

IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SOCORRO/SP

Autor: Engº Marcos José Lomonico ó Trabalha na Unidade de Negócios Leste ó no Departamento de Planejamento Integrado e Relações Comerciais Leste ó MLI. Emprestado pela Sabesp à Prefeitura de Socorro/SP, atuou como diretor nos departamentos de Meio Ambiente (2001-2009) e Planejamento e Urbanismo (2009-2012), período em que entre outras atividades coordenou as atividades de implantação e operação do aterro sanitário municipal. **Endereço:** Rua Dr. Alfredo Ellis, 272 ó Bela Vista ó São Paulo/SP ó CEP 01322-050 ó Brasil ó Tel: +55-11-2681-3999 ó Fax: +55-11-2681-3805 ó email: marcoslomonic@sabesp.com.br

Co-Autor: SAMUDIO; E. M. M ó Engenheiro Civil pela Universidade Tecnológica de Panamá (1988), Mestre(1994) e Doutor (2000) em Engenharia Civil ó opção saneamento ambiental - Pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente trabalha como Engenheiro Consultor na Empresa Susten Centrista ó Soluções Ambientais Ltda.. Também trabalha como professor assistente, curso de engenharia civil, na Universidade Bandeirantes Anhanguera. **Endereço:** Rua Oito, s/n ó Parque das Estâncias - Livramento ó Socorro/SP. 13960-000. Caixa Postal: 227 - CEP 13960-000. Tel.: +55-11-9-8279-3634 - email: samudio@outlook.com

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um resumo do projeto básico e as principais etapas efetuadas pela prefeitura de Socorro/SP na implantação do aterro sanitário municipal. Também são relacionados os contratos de financiamento não reembolsáveis obtidos para este empreendimento, recursos que acabaram se tornando indispensáveis no apoio ao município. Cabe ressaltar que em função dos aspectos geológicos e geomorfológicos do local de implantação, houve a necessidade de implantação de um aterro sanitário com a devida impermeabilização do solo, de forma a impedir a poluição do solo e lençol freático existente na área escolhida.

PALAVRAS- CHAVE

Aterro sanitário; controle de poluição e gerenciamento de resíduos sólidos domésticos.

1. INTRODUÇÃO

A implantação do aterro sanitário do município de Socorro proporcionou segurança e economia para a administração pública, além de permitir melhorias nos sistemas de coleta e transporte efetuados. Considerando que a área escolhida no início de 2002 e aprovada pela Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB apresentava uma estrutura geológica com terrenos vulneráveis à contaminação da água subterrânea, exigiu-se a implantação de adequada impermeabilização do solo da área do aterro, de forma a proporcionar a coleta e o encaminhamento do lixiviado ó chorume gerado na massa de resíduos sólidos aterrados para a sua recirculação, até a contratação de empresas que a curto prazo, serão responsáveis pela sua coleta, transporte, tratamento e disposição final.

A partir da obtenção das licenças prévia e de instalação, a prefeitura de Socorro iniciou o processo de implantação da 1ª camada do Aterro, com o apoio inicial Ministério da Saúde ó FUNASA e em setembro de 2003, o aterro iniciou as suas atividades de operação. A partir de 2004, com o apoio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos ó FEHIDRO e da CETESB a prefeitura continuou a implantação, pois os custos realizados em termos de investimento ultrapassam a capacidade de caixa de um município de pequeno porte, principalmente se considerarmos a pequena arrecadação efetuada para o gerenciamento adequado de resíduos sólidos em Socorro e na grande maioria dos municípios brasileiros.

2. OBJETIVO

Apresentar um resumo do projeto básico, as etapas de implantação e suas unidades e os principais aspectos e despesas da implantação do aterro sanitário de Socorro/SP, no período compreendido entre 2002 e 2012, considerando principalmente o acompanhamento que os autores deste trabalho desenvolveram como engenheiros responsáveis, por um lado como representante da prefeitura municipal perante os órgãos de controle de poluição, financiamento e de repasse de recursos e por outro lado como responsável técnico pelos projetos, serviços e obras executados.

3. RESUMO DO PROJETO BÁSICO DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

3.1 Características do Local de Implantação

3.1.1 Considerações sobre a Área comprada pela Prefeitura

Para a caracterização da área do empreendimento foram utilizados serviços de campo de topografia e geotécnica. O serviço de topografia constituiu-se de levantamento planialtimétrico semicadastral em toda a área, com utilização de referências de nível e coordenadas oficiais na escala 1:1000. Para o reconhecimento do solo foram realizados 8 furos de sondagens a percussão e um ensaio de infiltração. A Prefeitura Municipal de Socorro comprou o terreno composto por duas propriedades, obtendo duas certidões de matrículas de imóveis, que juntas somaram a área de 114.450,17 m², no valor de R\$ 227.900,34 (duzentos e vinte e sete mil e novecentos reais e dezessete centavos).

Cabe ressaltar-se que, a área total prevista para o Aterro Sanitário é de **57.546,00 m²**. Portanto, podemos considerar que a Prefeitura disponibilizou um montante de **R\$ 114.586,19** (cento e catorze mil, quinhentos e oitenta e seis reais e dezenove centavos), para a compra da área do Aterro Sanitário. O acesso ao local é feito pela Rodovia Estadual SP-8. Partindo de Socorro, no sentido de Bragança Paulista, percorre-se 15 km na rodovia SP-8 asfaltada, seguindo então por uma derivação da antiga estrada velha, em terra e cascalho, por mais 300 metros alcançando-se a área.

3.1.2 Topografia e Cobertura Vegetal

A área encontra-se delimitada por propriedades rurais em quase todo o seu perímetro limitando-se a Oeste com a antiga estrada Socorro ó Bragança Paulista. A área caracteriza-se topograficamente por uma encosta, com declividade suave no sentido Oeste para Leste, ou seja, com seu ponto mais alto na cota 975,00m, junto a estrada e seu ponto mais baixo na cota 930,00 m, junto ao início de um talvegue. A área apresenta uma declividade média da ordem de 15%. Não se verificou no interior da área ocupada pelo aterro sanitário nenhum afloramento do manancial subterrâneo. Na sua divisa a sudeste onde encontra-se taludes, provocado por erosão, dá-se a formação de um pequeno talvegue, onde se verifica afloramento de água. A área utilizada não apresenta indícios da vegetação original visto que é revestida basicamente por pastagens (ADISAN, 2002).

3.1.3 Aspectos Geomorfológico e Geológico

A área encontra-se em relevo de morros (IPT, 1981), onde predominam declividades médias e altas, acima de 15% e amplitudes locais de 100 a 300m. Constituem topos arredondados, vales abertos e fechados e planícies aluvionares restritas. Ocorrem na região rochas de origem pré-cambrianas, do Complexo Socorro, constituídos pelo migmatitos e/ou granitos deformados de estruturas lenticular dominante, róseo a cinzento claro. Especificamente, na área do aterro ocorrem augem gnaisses (gnaisses contendo mega cristais estirados e orientados de feldspato), e milonitos gnaisses com matriz fortemente foliada. O perfil de intemperismo é formado por uma zona de solo argiloso silte arenoso marrom avermelhado que ocorre superficialmente, seguido inferiormente pelo solo de alteração de rocha (ou solo saprolítico) de características silte arenosa e silte argilosa. Para a caracterização geológica local foram realizados 8 furos de sondagens a percussão e um ensaio de infiltração atendendo as normas da ABNT: NBR-6484/190 e NBR 7229/1982 respectivamente. Da análise das sondagens efetuadas verificou-se um solo mais superficial constituído de argila silte arenosa mole com cores marrom avermelhado com espessura variando de 1,5 a 3,00 m. Logo abaixo encontra-se um solo silte arenoso com mica e fragmentos de quartzo amarelado, variando de medianamente compacto a compacto, que se estende de 3,0 a 7,45 m de profundidade. As sondagens de percussão a trado ó SPT, mostraram que os valores de SPT eram da ordem de 4 para o solo mais superficial e para solos mais profundos variavam de 4 a 20, chegando em um único furo a 30 em profundidade acima de 5,0 m. O nível do lençol freático não foi encontrado em nenhuma perfuração executada. Quanto a permeabilidade natural do terreno os ensaios demonstram valores da ordem de $K= 1,3 \times 10^{-6}$ cm/s.

3.1.4 Aspectos Hidrogeológicos

A área encontra-se junto ao divisor de água que separa a sub bacia do córrego Cachoeira, da sub bacia de um pequeno talvegue sem nome, sendo ambas contribuintes da margem direita do Rio Camanducaia. A área situa-se nas cabeceira do talvegue e dista cerca de 1,0 km do Rio Camanducaia. O rio Camanducaia classificado como classe II segundo o Decreto Estadual 10.755/78 faz parte da bacia hidrográfica UGRHI-06 ó Piracicaba,

Capivari Jundiá - PCJ. O uso predominante de suas águas destina-se a dessedentação de animais, não sendo utilizado para abastecimento público.

3.1.5 Caracterização Climatológica

Na província onde está situado o Município da Estância de Socorro, tem-se o predomínio de climas tipo Cwa (Mesotérmico com inverno seco e verão quente), e Cwb (Mesotérmico com inverno seco e verão fresco). Fundamentalmente associada a massa de ar polar e a atuação das massas tropical e equatorial, a pluviosidade apresenta variações na sua distribuição espacial e intensidade de um ano para outro. Os índices anuais de precipitação atingem média de 1509,4 mm. O período úmido estende-se de Outubro a Março, concentrando cerca de 77,4% da precipitação anual. O trimestre mais chuvoso é dezembro-janeiro-fevereiro, quando são registrados totais de chuva da ordem de 713,2 mm, equivalendo a aproximadamente 47,2% dos totais anuais, sendo janeiro o mês mais chuvoso, alcançando em um dia até 260,8 mm. A disponibilidade dos dados de vento referentes a estação de Monte Alegre do Sul ó SP, correspondem a um período de 29 anos (1961 a 1990). Verifica-se uma predominância de ventos de Sudeste durante todo o ano, com velocidade de 1,1 a 2,1 m/s. A umidade relativa do ar apresenta a média anual ao redor de 63%. Porém pode ser verificado uma ligeira variação no decorrer do ano. Os dados disponíveis referentes a insolação média demonstram que a região apresenta uma certa homogeneidade durante todo o ano, com insolação média diária durante o ano de 6,9 horas. Podendo ocorrer insolação de até 7,4 e 7,6 horas, nos meses de abril, julho e agosto.

3.1.6 Uso e Ocupação do Solo

A região tem o uso do solo com predominância de pecuária, reflorestamento de eucalipto e culturas localizadas, além de pequenas áreas de Mata Atlântica preservadas e da exploração mineral em pontos localizados. A área destinada ao aterro tinha a sua ocupação anterior ao aterro, ocupada por pastagem, sem qualquer vestígio de vegetação nativa. Não se constatava na proximidade edificações destinada a moradia sendo que o núcleo habitacional mais próximo é o distrito de Tapera, a cerca de 3 km do local escolhido para implantação do aterro sanitário.

No limite sudeste da área destinada ao aterro sanitário encontra-se a nascente de um pequeno talvegue que não será ocupado pelo aterro sanitário. Nas figuras 1 e 2 é apresentado o aspecto da ocupação da área àquela época.



Figura 1 ó A partir do ponto mais alto, visão da área do aterro antes do início das obras. Foto tirada do centro até a divisa direita.



Figura 2 ó A partir do ponto mais alto, vista da área virgem ó antes das obras. Do centro até a divisa esquerda ó flanco

4. CONCEPÇÃO INICIAL DO PROJETO

O aterro recebe resíduos sólidos recolhidos pelo serviço de coleta regular de lixo do município de Socorro classificados como classe 2. Em 2000, de acordo com o CENSO do IBGE, a população do município de Socorro era de 32.626 habitantes sendo que desse total 17.885 habitantes eram da área urbana, ocorrendo o recolhimento em média de 14 toneladas de resíduos sólidos por dia, 26 dias ao mês, ou seja, operando portanto de segundas feiras até o sábado. Os serviços seriam executados em um único turno diurno, em jornada de trabalho normal de 8 horas de trabalho.

De acordo com dados publicados, o peso específico dos resíduos depositados pode variar entre 3 a 14 kN/m³, com valores típicos em torno de 8 kN/m³, valor adotado para os cálculos pertinentes ao projeto. Para a coesão efetiva ($c\phi$) e ângulo de atrito efetivo ($\phi\phi$), definidos para um mesmo nível de tensão, foram adotados os parâmetros abaixo listados:

-peso específico: (γ) 8 kN/m³
-coesão efetiva: ($c\phi$) 15 Kpa
-ângulo de atrito efetivo: ($\phi\phi$) 15°.

4.1 Condicionantes da Área

Foram detectados vários condicionantes para a implantação do aterro sanitário na área selecionada, sendo os principais:

- Necessidade de acesso à frente de descarga dos resíduos sólidos;
- Necessidade de um cinturão verde em alguns trechos do perímetro do aterro;
- Não estabelecimento de rampas superiores a 8% para os veículos;
- Necessidade de obtenção de solo para execução dos acessos e para cobertura dos resíduos;
- Necessidade da instalação de sistema de tratamento de líquidos percolados.

4.2 Concepção das Instalações

As investigações geotécnicas mostraram, através dos índices de resistência à penetração (SPT) a viabilidade de execução de escavações com profundidades máximas da ordem de 5.0 m, para obtenção de material destinado a execução de aterros compactados e cobertura do lixo. Associado a topografia local elaborou-se a concepção do aterro sanitário com escavações de células de 3,0 m de profundidade, prevendo-se o aproveitamento da jazida de solo interno ao empreendimento (ADISAN, 2002).

A concepção para o aterro previu a execução de células sobrepostas com implantação de jusante para montante, ou seja de nordeste para sudoeste partindo-se da cota 949,00 com alteamento até a cota 970,00 m. Ao final da vida útil estarão executadas 7 camadas com 3,0m de altura.

O aterro foi concebido com todos os sistemas necessários a correta e adequada disposição dos resíduos (Sistema de drenagem de líquidos percolados e de gases, sistemas de drenagem superficial, sistema de captação e tratamento de efluentes). A extensão superficial da gleba reservada para a implantação do empreendimento foi de 57.546,00 m² sendo que a área efetivamente ocupada pela atividade de disposição de resíduos será de 22.228,00 m².

Na sua base o aterro disporá de impermeabilização de fundo, obtida através da instalação de geomembrana de PEAD óPolietileno de Alta Densidade de 2,0 mm de espessura, instalada e protegida com aterro de argila compactada com 0,5m de espessura. O aterro sanitário terá um volume útil total de cerca de 98.112 m³, tendo na superfície acabada, taludes com inclinações de 1(V):2(H) e bermas de 5,0m.

4.3 Instalações de apoio

Para a operação do aterro sanitário foram previstas as unidades a seguir que permitem a locação de pessoal, máquinas e equipamentos, assim como a manutenção dos mesmos: Edifício de Almoxarifado/ Refeitório /Sanitário, destinado a infraestrutura de apoio ao pessoal de operação contando com refeitório, sanitário e almoxarifado; Portaria, destinada ao controle de acesso a área do aterro sanitário ó (não foi implantada); Galpão de Máquinas e Manutenção, destinado ao recolhimento e manutenção das máquinas e equipamentos;

Acessos internos, que permitem o acesso de todo o fluxo de veículos ao aterro. Ressalta-se que o controle de pesagem seria feito em balança existente junto a edificações da prefeitura localizada na área urbana do município, contudo a prefeitura não efetuou a pesagem dos resíduos aterrados, até o final de 2012.

4.4 Sistema de tratamento de Efluentes (Líquidos Percolados)

Todo o líquido percolado é reunido por gravidade na área de cota mais baixa situado a nordeste. Neste local foi previsto inicialmente a instalação de dois tanques de acumulação de líquido percolado, com capacidade de 30 m³ cada um, de onde serão retirados por caminhões pipa para o tratamento. Após o início da operação, alterou-se a concepção inicial com a construção de um tanque de 30 m³ e uma lagoa impermeabilizada com geomembrana de PEAD de 2,0 mm de espessura, com capacidade de 50 m³.

4.5 Projeto Geométrico Espacial do Aterro Sanitário

O aterro sanitário foi iniciado no platô regularizado na cota 949,00 m onde foi implantada a 1ª camada de resíduos de 3,0m de altura. Após a execução da 1ª camada foram feitas novas escavações nas encostas para a acomodação da 2ª camada. Essa seqüência de acomodação das camadas de células será realizada até a cota topográfica 967,00 m, onde se dará o final da 6ª camada. Até o final de sua implantação serão 7 células do aterro encaixado nos cortes do terreno natural e uma última célula acima da cota natural do terreno. Todas as células terão altura de 3,0 m o que finalizará o aterro com uma altura total de 21,0m.

Portanto ao final da vida útil o aterro sanitário terá um total de 7 camadas de células de resíduo cada uma delas com extensões superficiais variáveis. A partir dessa concepção foi possível determinar o volume útil do aterro sanitário, que será de 98.112 m³. Considerando uma adequada compactação do maciço de resíduos de forma a obter uma densidade dos resíduos de 0,8 t/m³, tem-se que será possível dispor nesse local, cerca de 78.490 toneladas de lixo. As obras de terraplenagem para adequação do terreno natural ao recebimento do aterro sanitário exigirá até a etapa final de implantação, um volume de corte de 33.400 m³ de terra. O material terroso resultante do corte do terreno será utilizado para a cobertura diária do lixo disposto no aterro sanitário.

Na formação das camadas de células de lixo, será observado como condição para manutenção da estabilidade do maciço de resíduos que o talude final terá uma inclinação de 1(V): 2(H). Ressalta-se que durante a operação do aterro sanitário, os taludes terão inclinação de 1(V): 3(H). Todos os platôs de corte bem como as camadas de recobrimento das células terão inclinação de 1%.

Os **desenhos 1 - Planta demonstrando as seções de escavação e 2 - Seções A-A e B-B da planta das seções de escavação**, apresentam a conformação final do projeto geométrico espacial.

4.6 Sistema de Impermeabilização Inferior e Superior

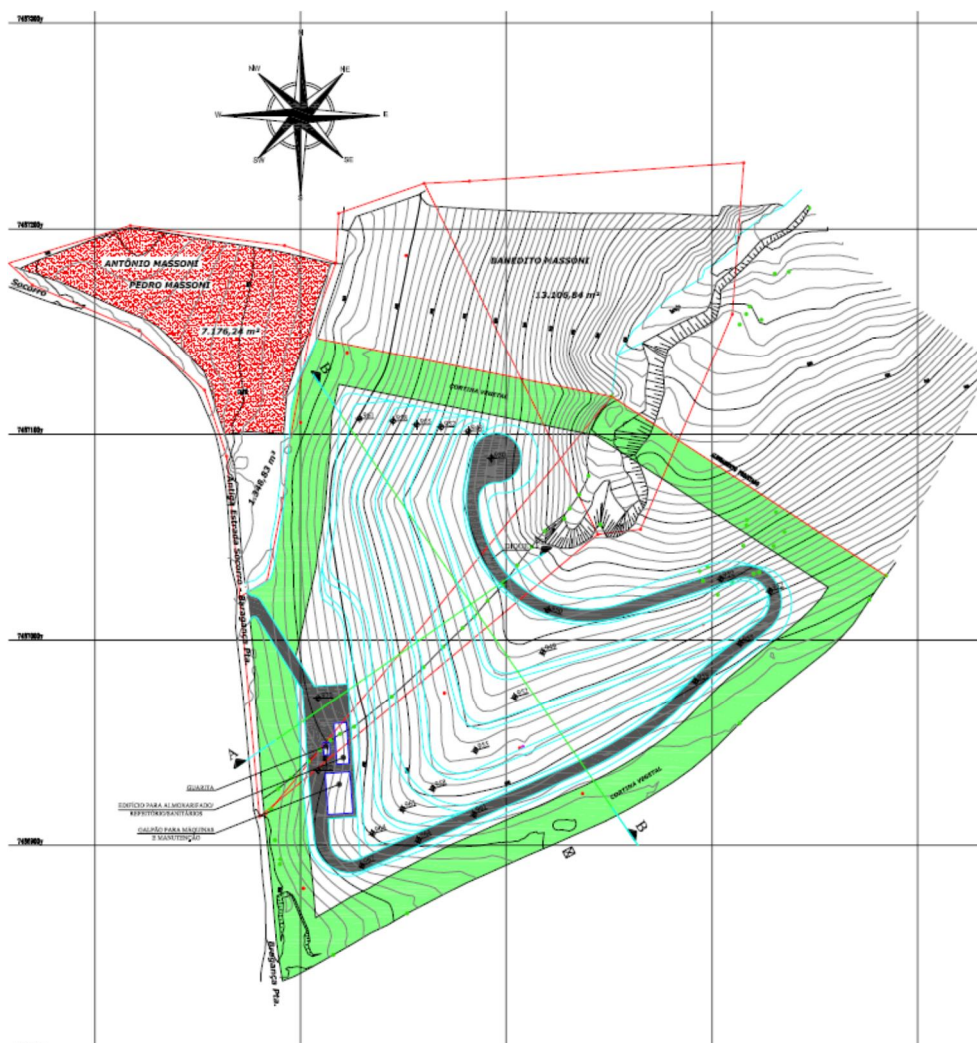
4.6.1 Impermeabilização Inferior

A camada de impermeabilização constitui-se de um ôlinerô sintético e um pacote de argila compactada. Após a execução das operações de corte no terreno natural será executado uma camada de 50 cm de argila compactada. Sobre essa camada será instalada a manta de PEAD ó Polietileno de Alta Densidade, com espessura de 2,0 mm. Essa manta é ancorada na parte do terreno localizada acima do talude de corte e no dique da 1ª camada. Sobre a manta de PEAD é colocada uma camada de argila compactada com 0,5m de espessura que servirá de proteção da manta.

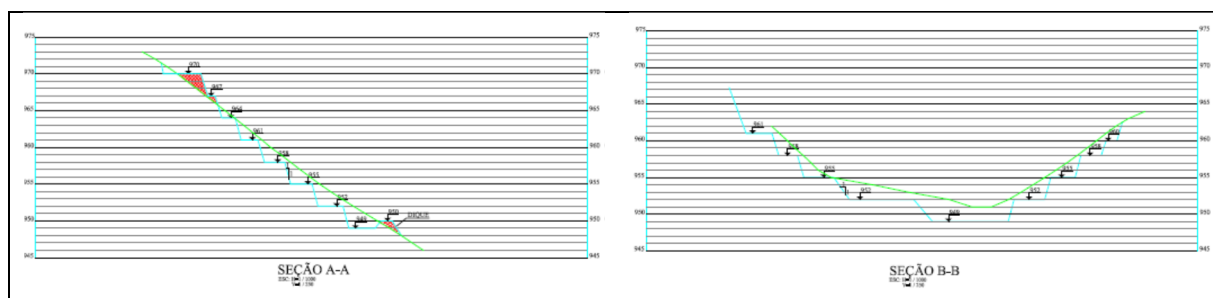
4.6.2 Impermeabilização Superior - Cobertura Diária e Cobertura Final

A cobertura diária dos resíduos promove uma melhor apresentação visual do aterro, melhora as condições de acesso à célula de lixo, reduz o transporte de lixo leve (papel, etc.) pelo vento, reduz a proliferação de vetores, diminuem odores, evita a ocorrência de pontos de fogo e ajuda na atenuação do percolado. Esta cobertura é realizada através de uma camada de cobertura de 20 cm de terra. Importante que tal camada funcione adequadamente e não seja destruída, principalmente, por erosões provocadas por águas superficiais não controladas. Assim, se executou um sistema de drenagem provisório formado por leiras de solo ao longo do perímetro da célula, que permitiu o controle das águas de chuva durante a fase de preparação das áreas a jusante para depósito de lixo.

A cobertura final do aterro sanitário será realizada com uma camada de um metro de espessura de solo compactado. Sobre essa camada de solo compactado será colocado uma camada de trinta centímetros (30 cm) de terra vegetal de forma a permitir a plantação de grama.



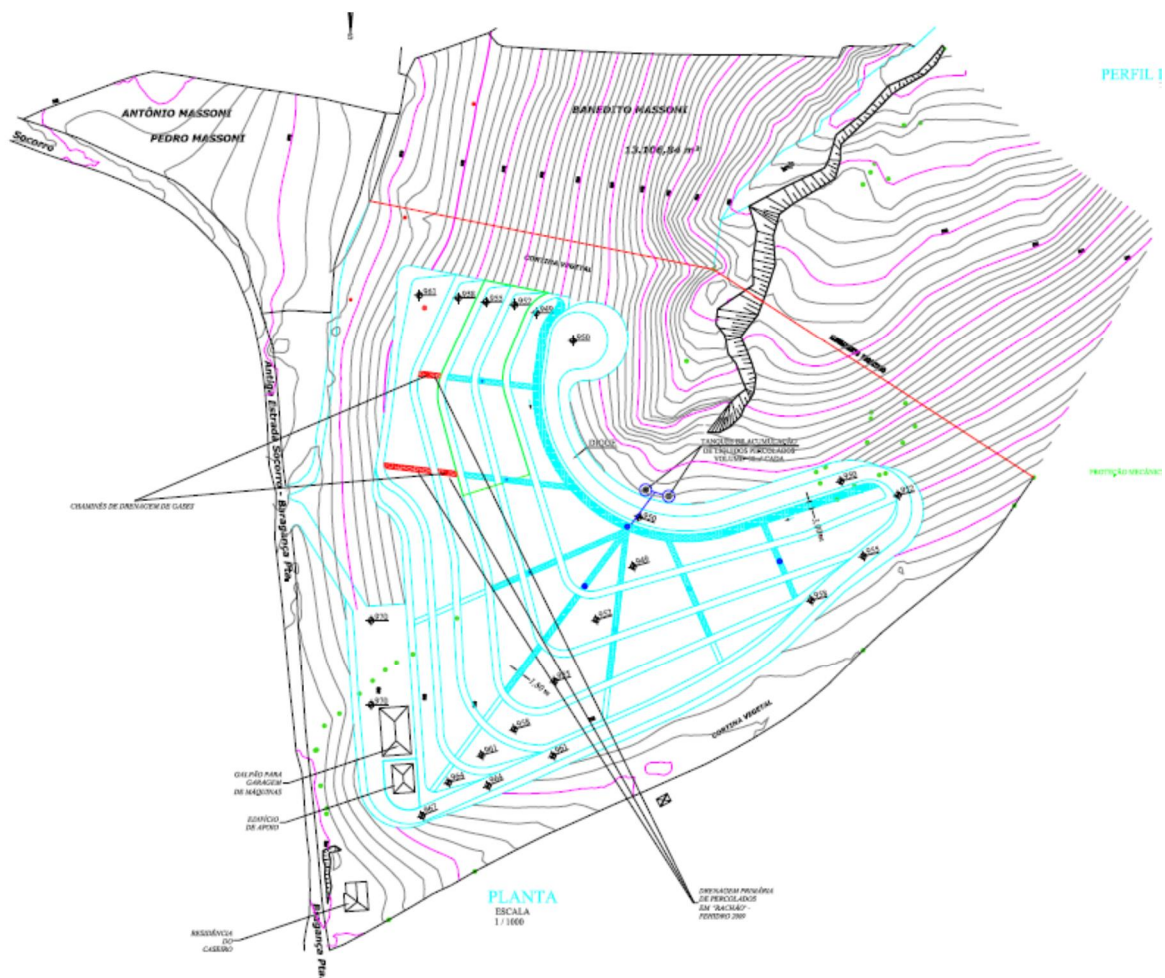
Desenho 1 ó Planta demonstrando as seções de escavação.



Desenho 2 ó Seções A-A e B-B da planta das seções de escavação.

4.7 Sistema de Drenagem e Remoção de Percolados

Para drenar os líquidos percolados das células de resíduos, foram executados drenos, conforme indicado no desenho 3 ó Sistema de Drenagem de Percolados e de Águas Pluviais, apresentado a seguir.



Desenho 3 - Sistema de Drenagem de Percolados e de Águas Pluviais.

Essa alternativa tecnológica permite que os líquidos percolados gerados sejam captados por meio de dispositivos conforme relacionados a seguir:

- drenos de percolados na fundação (sobre o aterro de base);
- drenos horizontais na base de cada célula;
- drenos longitudinais junto a pé de cada camada, de células de lixo e
- linhas de interligação dos drenos de fundação com o reservatório de acumulação.

A concepção do sistema de drenagem de percolato se baseia na execução de drenos horizontais construídos na base de cada célula de lixo, e que coletam o material, conduzindo-o por gravidade a um cinturão periférico drenante existente no pé do talude da célula ao longo da berma. Este dreno periférico conduz o percolato à base do aterro por intermédio de drenos de descida instalados na face dos taludes do maciço do aterro. A base do aterro é provida de colchão drenante que tem a função de captar o líquido e conduzi-lo aos reservatórios onde são armazenados para posterior percolato tratamento (ou recirculação).

4.7.1 Colchão Drenante na Fundação

O colchão drenante implantado na fundação tem uma função extremamente importante, ou seja, coleta de todo o líquido percolato do aterro sanitário (recebendo o chorume das células superiores através dos drenos verticais e horizontais) e seu transporte até as tubulações de polietileno que posteriormente os encaminharam para os tanques de estocagem. Este dispositivo foi executado longitudinalmente ao dique de pé do aterro sanitário, utilizando pedra - brita nº 4, em uma faixa de 3,00 m de largura e 60 cm de espessura.

4.7.2 Drenos Horizontais na Fundação

Esses drenos foram instalados na base da primeira célula, ficando alojados na base, sobre o solo de recobrimento e proteção da geomembrana de PEAD. Possuem declividade de 1% e foram interligados ao colchão drenante descrito anteriormente. Sua seção típica tem formato elástico com dimensões típicas mostradas no desenho nº 03, e foi executado com rachão ó pedra de mão (20 a 30 cm de diâmetros) envolto em capim como alternativa do material geotextil.

4.7.3 Dreno Vertical

Os drenos verticais consistem basicamente de um cilindro de brita nº 4, com 50 cm de diâmetro envolto por uma malha de aço, tipo tela de alambrado, que tem em seu centro um tubo dreno, em concreto perfurado com diâmetro de 600 mm. Tal dispositivo foi instalado sobre uma base de concreto construída no topo do aterro de base. Essas unidades destinam-se também a drenagem de gás, e estão interligados aos drenos horizontais de líquido percolado.

4.7.4 Dreno Horizontal de Chorume

Além dos drenos localizados na base do aterro foram implantados drenos horizontais em todas as bases das células. As características e diretrizes de implantação são:

- a) Uma linha de drenos ao longo da parte interna do pé do talude de cada célula, de maneira a coletar os líquidos percolados, impedindo a ocorrência de acumulação junto à base do talude e a posterior passagem para a área externa da camada de cobertura do talude.
- b) Linhas de drenos distribuídos em toda a área da base de cada célula, com a finalidade de propiciar a drenagem do percolado em toda a extensão da mesma.
- c) Linhas de drenos curtos destinados à interligar os drenos acima descritos com os poços verticais de gás e chorume.

Todas estas linhas descritas convergem para as descidas existentes nos taludes que se encarrega de transportar a vazão coletada para a base do aterro. Os drenos horizontais são de forma retangular medindo 0,6 x 0,6m.

4.7.5 Sistema de Tratamento de Percolado

O percolado gerado no interior da massa de lixo é coletado através dos drenos de percolado anteriormente descritos e encaminhado até os dois reservatórios de acumulação. O chorume acumulado é distribuído sobre célula existente através de regamento com caminhão pipa. O volume excedente que poderá ocorrer nas épocas de maiores índices pluviométricos, será retirado e encaminhado a estação de tratamento de esgoto da Sabesp em São Paulo. Estimou-se um volume total máximo de 18,0 m³/dia de percolado a ser gerado no aterro em sua fase final de operação. Até o final de 2012, não foi necessário a exportação deste chorume, sendo o mesmo sempre recirculado sobre a massa de resíduos já aterrada.

4.7.6 Reservatórios de acumulação de líquidos percolados

Na parte mais baixa do aterro cota 948,00 m, foram implantados dois reservatórios: um de 30m³ (em concreto) e outro de capacidade de 100 m³, que recebem todo líquido percolado do aterro. Cabe ressaltar que o segundo reservatório consiste de uma pequena lagoa que foi devidamente impermeabilizada com manta de geomembrana de PEAD, com espessura de 2mm.

4.7.7 Sistema de Drenagem de Gás

A decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos gera gases, principalmente o metano e gás carbônico, os quais devem ser retirados do maciço de lixo, de forma a evitar riscos de explosão do aterro sanitário, bem como prejuízos à estabilidade física desse conjunto. Dessa forma, um aterro sanitário deve sempre ser dotado de um sistema adequado de drenagem de gases do interior do maciço de resíduos, sempre com o objetivo de evitar a formação de bolsões de gases no seu interior.

A concepção tecnológica adotada consiste que o sistema de drenagem de gás esteja interligado ao sistema de drenagem de líquido percolado. Dessa forma, o sistema de drenagem de gases do aterro sanitário foi concebido de forma que se tenha drenos verticais centrais, espaçados de 50 metros um do outro.

Com relação aos aspectos construtivos, os drenos de gás constituem-se de um cilindro de brita nº 4, com diâmetro de 100 cm envolto por um malha de aço, tipo alambrado, tendo no seu centro um tubo perfurado de concreto com diâmetro de 300 mm. Esse dreno é instalado em uma base de concreto, colocado sobre a camada de base ao aterro. Na saída dos drenos verticais os gases serão queimados, evitando dessa forma que os mesmos possam atingir a atmosfera, e com isso promover impactos ambientais devido os compostos odoríficos presentes nessas emanações gasosas. Até o final de 2012, não ocorreu a necessidade desta queima.

4.8 Projeto de Drenagem Superficial

O sistema de drenagem de águas pluviais tem por objetivo coletar as águas originadas pelas precipitações pluviométricas que ocorrem na área de intervenção, assim como nas regiões situadas à montante da mesma, e que estejam sob sua influência, e conduzi-las para as drenagens naturais.

Esse sistema de drenagem de águas pluviais tem muita importância em uma obra de disposição de resíduos sólidos, uma vez que evita a formação de líquidos percolados na unidade de disposição de resíduos sólidos, bem como garante a manutenção das condições de estabilidade do maciço de resíduos sólidos. Além disso, o adequado sistema de drenagem de águas pluviais permite que seja possível a manutenção de uma frente de trabalho coberta constantemente com terra, evitando a ocorrência de prejuízos ambientais como a emanação de gases para a atmosfera e proliferação de moscas e outros vetores transmissores de doenças.

O sistema de drenagem de águas pluviais foi constituído por um conjunto que terá caráter permanente e outro provisório, ou seja, deverá ser alterado à medida que o empreendimento for crescendo. As unidades do sistema de drenagem de águas pluviais é constituído dos seguintes componentes:

4.8.1 Valas de drenagem para as áreas de montante das escavações

Essas valas têm por objetivo captar os líquidos resultantes de precipitações pluviométricas que tenham ocorrido nas regiões de montante onde estão realizadas as escavações para a construção das camadas de células de lixo. As valas escavadas para essa finalidade terão baixas declividades, para evitar altas velocidades dos líquidos no seu interior, e com isso a ocorrência de feições erosivas. O material resultante da escavação será posicionado na lateral da valeta, do lado inferior do terreno, formando uma leira entre a mesma e o prisma de escavação no início de uma nova plataforma de aterro. Ressalta-se que esse mesmo tipo de valas serão construídos no entorno da área de estoque de terra. Os líquidos recolhidos por esse sistema de drenagem serão lançados diretos no talvegue natural da gleba.

4.8.2 Valas de interceptação nos platôs acabados

O aterro sanitário à medida que vai sendo construído resulta em extensos platôs. Nesses locais poderão ocorrer processos de arraste de sólidos durante as precipitações pluviométricas, uma vez que acaba existindo uma extensa área com solo desnudo. Esse fenômeno pode induzir à ocorrência de processos erosivos no próprio aterro sanitário, e conseqüente desestabilização do maciço de lixo. Assim, a instalação de um sistema de drenagem eficiente nesses platôs evita que os líquidos escoem livremente em sua superfície. O sistema de drenagem concebido consistiu na abertura de pequenos sulcos no terreno, e a colocação de um pequeno dique no seu limite inferior, de forma que seja feita uma pequena barreira de terra, e com isso a interceptação dos líquidos que escoam superficialmente. Essas canaletas terão uma baixa declividade para evitar a ocorrência de altas velocidades dos líquidos coletados. O material sedimentado ao longo dessas canaletas serão periodicamente removidos, através de equipamentos manuais.

4.8.3 Calhas de Proteção de Bermas e Taludes

Esses dispositivos se destinam ao recolhimento de águas pluviais precipitadas nas bermas e taludes de resíduos sólidos, das camadas de células já acabadas. São constituídas de meia cana de concreto de 300 mm de diâmetro, que são colocadas na linha de base dos taludes. A massa líquida recolhida por esse sistema de drenagem será encaminhada às bacias de sedimentação já descritas anteriormente.

4.8.4 Dispositivos de Descida

Os dispositivos de descida de águas pluviais são sistemas colocados para conduzir os líquidos recolhidos pelas Calhas de Proteção (de Bermas e Taludes) até a base do primeiro talude. Para evitar as concentrações de

vazões procurou-se distribuir os pontos de lançamento de águas pluviais, e com isso, aumentar a segurança desses dispositivos. Esse sistema é constituído de canaletas de concreto, caixas de passagens e escadas hidráulicas executadas com concreto armado instaladas no talude, algumas foram executadas com pedra, envelopada com tela de aço de dupla torção (gabiões). As águas pluviais recolhidas por essas estruturas são encaminhadas ao talvegue, a jusante da obra. A descida das águas pluviais pelos taludes ocorrerá também por canaletas de gabiões, e/ou escadas hidráulicas.

4.9 Unidades Auxiliares

Para a adequada construção e operação do aterro sanitário foram previstos as edificações descritas a seguir: 1) Edifício Almojarifado: Edificação destinada ao apoio de pessoal de operação contendo refeitório, sanitários e almojarifado; 2) Galpão de Máquinas: Destina-se ao abrigo e manutenção das máquinas; 3) Sistema Viário: Implantado a partir da rodovia SP-08, passando pela portaria e continuando até a base do aterro para o acesso de veículos (caminhões com lixo, caminhões com solo e outros materiais, máquinas e equipamentos, utilitários, etc.) sob quaisquer condições do tempo (climáticas), sendo dotado de pavimentação tipo òvestimento simples co solo compactado, com pedra britada e/ou cascalho. Além das unidades previstas no local do aterro sanitário, foi previsto em projeto a instalação de balança, contudo a Prefeitura não efetuou a implantação de essa unidade auxiliar.

4.10 Isolamento e fechamento da Área do Aterro

4.10.1 Cercas

Para o isolamento da área, implantou-se cercas de arame farpado fixadas em mourões de eucalipto com 1,80 m de altura, devidamente tratados para evitar deteriorização (apodrecimento). Esse mourões foram espaçados a cada 2,5 m e chumbados no solo. Para melhor fixação da cerca executou-se, a cada 15 espaços de 2,50 m ou a cada mudança de direção, um reforço (estaqueamento) ao chão. A cerca de arame foi construída com 8 fios de arame farpado galvanizado fixados nos mourões.

4.10.2 Cortina Vegetal

A concepção do projeto do aterro sanitário previu a plantação de uma cortina vegetal no perímetro da gleba de prefeitura onde não haja vegetação natural. Essa cortina vegetal tem por objetivo reduzir o potencial impacto visual associado à atividade de disposição de resíduos sólidos, bem como atuar como medida coadjuvante na minimização de possíveis impactos ocasionados pela emissão de poeiras e de gases odoríficos, assim como abatimento de ruídos. A cortina vegetal implantada no entorno do aterro sanitário é de vegetação exótica, em uma faixa de 10 metros e abrange todo o perímetro do aterro sanitário, constituída por espécies de rápido crescimento, arbustivas (sansão-do-campo) e arbóreas como a grevilea-gigante (*Grevillea gigantea*) e a uva-japonesa (*Hovenia dulcis*).

5. IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Em consonância às particularidades da área e a concepção adotada para o Projeto descrito, efetuou-se a implantação e operação do aterro sanitário em fases, visando-se obter a sua continuidade operacional. Cabe ressaltar que as etapas de implantação acabaram acompanhando a disponibilidade de recursos obtidos pela Prefeitura ao longo dos 9 (nove) anos de atividades, seja pela FUNASA, seja pelo FEHIDRO, conforme a **Tabela 1-Recursos Financeiros dispendidos para a implantação do aterro sanitário de Socorro, por ano; instituição de financiamento; valores de contrapartida e denominação dos contratos**. A seguir, apresenta-se uma descrição das etapas principais.

5.1 Etapa 1 ó Implantação da 1ª fase da 1ª célula (concluída em 2003)

O aterro sanitário teve início com implantação da fundação da sua 1ª célula, a qual foi iniciada no seu extremo noroeste. Sua execução foi efetuada em fases, permitindo a operação por um prazo mínimo de 6 meses. Assim prevêu-se a preparação de uma base com área de cerca de 2.000 m². Nesta etapa foram implantadas ainda as seguintes obras: a) Execução da terraplanagem para conformação da base da célula e dique frontal da 1ª célula, por meio de operações de corte a terreno original; b) Execução dos acessos externos e internos e terraplanagem das áreas administrativas; c) Execução da base de argila e implantação da manta de PEAD da 1ª fase da primeira célula; d) Execução dos drenos de base da 1ª fase da 1ª célula; e) Execução do 1º tanque de armazenamento do líquido percolado; f) Cercamento da área; g) Plantação da cortina vegetal; h) Execução

das instalações fixas = Escritório Administrativo, que posteriormente acabou sendo utilizado como local de dispensa e i) Execução dos lançamentos das drenagens superficiais.

A seguir apresentam-se fotos desta primeira etapa, realizada com recursos fornecidos pela FUNASA ó Fundação Nacional da Saúde e Prefeitura Municipal.



Figura 3 - Implantação do platô de entrada e do escritório administrativo. Foram executados serviços de corte e de aterro para a implantação do platô.



Figura 4 ó Vista efetuada a partir do local em que foi implantada a via de acesso lateral que permite chegar até as células iniciais de disposição de lixo.



Figura 5 ó Vista da implantação da via inicial de acesso á área de disposição de resíduos, a partir do topo do terreno.



Figura 6 ó Vista geral da implantação da via inicial de acesso, a partir do local, que recebeu a implantação do dique de contenção. A direita detalhe do platô de entrada.



Figura 7 ó Vista da implantação da 1ª fase da 1ª célula

Pode-se verificar a abertura de valas longitudinais à célula, para posterior recebimento da camada de pedras ó rachão que possibilita a drenagem do chorume, assim como, nos pontos periféricos da vala, para posterior ancoragem da manta de geomembrana. Ver também a locação efetuada a partir de estacas, para localização topográfica e de altitude da 1ª célula, em serviço efetuado pela equipe de topografia.



Figura 8 ó Vista parcial da caixa de contenção dos drenos de percolados e em detalhe a implantação da manta de geomembrana, de forma a evitar a saída do chorume gerado.

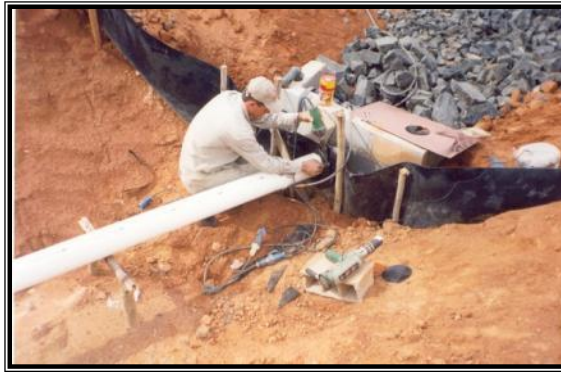


Figura 9 ó Detalhe da implantação de tubulações provisórias de encaminhamento do lixiviado.

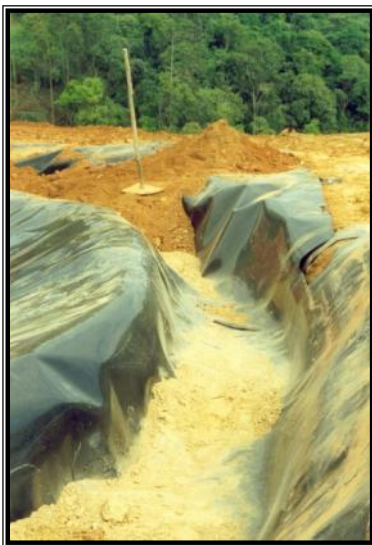


Figura 10 ó Detalhe da fixação da manta nas extremidades da célula. Atentar para o equipamento de apiloamento da terra sobre a manta dentro da vala de ancoragem

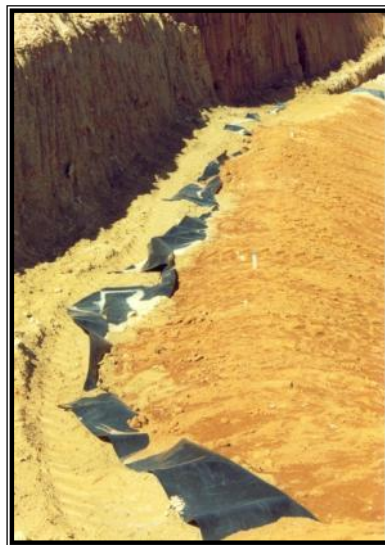


Figura 11 ó Vista parcial com detalhe da implantação e fixação da manta nas bordas da 1ª célula do aterro.



Figura 12 ó Vista geral da área impermeabilizada que possibilitou o início da operação de disposição final dos resíduos sólidos.

5.2 Etapa 2 ó Implantação da 2ª fase da 1ª célula (primeiro contrato com o FEHIDRO)

O aterro sanitário teve continuidade com a implantação da fundação da 2ª fase da 1ª célula, a qual foi iniciada no seu extremo noroeste, de acordo com o Contrato FEHIDRO nº 232/2003. Permitiu a operação por cerca de 18 meses. A seguir apresentam-se fotos da implantação desta etapa.



Figura 13 ó Vista geral da canaleta de águas pluviais e da estrada de acesso à 1ª célula, de jusante para montante.



Figura 14 ó Vista geral da residência do caseiro e operador de máquinas do aterro ó obra executada pela prefeitura.



Figura 15 - Interligação definitiva dos tubos responsáveis pelo transporte lixiviado (chorume) para o tanque de acúmulo.



Figura 16 ó Detalhe da colagem da manta de geomembrana, efetuada através do processo de termofusão à 400 °C.



Figura 17 ó Detalhes da implantação de chaminé. Atentar para a sua base, também impermeabilizada com manta.

5.3 Etapa 3 ó Implantação do Galpão de Garagem de Máquinas e Instalações Elétricas (segundo contrato FEHIDRO)

Através do contrato FEHIDRO nº 196/2004, a prefeitura implantou o Galpão de Garagem de Máquinas com área de 240 m² e as instalações de energia elétrica, inclusive com implantação de transformador, de forma a possibilitar a energização de equipamentos para as operações e para a implantação do aterro. Ver fotos a seguir.



Figura 18 ó Vista geral do galpão, após a sua implantação em 2005.



Figura 19 é Vista parcial dos postes de iluminação.

5.4 Etapa 4 até o final de 2011 é Continuidade da operação do aterro e da implantação através de contratos FEHIDRO

Nos anos seguintes continuou-se a implantação do aterro ao mesmo tempo em que operava e preenchia as 2ª, 3ª, 4ª e 5ª células do Aterro Sanitário, conforme os contratos e valores que serão apresentados no item a seguir, ver a **tabela 1 é Recursos Financeiros dispendidos para a implantação do aterro sanitário de Socorro, por ano; instituição de financiamento; valores de contrapartida e denominação dos contratos.**

Considerando as diversas unidades localizadas e lineares que verificamos como obrigatórias no aterro, apresentamos a seguir, algumas fotos do acompanhamento efetuado nestes contratos, a seguir.



Figura 20 é Vista geral do aterro com a primeira e segunda células preenchidas e com recobrimento final em terra, restando apenas a necessidade de plantio de grama final e a implantação das canaletas longitudinais de águas pluviais.



Figura 21 é Detalhes da execução de caixa de passagem.



Figura 22 ó Vista geral das bobinas de manta de PEAD, sendo que cada bobina possui 295 m².



Figura 23 ó Detalhe do equipamento de solda por termofusão, importado da Suíça (SUSTEN CENTRISTA; 2009)



Figura 24 ó Vista de área impermeabilizada, no momento que recebia o recobrimento de 0,50m de terra de proteção mecânica.



Figura 25 ó Vista frontal da canaleta de águas pluviais e vista lateral da caixa de passagem e da escada hidráulica.



Figura 26 é Vista frontal da escada hidráulica e da caixa de passagem.

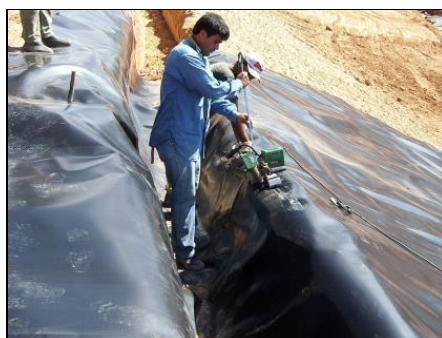


Figura 27 é Detalhe da operação de termofusão e colagem da manta de PEAD .



Figura 28 é Vista geral do segundo tanque de acúmulo de chorume.



Figura 29 é Detalhes da implantação do colchão drenante em rachão.

6. RECURSOS ECÔNICOS GASTOS PARA IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO PERÍODO 2003 A 2011

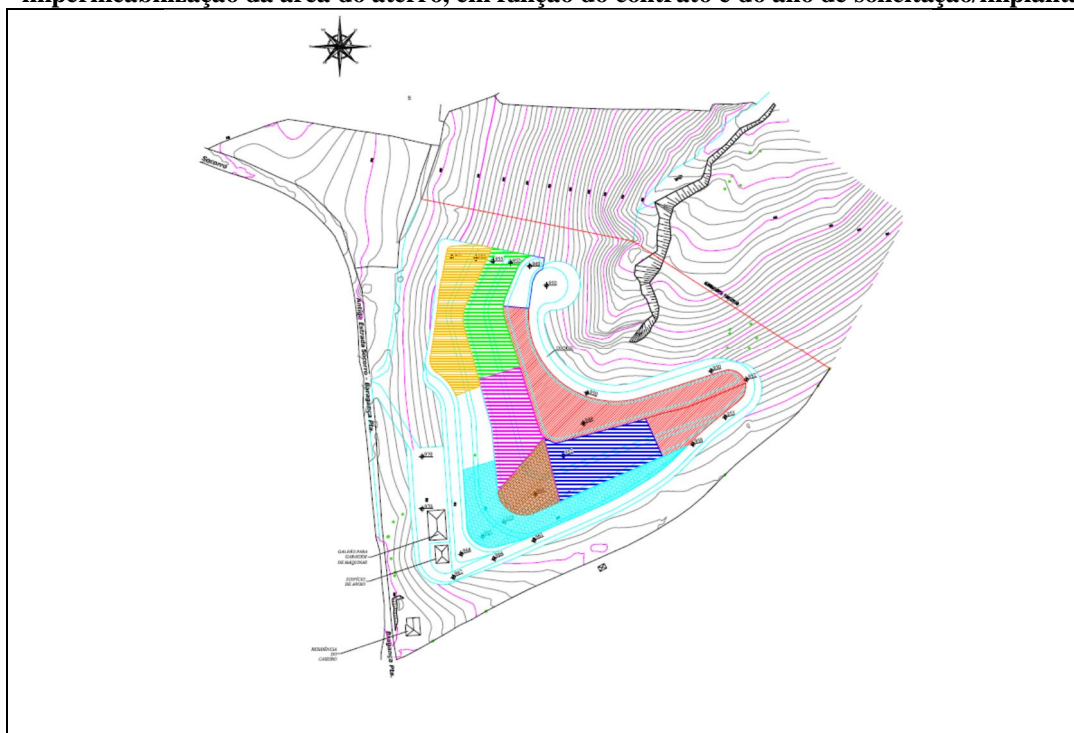
A tabela 1, apresentada a seguir informa sobre os contratos de financiamento obtidos pela Prefeitura e que possibilitaram suporte financeiro fundamental para implantação e operação adequado do aterro sanitário ao longo do período 2003 a 2011.

Tabela 1 - Recursos financeiros dispendidos para a implantação do aterro sanitário de Socorro, por ano; instituição de financiamento; valores de contrapartida e denominação dos contratos.

Ano	Instituição de Financiamento	Contrapartida	Objeto / Situação
2002	Ministério da Saúde / FUNASA ó R\$ 80.000,00	R\$ 34.400,00	Implantação do Aterro Sanitário ó 1ª fase ó contrato encerrado.
2003	Governo do Est. de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 150.525,00	R\$ 198.169,19	Implantação da 2ª fase da 1ª célula do Aterro Sanitário ó Contrato encerrado.
2004	Governo do Est. de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 51.300,00	R\$ 45.639,03	Implantação do Galpão de Garagem de Máquinas e Instalações Elétricas.
2005	Governo de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 68.000,00	R\$ 41.310,00 ó	Implantação da 1ª Fase das 2ª e 3ª camadas do Aterro Sanitário ó
2006	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 84.000,00	R\$ 50.236,00 ó	Implantação da 2ª fase das 2ª e 3ª camadas do Aterro Sanitário e do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais
2007	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 80.643,60	R\$ 55.866,90	Implantação da 3ª Fase das 2ª e 3ª Camadas do Aterro Sanitário e do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais, Chorume e Gases
2008	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 90.090,83	R\$ 23.230,97	Implantação da 4ª Fase das 2ª e 3ª Camadas do Aterro Sanitário e do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais, Chorume e Gases
2009	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 109.167,87	R\$ 135.982,66	Implantação da Base das 4ª e 5ª camadas de lixo do Aterro Sanitário e dos Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais, Chorume e Gases
2010	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 104.231,75	R\$ 37.972,36	Implantação da Base das 4ª e 5ª camadas de lixo do Aterro Sanitário e dos Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais, Chorume e Gases ó 2ª Etapa contrato em execução.
2011	Governo do Estado de São Paulo ó FEHIDRO ó R\$ 75.753,20	R\$ 19.056,80	Preparação de Área para Disposição Adequada dos Resíduos Sólidos e Extensão da Rede de Drenagem de Águas Pluviais e Transporte de Lixiviado no Aterro Sanitário
TOTAL	R\$ 893.712,25	R\$ 641.863,91	

Da tabela acima apresentada, pode-se inferir que foram dispendidos até o final de 2011 o montante de **R\$ 1.535.576,16** (hum milhão e quinhentos e trinta e cinco mil e quinhentos e setenta e seis reais e dezesseis centavos), na implantação do aterro sanitário de Socorro.

A seguir, ver o **Desenho 3 ó Etapas de implantação ó impermeabilização com geomembrana de PEAD, de 2003 a 2010** e a **Tabela 2 ó Legenda referente ao Desenho 3 ó demonstrando a evolução da impermeabilização da área do aterro, em função do contrato e do ano de solicitação/implantação.**



Desenho 4 - Etapas de implantação ó impermeabilização com geomembrana de PEAD, de 2003 a 2010.








LEGENDA	Áreas do aterro sanitário impermeabilizadas, considerando o ano e o contrato de financiamento ó FEHIDRO/FUNASA
	Área impermeabilizada durante os anos de 2003 e 2004, com recursos da FUNASA e do FEHIDRO ó Área total = 8.005 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2005 ó Contrato FEHIDRO nº 203/05 Área Total = 2.610 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2006, correspondente a 1ª fase das 2ª e 3ª camadas previstas pelo projeto inicial ó Área total = 2.250 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2007, correspondente a 2ª fase das 2ª e 3ª camadas previstas pelo projeto inicial ó Área total = 2.000 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2008, correspondente a 3ª fase das 2ª e 3ª camadas previstas pelo projeto inicial ó Área total = 2.100 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2009, correspondente a 1ª etapa das 4ª e 5ª camadas previstas pelo projeto inicial ó Área total = 2.920 m ² .
	Área impermeabilizada durante o ano de 2010, correspondente a 2ª etapa das 4ª e 5ª camadas previstas pelo projeto inicial ó Área total = 2.360 m ² .

Tabela 2 ó Legenda referente ao Desenho 3 ó demonstrando a evolução da impermeabilização da área do aterro, em função do contrato e do ano de solicitação/implantação.

7. Conclusões e recomendações

A implantação de aterro sanitário consiste em uma serie de obras de engenharia, que necessitam de acompanhamento técnico constante de especialistas com atribuições profissionais na área, assim como recursos financeiros de grande expressão. Devido ao fato das Prefeituras, em sua maioria, não possuírem recursos técnicos e nem financeiros suficientes advindos da arrecadação de tributos e taxas, torna-se de fundamental importância o apoio técnico de empresas particulares e principalmente de órgãos governamentais como o Ministério da Saúde, através da FUNASA e principalmente do Governo do Estado, através do Sistema Estadual de Recursos Hídricos para suprir essas necessidades. Este fato foi constatado, ao longo deste período, pela adequada operação do Aterro Sanitário de Socorro (ver índices IQR publicados ao longo desse período pela CETESB) que foi possível pelo empenho da Prefeitura Municipal e pelo apoio dado por esses órgãos e principalmente pelo FEHIDRO - Fundo Estadual de Recursos Hídricos - através do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu ó CBH-MOGI. Cabe destacar a importância do acompanhamento técnico e aprovação de contas que foi dada pela Agência Ambiental do Estado de São Paulo ó CETESB ó Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental, neste empreendimento.

Todo o município, ou mesmo conjunto de municípios, necessita ter o gerenciamento de seus resíduos sólidos de uma forma integrada, de forma a atender a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos, privilegiando formas de não geração e/ou minimização na geração, reutilização e reciclagem de resíduos, de forma a diminuir a quantidade de rejeitos que devem sempre ser encaminhados para a sua disposição final, que atualmente conta com a tecnologia de aterros sanitários públicos e privados, devendo-se sempre priorizar o controle da poluição que pode advir de uma má operação e mesmo implantação, se estas não ocorrerem de forma técnica e ambientalmente adequadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS.** Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo. Publicação IPT 2163. 1995.
- **ROCCA; A.C.C et. al.** Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo, CETESB, 1992.
- **ABNT ó ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 6484/ 1990. Solos - Sondagens de Simple Reconhecimentos com SPT - Métodos de Ensaio. Rio Janeiro.
- **ABNT ó ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. ABR 1992.
- **ROSS; J.L.S; MOROZ; I.C.** Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1981.
- **ADISAN ENGENHARIA E PROJETOS LTDA.** Elaboração de Documentação para Licenciamento Ambiental. Projeto Básico. COTIA, 2002.
- **METACOLIBRI ó MÉTODOS E TÉCNICAS DE ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA.** Relatórios Técnicos e Fotográficos da Infraestrutura do Aterro Sanitário. Boletins de Medições, Socorro, 2003-2009.
- **SUSTEN CENTRISTA ó SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA.** Relatórios técnicos e Fotográficos de Obras e Serviços da Infraestrutura do Aterro Sanitário. Boletins de Medições, Socorro 2010-2013.