

CARACTERIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES E OPERAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NO OESTE CATARINENSE

CHARACTERIZATION OF FACILITIES AND OPERATION OF SANITARY LAND
WASTE OF URBAN SOLID WASTE AND WASTE OF HEALTH SERVICES IN WEST
CATARINENSE

Jucilei Ritter¹

Maciel Welter²

Submetido em 14-01-2018

Aprovado em 16-08-2018

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de
Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 3, nº 1, 2018

ISSN 2525-3204

¹ Graduado em Engenharia Civil pela Uceff Itapiranga. E-mail: jucilei_ritter@hotmail.com

² Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFSC. Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Uceff Itapiranga. E-mail: mac-wel@hotmail.com

Resumo

Os aterros sanitários são responsáveis por realizar a disposição final de resíduos sólidos provenientes de diversas fontes de forma a reduzir ao máximo os danos ambientais, diante do rigoroso processo de escolha de novas áreas e de licenciamento ambiental aqueles existentes devem comportar a maior quantidade possível de material para que se tenha uma vida útil adequada do empreendimento. Buscando compreender os processos operacionais e as instalações e equipamentos necessários para o correto funcionamento de uma unidade de disposição final de resíduos sólidos urbanos teve-se a intenção de acompanhar as atividades realizadas em um empreendimento dessa natureza localizado na região oeste do estado de Santa Catarina. Foram analisadas, dessa forma, as instalações e equipamentos utilizados na operação de tratamento, triagem e disposição final dos resíduos nas camadas do aterro sanitário e sua posterior compactação, bem como o processo de diminuição de impactos ambientais pela queima dos gases produzidos na decomposição da matéria orgânica presente no material aterrado e o tratamento dos lixiviados gerados durante o mesmo processo de decomposição e também pela infiltração de águas pluviais na massa de resíduos. Pode-se verificar uma metodologia de disposição final de resíduos sólidos urbanos e de serviços de saúde sem agressão ao meio ambiente e com grande preocupação social.

Palavras-chave: aterro sanitário; instalações; operação; resíduos sólidos urbanos.

Abstract

Landfills are responsible for the final disposal of solid waste from various sources in order to reduce environmental damages as much as possible, in view of the rigorous process of choosing new areas and of environmental licensing, the existing landfills must contain as much material as possible to have an adequate useful life of the enterprise. In order to understand the operational processes and the facilities and equipment required for the correct operation of a final solid waste disposal unit, it was intended to follow the activities carried out in a project of this nature located in the western region of Santa Catarina state. In this way, the plants and equipment used in the treatment, sorting and final disposal of the residues in the layers of the landfill and their subsequent compaction were analyzed, as well as the process of reducing environmental impacts by burning the gases produced in the decomposition of matter organic matter present in the grounded material and the treatment of the leachates generated during the same decomposition process and also by the infiltration of rainwater into the waste mass. It is possible to verify a methodology of final disposal of urban solid waste and health services without aggression to the environment and with great social concern.

Key words: facilities; operation; sanitary landfill; solid urban waste.

Introdução

Altos índices (98,6%) são apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016) referindo-se a cobertura de coleta domiciliar de resíduos sólidos na área urbana brasileira, sendo admitidos os regimes de coleta direta, realizada de porta-a-porta e indireta, efetuada por meio dispositivos como caçambas, ambos com regularidade de coleta de no mínimo uma vez por semana. Regionalmente destacam-se os estados das regiões sul, sudeste e centro-oeste com os maiores índices de cobertura pelos sistemas de coleta.

Embora quase a totalidade dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos sejam recolhidos, no ano de 2008 tinha-se de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) a destinação de 50,8% dos resíduos sólidos a vazadouros a céu aberto, conhecidos também como lixões. Conforme Oliveira e Carvalho (2010) os vazadouros a céu aberto são grandes causadores de problemas ambientais e sociais, pelo fato de contaminar o solo e a água, além de propiciar a reprodução de vetores de doenças. Dessa forma os aterros sanitários constituem locais para disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU) de forma adequada e a amenizar os danos ao meio ambiente, sendo realizada a destinação correta do chorume e dos gases.

A dificuldade para definição de locais adequados a implantação de novos aterros sanitários de modo que atendam às legislações ambientais e que estejam posicionados próximos aos centros urbanos, facilitando e tornando mais econômico o transporte dos resíduos, tem feito com que sejam otimizadas as estruturas projetadas para acumular o máximo possível de material, tendo-se, dessa forma, aterros sanitários que atinjam 100 metros de altura (MARQUES, 2001).

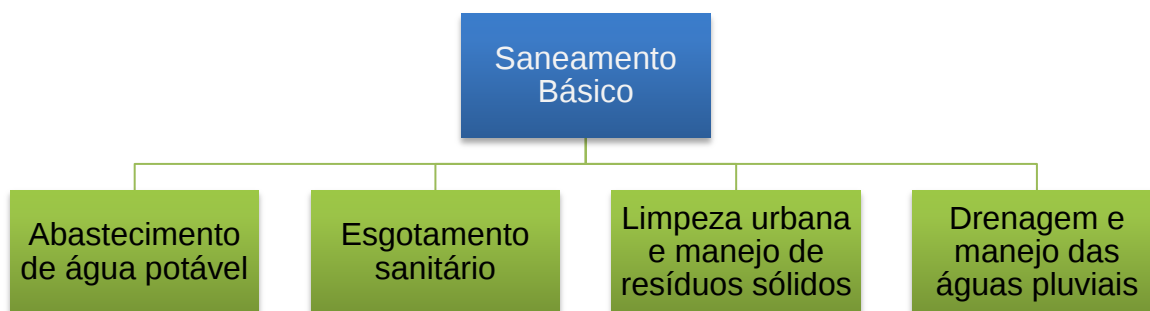
Saneamento básico no Brasil

O saneamento básico está relacionado à prevenção e controle dos microrganismos presentes na água, no solo e no ar, capazes de provocar doenças nos seres humanos, possuindo, portanto, a função de manter o ambiente em condições saudáveis (CAVINATTO, 2003).

De acordo com a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007) que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento

básico entende-se que o saneamento básico é composto de conjuntos de serviços, infraestruturas e sistemas operacionais que atendam aos eixos de atuação apresentados na Figura 1, sendo inclusa a limpeza e fiscalização das respectivas redes urbanas.

Figura 1 - Eixos do saneamento básico



Fonte: Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007).

Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

Inevitavelmente gera-se cotidianamente resíduos sólidos, devido às atividades do ser humano. Contudo, o manejo e disposição inadequados desse material pode comprometer o ambiente e a saúde humana. Isso se dá pelo fato do material atuar como alimento e abrigo para transmissores de doenças, como roedores e insetos, e pela sua capacidade de contaminar o solo e as águas subterrâneas por meio da decomposição e formação de lixiviados dos resíduos (PHILIPPI JUNIOR; AGUIAR, 2005).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2014) os RSU são compostos pelos resíduos domiciliares, comerciais e públicos. O lixo domiciliar é compreendido por itens gerados em atividades domésticas nas residências urbanas e rurais. Por comercial tem-se aqueles originados em estabelecimentos comerciais e de serviços, nos quais há grande presença de papéis e plásticos. Por fim, o lixo público é aquele proveniente das atividades de limpeza urbana, que contempla resíduos de varrição, podas de árvores, limpeza de eventos públicos, entre outros (GRIPPI, 2006).

Diante da variedade, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10004 por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) que trata da classificação dos resíduos sólidos quanto as suas potencialidades de riscos ao meio ambiente e a saúde pública indica a necessidade da avaliação da constituição do resíduo sólido a fim de

compará-lo a listagens de materiais de potencial prejuízo conhecido à saúde e ao meio ambiente, classificando-o, portanto, de acordo com sua periculosidade em:

- a) resíduos classe I – perigosos, são considerados os que possuem características inflamáveis, corrosivas, reativas, tóxicas e patogênicas, caracterizando potencial de risco à saúde pública e ao meio ambiente;
- b) resíduos classe II – não perigosos, estes são subdivididos em:
 - resíduos classe II A – não inertes, os resíduos que não se enquadram nas outras classes e que podem apresentar propriedades biodegradáveis, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - resíduos classe II B – inertes, resíduos que em contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não extrapolem os padrões de potabilidade da mesma, por solubilização, exceto aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

São exigidos cuidados especiais e diferenciados para os resíduos sólidos de acordo com suas classificações que se refletem nos processos de acondicionamento, manejo e triagem, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final (OLIVEIRA; CARVALHO, 2010).

Sistema de acondicionamento, coleta e transporte

Posterior à geração dos RSU se faz necessário “o acondicionamento adequado do resíduo, o sistema de coleta e transporte planejado e os diversos serviços de limpeza complementares devem ser feitos com qualidade e produtividade, a mínimo custo.” (VILHENA; D’ALMEIDA, 2002, p. 45).

Os armazenamentos podem ser variados desde que apresentem condições sanitárias adequadas, não sejam feios e desagradáveis, tenham a capacidade de conter o lixo até a coleta, possibilitem a manipulação segura pelos coletores e permitam uma coleta rápida, sendo que a população deve ser informada, no mínimo, anualmente, sobre os acondicionamentos mais adequados a cada resíduo sólido (FUNASA, 2014).

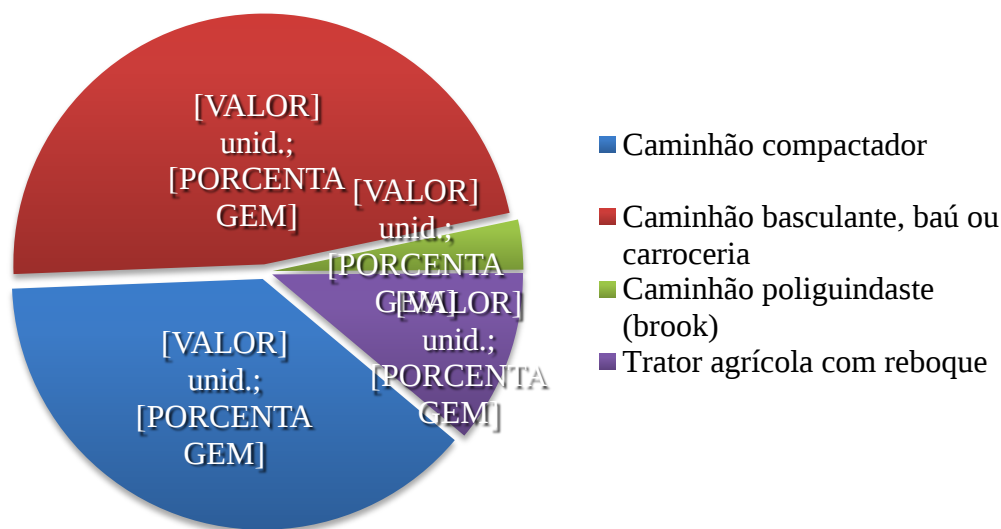
O serviço de coleta se traduz no processo de recolha do lixo acondicionado pelo seu gerador, devendo ser realizada em cada imóvel sempre nos mesmos dias e horários, de modo a habituar a população sobre a sua regularidade. Tendo uma rotina de coleta de RSU pré-estabelecida, percebe-se a disposição do material nos pontos de coleta sem grande

antecedência, fator este que evita prejuízos estéticos e espalhamento provocado por animais ou pessoas (MONTEIRO et al., 2001).

A maior parte do transporte dos RSU no Brasil é realizada por modal rodoviário, apesar desta ser a modalidade com maior potencial de risco oferecido, devido à grande probabilidade de ocorrência de acidentes (OLIVEIRA; CARVALHO, 2010). A NBR 13221 determina os requisitos para o transporte terrestre de resíduos a fim de proteger o meio ambiente e a saúde pública contra danos, definindo que o transporte deve ser feito por veículo adequado, que não permita o vazamento ou derramamento de resíduos, esteja protegido de intempéries, além de não realizar o transporte de alimentos, medicamentos ou outros produtos destinados ao uso ou consumo humano ou animal (ABNT, 2003).

Os veículos com maior participação na coleta e transporte de RSU são apresentados na Figura 2, sendo que tais dados foram obtidos a partir do fornecimento de informações de 3631 municípios do Brasil, com representatividade de 84,5% da população residente em áreas urbanas do país (SNIS, 2016).

Figura 2 - Veículos de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos



Fonte: SNIS (2016).

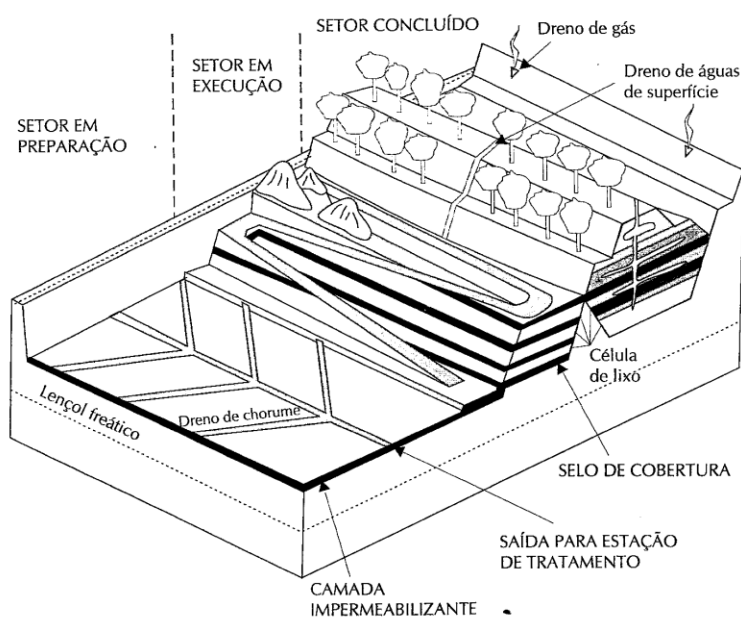
Disposição final de resíduos sólidos

Os principais métodos de disposição final de resíduos sólidos, com base em Vilhena e D’Almeida (2002) abrangem a deposição em vazadouros a céu aberto, aterros controlados e aterros sanitários.

Considerado ambientalmente adequado devido a utilização de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, os aterros sanitários inibem os danos provocados pelos resíduos sólidos urbanos à saúde pública e sua segurança. Isso é possível pelo método empregado na disposição do RSU em locais confinados, utilizando-se da compactação para obter a máxima redução de seu volume e posterior fechamento desse material com uma camada de argila ao término do ciclo de trabalho (ABNT, 1992; BIDONE; POVINELLI, 1999).

É possível identificar na Figura 3, de acordo com Bidone e Povinelli (1999), os componentes técnicos e de engenharia consolidados pela impermeabilização do fundo e pelos sistemas de drenagem pluvial para afastamento de águas pluviais, de drenagem de líquidos percolados e sua destinação ao processo de tratamento e sistemas de coleta e queima de gases gerados na bioestabilização dos componentes orgânicos.

Figura 3 - Etapas do aterro sanitário



Fonte: Grippi (2006).

A NBR 8419 (ABNT, 1992) trata das condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos para aterros sanitários de RSU e indica como necessários para operação do aterro sanitário os seguintes elementos, devendo conter nos projetos, especificações e descrições essenciais ao desenvolvimento do empreendimento:

- a) sistema de drenagem superficial: responsável por interceptar e desviar a água da chuva das áreas de serviço além de impedir sua infiltração na massa de resíduos, para isso são utilizados tubos de concreto do tipo canaleta e escadas d'água (VILHENA; D'ALMEIDA, 2002);
- b) sistema de drenagem e remoção do percolato: o sistema deve absorver os líquidos gerados pelo processo de decomposição da matéria orgânica e provenientes de infiltrações de águas pluviais, consistindo em “drenos implantados sobre a camada de impermeabilização inferior e projetados em forma de espinha de peixe, com drenos secundários conduzindo o chorume coletado para um dreno principal” (MONTEIRO et al., 2001, p.167) e posteriormente destinado à estação de tratamento;
- c) sistema de tratamento do percolato: se faz necessária a implantação de processos de grande eficiência para o tratamento de percolados de aterro sanitário, como sistemas de lagoas de estabilização, filtros anaeróbios, lodos ativados, entre outros, pelo fato destes líquidos conterem uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 30 a 150 vezes maior que os esgotos domésticos, além da presença de nitrogênio amoniacal, tóxico a partir de certa concentração e solúvel em água (BIDONE; POVINELLI, 1999);
- d) impermeabilização inferior: deve possuir estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica e à intempéries, além de compatibilidade físico-química com os resíduos e percolados, a fim de impedir a contaminação do subsolo e lençóis freáticos subjacentes ao aterro sanitário pela infiltração de líquidos percolados e biogás (VILHENA; D'ALMEIDA, 2002). Para esta impermeabilização deve-se instalar uma manta de polietileno de alta densidade (PEAD), ou utilizar-se uma camada, de no mínimo 80 cm de espessura, de argila compactada que atenda a certo índice de permeabilidade (MONTEIRO et al., 2001);
- e) sistema de drenagem de gás: tem a função de evitar a infiltração em meios porosos do solo, de gases como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2), resultantes da

decomposição anaeróbia da matéria orgânica no aterro sanitário. Para isso, utilizam-se drenagens verticais realizadas pela superposição de tubos de concreto envolvidos por brita que atravessa todo o maciço de RSU, sendo que no topo deve haver um dispositivo para queima dos gases inflamáveis, regularmente verificado para atestar seu funcionamento (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Licenciamento ambiental de aterros sanitários

O processo administrativo de licenciamento ambiental para qualquer atividade efetiva ou potencialmente poluidora, que possa provocar degradação ambiental, de acordo com a resolução nº 237 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1997), necessita de licença ambiental emitida pelo órgão ambiental competente que determina a localização, instalação, ampliação ou operação de empreendimentos ou atividades utilizadoras de recursos ambientais.

A licença ambiental para situações de empreendimentos ou atividades de “[...] destinação de resíduos de esgotos sanitários e de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas; dragagem e derrocamentos em corpos d-água [...]” (BRASIL, 1981, p. 21) dependerá de prévio estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (RIMA) (CONAMA, 1997). Porém, a resolução nº 404 do CONAMA, no âmbito de simplificar o processo de licenciamento para aterros sanitários de pequeno porte, com disposição diária de até 20 t (vinte toneladas), dispensa a apresentação de EIA e RIMA, além de fornecer outras facilidades a estes empreendimentos (CONAMA, 2008).

De acordo com a Fundação do Meio Ambiente (FATMA, 2014) o processo de obtenção de licença ambiental deve seguir as etapas do item 2.5 de sua instrução normativa nº 65 que define a documentação, planos, programas e projetos ambientais para licenciamento e implantação de atividades das quais se inclui a execução de aterros sanitários. Fica definido que inicialmente deve ser cadastrado o empreendedor e o empreendimento, em seguida o mesmo deve requerer a licença ambiental, posteriormente os projetos, documentos e estudos são analisados pela FATMA, sendo que ela poderá solicitar esclarecimentos. É realizada, em seguida, audiência pública com participação social, novamente pode ser solicitado esclarecimentos devido a estas audiências, próxima

etapa se dá pela emissão de parecer técnico e encerra-se pelo deferimento ou indeferimento do pedido de licença.

Operação de aterros sanitários

O processo de operação de qualquer modelo de aterro sanitário engloba os processos de controle de resíduos, compactação destes, execução de instalações de drenagem de águas pluviais, lixiviados e gases, garantindo a efetividade dos trabalhos executados no empreendimento (BRASIL, 2008). Para tanto utiliza-se, principalmente, de acordo com Monteiro et al. (2001), equipamentos como:

- a) trator de esteiras: acoplado à uma lâmina é utilizado para realizar obras de terraplenagem, espalhar os RSU e compactá-los, além de auxiliar na cobertura com terra;
- b) caminhão basculante: realiza o transporte de materiais para cobertura dos resíduos e para execução de acessos internos;
- c) pá mecânica: responsável, principalmente, pelo carregamento de caminhões, porém executa pequenas atividades de escavação;
- d) retroescavadeira: responsável por realizar escavações de valas de drenagem, atividades de escavação e carregamento de caminhões com terra, além de auxiliar em processos cotidianos do aterro sanitário;
- e) caminhão pipa: realiza atividades de abastecimento de água, umedecimento de resíduos como papéis, para evitar seu espalhamento e o umedecimento de acessos internos objetivando a redução da geração de poeira.

A operação adequada do aterro sanitário garante a disposição de resíduos com minimização dos impactos ambientais e sanitários, de modo a diferenciar estas instalações de vazadouros a céu aberto. Se houver má operação dos RSU no aterro sanitário podem ser desenvolvidos diversos tipos de problemas ambientais, portanto, é necessário que processos como o despejo de resíduos e a execução de células sejam corretamente realizados (BRASIL, 2008).

A operação de compactação dos RSU, conforme Araújo Neto et al. (2015) tem a função de alterar as características de resistência, estabilidade e compressibilidade da massa de resíduos pela diminuição do índice de vazios. Ela é realizada pelo trator de esteiras,

sendo que ocorre de forma ascendente, da base para o topo da camada, uma vez que o resíduo fresco é disposto pelo caminhão na base do talude. Esse processo é realizado de modo que a camada de resíduos possua uma relação de inclinação próxima a 3 m de base para 1 m de altura, demonstrada pela Figura 4 (CATAPRETA, 2008).

Figura 4 - Compactação de resíduos realizada em camadas inclinadas



Fonte: Catapreta (2008, p. 103).

Conforme Monteiro et al. (2001), os RSU devem ser dispostos no talude com espessura máxima de cerca de 50 cm por camada. Posteriormente deve haver a passagem do trator de esteiras sobre os mesmos, de 3 a 6 vezes, para redução do volume dos materiais de forma a otimizar a relação entre a compactação e os custos.

Dentre os diversos benefícios obtidos pela correta operação do aterro sanitário Ribeiro (2016, p. 93) cita “o aumento da vida útil, a redução da migração descontrolada do biogás e da vazão de lixiviado, o aumento da estabilidade do aterro, a possibilidade de tráfego imediato de veículos sobre o maciço e melhorias no aspecto estético da massa de resíduos aterrada.” Ainda conforme o autor, os períodos chuvosos, a taxa de compactação irregular, a danificação de equipamentos, a ausência de mão de obra especializada e o alto

custo para o tratamento de lixiviados constituem dificuldades encontradas na operação adequada dos aterros sanitários.

Metodologia

O gerenciamento dos resíduos recebidos no local estudado é realizado em diferentes instalações e por diferentes equipamentos, variáveis de acordo com o tipo de resíduo e a finalidade objetivada. As características físicas do aterro sanitário necessárias para sua caracterização e classificação foram obtidas pela visita de campo realizada com o objetivo de reconhecimento das instalações e operações realizadas por cada uma delas. Para tanto as explanações realizadas pelos funcionários sobre os locais em que trabalham e os equipamentos que operam, bem como os serviços que executam foram essenciais para o entendimento dos processos adotados.

O processo de compactação dos RSU observado é realizado, como descrito na fundamentação teórica, em rampa inclinada com o auxílio de um trator de esteiras, sendo que a descrição de tal tem como base a observação realizada *in situ* em que se acompanhou a execução do espalhamento dos RSU, a sua compactação e posterior fechamento da célula com uma camada de solo.

O local é responsável pelo recebimento de RSU de vinte e um municípios da região oeste de Santa Catarina, além do recebimento, esterilização e posterior aterramento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) de grande parte dos estabelecimentos de saúde humana e veterinária dessa região. O acesso a alguns locais é permitido apenas por pessoas autorizadas, como por exemplo onde são armazenados e esterilizados resíduos com capacidade de contaminação biológica.

Objetiva-se apresentar de forma breve as instalações e os equipamentos essenciais para o bom funcionamento dos sistemas relacionados ao aterramento de RSU e RSS e que atuam simultaneamente a este.

Apresentação e análise dos resultados

Instalado em uma área de 23 ha o local conta com ampla infraestrutura e 16 funcionários divididos entre gestor, operadores de máquinas, motoristas e demais colaboradores. As instalações do aterro sanitário comportam duas áreas de aterro de

resíduos sólidos além de uma série de edificações de apoio ao funcionamento eficaz de processos pelos quais os RSU e os RSS devem ser submetidos anteriormente ao seu aterramento e pelo qual os produtos da decomposição ocorrida devem passar para sua adequação ambiental.

As instalações recebem diariamente uma quantidade aproximada de 60 toneladas de RSU dos vinte e um municípios que atende, sendo estimados 171.699 habitantes atendidos no ano de 2016. Por outro lado, a vida útil estimada para a disposição de resíduos do projeto atual se estende até o ano de 2019.

Ambos os aterros sanitários foram edificados pelo método de área, sendo possível este entendimento pelo fato de apresentarem elevações em formato tronco-piramidal como apresenta a Figura 5, além de estarem instalados em local com pouca declividade do terreno natural.

Figura 5 - Aterro sanitário de resíduos sólidos



Fonte: Acervo da empresa (2016).

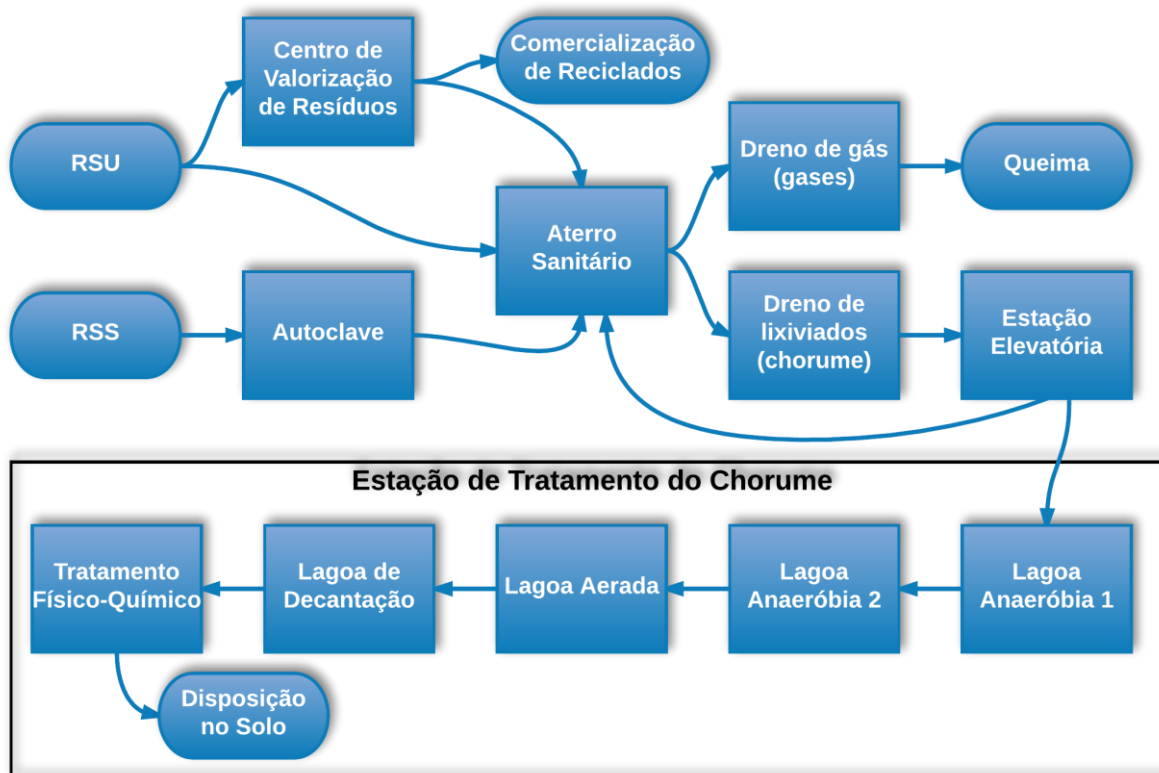
Nascimento (2007) verifica que o método de área ou também conhecido como método de superfície é utilizado em locais com topografia plana onde não se é aconselhável a instalação de trincheiras, neste método se tem a criação da elevação dos resíduos sólidos compactados em forma de tronco-de-pirâmide, sendo que há diques laterais inclinados executados com terra ou com resíduos.

Os resíduos são espalhados e compactados em forma de rampa obtendo-se altura vertical da camada em uma faixa de 5 m a 6 m, sendo que é perceptível a redução da

espessura das camadas proporcionalmente ao aumento da idade em que estas foram executadas.

O conjunto de sistemas de apoio ao aterro sanitário são apresentados pelo fluxograma da Figura 6 no qual se demonstra os processos pelos quais os RSU e RSS advém anteriormente à deposição em camadas e também as etapas pelas quais passam os gases e lixiviados produzidos nos processos de decomposição dos resíduos sólidos no aterro sanitário estudado.

Figura 6 - Fluxograma de sistemas de apoio ao aterro sanitário



Fonte: Própria (2017).

Identifica-se ainda, na Figura 6, as instalações externas e internas ao aterro de resíduos. Das externas são destacadas o Centro de Valorização de Resíduos (CVR), a autoclave, a estação elevatória e a estação de tratamento do chorume, incluindo suas diversas lagoas e o tratamento físico-químico. Das instalações internas ao maciço de resíduos aterrados são destacados os drenos de gás e drenos de lixiviados, estes que apresentam sua maior parte envolvida pelos resíduos dispostos nos aterros. Além dessas

apresentadas o local possui portão de acesso, escritório, cortina vegetal, drenos de águas pluviais e impermeabilização de base nos locais de disposição final dos resíduos sólidos.

Cada uma das instalações desempenha papel fundamental para a correta operação do aterro sanitário, dessa forma são explanadas suas funções:

- a) escritório: tem a finalidade de abrigar documentos importantes para a operação do aterro sanitário, uma vez que aterros sanitários possam ser fonte de graves acidentes ambientais e, portanto, necessitam estar rigorosamente de acordo com os órgãos ambientais. Diante disso o escritório torna o processo de guarda e arquivamento de documentos, bem como a recepção de visitantes facilitada.
- b) tratamento de resíduos de serviços de saúde: o galpão onde este processo é realizado compreende uma área em que os RSS vindos de clínicas e consultórios médicos e odontológicos, hospitais, estúdios de tatuagem, clínicas veterinárias, funerárias entre outros são armazenados, esterilizados e carregados em caminhão poliguindaste para destinação final. Sendo que os espaços em que se encontram estes materiais podem ser acessados apenas por pessoas capacitadas. Os RSS anteriormente ao tratamento são armazenados em gaiolas que são introduzidas em um equipamento conhecido como autoclave, demonstrado na Figura 7. Este equipamento realiza o processo de esterilização por meio de pressão e vapor de água aditivada quimicamente a 147°C pelo período de uma hora, para isso uma caldeira fornece suporte à autoclave. Após o processamento estes resíduos são retirados do equipamento e lançados a um caminhão que os destinará ao aterro sanitário.

Figura 7 - Esterilização de resíduos de serviços de saúde



Fonte: Acervo da empresa (2016).

- c) centro de valorização de resíduos (CVR): também conhecido como centro de triagem é responsável por fornecer infraestrutura adequada para que seja realizado o processo de triagem de materiais recicláveis, entretanto, este não é operado em sua total capacidade devido à dificuldade e inviabilidade econômica na comercialização dos reciclados. O CVR conta com uma esteira na qual os trabalhadores retiram dos RSU e separam em baias papelão, polietileno tereftalato (PET) transparente, PET colorido, plástico leitoso branco, plástico leitoso colorido, latas de alumínio, alguns tipos de garrafas de vidro, metais e plástico seco. Para a comercialização os materiais reciclados são enfardados com prensa hidráulica.
- d) impermeabilização de base: Após realizada terraplenagem no local de instalação do aterro sanitário é espalhada terra que não contenha pedras, adensada, e sobre esta são instaladas faixas de manta PEAD que passam por processo de fundição para união em suas emendas. Como apresenta a Figura 8, sobre a manta são espalhadas e compactadas camadas de terra sem pedras e cascalho a fim de impedir que haja danos à camada impermeabilizante.

Figura 8 - Camada impermeabilizante



Fonte: Acervo da empresa (2016).

- e) drenos de gás: conforme demonstra a
- f)
- g) Figura 9, são construídos verticalmente, nos quais há o posicionamento central de tubos de concreto com furos em suas laterais e em sua volta há uma camada de pedras do tipo rachão confinadas em uma malha de aço. Os tubos de concreto são posicionados sobre o encontro de drenos secundários a drenos principais de lixiviados.

Figura 9 - Dreno de gases



Fonte: Acervo da empresa (2016).

- h) drenos de lixiviados: os lixiviados de aterro sanitário compreendem todos os líquidos produzidos pela decomposição dos resíduos e pela água infiltrada nas camadas, estes líquidos devem passar por tratamento antes da disposição no meio ambiente, sendo que os drenos os retiram do aterro sanitário e os conduzem para estações elevatórias. São construídos sobre o cascalho, acima da camada impermeabilizante e abaixo dos resíduos sólidos. Se apresentam, como demonstra a Figura 10, em forma de valas preenchidas com pedras do tipo rachão e fechadas inferior e superiormente com manta geotêxtil capaz de permitir a passagem de líquidos sem o carregamento de sólidos, evitando a obstrução destes drenos.

Figura 10 - Drenos de lixiviados



Fonte: Acervo da empresa (2016).

- i) drenos pluviais: o máximo de águas precipitadas sobre o aterro sanitário deve ser escoado superficialmente a fim de evitar sua infiltração na massa de resíduos, fato este que torna maior a quantidade de lixiviados produzidos e, conseqüentemente, mais oneroso o tratamento físico-químico. Os drenos pluviais são construídos com canaletas meia cana de concreto e estão presentes nos taludes laterais dos aterros sanitários e em sua volta, circundando-os. Estes drenos são posicionados sobre a camada de solo responsável pelo fechamento dos resíduos sólidos e realizados à medida que este fechamento é executado.
- j) estação elevatória: o aterro sanitário estudado possui duas estações elevatórias, sendo uma para o aterro de resíduos que não se encontra em operação e outra no aterro em operação, ambas são compostas por reservatório de líquidos lixiviados e sistemas motor-bomba para o escoamento destes líquidos. A estação elevatória do aterro em operação destina a totalidade dos líquidos para a estação de tratamento e a estação elevatória do aterro não operado pode encaminhar o chorume para a estação de tratamento, ou para o aterro sanitário caso a estação de tratamento não possua espaço suficiente para receber o

chorume, dessa forma tem-se um ganho de tempo para a realização do tratamento físico-químico dos lixiviados.

k) estação de tratamento do chorume: apresentada pela

l) Figura 11, a estação recebe o líquido lixiviado por meio do bombeamento realizado nas estações elevatórias, sendo que a entrada se dá na lagoa anaeróbia 1, posteriormente o líquido passa pelas lagoas anaeróbia 2, aerada e de decantação, para que então seja destinado ao tratamento físico-químico. Este tratamento é realizado pela adição de sulfato de alumínio ao chorume para desinfecção e posteriormente é adicionado um tipo de polímero com a função de provocar a floculação de partículas sólidas, restando-as anteriormente à destinação do chorume tratado para valas no solo.

Figura 11 - Estação de tratamento do chorume



Fonte: Acervo da empresa (2016).

Operação de compactação e fechamento de camadas

Da forma como relatam bibliografias, o aterro sanitário utilizava trator de esteiras para realizar o espalhamento dos resíduos de forma inclinada, construindo um talude na frente de trabalho.

Os caminhões transbordo ou coletores realizavam a descarga dos resíduos sólidos no pé do talude possibilitando que o trator de esteiras empurrasse e espalhasse estes resíduos em pequenas porções na face frontal do talude, permitindo a realização, ao mesmo tempo, da compactação do mesmo.

Embora seja indicado por Catapreta (2008) a realização de 4 a 6 passadas do trator de esteiras sobre os resíduos na área de compactação, pode-se perceber durante o estudo que no local não há controle sobre o número de passadas sobre os resíduos sólidos. Isso se dá pelo fato de que a cada descida e subida do trator de esteiras na rampa ele necessita carregar e distribuir uniformemente os RSU descarregados no pé do talude, sendo que em algumas das vezes o trator mesmo não atingindo o ponto mais alto da rampa retorna à base para um novo carregamento.

Durante a realização do fechamento da camada de resíduos sólidos com solo foi possível perceber a execução de uma segunda etapa de compactação, também executada pelo trator de esteiras. No momento em que o trator citado espalhava o solo disposto em montes pelo caminhão caçamba realizava-se a compactação no topo do talude, ou seja, em um plano horizontal de trabalho, sem inclinação.

Conclusão

O desenvolvimento desta pesquisa teve por objetivo maior verificar as instalações necessárias à destinação final de resíduos sólidos, bem como os equipamentos e processos operacionais adotados pela unidade de aterramento sanitário visitada.

As instalações e os equipamentos utilizados na operação do aterro sanitário são suficientes para manter todos os sistemas envolvido no recebimento e aterramento de resíduos, bem como no tratamento e incineração dos derivados da decomposição, operando de forma adequada. Isso garante a execução das atividades necessárias de forma segura ambiental e socialmente.

O procedimento de compactação de resíduos sólidos adotado apresenta grande similaridade àquele definido por diversos autores dessa área de estudo como sendo adequado, exceto pelo número de passadas do trator de esteiras sobre a frente de trabalho, visto que não se tem controle no aterro sanitário estudado. Este fator pode tornar oneroso o

processo sem que se tenha ganhos significativos na compactação ou pode não atingir a compressibilidade dos resíduos possível, diminuindo a vida útil do empreendimento.

Em aspecto geral, portanto, percebe-se um local adequado para destinação final de resíduos sem que se tenha implicações ambientais ou à saúde dos trabalhadores, cumprindo, dessa forma, para a promoção do bem-estar social e ambiental.

Referências

ARAÚJO NETO, C. L. et al. Estudo da compactação de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2015, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: CONTECC, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação*. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 71 p.

_____. *NBR 13221: Transporte terrestre de resíduos*. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 4 p.

_____. *NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 7 p.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120 p.

BRASIL. Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, n. 5, 8 jan. 2007. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 22 ago. 2016.

_____. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-actualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

_____. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) (Org.). **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.

CATAPRETA, C. A. A. *Comportamento de um Aterro Sanitário Experimental: Avaliação da Influência do Projeto, Construção e Operação*. 2008. 316 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CAVINATTO, V. M. *Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar*. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 237*, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

_____. *Resolução nº 404*, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (FATMA). *Instrução Normativa Nº 65*. Atividades Diversas. 2014. 20 p. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/site_antigo/downloads/images/stories/Instrucao%20Normativa/IN%2065/in_65.pdf>. Acesso em: 25 out. 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de resíduos sólidos*. Brasília: Funasa, 2014. 44 p.

GRIPPI, S. *Lixo: reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras*. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 166 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa nacional de saneamento básico*: 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 218 p.

MARQUES, A. C. M. *Compactação e compressibilidade de resíduos sólidos urbanos*. 2001. 234 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

MONTEIRO, J. H. P. et al. *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: Ibam, 2001. 200 p.

NASCIMENTO, J. C. F. *Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos*. 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

OLIVEIRA, M. V. C.; CARVALHO, A. R. *Princípios básicos de saneamento do meio*. 10 ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

PHILIPPI JUNIOR, A.; AGUIAR, A. O. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JUNIOR, A. (Ed.). *Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. Barueri: Manole, 2005. Cap. 8. p. 267-322.

RIBEIRO, D. F. *Avaliação dos aspectos estruturais e operacionais em cinco aterros sanitários, localizados nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo*. 2016. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014*. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 154 p.

VILHENA, A.; D'ALMEIDA, M. L. O. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2 ed. Brasília: CEMPRE, 2002. 392 p.