades que geram pequenas quantidades de resíduos e as características destes resíduos.

Resgatando o conteúdo apresentado no RT 1 deste Consultor, cabe destacar os principais aspectos constantes da NBR 15849:2010, dentre eles as definições relativas aos ASPP, em conformidade com as tipologias existentes, sucintamente demonstradas no Quadro 12, a seguir.

Quadro 12 – Tipologias de Aterro Sanitário de Pequeno Porte - ASPP

Tipo	Definição
ASPP	Aterro sanitário para disposição de resíduos sólidos urbanos, até 20 t por dia, devendo ser considerados os condicionantes físicos locais, onde a concepção do sistema possa ser simplificada, com a adequação dos sistemas de proteção ambiental, sem que haja prejuízo da minimização dos impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.
ASPP em Valas	Aterro sanitário implantado através da escavação de valas com profundidade limitada e largura variável, confinadas em três lados e com operação mecanizada.
ASPP em Trincheiras	Aterro sanitário implantado através da escavação sem limitação de profundidade e largura, com confinamento em três lados e operação mecanizada
ASPP em Encosta	Aterro sanitário implantado com o uso de taludes pré-existentes, comumente instalado em áreas cujo relevo apresente ondulações ou depressões naturais
ASPP em Área	Aterro sanitário implantado em áreas planas, com a disposição dos resíduos sobre o terreno natural

Para este estudo, consideramos a tipologia dos aterros sanitários em valas, forma adotada de maneira mais comum por todo território brasileiro e muito mais próximo da realidade e das características das áreas utilizadas pelos municípios – os vazadouros ou lixões.

Para início dos estudos relativos à determinação de custos estimados de implantação e de operação de ASPP, é necessário dimensionar estas instalações, assim como adotado nos estudos anteriormente apresentados, relativos aos aterros sanitários convencionais.

Inicialmente, foi adotado um prazo máximo de 20 anos de vida útil deste tipo de empreendimento, diferentemente dos 30 anos relativos aos aterros convencionais. Além disso, há distinção entre alguns tipos de ASPP, sendo que os de menor porte possuem condição técnica e estrutura adequadas para sua operação manual. Como veremos em seguida, apenas os aterros indicados para os municípios com população acima de 7.500 habitantes terão sua operação mecanizada.

Outros dados de referência e importantes de serem destacados são, além da população beneficiada:

- ✓ Quantidade de resíduos a aterrar;
- ✓ Volumes de resíduos aterrados e cobertura diária; e
- ✓ Dimensionamento das valas.

Estes dois últimos aspectos são importantes para definição da forma de operação e da utilização do maquinário para as atividades de abertura de vala e/ou recobrimento das mesmas (periodicamente e ao final – encerramento das valas).

Neste sentido, os quadros a seguir demonstram os resultados dos cálculos de dimensionamento dos ASPP para a implantação dos mesmos que, por sua vez, orientarão a elaboração dos custos de operação.

Cabe destacar que, para este dimensionamento, foram pesquisados e utilizados, como referência, estudos desenvolvidos pelo Engº José Alberto da Mata Mendes, no âmbito de contratos estabelecidos pelo PMSS (Programa de Modernização do Setor de Saneamento), vinculado ao Ministério das Cidades.

O primeiro quadro de informações reflete o conjunto de dados importantes para a definição dos conjuntos de aterros de pequeno porte que compõem o modelo proposto pelo MMA.

O Quadro 13, apresentado a seguir, contém diversos dados referenciais que subsidiarão a elaboração de projetos de implantação dos ASPP. Assim como nos estudos relativos aos aterros convencionais, as planilhas utilizadas estão referenciadas para o Estado de Minas Gerais, mas com capacidade de propiciar os mesmos resultados com a inserção de dados das demais regiões brasileiras.

Quadro 13 – Dimensionamento de ASPP

DIMENSIONAMENTO DE ATERROS SANITÁRIOS DE PEQUENO PORTE - ASPP - (vida útil de 20 anos)										
pop. em 2009 (hab)	Tipo de operação / presença de retro escav.	área do empreendimento		dados - vala			quantid. de valas por ano (unid)	quantid. total de valas (unid)	volumes médios (ton)	
		área necessária (ha)	área total do empreendimento (m ²)	profundid. da vala (m)	largura no fundo (m)	comprim. no fundo (m)			Vol. médio estimado (t/dia)	Vol. médio estimado (t/ano)
1.000	manual / não	0,8	7.733,7	3,0	3,0	17,0	2,1	42	0,54	198,89
2.500	manual / não	1,7	17.072,7	3,0	3,0	30,0	3,1	62	1,36	497,22
5.000	manual / não	2,7	27.341,6	3,5	3,5	42,0	3,3	65	2,72	994,43
7.500	manual / não	3,5	34.790,8	4,0	4,0	47,0	3,3	67	4,09	1.491,65
10.000	mecanizada / sim	5,3	52.667,4	3,5	3,5	45,0	6,1	122	5,45	1.988,86
12.500	mecanizada / sim	5,7	56.789,9	4,0	4,0	45,0	5,8	116	6,81	2.486,08
15.000	mecanizada / sim	6,7	67.294,0	4,0	4,0	50,0	6,3	126	8,17	2.983,29
17.500	mecanizada / sim	6,9	69.146,8	4,5	4,5	50,0	5,8	115	9,54	3.480,51
20.000	mecanizada / sim	7,7	76.948,6	4,5	5,0	50,0	6,1	123	10,90	3.977,72
25.000	mecanizada / sim	8,8	87.636,5	5,0	5,0	50,0	6,6	133	13,62	4.972,15
30.000	mecanizada / sim	10,4	103.551,0	5,0	5,0	60,0	6,7	134	16,35	5.966,58

Para este dimensionamento, assim como adotado nos estudos relativos aos aterros sanitários convencionais, considerou-se a hipótese de que 100% dos resíduos gerados pela população de cada estrato, fossem dispostos nos referidos aterros sanitários.

Logicamente, pretende-se, ao adotar o modelo tecnológico proposto pelo MMA e conforme avançar o atendimento à Lei Federal nº 12.305/2010, reduzir o encaminhamento dos resíduos para aterramento com a implantação de outras instalações. Entretanto, para o mais amplo enquadramento e dimensionamento dos aterros, é necessário indicar as possibilidades máximas de cada porte.

Para a composição deste quadro apresentado acima, exemplificamos o conjunto das informações que compõem este estudo, através dos Quadros 14 e 15, a seguir, representativos das duas extremidades de estratos populacionais – municípios com até 1.000 habitantes e municípios com número de habitantes entre 25.000 e 30.000.

Quadro 14 – Dimensionamento de ASPP – Estrato Populacional 1 – 1.000 habitantes

Ordem	Ano	População (hab)	Cobertura da coleta (%)	População atendida (hab)	Per capita (kg/hab/d)	Quantidade de resíduos a aterrar			Volume dos resíduos aterrados e cobertura diária					
						diária	anual (365 dias)	acumul. anual	compactados		estabilizados anualmente	(resíduos aterrados no ano+cobert = 10%)	volume acumulado anualmente	
									diário	anual				
									(kg)	(t)	(t)			(0,3 t/m³)
						(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)		
0	2009	1.000	80	800	0,6	80	75	75	,60	0	35	292	385,4	385
1	2010	1.010	85	859	0,6	15	88	63	,72	6	37	605	413,6	799
2	2011	1.020	90	918	0,6	51	01	64	,84	2	40	940	442,3	1.241
3	2012	1.030	92	948	0,6	69	08	72	,90	5	41	1.286	456,7	1.698
4	2013	1.041	94	978	0,6	87	14	86	,96	8	42	1.643	471,3	2.169
5	2014	1.051	96	1.009	0,6	05	21	07	,02	2	44	2.012	486,1	2.655
6	2015	1.062	97	1.030	0,6	18	25	33	,06	1	45	2.388	496,1	3.152
7	2016	1.072	98	1.051	0,6	30	30	63	,10	0	46	2.771	506,2	3.658
8	2017	1.083	99	1.072	0,6	43	35	97	,14	0	47	3.162	516,5	4.174
9	2018	1.094	100	1.094	0,6	56	40	37	,19	9	47	3.562	526,9	4.701
10	2019	1.105	100	1.105	0,6	63	42	79	,21	4	48	3.965	532,2	5.233
11	2020	1.116	100	1.116	0,6	69	44	23	,23	9	48	4.372	537,5	5.771
12	2021	1.127	100	1.127	0,6	76	47	70	,25	4	49	4.783	542,9	6.314
13	2022	1.138	100	1.138	0,6	83	49	19	,28	8	49	5.199	548,3	6.862
14	2023	1.149	100	1.149	0,6	90	52	71	,30	3	50	5.618	553,8	7.416
15	2024	1.161	100	1.161	0,6	97	54	25	,32	9	50	6.042	559,4	7.975
16	2025	1.173	100	1.173	0,6	04	57	82	,35	4	51	6.470	564,9	8.540
17	2026	1.184	100	1.184	0,6	11	59	41	,37	9	51	6.902	570,6	9.111
18	2027	1.196	100	1.196	0,6	18	62	03	,39	4	52	7.339	576,3	9.687
19	2028	1.208	100	1.208	0,6	25	65	68	,42	9	52	7.780	582,1	10.269
20	2029	1.220	100	1.220	0,6	32	67	35	,44	4	53	8.225	587,9	10.857
		pop. média anual: 1.087 habit.								volume médio anual =		523,6	m³	

Os volumes médios anuais estimados para o estrato populacional inicial representam cerca de 3% do volume médio anual do estrato final deste estudo. Este dado indica que a diferença entre estes estratos irá se refletir nos custos unitários, com redução significativa destes custos por beneficiário e por tonelada disposta, conforme demonstrado a seguir.

Quadro 15 – Dimensionamento de ASPP – Estrato Populacional 11 – 30.000 habitantes

Ordem	Ano	População (hab)	Cobertura da coleta (%)	População atendida (hab)	Per capita (kg/hab/d)	Quantidade de resíduos a aterrar			Volume dos resíduos aterrados e cobertura diária				
						diária	anual (365 dias)	acumul. anual	compactados		estabilizados anualmente	(resíduos aterrados no ano + cobert = 10%)	volume acumulado anualmente
									diário	anual			
									(0,3 t/m³)	(0,5 t/m³)			
						(kg)	(t)	(t)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
0	2009	30.000	80	24.000	0,6	14.400	5.256	5.256	48,00	10.512	8.760	11.563,2	11.563
1	2010	30.300	85	25.755	0,6	15.453	5.640	10.896	51,51	11.281	18.161	12.408,8	23.972
2	2011	30.603	90	27.543	0,6	16.526	6.032	16.928	55,09	12.064	28.214	13.270,1	37.242
3	2012	30.909	92	28.436	0,6	17.062	6.228	23.156	56,87	12.455	38.593	13.700,6	50.943
4	2013	31.218	94	29.345	0,6	17.607	6.427	29.582	58,69	12.853	49.304	14.138,4	65.081
5	2014	31.530	96	30.269	0,6	18.161	6.629	36.211	60,54	13.258	60.352	14.583,6	79.665
6	2015	31.846	97	30.890	0,6	18.534	6.765	42.976	61,78	13.530	71.627	14.882,9	94.548
7	2016	32.164	98	31.521	0,6	18.912	6.903	49.879	63,04	13.806	83.132	15.186,7	109.734
8	2017	32.486	99	32.161	0,6	19.297	7.043	56.922	64,32	14.086	94.871	15.495,1	125.229
9	2018	32.811	100	32.811	0,6	19.686	7.186	64.108	65,62	14.371	106.847	15.808,1	141.038
10	2019	33.139	100	33.139	0,6	19.883	7.257	71.365	66,28	14.515	118.942	15.966,2	157.004
11	2020	33.470	100	33.470	0,6	20.082	7.330	78.695	66,94	14.660	131.159	16.125,9	173.130
12	2021	33.805	100	33.805	0,6	20.283	7.403	86.099	67,61	14.806	143.498	16.287,1	189.417
13	2022	34.143	100	34.143	0,6	20.486	7.477	93.576	68,29	14.955	155.960	16.450,0	205.867
14	2023	34.484	100	34.484	0,6	20.691	7.552	101.128	68,97	15.104	168.546	16.614,5	222.481
15	2024	34.829	100	34.829	0,6	20.897	7.628	108.755	69,66	15.255	181.259	16.780,6	239.262
16	2025	35.177	100	35.177	0,6	21.106	7.704	116.459	70,35	15.408	194.099	16.948,5	256.210
17	2026	35.529	100	35.529	0,6	21.317	7.781	124.240	71,06	15.562	207.067	17.117,9	273.328
18	2027	35.884	100	35.884	0,6	21.531	7.859	132.099	71,77	15.717	220.165	17.289,1	290.617
19	2028	36.243	100	36.243	0,6	21.746	7.937	140.036	72,49	15.875	233.394	17.462,0	308.079
20	2029	36.606	100	36.606	0,6	21.963	8.017	148.053	73,21	16.033	246.755	17.636,6	325.716
		pop. média anual:		32.602	habit.					volume médio anual =		15.707,6	m³

Outro esclarecimento fundamental sobre este dimensionamento está relacionado à abertura de valas. Este aspecto tem como pressuposto a escavação da menor vala possível, integrando o melhor controle ambiental com o critério operacional.

Isso significa que, nos aterros manuais (implantados em municípios com população de até 9.000 habitantes) onde não se prevê a presença constante de uma retro escavadeira, é admitida uma frequência menor de abertura de valas. Ou seja, deve ser aberta uma nova vala a cada 4 meses.

Já nos aterros com operação mecanizada (indicados para implantação em municípios com população a partir de 10.000 habitantes), prevê-se a abertura de nova vala a cada 2 meses, o que poderá ser feito, gradativamente, pelo equipamento colocado à disposição do empreendimento.

Neste último cenário, é importante destacar que a utilização de equipamentos mecânicos pode ser contínua ou periódica, de acordo com os volumes a serem aterrados, as características locais e a capacidade operacional do empreendimento, em relação aos recursos disponíveis.

Ainda em relação à etapa de dimensionamento dos ASPP, apresentamos, a seguir, os gráficos representativos dos volumes médios (diário e anual) de RSU a serem aterrados, gráficos estes constantes das Figuras 8 e 9, abaixo.

Figura 8 – Volumes Médios Diários por Estrato Populacional

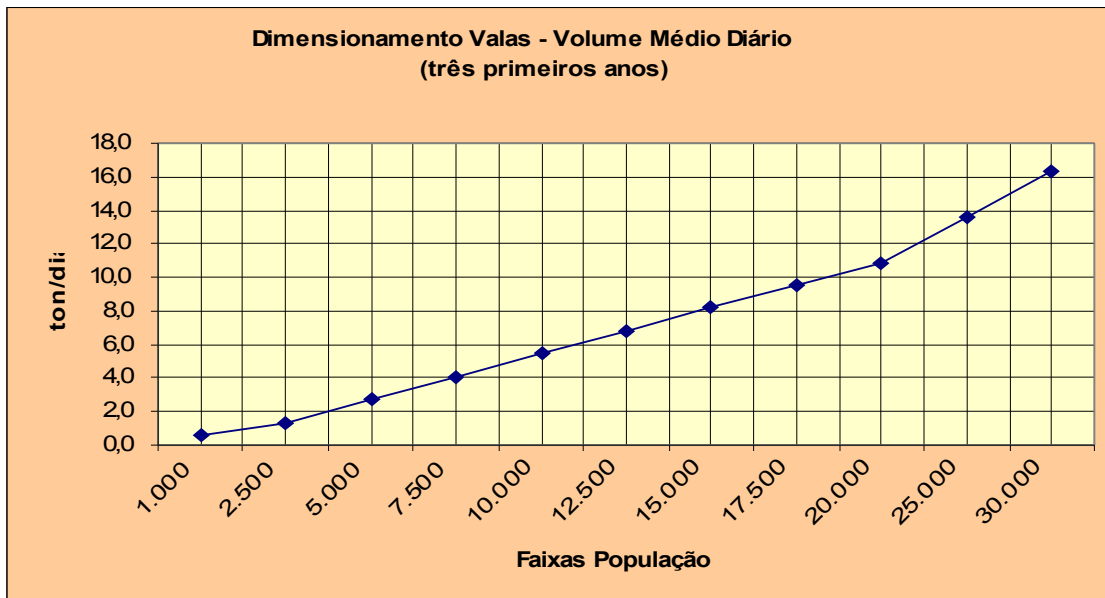
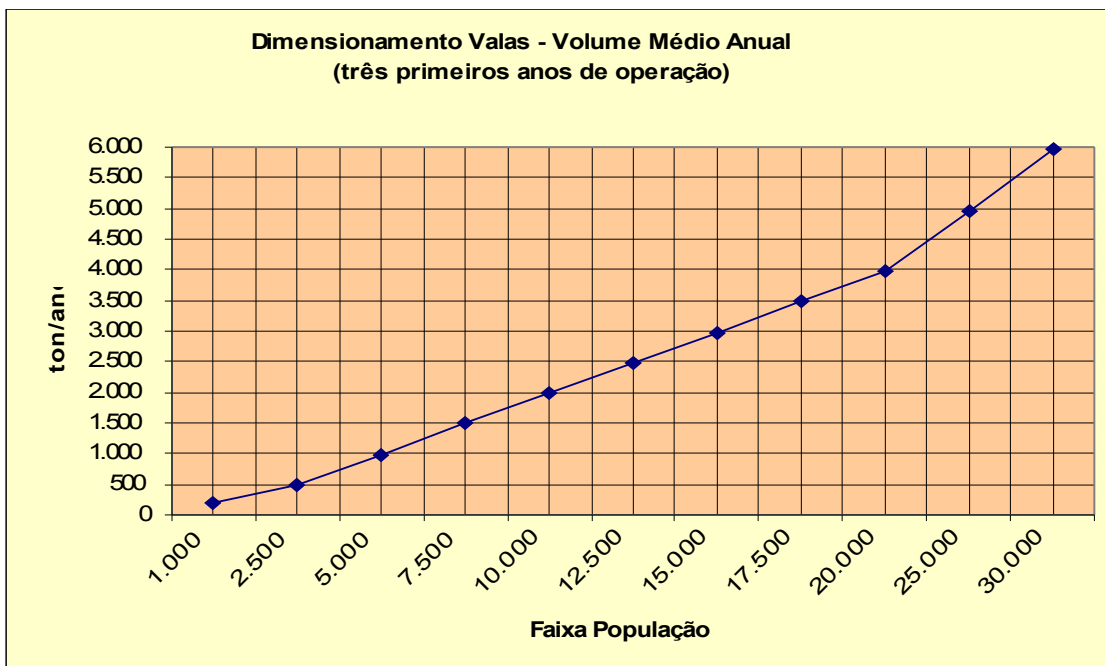


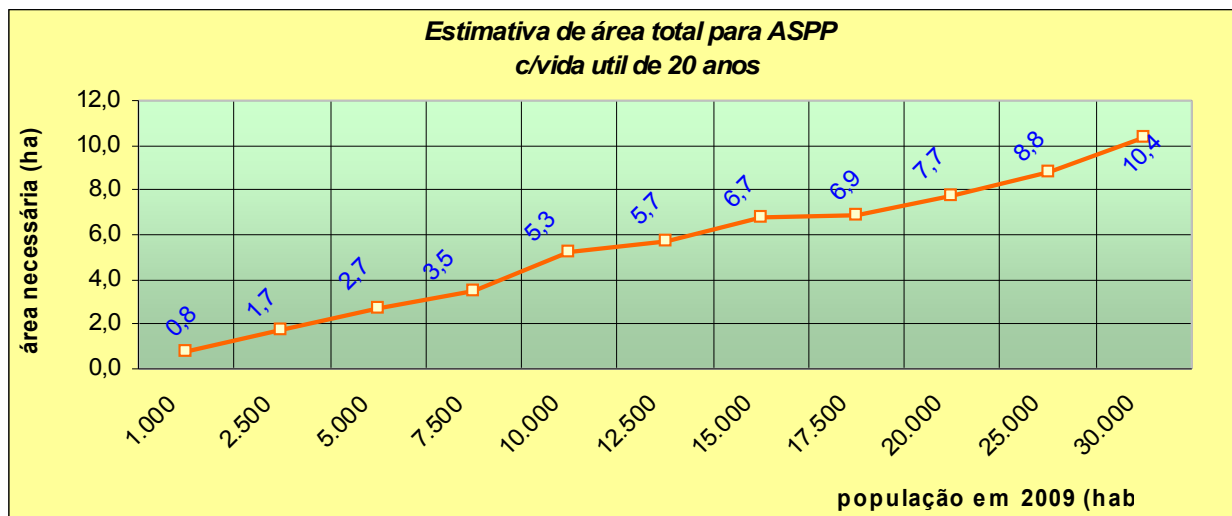
Figura 9 – Volumes Médios Anuais por Estrato Populacional



A partir destas informações iniciais, é possível identificar outros dados importantes para o dimensionamento dos aterros de pequeno porte, como o tamanho e as dimensões dos aterros, e a frequência de abertura das valas, de acordo com a periodicidade indicada anteriormente, dependendo da tipologia do ASPP.

Para este aspecto, foram determinados o dimensionamento das valas e a quantificação anual de abertura das mesmas – representados pelas Figuras 10 e 11, a seguir.

Figura 10 – Estimativa de área necessária para implantação de ASPP por Estrato Populacional



A figura anterior demonstra as dimensões mínimas (0,8ha) e máximas (10,4ha) dos ASPP, para cumprimento de suas funções de recebimento de RSU para cada estrato populacional..

O conjunto de dados apresentado indica que, em municípios dentro da faixa de até 10.000 habitantes, a curva de crescimento das dimensões necessárias é um pouco mais acentuada se comparada com os demais trechos do gráfico. Mas isso não representa efetivamente um custo muito maior em sua implantação ou no seu funcionamento, como demonstrado na sequência deste Relatório Técnico.

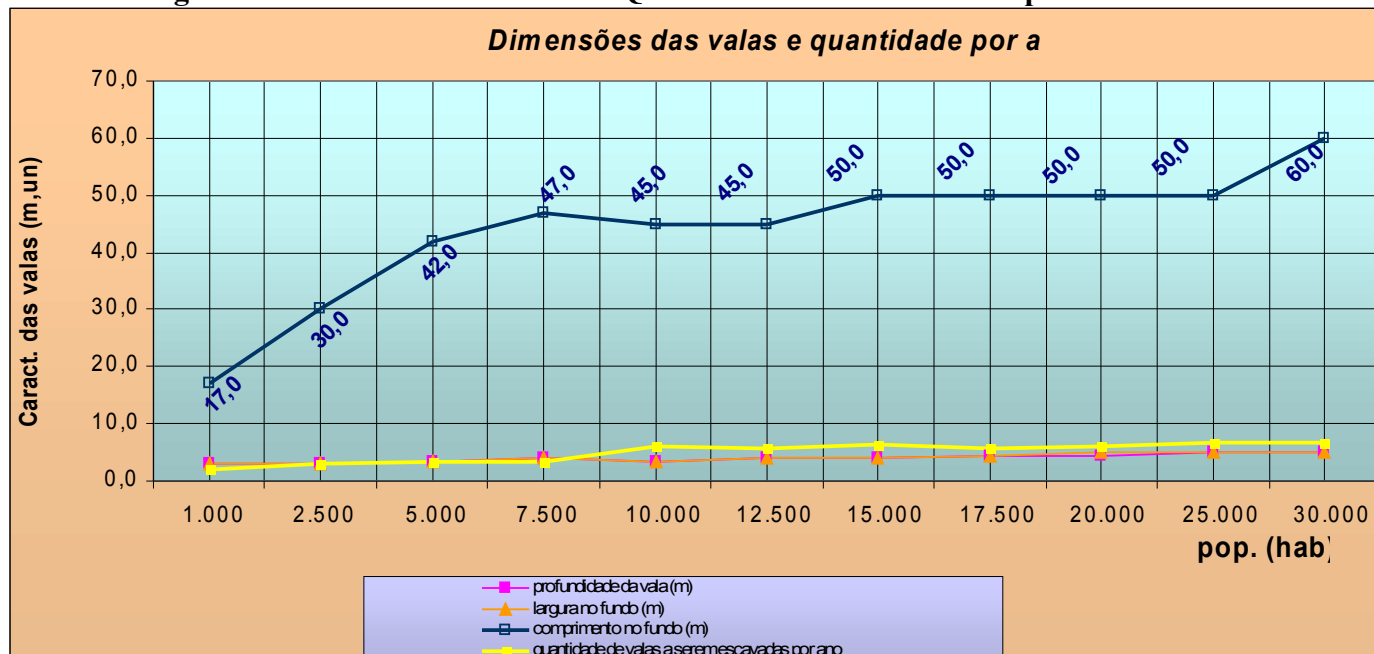
Já a Figura 11, apresentada na sequência, indica as dimensões das valas (profundidade, largura e comprimento) e a quantidade de valas a serem abertas anualmente, para cada estrato populacional. Neste caso, é possível identificar dois “momentos” de variação mais acentuada: o primeiro no intervalo entre os estratos populacionais iniciais (de 1.000 a 7.500 habitantes) e no intervalo “final”, entre 25.000 e 30.000 habitantes.

Este crescimento diferenciado pode ser explicado pelo crescimento populacional (índices maiores nestes estratos, conforme indicadores do IBGE), bem como o uso de equipamentos mecânicos nos estratos a partir da faixa de 10.000 habitantes – situação favorecida pela utilização de equipamentos mecanizados para abertura de um número não muito grande de valas.

A quantidade total de valas é determinante para as dimensões finais dos aterros, mesmo considerando os critérios para adoção da tipologia mais adequada de ASPP – característica do solo, índices de permeabilidade, tipo de solo, capacidade de compactação, etc.

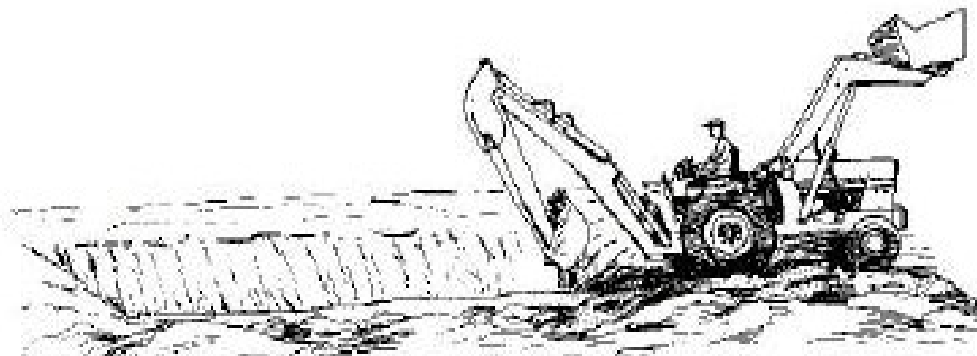
A Figura 11 também é ilustrativa no sentido de que a quantidade de valas abertas anualmente orientará os investimentos e a programação de utilização dos equipamentos mecanizados, permitindo a otimização destes recursos por parte do prestador de serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos – seja o município ou o conjunto de municípios (através do Consórcio Público). Este aspecto é relevante pelas razões já descritas, como as limitações existentes nos municípios de menor porte, de recursos humanos e materiais à disposição das atividades vinculadas à prestação de serviços públicos de manejo de RSU.

Figura 11 – Dimensões das Valas e Quantidade de Valas Abertas por Ano



A figura a seguir (Figura 12) ilustra o processo de abertura das valas, a partir do uso e utilização de equipamentos mecânicos.

Figura 12 – Abertura de Valas – Equipamentos Mecânicos



2.2. Estimativas de Custos de Investimentos para Implantação de Aterros Sanitários de Pequeno Porte

Pelas características dos ASPP, assim como a realidade dos locais para onde há indicação para sua implantação, as instalações previstas para os aterros é bastante simplificada.

Para esta modalidade de aterro sanitário, reduzem-se bastante as necessidades e a complexidade das instalações, pois a operação será bastante reduzida bem como o volume de resíduos a serem dispostos diariamente.

Na configuração inicial, foram consideradas as diretrizes para implantação de aterros em vala estabelecidas pelo órgão ambiental do Estado de São Paulo – a CETESB – Companhia de Tecnologia Ambiental -, onde são previstas ações como a remoção da vegetação e limpeza do terreno – podendo ser realizadas, inicialmente, apenas nas áreas onde serão abertas as primeiras valas -, o cercamento da área, a implantação da portaria – para controle do acesso dos veículos e impedimento do acesso de pessoas e animais -, a implantação dos acessos e vias internas – para movimentação dos veículos que promoverão a descarga de resíduos -, e a implantação dos sistemas de drenagem superficial – visando proteger as valas e as características da área.

Os dados referenciais estabelecidas pela CETESB para aterros em valas são os apresentados no quadro abaixo:

Quadro 16 – Dados de Referência para Aterros em Valas – CETESB/2005

item	unidade	
Demanda aterro	4	t/dia
Vida Útil	10	anos
Área aterro	10.000	m²
Áreas complementares	10.000	m²
Área total	20.000	m²
Portão	7	m
Perímetro	593	m

Vários destes itens podem ser implantados após o início do funcionamento e da operação do ASPP, dependendo das características locais, da época do ano e outros aspectos afins.

Neste sentido, foram delimitadas as intervenções voltadas à implantação inicial dos ASPP aos seguintes elementos:

- ✓ Cercamento da área em mourão com fechamento com cerca de arame;
- ✓ Portão de entrada em perfil metálico - duas folhas;
- ✓ Guarita em alvenaria; e
- ✓ Entrada de energia - simples

Ações como a abertura de valas e a implantação de canaletas de drenagem poderão ser estimadas a posteriori – como o foram – e consideradas como custos operacionais. No item referente aos custos operacionais, tais aspectos serão lembrados.

Assim, como custos relativos à implantação dos ASPP, foram considerados os aspectos acima descritos e estimados conforme indicado nos Quadros 17a e 17b, abaixo.

Um detalhe interessante existente nestes quadros é que o custo efetivamente variável é o relativo ao cercamento da área, tendo em vista o crescimento das dimensões (área total e perímetro) para cada porte do ASPP (definido pela tonelada diária recebida). Ou seja, este item é principal responsável pelo crescimento dos custos de implantação dos ASPP, verificado pelo gráfico ilustrativo expresso na Figura 13.

Quadro 17a – Custos de Implantação de ASPP por Capacidade de recebimento de RSU (ton/dia)

Demanda aterro (t/dia)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vida Útil (anos)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Área (m²)	9.500	14.000	16.500	20.000	23.500	27.000	30.500	34.000	37.500	41.000
Perímetro (m)	383	473	523	593	663	733	803	873	943	1.013

Tipo de serviço										
Cercamento em mourão com fechamento em arame liso	11.503,07	14.206,14	15.707,85	17.810,24	19.912,63	22.015,02	24.117,40	26.219,79	28.322,18	30.424,57
Portão de entrada em perfil metálico - duas folhas - 7 m	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75
Guarita em alvenaria	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49
Entrada de energia - simples	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24

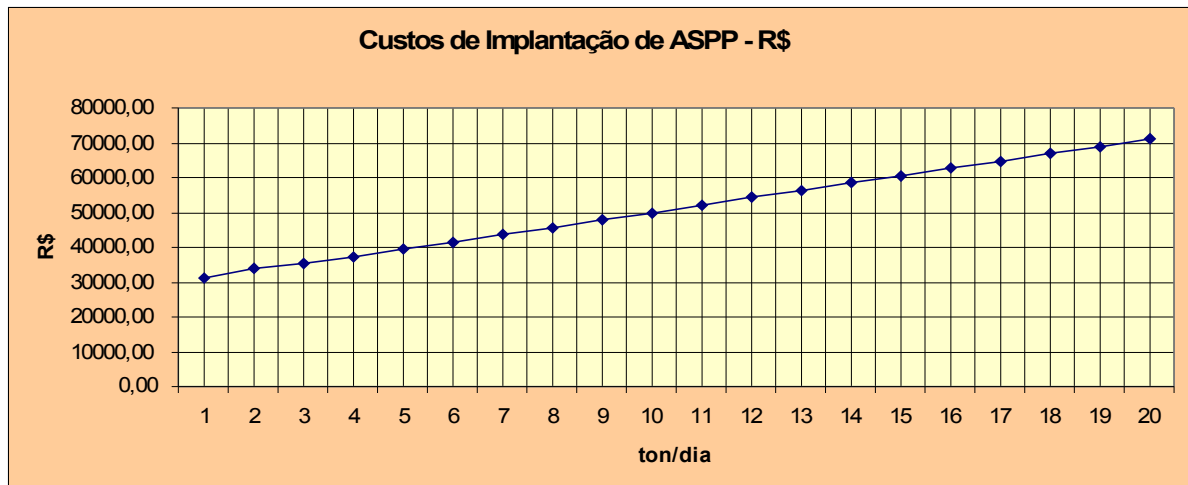
Quadro 17b – Custos de Implantação de ASPP por Estrato Populacional

Demanda aterro (t/dia)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Vida Útil (anos)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Área (m²)	44.500	48.000	51.500	55.000	58.500	62.000	65.500	69.000	72.500	76.000
Perímetro (m)	1.083	1.153	1.223	1.293	1.363	1.433	1.503	1.573	1.643	1.713

Tipo de serviço/R\$										
Cercamento em mourão com fechamento em arame liso	32.526,96	34.629,35	36.731,74	38.834,13	40.936,52	43.038,90	45.141,29	47.243,68	49.346,07	51.448,46
Portão de entrada em perfil metálico - duas folhas - 7 m	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75	2.316,75
Guarita em alvenaria	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49	5.035,49
Entrada de energia - simples	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24	12.207,24

A Figura 13, a seguir, ilustra os dados expressos no quadro anterior, demonstrando o crescimento linear dos investimentos necessários à implantação de um ASPP, considerando-se as especificidades das instalações necessárias ao início da operação deste empreendimento.

Figura 13 – Custos de Implantação de ASPP



Cabe destacar que este comportamento não é similar ao dos aterros convencionais por razões das mais diversas, mas, principalmente, por aspectos relacionados à simplificação dos elementos estruturadores de um ASPP, como visto no início deste tópico.

Outro dado importante para análise dos diferenciais entre modalidades de aterro é a utilização ou não de equipamentos mecanizados. Nos aterros convencionais, o uso destes equipamentos ocorre em quase todas as faixas populacionais, enquanto que, nos ASPP, esta utilização é reduzida, principalmente na implantação dos mesmos.

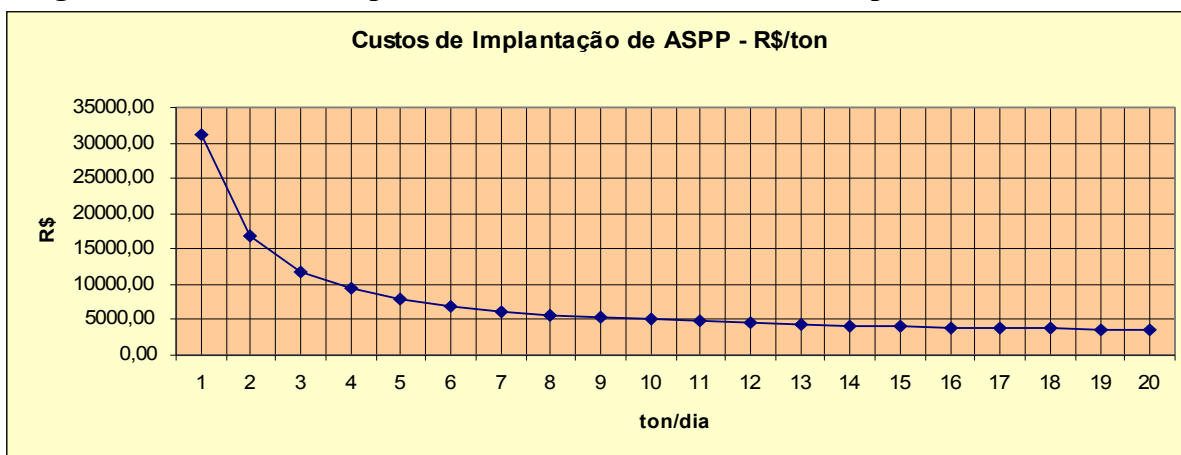
Há que se considerar, também nesta avaliação comparativa, que, nos ASPP, as edificações são mínimas, tendo em vista a simplicidade de suas instalações e a permanência de poucos funcionários efetivamente – como pode ser verificado no próximo item relativo aos custos de operação dos ASPP.

Em síntese, entre os principais itens que diferenciam os ASPP dos aterros convencionais, nos aspectos relativos à implantação, estão: as dimensões dos aterros, a utilização de equipamentos mecânicos, e, por fim, o número de edificações presentes nas áreas.

Conforme demonstrado pela Figura 13, anterior, os custos iniciais de implantação de um ASPP giram em torno de R\$ 31.000,00, enquanto os custos máximos, relativos a um aterro com capacidade operacional de 20 toneladas diárias, estão em torno de R\$ 70.000,00.

Com relação aos custos unitários por tonelada para implantação de aterros sanitários de pequeno porte, estes adotam um comportamento semelhante ao dos aterros convencionais, com redução drástica dos custos unitários à medida que cresce o volume dos resíduos trabalhados (coletados e dispostos no aterro).

Figura 14 – Custos de Implantação de ASPP – Custo Unitário por Tonelada



Neste caso, conforme demonstra o conteúdo da Figura 14, os custos iniciais por tonelada são significativos, se comparados com os finais, girando em torno dos R\$ 30.000,00 por tonelada, reduzindo-se progressivamente até o resultado final de cerca de R\$ 3.500,00 por tonelada.

Transportando tais resultados para os custos unitários por habitante (ou por beneficiário, como adotado para os aterros sanitários convencionais, obtemos dados interessantes, semelhantes aos indicados na Figura 14.

Iniciam-se os custos unitários por habitante estimados em R\$ 31,00 para o estrato inicial de 1.000 habitantes, chegando à redução, no estrato final de 30.000 habitantes, a um custo unitário de cerca de R\$ 2,40.

O conteúdo da informação gerada pela figura demonstra claramente os princípios da economia de escala, já identificados nos demais modelos de aterros. Quanto maior a escala, menor o custo unitário, seja em relação à implantação, seja relacionado à operação dos aterros.

Este resultado reforça o argumento de que a gestão associada, através de Consórcios Públicos, é uma solução bastante viável e muito adequada à realidade brasileira – como dito anteriormente, a maioria dos municípios brasileiros possui menos de 30.000 habitantes.

2.3. Estimativas de Custos de Investimentos para Operação de Aterros Sanitários de Pequeno Porte

Com a finalização da etapa de implantação do ASPP e definidas as estimativas de custos para tal finalidade, passamos à fase de operação e recebimento dos resíduos.

Nesta etapa, passam a existir ações e atividades diretas no aterro, que incluem a abertura das valas, a execução de algumas valetas de drenagem de águas pluviais, o controle da entrada dos resíduos, a disposição no solo e a possível compactação dos mesmos – dependendo das características da área e do porte do aterro, dentre outras atividades.

Em relação ao cercamento da área, a fase de implantação do aterro promoveu o isolamento da mesma (fechamento com cercas de arame) e o controle de acesso pela portaria.

Assim, o acesso dos veículos coletores à área deverá ser feito através de portaria, onde haverá uma guarita ocupada por funcionário que fará o controle de entrada e saída dos coletores, bem com o registro das descargas, além de anotar o horário de chegada do(s) veículo(s) coletor(es) e o número da vala onde será feita a descarga, permitindo o acesso ao aterro somente dos coletores cadastrados, no horário de funcionamento estabelecido, e a descarga de resíduos domiciliares provenientes da coleta do município, além de evitar a entrada de catadores na área - não apenas por questões de segurança e de saúde pública, mas também para evitar atividades degradadoras da dignidade humana.

Entretanto, em municípios com pequena geração diária de resíduos, a movimentação de veículos coletores será limitada e este funcionário da portaria poderá ter dispensada sua permanência - neste caso, deve haver limitações físicas do acesso de pessoas estranhas à atividade. Na dispensa deste funcionário, o controle e registro passarão a ser feitos pelo próprio motorista do veículo coletor, o qual possuirá cópia da chave do portão e da guarita.

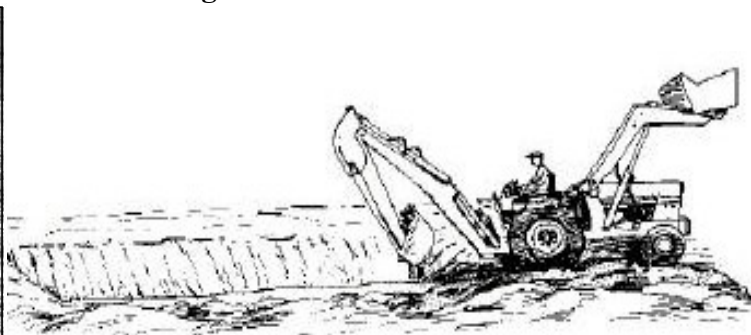
Em relação ao método de operação de um ASPP, este pode ser variável, considerando o porte do empreendimento. Num aterro de pequeno porte, as ações de operação poderão ser **manuais** – inclusive a abertura de valas, com profundidade máxima de 2,5 metros -, ou **mecanizadas** – indicadas para os estratos populacionais maiores.

As Figuras 15 a 20 indicam as atividades comuns de operação de ASPP, considerando uma instalação de maior porte, com atividades sendo desenvolvidas por equipamentos mecânicos.

Figura 15 – Abertura de Valas – ASPP

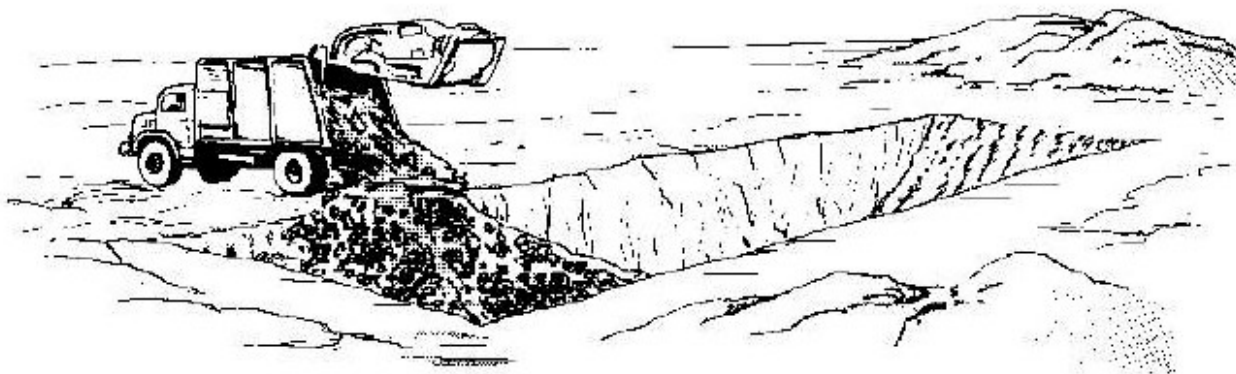


Figura 16 – Abertura de Valas - ASPP



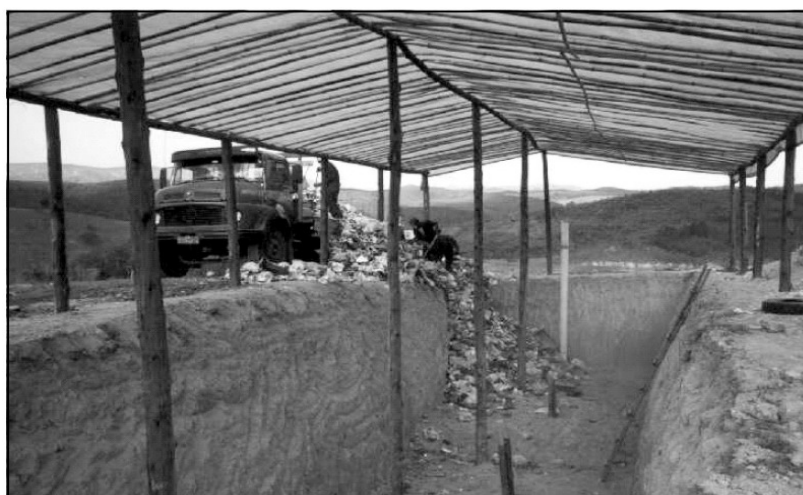
Nesta operação – abertura de valas -, cabe observar que, para municípios que compõem os primeiros estratos populacionais, há previsão de abertura de valas de forma manual.

Figura 17 - Descarga de Resíduos – ASPP



Nas condições específicas de cada município – em relação à geração diária de RSU, os veículos utilizados na coleta e transporte até o aterro poderão ser desde carroças, caminhonetas até caminhões (gaiola, basculantes ou compactadores).

Figura 18 - Descarga de Resíduos – ASPP



ilustram as 18, a orientação que a disposição na vala aberta realizada com o coletor se

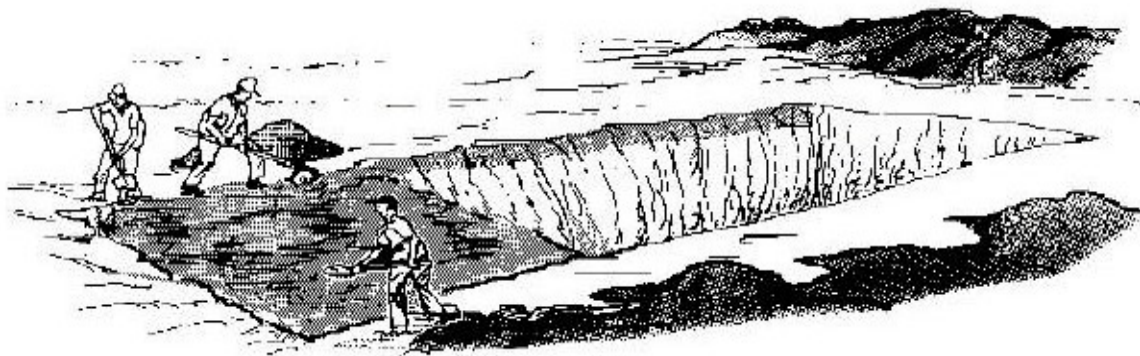
perpendicularmente ao comprimento da vala, garantindo o lançamento diretamente na vala, evitando o espalhamento em outros locais. Logo após a descarga, é interessante promover a varrição dos resíduos que possam ter se espalhado por fora da vala, iniciando-se o recobrimento dos resíduos lançados com solo.

A orientação técnica indica que os resíduos devem ser lançados sempre em um mesmo ponto até atingir o nível do terreno, deslocando-se, o coletor, para a posição lateral, imediatamente adjacente à anterior.

Por fim, cabe a orientação de que se deve evitar o lançamento em diferentes pontos dentro de uma mesma vala, bem como dispor simultaneamente em duas ou mais valas.

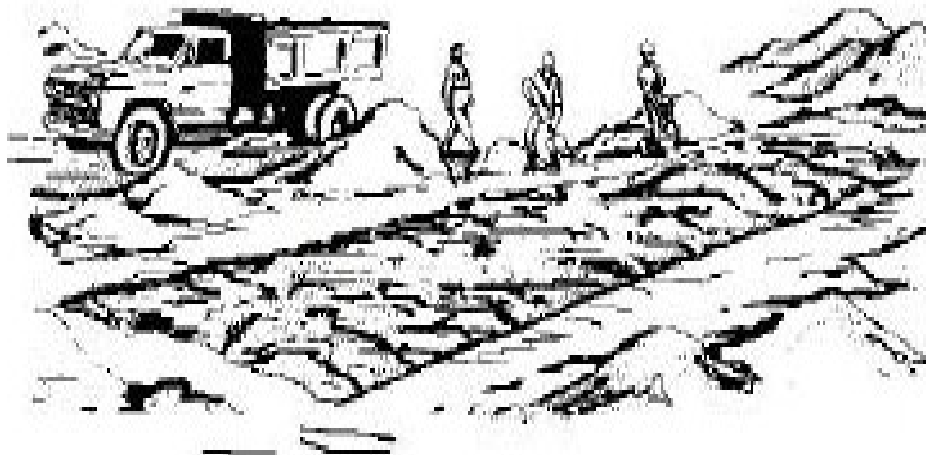
Conforme Figuras 17 e 18, a orientação técnica é de que os resíduos deverão ser lançados diretamente na vala, posicionando o veículo perpendicularmente ao comprimento da vala, garantindo o lançamento diretamente na vala, evitando o espalhamento em outros locais. Logo após a descarga, é interessante promover a varrição dos resíduos que possam ter se espalhado por fora da vala, iniciando-se o recobrimento dos resíduos lançados com solo.

Figura 19 – Espalhamento e Conformação dos Resíduos na Vala



Esta ação – espalhamento dos resíduos e configuração das valas – poderá ser realizada de forma manual (como demonstrado na figura, ou mecanicamente, com o uso de equipamentos mais simplificados (tratores mais simples). Neste caso – de uso de equipamentos mecânicos -, sua utilização será periódica e intermitente, não necessitando, na maior parte dos estratos populacionais, a permanência do equipamento de forma contínua.

Figura 20 – Encerramento de Vala



O encerramento de valas deve ser acompanhado de registros do tempo de utilização e de suas dimensões e da implantação (ou fortalecimento) dos sistemas de drenagem superficial, de maneira a ser objeto do monitoramento dos possíveis impactos às águas subterrâneas e ao solo.

As figuras apresentadas anteriormente ilustram as principais atividades operacionais em um ASPP, além daquelas previstas nos aterros sanitários convencionais (como horário de funcionamento; identificação, controle de entrada, recebimento e descarga de resíduos; por exemplo).

Demonstradas as atividades de operação dos ASPP, passamos a tratar dos custos operacionais, destacando seus principais componentes.

Assim como nos aterros convencionais, os principais componentes de custos operacionais de um ASPP são os relativos ao pessoal empregado nas atividades e aos equipamentos utilizados.

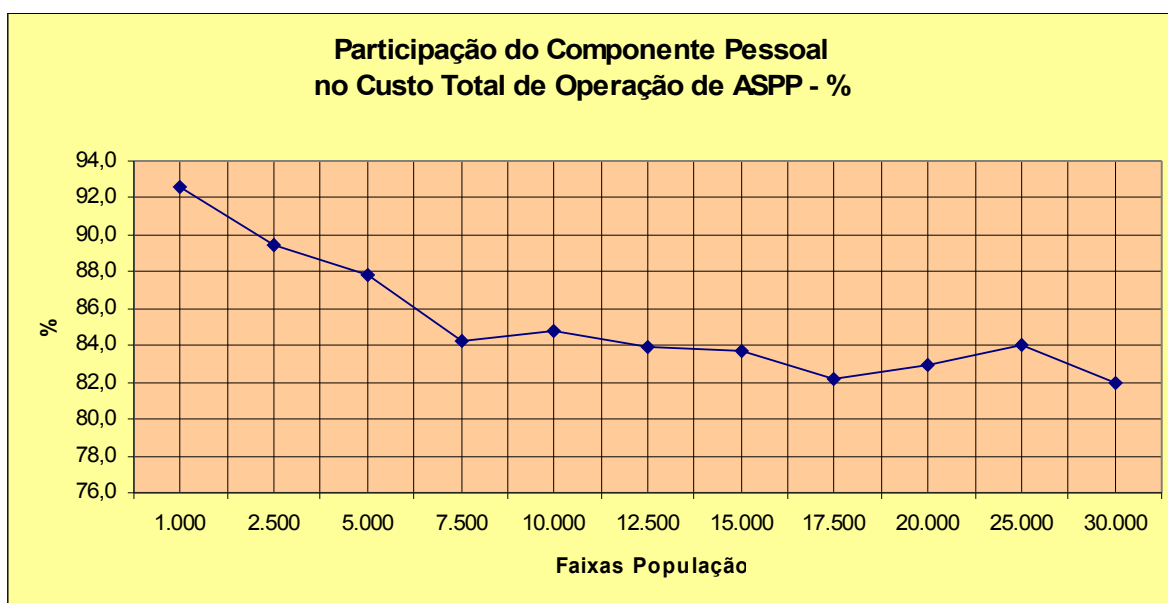
Entretanto, há um diferencial nesta parte, pois, como observado anteriormente, parte das ações previstas como de implantação – como nos casos de abertura de valas e de implantação de sistemas de proteção ambiental – nos aterros convencionais, para os ASPP são considerados como ações operacionais, sendo estes custos remanejados para esta fase.

Nos custos apresentados a seguir, foram englobados no item “abertura de valas” os custos relativos à implantação de canaletas de drenagem, que deverão ser realizadas em conjunto com a abertura de cada uma das valas para recebimento dos resíduos.

O primeiro componente é o de pessoal, que se configura no principal item de custos de um ASPP, mesmo que a equipe seja reduzida.

Os índices percentuais de participação do item *pessoal* são decrescentes de acordo com a evolução dos estratos populacionais, mas permanecem na casa dos 80% no estrato final – relativo aos municípios com 30.000 habitantes.

Figura 21 – Percentual de Participação do Componente Pessoal no Custo Total de Operação de ASPP



A participação dos custos de pessoal vai sendo reduzida em sua predominância a partir dos estratos em que surgem outros componentes, como a utilização de equipamentos mecânicos, mas também com o aumento de outras atividades operacionais.

Com relação à abertura de valas, este é um componente importante da composição dos custos totais de operação de um ASPP.

Como pode ser notada a partir da visualização do comportamento deste componente – Figura 22, a seguir –, a variação ao longo dos estratos populacionais é mais linear a partir do estrato referente aos municípios com população acima dos 7.500 habitantes.

Entretanto, há um crescimento mais acentuado nas primeiras faixas, nos estratos entre 1.000 e 7.500 habitantes. Este resultado pode ser creditado ao aumento do número de valas a serem abertas em regime manual, o que encarece o serviço. Quando este serviço passa ser mecanizado e o número de valas a serem abertas mensalmente não cresce na mesma proporção, a proporção de crescimento dos custos totais cai.

Figura 22 – Percentual de Participação do Componente Abertura de Valas no Custo Total de Operação de ASPP

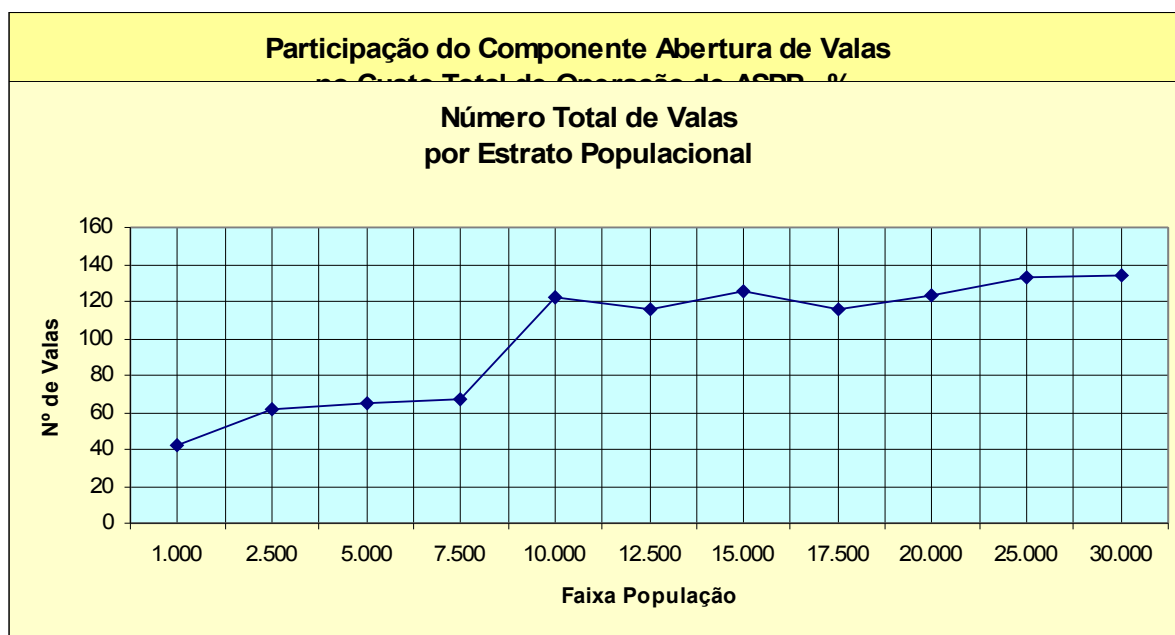


Figura 23 – Número Total de Valas por Empreendimento

Com a apresentação dos principais componentes do custo total de operação dos ASPP, é possível demonstrar a planilha que gerou estes resultados, bem como o gráfico ilustrativo dos custos totais.

Cabe destacar que o comportamento dos custos totais é bastante semelhante aos alcançados pelos aterros sanitários convencionais, situação em que os custos totais crescem, pelas razões já descritas, mas os custos *per capita* reduzem-se conforme é ampliado o número de beneficiários. Ou seja, mais uma vez fica demonstrada que a escala das ações contribui para a redução dos custos a serem absorvidos pelos seus beneficiários.

O Quadro 18, apresentado a seguir, contém a planilha gerada pela inserção de todos os componentes dos custos operacionais de um ASPP, por estrato populacional e, também, os volumes e pesos (toneladas) processados diária, mensal e anualmente.

Este quadro é bastante ilustrativo sobre cada um dos componentes e sua participação no cômputo geral de custos, permitindo a análise e o acompanhamento dos procedimentos previstos no processo de operação de uma instalação com estas características.

A planilha foi gerada tendo como referência os preços praticados no Estado de Minas Gerais, mas está preparada para receber os dados de outras regiões do país, gerando automaticamente os resultados para estas regiões. Além desta planilha, todas as demais planilhas geradas neste estudo estão disponibilizadas nos Anexos deste Relatório Técnico.

Quadro 18 – Planilha de Custos Operacionais de ASPP

Faixa População atendida (nº hab.)		1.000	2.500	5.000	7.500	10.000	12.500	15.000	17.500	20.000	25.000	30.000
nº valas total		42	62	65	67	122	116	126	115	123	133	134
abertura de valas	tipo de operação	manual	manual	manual	manual	mecanizada	mecanizada	mecanizada	mecanizada	mecanizada	mecanizada	mecanizada
	nº valas/ano	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6
	custo anual (R\$)*	5.841,30	9.946,00	18.802,24	27.504,98	21.358,47	28.045,96	31.029,57	39.460,61	42.383,62	48.949,89	58.273,68
	custo mensal (R\$)	486,78	828,83	1.566,85	2.292,08	1.779,87	2.337,16	2.585,80	3.288,38	3.531,97	4.079,16	4.856,14
	volume da vala (m³)	249,75	425,25	803,91	1.176,00	859,03	1.128,00	1.248,00	1.587,09	1.704,66	1.968,75	2.343,75
	volume de vala aberto (m³/ano)	749,25	1.275,75	2.411,72	3.528,00	5.154,19	6.768,00	7.488,00	9.522,56	10.227,94	11.812,50	14.062,50
Capacidade do aterro (t/dia)**		1	2	4	6	8	9	11	13	15	19	20
Área (m²)		9.500	14.000	20.000	27.000	34.000	37.500	44.500	51.500	58.500	72.500	76.000
pessoal (R\$/mês)		7.186,73	7.815,08	12.336,92	12.957,95	14.012,25	16.002,90	17.963,98	19.444,06	22.136,15	26.761,90	27.386,65
equiptos	uso de equipamentos (h/mês)	2,00	2,00	3,00	3,00	16,00	16,00	20,00	20,00	22,00	22,00	26,00
	equipamentos (R\$/mês)	91,41	91,41	137,11	137,11	731,26	731,26	914,07	914,07	1.005,48	1.005,48	1.188,29
custos totais	custo total mensal (R\$)	7.764,91	8.735,32	14.040,88	15.387,14	16.523,38	19.071,32	21.463,85	23.646,51	26.673,59	31.846,53	33.431,08
	custo total por habitante (R\$/hab/mês)	7,76	3,49	2,81	2,05	1,65	1,53	1,43	1,35	1,33	1,27	1,11
	custo total anual (R\$)	93.178,94	104.823,84	168.490,60	184.645,71	198.280,54	228.855,82	257.566,16	283.758,16	320.083,13	382.158,41	401.172,97
% participação do custo pessoal		92,6	89,5	87,9	84,2	84,8	83,9	83,7	82,2	83,0	84,0	81,9
% participação - abertura de vala		6,3	9,5	11,2	14,9	10,8	12,3	12,0	13,9	13,2	12,8	14,5

*custo total de escavação de valas - manual ou mecanicamente

**considerando-se o crescimento populacional e a quantidade a ser aterrada ao final do período

Outra informação importante é que, nos ASPP, os custos de encerramento das operações dos mesmos são bastante reduzidos, ao contrário do que ocorre nos aterros convencionais.

Nesta modalidade de aterro sanitário, assim como nos aterros convencionais, as ações relativas ao encerramento das operações dependem das dimensões e características construtivas do aterro. Entretanto, pelas características mais simplificadas dos ASPP, o encerramento do aterro dar-se-á gradativamente, acompanhando o encerramento da utilização das valas. Os cuidados técnicos a serem observados ao longo da operação de um ASPP são tão rígidos como os de um aterro convencional. Porém, à operação, por ser mais simplificada, basta a observação dos critérios técnicos indicados e todas as exigências poderão ser satisfeitas.

Com base no conteúdo do Quadro 18, podemos apresentar mais algumas sistematizações referentes a algumas informações relevantes sobre os custos operacionais dos ASPP.

Inicialmente, cabe destacar os valores totais mensais e anuais de operação para cada estrato populacional, informação ilustrada pelas Figuras 23 e 24, a seguir.

Figura 23 – Custo de Operação de ASPP – Mensal

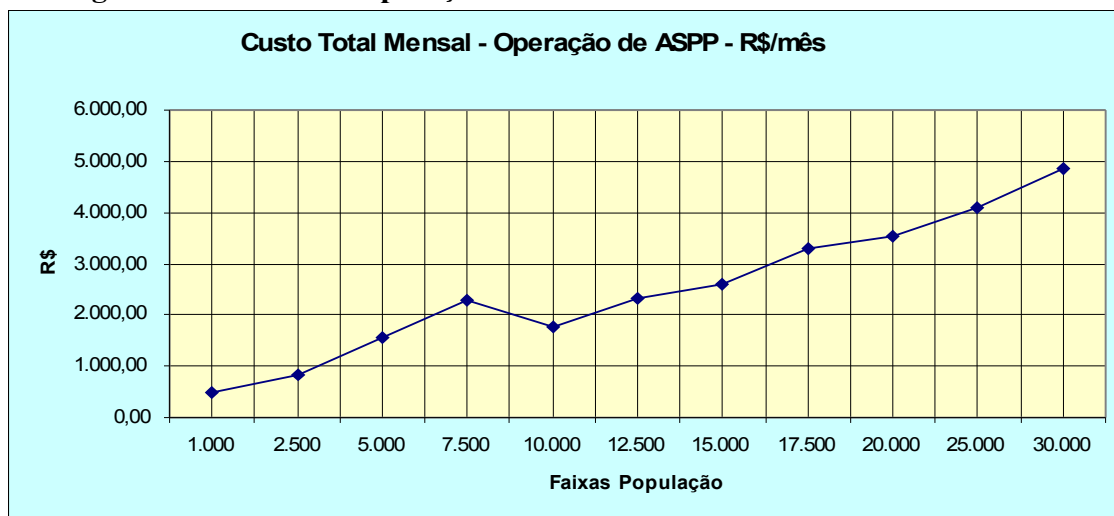
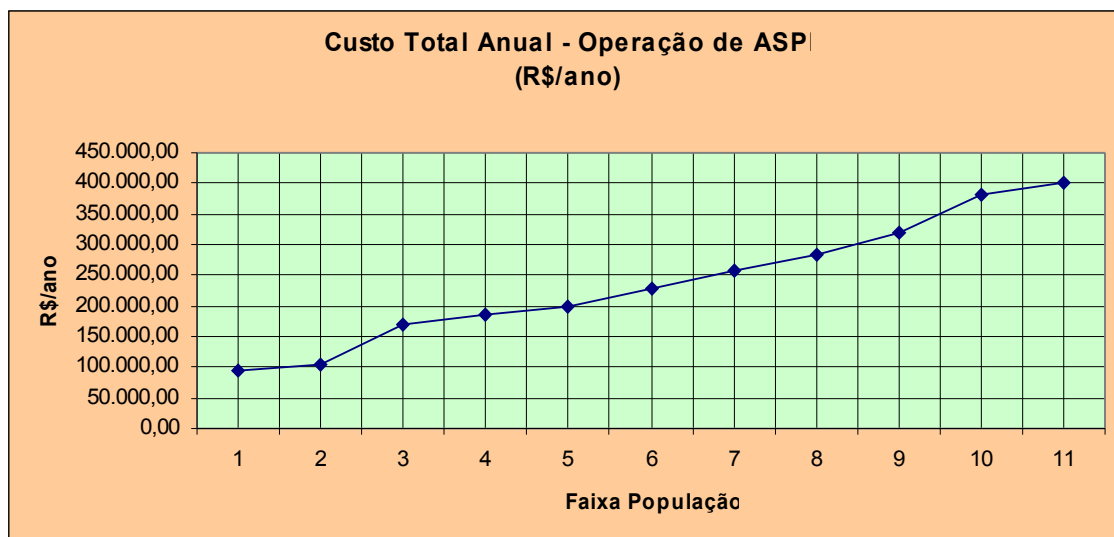


Figura 24 – Custo de Operação de ASPP – Anual



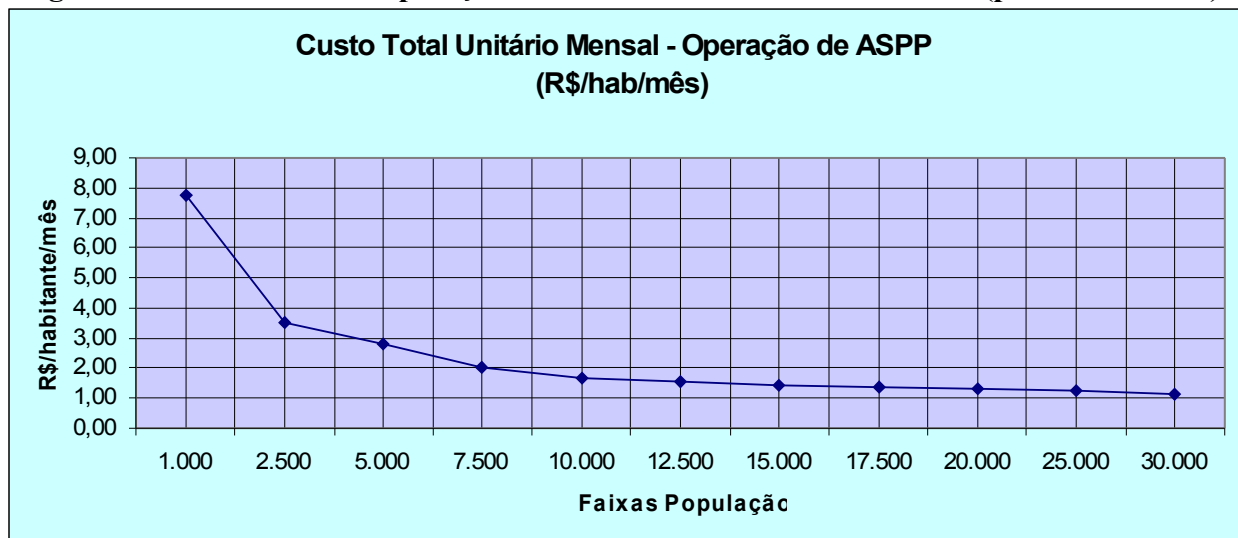
O gráfico apresentado na Figura 23 demonstra que, para o estrato inicial (municípios com 1.000 habitantes), o custo parte de quase R\$ 490,00 mensais, atingindo os valores totais de R\$ 4.856,00 no maior estrato considerado (municípios com cerca de 30.000 habitantes).

Mais uma vez, é possível notar uma queda dos custos totais entre os estratos referentes aos municípios entre 7.500 e 10.000 habitantes, resultado do início da utilização de equipamento mecânicos em algumas atividades, substituindo a mão de obra manual.

A Figura 25, apresentada a seguir, ilustra os resultados relativos aos custos unitários, ou seja, custos por habitante ou beneficiário.

Este tipo de informação é de extrema relevância para o estabelecimento futuro de taxas que garantam a sustentabilidade das operações destas instalações, de maneira a manter a oferta dos serviços.

Figura 25 – Custo Total – Operação de ASPP – Custo Unitário Mensal (por beneficiário)



Os dados relevantes apresentados por este gráfico são relacionados aos custos iniciais, dimensionados em R\$ 7,70 por habitante no primeiro estrato populacional (municípios com até 1.000 habitantes), valores que vão sendo reduzidos até a margem de R\$ 1,10 por habitante, por mês.

Esta constatação de que a escala da prestação de serviço é reforçada a cada estudo desenvolvido, seja para os aterros sanitários, seja para as demais instalações e ações previstas no modelo tecnológico proposto pelo MMA.

A redução é tão significativa que, para este caso, de operação de aterro sanitário de pequeno porte, os valores finais, para cada habitante, chegam a representar apenas 14% dos custos iniciais.

Por fim, ao final da vida útil do ASPP, cabem algumas orientações de ações, cujos custos devem estar inseridos nesta parte operacional, principalmente no aspecto relativo ao monitoramento.

A aplicação contínua dos valores alcançados por este estudo mesmo na fase pós-encerramento das operações não condiz com a realidade dos gastos, já que o monitoramento de um ASPP é muito menos complexo que o de um aterro sanitário convencional.

A realização de procedimentos investigativos e de análises a partir da constatação de algum evento deve ser garantida através de outros meios, pois são custos específicos e não continuados.

Após o encerramento as operações, é necessário promover algumas intervenções no sentido de garantir a proteção do aterro, bem como garantir sua integração ao ambiente local, como, por exemplo, garantindo as condições de relativa estabilidade.

No caso dos ASPP executados em valas, os possíveis problemas poderão ser minorados com a adoção de algumas medidas simples, tais como a manutenção final dos acessos e dos sub-sistemas de drenagem pluvial, desobstrução de canais e canaletas, aparo da grama, recondicionamento dos acessos, etc.

Estas providências podem ser realizadas pelo pessoal encarregado da operação dos ASPP, sem custos adicionais, considerando, mais uma vez, a simplicidade das instalações e das técnicas utilizadas nesta modalidade de aterro sanitário.

Como dito anteriormente, os possíveis problemas relacionados aos impactos ambientais gerados pela atividade podem ser minimizados desde a etapa inicial de seleção e escolha da área. Quando este processo de escolha é realizado de forma equivocada, sempre surgem problemas que exigem soluções gradativamente mais complexas, exigindo estruturas mais caras e que podem ser incompatíveis com esse tipo de aterro.

A operação realizada de forma criteriosa é outra condição para que não existam problemas com esta modalidade de aterro. Se os critérios técnicos operacionais forem seguidos, a etapa final - de encerramento do aterro - consistirá em operações relativamente fáceis de serem executadas e de custo muito pouco expressivo.

O processo de encerramento de um ASPP se dá na própria operação do mesmo, quando da utilização e encerramento de cada uma das valas. Um dos exemplos cuidados ao longo do processo de operação é dado pela Figura 26, a seguir, onde foram implantados dispositivos de proteção nas valas, o que certamente garantirá a qualidade das operações, bem como reduzirá os custos na fase de encerramento.

Figura 26 – Proteção das Instalações – Operação de ASPP



Ao final de todo o processo de operação do aterro, a superfície do terreno fica alterada por pequenas elevações resultantes da terra de escavação das valas mantidas em excesso no local, situação que poderá ser solucionada com pequenas ações de nivelamento da área, e plantio de vegetação de porte arbóreo e arbustivo, visando também a proteção do solo.

Estes procedimentos aceleram a reintegração da área à paisagem da região, reduzindo, inclusive, os custos de manutenção do isolamento e proteção do local.

Nas indicações e orientações dos órgãos ambientais, em especial a CETESB, de São Paulo, existem outras opções de interesse para utilização no processo de encerramento dos ASPP, a serem consideradas, como *“o aproveitamento da área à medida que o aterro vai sendo executado. Alguns meses após o aterramento de um conjunto de valas, e tendo sido o terreno convenientemente terraplenado, pode-se deslocar as cercas diminuindo a área isolada, que fica restrita apenas ao trecho em operação e àquele que ainda será utilizado. O trecho de terreno descartado, anteriormente utilizado para o aterramento do lixo, pode ser absorvido pelas culturas do entorno”*. E, por fim, que a *“experiência tem demonstrado que não são necessárias outras providências, além das mencionadas, no encerramento das atividades dos aterros sanitários em valas”*.

Estas diretrizes e orientações indicam providências simples para uma instalação que também se pretende simplificada, em conformidade com as normas legais já anteriormente referidas.

E mais, sem que estas providências resultem em custos adicionais aos aqui apresentados. Os custos porventura acrescidos são os relacionados a atividades que serão desenvolvidas pelos funcionários empregados, já inseridos no conjunto de custos operacionais, ou com emprego de equipamentos mecânicos, cujos custos também já estão contemplados nas estimativas apresentadas.

Portanto, os ASPP – Aterros Sanitários de Pequeno Porte – são instalações que permitem e propiciam o adequado gerenciamento dos RSU gerados nos menores municípios e, em conjunto com as demais instalações – ATTs, PEVs, Galpões de Triagem, Unidades de Compostagem, etc., garantem o alcance dos objetivos estabelecidos nas normas legais e nas políticas públicas de gestão dos resíduos.

3. ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS E DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA – REFERÊNCIA: ESTADO DE MINAS GERAIS.

3.1. Parâmetros de Referência

O Ministério do Meio Ambiente tem apoiado, através de ações práticas e de formalização de convênios, a constituição de consórcios públicos para a gestão de resíduos sólidos, buscando obter níveis crescentes de sustentabilidade das atividades previstas pela Lei de Saneamento (Lei Federal nº 11.445/2007) - planejamento, regulação e fiscalização, prestação dos serviços e controle social, em especial voltada ao manejo dos resíduos sólidos urbanos.

No âmbito destas ações, há necessidade de alterar o sentido de direção dos investimentos públicos federais, objetivando uma melhor aplicação destes recursos, privilegiando as iniciativas de caráter associativo e compartilhado, e não mais as de caráter isolado e pontual- com algumas exceções, conforme estabelecem as normas legais, inclusive.

Nestes últimos anos, a definição dos investimentos prioritários baseou-se nos princípios da gestão associada, da sustentabilidade econômica, financeira, social e ambiental, e na parceria entre os entes federados, buscando definir novos padrões de investimento e um novo olhar para a gestão dos resíduos sólidos.

A contratação de estudos específicos, relacionados à implantação e operacionalização de instalações de apoio ao manejo sustentável de resíduos trouxe, no bojo desta iniciativa, a perspectiva real de mudança dos paradigmas anteriores, baseados nas soluções individuais e isoladas.

Para tanto, diversos estudos específicos – realizados por equipe de Consultores – deram início à estruturação efetiva de um modelo de gestão que, pretende-se, seja implementado em todo o país, com respeito às mais diversas realidades existentes.

Neste sentido, uma das instalações presentes neste rol de instalações são as Estações de Transferência ou de Transbordo, como denominado em algumas localidades. Mas qual a finalidade de uma Estação de Transferência?

Inicialmente, devemos relembrar o cenário atual e as estruturas utilizadas na gestão e no manejo dos resíduos sólidos e apontar alguns problemas existentes.

As cidades brasileiras vêm enfrentando uma série de problemas em decorrência da expansão urbana, em especial as grandes dimensões das maiores aglomerações urbana.

Com a escassez de áreas, quaisquer instalações de manejo de resíduos sólidos enfrentam resistências da população vizinha, além do fato de que os custos para aquisição de terrenos e áreas vazias têm aumentado significativamente.

Assim, as áreas destinadas a este tipo de atividade – em especial os aterros sanitários – estão sendo implantados a grandes distâncias dos centros geradores de resíduos, elevando o custo operacional da coleta e da destinação destes resíduos, por razão dos custos de transporte.

Assim, o aumento da distância entre os pontos de coleta e de destinação final tem gerado alguns problemas como o aumento do custo do transporte de resíduos; a redução da produtividade de todos os componentes da coleta, em especial as equipes e caminhões; o atraso na consecução dos roteiros de coleta – gerando maior exposição dos resíduos não coletados; e certa ociosidade no tempo de trabalho dos coletores – gerando descompasso na rotina de coleta.

A Estação de Transferência é uma unidade física (espaço construído e adaptado para tal finalidade) destinada a receber os resíduos coletados por veículos coletores ao longo dos centros geradores (bairros residenciais, centros comerciais, etc.), e transferir estes resíduos para veículos de maior capacidade cúbica, que farão o transporte final até os aterros sanitários – áreas de destinação final.

Pelas razões descritas inicialmente, um primeiro aspecto importante é a localização das Estações de Transferência, que devem estar localizadas próximas dos centros geradores (ou centros de massa, como concebidos por alguns “lixólogos”).

Os veículos de maior capacidade propiciarão um número menor de viagens ao destino final, bem como otimizará os custos de transporte, pois um veículo substitui, pelo menos, três veículos coletores.

Conforme estudos desenvolvidos pela Equipe de Consultores do DAU/SRHU/MMA, estima-se como uma distância máxima entre pontos inicial e final de manejo de resíduos sólidos, sob determinadas condições, o valor de 30 km. Nos grandes centros urbanos, as limitações a este número estão relacionadas ao trânsito lento e às dificuldades de mobilidade, e, nos municípios de menor porte, as limitações estão relacionadas às condições das vias – geralmente em precárias condições de tráfego.

Assim, inicia-se o estabelecimento da relação entre os custos de transporte e as unidades de manejo de resíduos sólidos, incluindo as Estações de Transferência que, como já indicado, têm, dentre suas funções e finalidades, a redução nos custos de transporte dos resíduos.

A implantação de uma unidade de transbordo deve ser sempre precedida e acompanhada por um estudo de viabilidade técnica e econômica, que poderá identificar se haverá ganhos qualitativos e econômicos com sua inserção na dinâmica de manejo dos RSU.

Segundo estudos gerados por instituições e entidades ligados à temática urbana, existem três tipos de modalidade de transporte de resíduos, mas ficaremos à modalidade rodoviária, considerando a realidade brasileira.

Quanto à tipologia das Estações de Transferência, estes mesmos estudos indicam quatro tipos de unidades:

- ✓ Estações com Transbordo Direto;
- ✓ Estações com Armazenamento;
- ✓ Estações com Compactação; e
- ✓ Estações sem Compactação.

O Quadro 19, a seguir, apresenta as principais características destes tipos de unidade.

Quadro 19 – Tipos de Estação de Transferência ou de Transbordo

Tipo de Unidade	Características	Subdivisão	Observações
Estações com Transbordo Direto	Despejo por gravidade, com patamares em desnível		Custo mais baixo de implantação
			Não possui local para armazenamento de resíduos (em caso de problemas com os veículos de maior capacidade)
Estações com Armazenamento	Idem à unidade anterior, mas com parte da área destinada e preparada para armazenar os resíduos por curto período de tempo.	Estações com Compactação	Visa elevar a massa específica dos resíduos – transportar maior quantidade
		Estações sem Compactação	Silo de armazenamento e compactação
			Silo de armazenamento, com carregamento por máquina carregadeira
			Pátio de armazenamento, com carregamento por máquina carregadeira

As estimativas de custos de implantação de unidades com estas características estão vinculadas a critérios de construção civil, talvez mais próxima aos Postos de Entrega Voluntária – PEV e às Áreas de Triagem e Transbordo, unidades que foram objeto de estudos produzidos por outros Consultores do DAU/SRHU, considerando as características de cada unidade e os volumes processados/transferidos.

A definição das melhores situações para implantação das unidades de transferência está vinculada aos aspectos referentes à quantidade de resíduos coletados, as distâncias a serem percorridas entre os principais pontos de coleta e as características da frota de veículos utilizados.

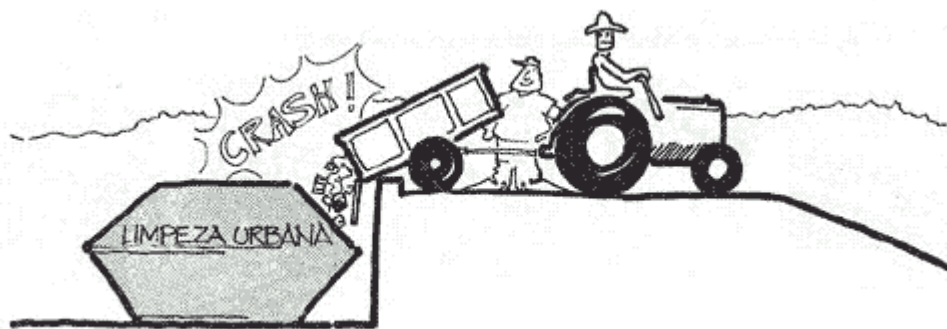
Apesar de tais critérios apontarem para a percepção de que as estações de transferência são unidades com características dos grandes centros urbanos, estas unidades podem ser implantadas nas mais diversas realidades, inclusive em áreas com pequena quantidade de moradores, onde os veículos de coleta possam utilizar tração animal ou pequenos veículos motorizados, cuja autonomia (distância máxima a ser percorrida) é limitada e necessita ser otimizada para as áreas de destino final.

De acordo com as tipologias apresentadas no Quadro 19, vamos nos ater ao primeiro conjunto, das Estações com Transbordo Direto – ou seja, sem área para armazenamento, pois suas características são mais adequadas à maior parte do Brasil.

As unidades de transferência podem ser estruturas simplificadas, onde sejam implantadas as áreas em que ocorre o transbordo, contando ou não com edificações de apoio, pátios de circulação e estacionamento de veículos, área de limpeza e manutenção de veículos, além dos dispositivos de cercamento e proteção da área, de controle do acesso à área (portaria), iluminação e energia, e de sinalização/identificação da unidade.

A simplificação das áreas depende das características dos municípios e as estruturas e equipamentos disponíveis, como bem ilustra a Figura 27, abaixo.

Figura 27 – Alternativa simplificada de transbordo de resíduos



Pela realidade brasileira, as alternativas mais simplificadas são as mais indicadas, com exceção dos grandes centros urbanos, que necessitarão de estruturas mais robustas.

Exemplo disso é a Estação de Transferência de Belo Horizonte, instalada numa área de 4.500 m², implantada em 2008 a um custo de quase R\$ 6 milhões, e com capacidade de transferência estimada em 400 m³/dia.

A referida estação conta com estrutura condizente com a necessidade do município, propiciando a transferência de centenas de toneladas de resíduos mensalmente – da ordem de 3.600 ton/mês.

O dimensionamento de uma Estação de Transferência, como dito anteriormente, varia em relação à realidade local, com a definição da área de destino final – com localização e distância de, no mínimo, 30 km, para que justifique o acúmulo de resíduos e a transferência dos mesmos em veículos de maior capacidade.

Além disso, toda estrutura de uma Estação deve ser dimensionada para trabalhar com volume variados, considerando a área atendida e o volume diário a ser transferido – em função dos roteiros de coleta.

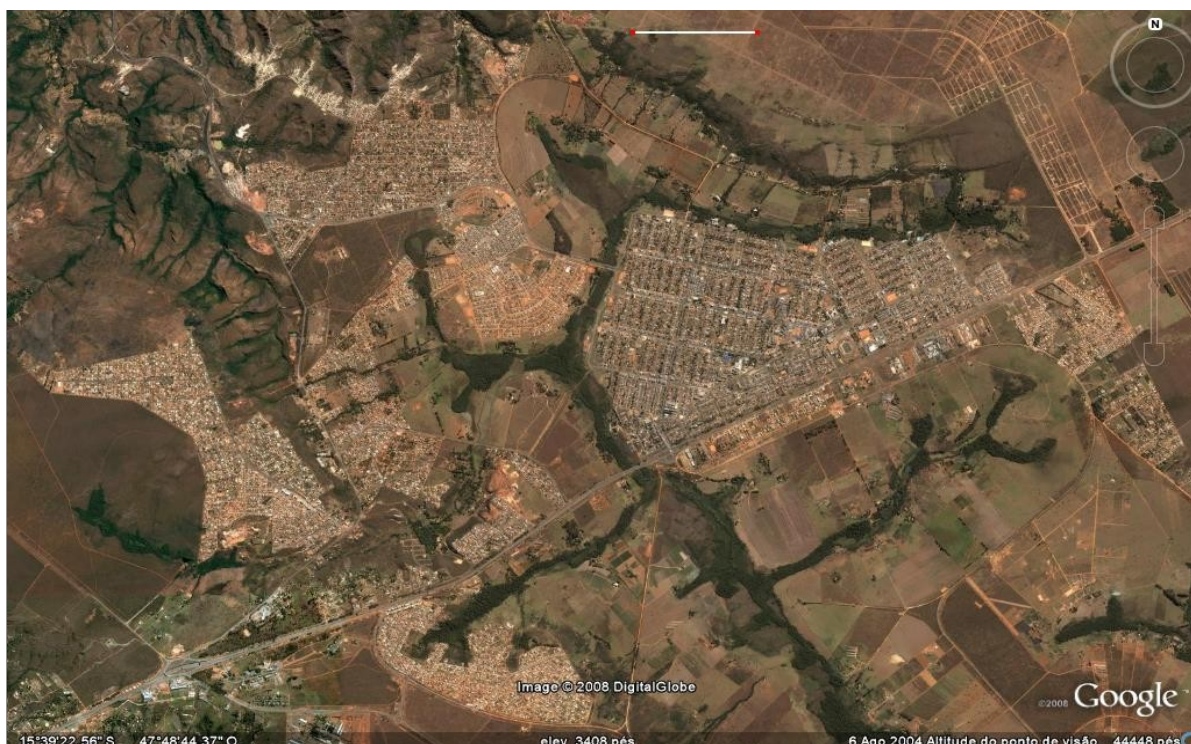
Entretanto, podemos estimar alguns dados que orientarão a definição da estrutura mínima de uma Estação de Transferência e os custos correspondentes.

Inicialmente, devemos tratar da localização das Estações de Transferência, que deverá ser objeto de estudo, para que a área fique o mais próximo possível do chamado “centro de massa” – área ou território gerador de resíduos sólidos (podendo ser delimitado um bairro ou uma região da cidade). O objetivo é o de reduzir o percurso dos caminhões de coleta entre os setores de coleta e o transbordo.

O estudo de localização deve prever o volume gerado, as vias de acesso e a localização - ponto central – da unidade.

Exemplo disso é demonstrado pelas Figuras 28, 29 e 30, a seguir, de uma cidade qualquer do país. Estas figuras demonstram a realidade existentes – aglomerados populacionais (ou bairros) -, a delimitação de áreas de coleta, e, por fim, a definição do local de implantação da unidade de transferência, cujo ponto favorece o deslocamento dos veículos coletores até o ponto de transferência, onde veículos de maior capacidade receberão o conteúdo destes e encaminhará à unidade de destinação final.

Figura 28 – Vista aérea do município X



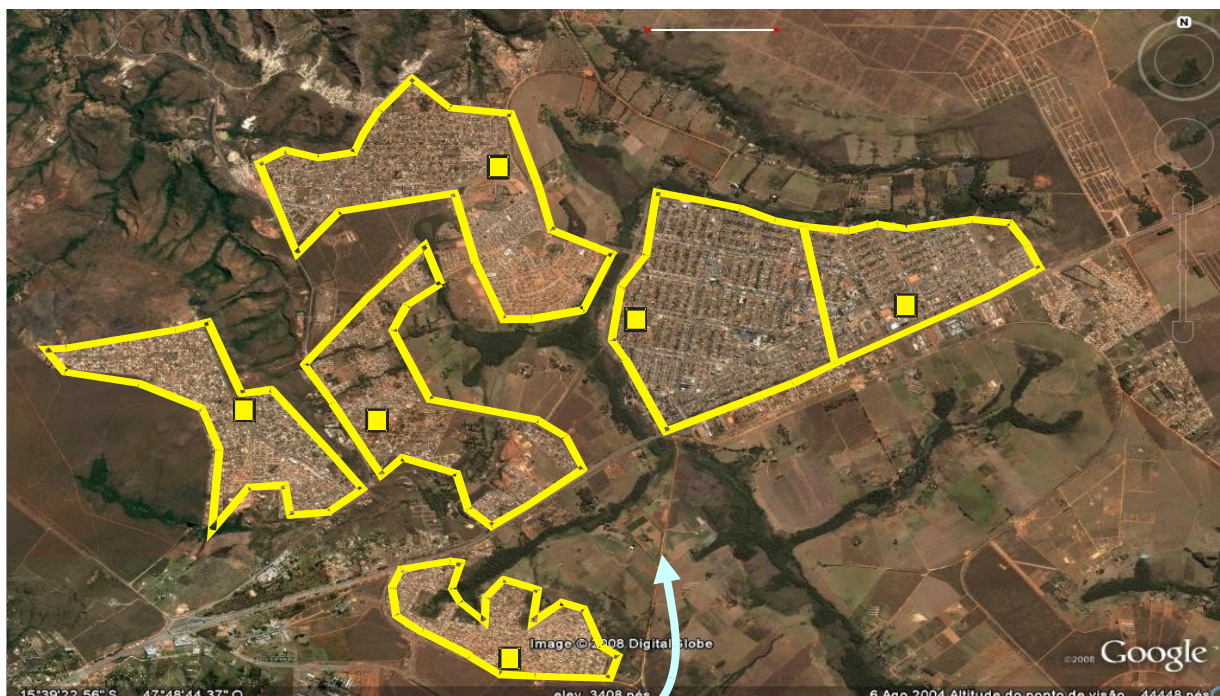
Observando o conteúdo das Figura 28, é possível notar as áreas ocupadas – bairros e loteamentos -, com seu sistema viário, além do sistema viário principal e as áreas livres disponíveis.

A Figura 29, a seguir, delimita as áreas de coleta, onde existem roteiros e programação de coleta, facilitando a visualização da origem e o volume dos resíduos. – pois há áreas maiores e mais adensadas.

Figura 29 – Vista aérea do município X, com delimitação dos bairros e loteamentos



Figura 30 – Localização da Estação de Transferência e Roteiros de Transferência



Assim, como exemplificado pelas figuras anteriores, há necessidade de promover estudos que identifiquem os roteiros de coleta, as distâncias percorridas pelos veículos coletores, as distâncias até o destino final e os volumes deslocados, numa avaliação criteriosa sobre os custos e a viabilidade econômica de custear a implantação de uma unidade como a proposta.

O dimensionamento de uma Estação de Transferência passa por sua estrutura e pelo volume de resíduos a ser processado.

Entretanto, qualquer que seja a dimensão de uma Estação de Transferência, há que se dispor de uma estrutura mínima e essencial, como pisos em desnível, seja em base de concreto,

seja diretamente sobre o solo compactado, em cujos patamares será realizada a transferência dos resíduos.

É recomendável que a área de transferência seja coberta, de forma a proteger as atividades em tempos de precipitação pluviométrica, garantindo a permanência e continuidade das atividades, e dotada de sistema de drenagem superficial, direcionando as águas pluviais para o entorno deste espaço.

As Figuras 31 e 32, a seguir demonstram as características de uma Estação de Transferência, incluindo sua operação.

Figura 31 – Vista da área de transbordo de uma Estação de Transferência

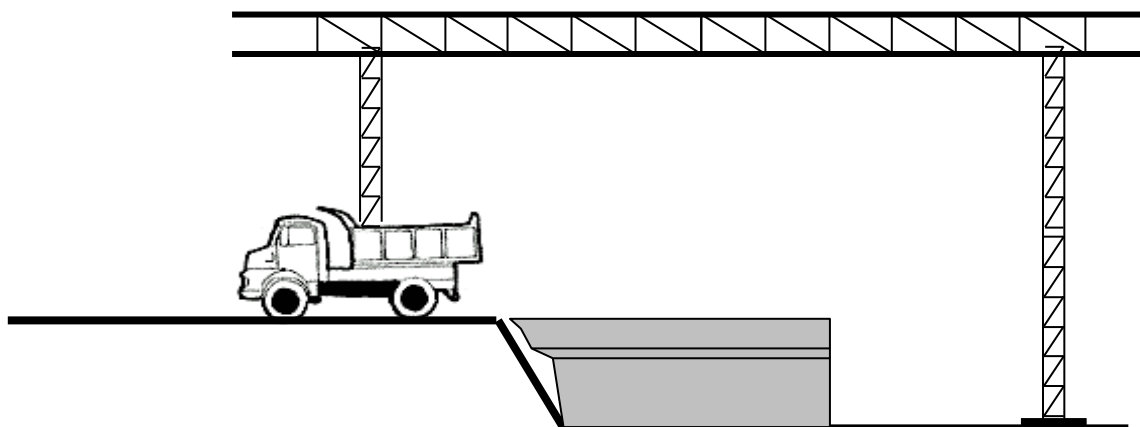
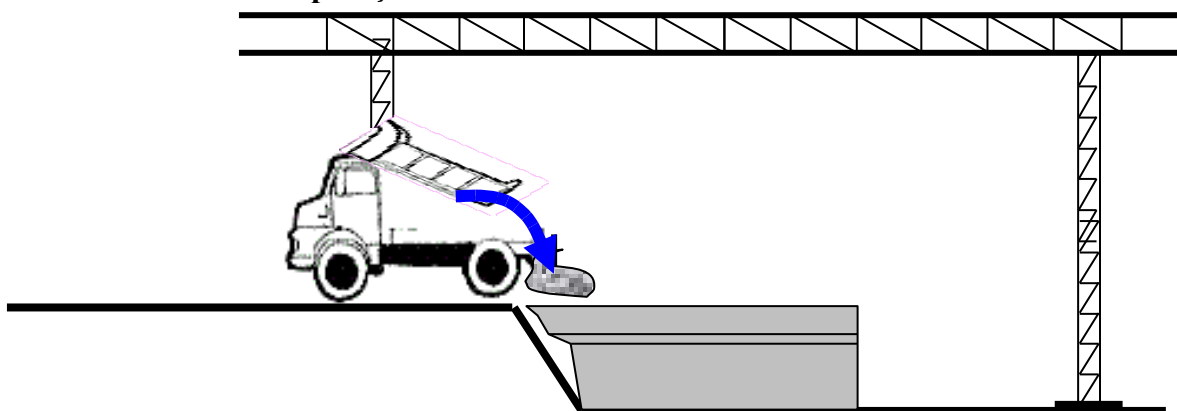


Figura 32 – Vista da área de transbordo de uma Estação de Transferência, com operação de transbordo



As demais áreas de verão ter condições mínimas para a circulação e manobra dos veículos coletores e dos veículos de maior capacidade, além de áreas de apoio para limpeza e manutenção destes veículos, para retorno às suas funções.

No restante, e dependendo do porte, há que se estruturar áreas de apoio, para higienização dos operadores, auxiliares e motoristas, bem como um pequeno escritório, além da guarita da portaria.

3.2. Estimativas de Custos de Investimento e de Operação de Estações de Transferência e de Transporte de RSU

Como demonstrado no item anterior – referente ao dimensionamento de áreas de transferência de resíduos sólidos -, as áreas onde serão implantadas estas unidades necessitam de alguma infraestrutura, de forma a garantir as operações no local.

A maior parte das instalações são construções ou demandam obras de engenharia, como a compactação do solo e/ou conformação de piso em concreto, além das áreas cobertas – unidade de transferência e áreas de apoio.

Os custos de implantação destas áreas podem variar em alguns itens, mas terá uma evolução bastante linear, pois os elementos de custos variam muito pouco.

O Quadro 20, a seguir, apresenta os resultados dos custos de implantação apurados para áreas de 1.000, 5.000, 10.000 e 20.000 m², compatíveis com as faixas populacionais de 25.000, 50.000, 100.000 e 500.000 habitantes, hipoteticamente.

Quadro 20 – Custos de Implantação de Estações de Transferência

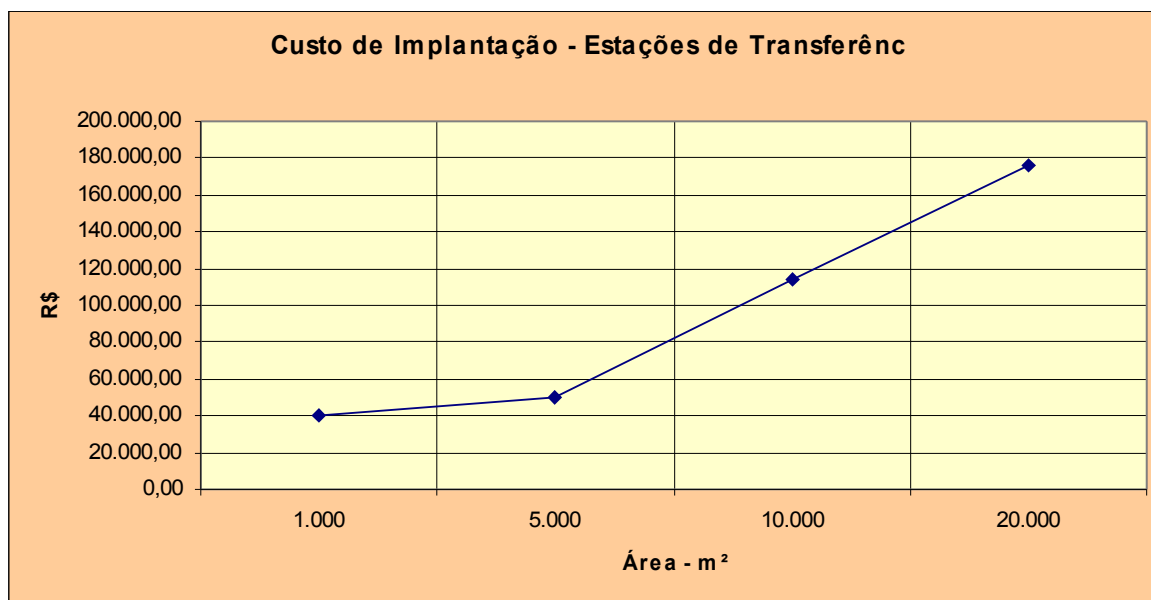
	1.000 m ²	5.000 m ²	10.000 m ²	20.000 m ²
ITEM	R\$	R\$	R\$	R\$
1. LOCAÇÃO	1.100,90	1.100,90	1.100,90	1.100,90
2. LIMPEZA DE TERRENO	340,00	1.020,00	3.400,00	6.800,00
3. CERCAMENTO	5.435,95	8.363,00	33.452,00	55.195,80
4. PORTÕES	1.581,67	1.581,67	1.581,67	1.581,67
5. EDIFICAÇÃO DE APOIO - ÁREA MOLHADA	7.182,16	7.182,16	11.130,30	11.130,30
6. EDIFICAÇÃO DE APOIO - ÁREA SECA	7.041,94	7.041,94	7.041,94	7.041,94
7. DRENAGEM	1.049,71	3.149,12	10.497,05	20.994,11
8. PISO em DESNÍVEL – área de transferência	1.349,49	4.048,46	13.494,87	26.989,74
9. PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	2.156,40	2.156,40	2.156,40	2.156,40
10. TRATAMENTO PAISAGÍSTICO	3.319,55	5.107,00	20.428,00	33.706,20
11. GALPÃO PARA TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS	9.577,30	9.577,30	9.577,30	9.577,30
TOTAL	40.135,06	50.327,95	113.860,43	176.274,35

Os resultados totais apresentados no quadro anterior servem de base para o gráfico ilustrativo dos custos de implantação das unidades de transferência de resíduos sólidos, indicando o crescimento dos custos conforme o aumento das áreas de atividade e apresentados na Figura 32, a seguir..

Como é possível notar, os custos relativos às edificações e à cobertura da área de transferência representam a maior parte dos custos relativos à implantação deste tipo de unidade, por se configurarem em instalações que demandam obras de engenharia.

Os demais custos seguem uma determinada sequência proporcional, e, em alguns itens, os valores são mantidos em todas as faixas, por sua natureza (como as placas de identificação e os portões).

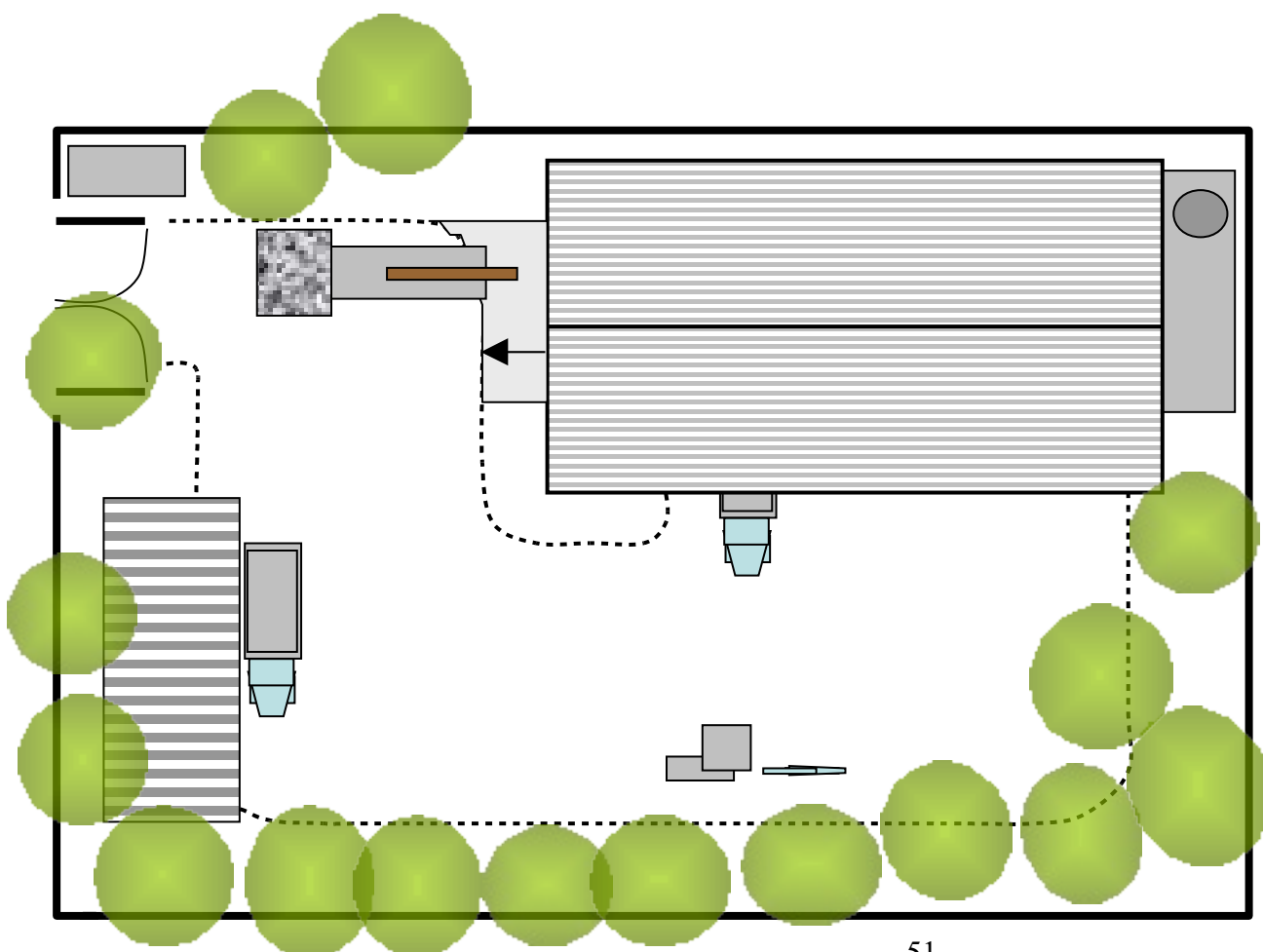
Figura 33 – Custo de Implantação de Estações de Transferência



A

Figura 33, abaixo, ilustra a estruturação de uma unidade de transferência de resíduos sólidos, desde os elementos de cercamento e proteção da área operacional, bem como as instalações específicas (galpão ou cobertura) e de apoio às operações – guarita/portaria, administrativo e de higiene.

Figura 34 – Estrutura esquemática de uma Estação de Transferência – 5.000m²



Com relação aos custos operacionais, estes estão estruturados de maneira também bastante simplificada, considerando as características operacionais da unidade – chegada e saída de veículos, e transferência de resíduos entre veículos.

Dos elementos de custo operacionais, vinculados a esta unidade, podemos destacar os custos relacionados ao pessoal, os de transporte, e os de funcionamento da unidade, como consumo de água e energia.

Neste sentido, a síntese dos custos relativos ao funcionamento de uma unidade de transferência de resíduos é demonstrada nos Quadros 21, a seguir.

Quadro 21 – Custos Referenciais – Transporte de Resíduos

ITENS	faixas de população				
	5.000	10.000	20.000	50.000	100.000
Coleta (toneladas dia)	0,31	0,62	1,44	3,60	8,25
Número de domicílios	1.441	2.882	5.764	14.409	28.818
Quilometragem prevista/mês	60	120	192	420	720

Quadro 22 – Custos de Transporte por Tipo de Veículo – R\$/km

ITENS	faixas de população				
	5.000	10.000	20.000	50.000	100.000
Custo total coleta domiciliar					
Caminhão	4.614	4.942	5.645	7.705	13.656
moto com carreta	881	1.162	1.810	3.694	9.413
trator com carreta	1.710	2.005	2.668	4.602	10.386
carroça a tração animal	752	1.027	1.666	3.524	9.210
Custo por tonelada					
Caminhão	600	321	157	86	66
moto com carreta	115	76	50	41	46
trator com carreta	222	130	74	51	50
carroça a tração animal	98	67	46	39	45
Custo por km					
Caminhão	77	41	29	18	19
moto com carreta	15	10	9	9	13
trator com carreta	28	17	14	11	14
carroça a tração animal	13	9	9	8	13

4. CONCLUSÃO

Todas as atividades previstas nesta etapa do trabalho do Consultor foram bastante intensas e densas, por razões da natureza do conteúdo – elaboração de estimativas de custos de implantação e operacionais de instalações e unidades de apoio ao manejo de resíduos sólidos urbanos.

Os resultados dos estudos empreendidos ainda necessitam ser ampliados e aprofundados, gerando informações mais consistentes para todo o território do Brasil, conforme estabelece a legislação pertinente – Lei Federal nº 12.305/2010.

Estes estudos também devem ser objeto de integração com os demais estudos desenvolvidos pela equipe de Consultores contratada pelo MMA, de maneira a que seja estruturado o conjunto de unidades de manejo de resíduos.

O aspecto principal a ser destacado é que os estudos referentes aos aterros sanitários são fundamentais para estimular o desenvolvimento de políticas, programas e ações que visem reduzir o volume de resíduos sólidos a serem encaminhados a estas unidades de destinação final.

Estas ações estarão em conformidade com o disposto na referida legislação, que estabelece, como objetivos a serem atingidos, a não-geração, a redução, o reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos sólidos.

5. RECOMENDAÇÕES

É importante destacar a necessidade de continuidade deste processo de sistematização das informações e de estabelecer os custos de investimentos e operacionais, de maneira a dotar o MMA de um conjunto atualizado de informações desta natureza.

Este esforço, empreendido pelo MMA, deve ser mantido e ampliado, de forma a estimular os demais entes federados a se engajarem na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, apoiando-se mutuamente a estruturarem suas políticas próprias.

Recomenda-se que seja dada continuidade à estruturação dos custos de investimento e de operação das unidades de manejo de resíduos sólidos, e que estes custos sejam sistematizados e integrados, de maneira a oferecer, aos municípios, alternativas para a melhoria da gestão dos resíduos sólidos.

Por fim, é recomendável que todos estes estudos sejam sistematizados e organizados em publicações que estejam disponíveis aos interessados, visando ampliar as discussões, as possibilidades de complementações e de aprofundamento dos estudos realizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Normas Técnicas referentes a resíduos sólidos, aterros sanitários e aterros sanitários de pequeno porte

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico de manejo de resíduos sólidos urbanos – 2006. Brasília, 386 p., 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Ministério do Meio Ambiente. Caixa Econômica Federal. PINTO. Tarcisio de Paula(coord.); Gonzales, Juan Luís Rodrigo(coord.). Manejo de Gestão de resíduos sólidos da construção civil. Volume 1: Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília, 2005

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE MINISTÉRIO DAS CIDADES. Termos de Referência para elaboração de projetos básico e executivo de Aterros Sanitários e Aterros Sanitários de Pequeno Porte. Brasília, (2008/2009).

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – ReCESA (Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental) – Apostila do Curso de Treinamento – Resíduos Sólidos – Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários. Brasília, (2008/2009).

CEMPRE: www.cempre.org.br acessos em 12 e 13 de Julho de 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. Pesquisa Nacional de Amostra Domiciliar – PNAD. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. CEMPRE COMPROMISSO EMPRESARIAL PELA RECIALEGAM. Coordenação Maria Luiza Otero D’Almeida, André Vilhena. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. – 2ª ed São Paulo, 2000. 370 p.

MILARÉ, Edis – *Direito Ambiental – Doutrina, jurisprudência e glossário* – São Paulo – Ed. Revista dos Tribunais – 4ª ed. - 2005

MEDAUAR, Odete. Coletânea de legislação de direito ambiental (org.). 3ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2004.

ANEXO 1

Planilhas – Estimativas de Custos Operacionais para Aterros Sanitários convencionais

ANEXO 2

Planilhas – Estimativas de Custos de Investimentos e Operacionais de Aterros Sanitários de Pequeno Porte - ASPP

ANEXO 3

Planilhas – Estimativas de
Custos de Transporte de
Resíduos e de Investimento e
Operacionais de Estações de
Transferência de Resíduos
Sólidos